

Magnus Arvidson
Håkan Torstensson

En förstudie angående vattenbaserade släcksystem för lastutrymmen på fartyg

BRANDFORSK projekt 511-001

Magnus Arvidson
Håkan Torstensson

En förstudie angående vattenbaserade släcksystem för lastutrymmen på fartyg

BRANDFORSK projekt 511-001

Abstract

An initial review on the use of water based fire protection systems for cargo spaces on board ships

The aim of this study was to investigating the possibilities of using water-based fire protection systems for cargo spaces and ro-ro spaces on board ships. The long-term objective is to be able to offer an alternative to the commonly used Carbon Dioxide systems.

The report discusses three types of systems:

- Water spray systems, with and without the use of a foam additive
- High-expansion foam systems
- Water mist systems

The study indicates that water-based fire protection systems may be used for almost all types of cargo. Exceptions from this conclusion are cargos in bulk, for example corn, wood chips, etc where inert gas-extinguishing systems is preferable.

It is also inappropriate to protect certain kinds of hazardous cargoes with water-based fire protection systems, for example substances that develops combustible gases in contact with water, toxic products that spreads or metallic species where moisture increases the rate of auto-heating processes. Special consideration should also be taken for material whose volume expands in water.

It can be concluded that design water discharge density of 5 mm/min ((L/min)/m²) for water spray systems, as prescribed by the SOLAS regulation, is inadequate for many types of cargo spaces and cargoes. Within the report, it is suggested that such systems are designed for a water discharge density of at least 15 mm/min and that the a foam additive is used, in order to enhance the effectiveness against fires in flammable liquids.

Key words: Cargo spaces, ships, sprinkler systems, fire protection, maritime safety.

**SP Sveriges Provnings- och
Forskningsinstitut**
SP Rapport 2002:22
ISBN 91-7848-913-x
ISSN 0284-5172
Borås 2002

**SP Swedish National Testing and
Research Institute**
SP Report 2002:22

Postal address:
Box 857,
SE-501 15 BORÅS, Sweden
Telephone: +46 33 16 50 00
Telex: 36252 Testing S
Telefax: +46 33 13 55 02
E-mail: info@sp.se

Innehållsförteckning

	Abstract	
	Förord	
	Sammanfattning	
1	Bakgrund och målsättning	9
1.1	Bakgrund	9
1.2	Målsättning och projektplan	9
2	Olika fartygstyper, lastrumstyper och vanligt förekommande gods	11
2.1	Olika typer av transportfartyg	11
2.2	Vanligt förekommande gods	12
3	Fasta släcksystem i lastutrymmen enligt SOLAS 74 kapitel II-2 (Amendements 2000)	15
3.1	Allmänt	15
3.2	Definitioner av fartygstyper och lastutrymmen enligt SOLAS II-2	16
3.2.1	Olika fartygstyper enligt SOLAS II-2	16
3.2.2	Olika typer av lastutrymmen enligt SOLAS II-2	17
3.3	Fasta släcksystem i lastutrymmen, fordonsutrymmen, utrymmen av särskild kategori och ro-ro-lastutrymmen	18
3.3.1	Lastutrymmen	18
3.3.2	Fordonsutrymmen, utrymmen av särskild kategori och ro-ro-lastutrymmen	18
4	Vattenbaserade släcksystem på fartyg - detaljkrav	20
4.1	Vattensprinkler, vattensprayssystem och lättskum	20
4.1.1	Vattensprinklersystem för passagerarutrymmen på fartyg	20
4.1.2	Lättskum- och vattensprayssystem för maskinrum (rumsskydd)	21
4.1.3	Vattensprayssystem för bildäck	21
4.2	Alternativa vattenbaserade system	22
4.2.1	Alternativa, ”likvärdiga” sprinklersystem för passagerarutrymmen på fartyg	22
4.2.2	Alternativa system för maskinrum (rumsskydd)	23
4.2.3	Alternativa system för maskinrum (punktskydd)	24
4.2.4	Alternativa system för utrymmen av särskild kategori	24
5	Farligt gods	27
5.1	Klassificering av farligt gods	27
5.2	Egenskaper hos farligt gods vid en brand	28
5.2.1	Explosivvaror	28
5.2.2	Gaser	29
5.2.3	Brandfarliga vätskor	30
5.2.4	Brandfarliga fasta ämnen	31
5.2.5	Självantändande ämnen	31
5.2.6	Ämnen som utvecklar brandfarliga gaser vid kontakt med vatten	32
5.2.7	Oxiderande ämnen	32
5.2.8	Organiska peroxider	33

6	Diskussion och slutsatser	34
6.1	Brand i lastutrymmen och dess konsekvenser	34
6.2	Taktik vid brandsläckning i lastutrymmen	36
6.3	Olika vattenbaserade släcksystem	36
6.3.1	Vattenspraysystem, utan eller med skuminblandning	36
6.3.2	Lättskumsystem	39
6.3.3	System med vattendimma	40
6.4	Synpunkter avseende farligt gods	42
7	Referenser	43
Appendix A		

Förord

Detta projekt är initierat och finansierat av Brandforsk (projektnummer 511-001). Projektet följdes av en referensgrupp där följande personer ingick:

Göran Hansson	SEKO Sjöfolk
Hans Holmqvist	Sjöbefälsförbundet
Pelle Hybring	Räddningstjänsten Storgöteborg
Sören Fogelström	Sveriges Fartygsbefälsförening
Krister Ingvarson	Sjöfartsverket
Sten Gattberg	Stiftelsen Sveriges Sjömanshus
Roger Karlsson	MARINVEST
Per Ryderskog	Svenska Skum AB
Staffan Ålund	Sjöfartens Brandskyddskommitté
Håkan Torstensson	SP Transportteknik
Haukur Ingason	SP Brandteknik
Magnus Arvidson	SP Brandteknik (projektledare)

Projektledaren önskar tacka referensgruppen för värdefulla synpunkter och kommentarer på projektet och rapportens innehåll och utformning.

Sammanfattning

Stora delar av ett modernt fartyg, passagerarutrymmen och maskinrum, förses ofta med vattenbaserade släcksystem. Det är därför en klar fördel att kunna använda samma typ av system även för lastutrymmet. I dagsläget är koldioxidssystem (CO₂) vanliga, men på grund av personsäkerhetsaspekter finns det starka önskemål att hitta andra, personsäkra alternativ. Inom ramen för projektet studerades tre alternativ:

- Vattenspraysystem, utan eller med skuminblandning
- Lättskumsystem
- System med vattendimma

Vattensprayssystem är ett bra alternativ, men den typ av vattenspraysystem som föreskrivs av SOLAS konventionen är underdimensionerade för många typer av lastutrymmen och gods. Därför föreslås att dessa system dimensioneras för en vattentäthet motsvarande 15 mm/min, alltså tre gånger högre vattenflöde än det som stipuleras i SOLAS konventionen. Dessutom föreslås skumvätskeinblandning till vattnet. Med en sådan dimensionering bör även bränder i ”öppna” lastutrymmen, bränder som uppstår vid lastning och lossning samt bränder i brandfarliga vätskor kunna bekämpas.

Lättskumsystem används för många typer av bränder i fasta material och brandfarliga vätskor och SOLAS konventionen ger möjlighet att installera lättskum i vissa typer av lastutrymmen. En nackdel är att lättskum normalt inte kan produceras av luft som innehåller brandrök. För traditionella lättskumsystem måste man därför använda ytterluft vid skumalstringen och som en konsekvens av det ventileras brandrummet. Ventileras inte brandrummet är en lättskuminsats verkningslös, eftersom skumaggregatet endast kan arbeta mot ett mycket litet övertryck. I likhet med gassläcksystem kräver lättskum att hela det skyddade utrymmet fylls med skum vid en brand.

Under senare år har en ny typ av lättskumsystem introducerats på marknaden. Dessa system använder en speciell typ av skumvätska som har högre motståndförmåga mot rökbelagd luft och skumaggregaten kan därför alstra skum av luft som innehåller brandrök. Skumaggregaten placeras alltså direkt i det utrymme som skall skyddas och kräver varken tilluftkanaler eller att utrymmet har öppningar. Försök i modellskala, som tidigare utförts vid SP Brandteknik, visar att en tillräckligt hög påföringshastighet som startar i ett tidigt skede av branden ger en säker skumproduktion och tillräcklig stighastighet för skummet. Men om temperaturen vid aggregaten överstiger cirka 300°C så minskar skumproduktionen avsevärt. Försöken visade också att ventilationen till utrymmet påverkar skumuppbyggnaden. Om branden är underventilerad och oförbrända gaser bildas så minskar skumproduktionen avsevärt, trots relativt låga temperaturer. Det är därför osäkert om dessa system passar för de brandförlopp och förhållanden som kan uppstå i lastutrymmen.

System med vattendimma används i stor utsträckning ombord på fartyg, framförallt i passagerarutrymmen och maskinrum. För dessa områden har IMO även tagit fram installationsregler och provningsmetoder. Även för utrymmen av ”särskild kategori”, alltså bildäck på bil- och passagerarfärjor, har IMO tagit fram installationsregler och provningsmetoder. Kraven i brandprovningssmetoden kan sägas vara höga och i dagsläget har ingen tillverkare klarat brandprovningssmetodens krav.

Bedömningen är dock att system med vattendimma har en stor potential för lastutrymmen, men att betydligt mer insatser behöver göras inom området.

Projektet visar att vattenbaserade släcksystem kan användas för de allra flesta lastutrymmen och typer av gods. Undantag är bulklaster med spannmål, träflis, pellets och liknande. För dessa typer av laster är gassläcksystem (inertgaser) mer lämpliga.

Merparten av de ämnen och föremål som klassas som farligt gods kan också skyddas med vattenbaserade släcksystem. För vissa ämnen och klasser är dock vatten olämpligt som släckmedel. Exempelvis kan vatten påskynda spridningen av brandfarliga vätskor, särskilt sådana som inte är vattenlösliga. Genom inblandning av skumvätska till vattnet går det dock att släcka bränder i brandfarliga vätskor.

Andra problem med vatten är att det kan bidra till spridning av andra ämnen, till exempel giftiga ämnen. Vatten i kombination med ämnen som utvecklar brandfarlig gas i kontakt med vatten eller metallföreningar där fukt påskyndar självupphettningsprocessen, kan också leda till försvårade omständigheter vid en olycka.

Farligt gods i bulk kan på samma sätt som för annat brännbart gods i bulk (se ovan) också kräva särskilda överväganden. Gassläcksystem är lämpligare för sådana transporter. Även för laster som volymutvidgas, ”sväller”, vid vattenpåföring bör särskilda överväganden göras.

Sökord: Lastutrymmen, fartyg, brand, vattenbaserade släcksystem, sprinkler, litteraturstudie.

1 Bakgrund och målsättning

1.1 Bakgrund

För både konventionella lastutrymmen och ro-ro-lastutrymmen finns idag praktiskt taget bara två typer av släcksystem, CO₂ och vattenspraysystem.

CO₂ är det traditionella släckmedlet för såväl maskinrum som lastutrymmen. Vattenspraysystemen togs fram för ro-ro-däck på passagerarfartyg då man ansåg att det kunde föreligga risk för felutlösning av släcksystemet och eftersom passagerarna har tillträde till ro-ro-däcket vid ankomst och avgång innebär detta alltför stora personrisker. Därför tillåts inte CO₂ på dessa fartyg. Även i konventionella lastutrymmen kan man starkt ifrågasätta CO₂ ur personsäkerhetssynpunkt, även om färre personer riskerar att komma till skada. Sett i ett internationellt perspektiv har det sedan 1975 inträffat minst 51 olyckor med CO₂ där totalt 72 människor omkommit och 145 människor skadats [1]. Olyckorna orsakades till största delen vid underhåll och vid provning och beror oftast på att säkerhetsinstruktioner inte efterlevts. Ett flertal av olyckorna kan relateras till sjöfart.

De nuvarande kraven för vattenspraysystem härrör sig från 1967 och är inte anpassade till dagens behov. Som en följd av det utvecklingsarbete som skedde med alternativa, ”likvärdiga” sprinklersystem för passagerarutrymmen och maskinrum utarbetade Sverige också en provningsmetod och installationsföreskrifter särskilda utrymmen ombord på fartyg. Dessa krav har antagits av IMO¹ som en alternativ möjlighet genom ett IMO cirkulär.

Från den 1 juli 2002 är det förbjudet att använda Halon 1211, 1301 och 2402, samt perfluorkarboner i nyinstallationer i brandsläckningssystem. Halon 1301 tilläts att användas i maskinrum, i pumprum och i lastutrymmen avsedda endast för transport av fordon som ej medför last. Det finns ett begränsat urval av ersättningsgaser till halon och de flesta är inte helt invändningsfria på grund av sin miljöpåverkan. De s.k. HFC-föreningar som idag finns på marknaden har ingen eller mycket låg ODP-faktor och bryter därmed inte ned ozonskiktet men bidrar i stället i viss omfattning till växthuseffekten. Inom EU pågår därför en översyn av dessa släckmedels lämplighet men något förbud föreligger inte för dessa produkter idag.

1.2 Målsättning och projektplan

Med ovanstående fakta som grund har Sjöfartsverket tillsammans med Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut beslutat att fortsätta utvecklingsarbetet med vattenbaserade släcksystem för lastutrymmen. Målsättningen är att på sikt kunna erbjuda ett personsäkert alternativ till de koldioxidsystem (CO₂) system som idag installeras ombord många fartyg. Eftersom stora delar av ett modernt fartyg, passagerarutrymmen och maskinrum, ofta förses med vattenbaserade släcksystem är det en klar fördel att

¹ International Maritime Organization, IMO, har sitt säte i London och är en FN-organisation för samarbete regeringar emellan rörande lagstiftning och praxis inom den internationella handelssjöfarten. Man verkar för att högsta möjliga standard införs vad gäller sjösäkerhet, navigering och skydd mot miljöförstöring från fartyg. Man utarbetar internationella författningar och konventioner och under årens lopp har man utvecklat och instiftat mer än 30 konventioner och mer än 700 regelverk och rekommendationer. En av dessa är SOLAS-konventionen, International Convention for the Safety of Life at Sea, som är IMOs regelverk med krav på fartygs konstruktion och utrustning. För sjötransport av farligt gods har IMO utarbetat IMDG-koden, International Maritime Dangerous Goods Code.

kunna använda samma typ av system även för lastutrymmet. Tillsammans har nedanstående projektplan formulerats:

Del I: Förstudie för att undersöka möjligheterna att använda vattenbaserade släcksystem för lastutrymmen ombord på fartyg. Till grund för en sådan utredning bör ligga en inventering av olika lastrumstyper och vanligt förekommande gods. En komplikation i sammanhanget kan vara att fartygen ofta används för olika last, både vad gäller typ av gods och fyllnadsgrad. Baserat på detta bör det utredas vilka vattenbaserade släcksystem som är lämpliga samt översiktligt föreslå hur systemen skall dimensioneras och sektioneras för olika lastutrymmen och gods. Målsättningen är även att beröra problematiken förknippad med farligt gods.

I denna rapport redovisas den första del av detta långsiktiga projekt.

Del II: I denna del är avsikten att utreda behov av brandprovningsmetoder och formulering av sådana.

Del III: I denna del är avsikten att formulera inlagor till IMO:s underkommitté för brandskydd.

2 Olika fartygstyper, lastrumstyper och vanligt förekommande gods

2.1 Olika typer av transportfartyg

Transportfartyg kan indelas i ett antal huvudgrupper [2, 3]:

Tankfartyg och gastankfartyg som transporterar råolja, petroleumprodukter och kondenserad gas från oljefält i land och till sjöss till raffinaderier. För raffinerade produkter används mindre tankfartyg som oftast kan ta flera olika laster samtidigt. Fartygen har ett eget pump- och rörledningssystem, som medger att det, i stort sett oberoende av storlek, kan lossas på ett dygn.

Bulkfartyg som transporterar torra råvaror (kol, malm, etc.), födoämnen (spannmål, socker, salt, etc.) eller gödningsmedel, cement, stålskrot, skogprodukter och annat. Lastutrymmet i ett bulkfartyg nås via luckor i däck och/eller portar i skrovet och ofta störtas lasten direkt ner i lastutrymmet. En del fartyg är utrustade med egen lasthanteringsutrustning, kranar eller skrapor och skruvar som för lasten till en skopelevator och via ett bandsystem till landanläggningen.

Till denna kategori räknas även **kylfartyg** som är speciella så till vida att lastrummen är isolerade och utförda i galvaniserad plåt eller rostfritt stål. Lasten stuvats i lådor, kartonger eller hängande. Fartygen har ofta också kapacitet för containers och används även för sjötransport av laster som inte kräver nedkylning som t ex skogsprodukter.

Containerfartyg har kapacitet att transportera ett stort antal staplade lastcontainrar. Ett stort containerfartyg kan på en enda resa transportera last för tusentals kunder i stora och små partier.

Ro-ro-fartyg har portar i fartygets sidor där last kan levereras per truck eller rullas ombord (roll on – roll off), men vanligast är en port i akterskeppet (ibland även i förskeppet). Genom dessa öppningar kommer man via en uppkörsramp in i fartygets lastutrymme och kan nå alla delar av detta genom ramper och/eller hissar på olika däck. Det typiska ro-ro-fartyget har tre lastdäck; ett yttre väderdäck, huvuddäck och underrum. Huvuddäcket sträcker sig ofta längs hela fartygets längd och över hela dess bredd mellan maskinrum och överbyggnader. Underrummet upptar normalt cirka 50 % av fartygets totala längd. Väderdäcket kan uppta en stor del av fartygets övre däck, och vetter, som namnet anger mot det fria.

Ro-ro-konceptet har sina rötter i Norden och de nordiska länderna har stora ro-ro-flottor. Ro-ro-fartygens lastkapacitet uttrycks ofta i "lane-meters" det vill säga antal fil-meter på bil- och trailerdäcken. Ro-ro-sjöfart på korta och medellånga distanser präglas av trailertrafik.

På korta distanser är det inte ovanligt att dragbil och chaufför följer med ombord. I annat fall anländer trailer och dragbil till hamnen, trailern lastas ombord med hjälp av hamnens utrustning och en ny dragbil möter upp vid destinationshamnen.

Det finns flera olika typer av ro-ro-fartyg och man kan göra följande uppdelning:

- 1) Konventionella ro-ro-fartyg. Har hög lastkapacitet men låg passagerarkapacitet.
- 2) Konventionella bil- och passagerarfärjor. Jämförelsevis begränsad lastkapacitet, har normalt endast ett lastdäck, men stor passagerarkapacitet. Dessa färjor kombinerar transport och rekreation och har ofta ett stort utbud av publika utrymmen och stor ombordförsäljning, bland annat av skattefria varor.
- 3) Ro-pax-färjor. Fartyg som både tar rullande last i form av personbilar, lastbilar, trailers, etc. och passagerare. Till skillnad från konventionella ro-ro-fartyg har dessa fartyg ofta portar både i för och akter och är optimerade för transporter av tunga lastfordon. Fartygen har ofta ett yttre väderdäck för transport av fordon med farligt gods. Passagerarkapaciteten varierar. Någon entydig definition för ro-pax-färjor finns inte, men generellt kan man säga att en ro-pax-färja har större lastkapacitet men lägre passagerarkapacitet jämfört med en konventionell bil- och passagerarfärja.
- 4) Höghastighetsfärjor. Denna typ av snabba fartyg har tidigare ofta byggts uteslutande för passagerartrafik men numera finns ro-ro-färjor med både last- och passagerarkapacitet. Fartygen byggs ofta i aluminium eller kompositmaterial vilket kan ha betydelse vid en brand.
- 5) Biltransportfartyg. Är avsedda för transporter av fabriksnya person- och lastbilar. Inom Europa används fartyg med en kapacitet för cirka 1000 personbilar och uppåt, för transocean trafik har de största fartygen en kapacitet för mer än 6000 personbilar. Fartygen är ofta konstruerade även för andra laster.
- 6) Tågferjor. Dessa fartyg har lastdäck för såväl järnvägsvagnar som landsvägsfordon och utrymmen för passagerare.

2.2 Vanligt förekommande gods

Nedanstående statistik är hämtad från SIKA² och redovisar varutrafiken mellan Sverige och utlandet år 2000. Statistiken är fördelad efter varugrupp i NST/R³ och ger alltså en bra bild av vanligt förekommande gods. Däremot framgår inte hur stor andel som utgörs av farligt gods.

Statistiken speglar Sveriges handelsbalans, en stor mängd råvaror, såsom råolja, och livsmedel, såsom spannmål och frukt lossas i landet. Järnmalm samt papper och pappersmassa lämnar landet. Något förvånande kan man konstatera att importen av rundvirke samt flis och trä/sågavfall är högre än exporten. Däremot exporteras sågade

² Statens institut för kommunikationsanalys, SIKA, är en myndighet under Näringsdepartementet. Man bildades 1995 och analyserar och presenterar data och utarbetar underlag för planeringen inom kommunikationssektorn. Man är ansvarig myndighet för den officiella statistiken inom transport- och kommunikationsområdet inklusive post- och televerksamhet. SIKA har en samordnande roll gentemot trafikverken när det gäller planeringsunderlag. SIKA samarbetar med trafikverken, dvs. Banverket, Luftfartsverket, Sjöfartsverket och Vägverket, och med andra myndigheter, liksom med högskolor och andra forskningsmiljöer.

³ NST/R är ett internationellt överenskommet klassificeringssystem för transportstatistik och listar totalt 176 olika typer av gods.

och hyvlade trävaror i stor utsträckning. Statistiken visar att cirka 75 – 80 % av allt gods fraktas med lastfartyg och resterande 20 – 25 % fraktas på passagerarfartyg och färjor.

Om man studerar statistiken ur ett ”brandtekniskt” perspektiv kan man konstatera att spridningen är mycket stor; allt från obrännbara produkter, såsom malm, järnskrot, metallprodukter, glas, glasvaror och keramiska produkter, till produkter med låg brännbarhet och energiinnehåll, såsom potatis, grönsaker och frukt, till produkter med högre brännbarhet och energiinnehåll, såsom trä, papper och textil och slutligen produkter med hög brännbarhet och högt energiinnehåll, såsom oljeprodukter.

Cirka en femtedel av alla lossade varor och cirka en tredjedel av alla lastade varor, går på lastfordon och på järnvägsvagnar och är inte ytterligare specificerat.

Tabell 1 Varutrafiken med fartyg mellan Sverige och utlandet 2000. Källa SIKA.

Varutrafiken med fartyg mellan Sverige och utlandet 2000.**Godsmängd fördelad efter varugrupp i NST/R. Kvantitet i 1 000-tal ton**

Varugrupp inom NST/R	Lossade varor från utrikes ort	Lastade varor till utrikes ort
Lastfartyg – Cargo vessels		
1 Spannmål	348	1 218
2 Potatis, andra färska eller frysta grönsaker, färsk frukt	234	3
3 Levande djur, sockerbeter	1	0
4 Trä och kork	10 724	3 557
Därav rundvirke	8 970	136
Därav sågade, hyvlade trävaror	96	3 180
Därav flis, trä-/sågavfall	1 477	91
Därav övrigt trä och kork	180	150
5 Textil, textilartiklar, konstfibrer, andra råmaterial		
Från djur och växter	27	3
6 Livsmedel och djurfoder	1 057	182
7 Oljefröer och oljehaltiga frukter och fetter	89	3
8 Fasta mineralbränslen	3 732	222
9 Råolja	18 752	74
10 Oljeprodukter	9 376	12 586
11 Järnmalm, järn- och stålskrot och masugnsdamm	985	3 360
12 Icke järnhaltig malm och skrot	700	616
13 Metallprodukter	1 069	752
14 Cement, kalk, byggnadsmaterial	398	1 656
15 Obearbetade eller bearbetade mineraliska ämnen	3 208	3 921
16 Naturgödsel och konstgödning	868	331
17 Kolbaserade kemikalier, tjära	131	70
18 Andra kemikalier än kolbaserade och tjära	2 108	687
19 Pappersmassa och returpapper, pappersavfall	278	2 079
20 Transportmedel (-utrustning), maskiner, apparater, motorer	414	480
21 Metallvaror	10	59
22 Glas, glasvaror och keramiska produkter	18	7
23 Läder, textilier, kläder andra tillverkade varor	256	3 399
Därav papper, papp och varor därav	250	3 399
24 Övriga varor inkl tomemballage	350	264
Därav styckegods	86	86
Därav emballage, förpackningsmaterial	21	21
Gods på lastfordon	2 617	2 840
Gods på järnvägsvagnar	753	1 304
Containergods	2 617	5 337
Summa – Total	61 118	45 012
Därav med svenska fartyg	6 795	11 378
Passagerarfartyg och färjor – Passenger vessels and ferries		
Gods på lastfordon	11 614	12 135
Gods på järnvägsvagnar	1 365	2 519
Övrigt	107	133
Summa – Total	13 086	14 786
Totalt – Total cargo vessels, passenger vessels and ferries	74 204	59 798

3 Fasta släcksystem i lastutrymmen enligt SOLAS 74 kapitel II-2 (Amendements 2000)

3.1 Allmänt

SOLAS 74 kapitel II-2 har under de senaste åren genomgått ett omfattande revideringsarbete med avsikten att förfinas, förenkla och modernisera de gällande brandskyddsbestämmelserna [4]. Arbetet slutfördes under år 2000, presenterades till MSC 72 för godkännande, och antogs sedan vid möte med MSC 73 i november 2000. Det reviderade kapitel II-2 [5], i sin slutliga form, och den kompletterande koden för brandsäkerhetssystem (FSS koden), trädde i kraft internationellt den 1 juli 2002 genom resolutionerna MSC.99(73) respektive MSC.98(73). Målet är att göra de nya bestämmelserna mera användarvänliga och därför har det reviderade kapitel II-2 delats upp i en mer logisk struktur omfattande sju delar, A till G.

Del A: allmänna krav på tillämpning och ändamålet med brandsäkerheten med funktionskrav, samt definitioner

Del B: förebyggande krav

Del C: krav på brandsläckning

Del D: krav på utrymning

Del E: operativa krav

Del F: förutsättningar och krav för användning av alternativa konstruktioner och arrangemang

Del G: specifika regler, såsom krav på helikopterinstallationer och farligt gods

Man har alltså gått ifrån den indelning i delar för olika fartygstyper som används i den tidigare utgåvan. Varje enskild regel är istället indelad i olika underdelar som är tillämpliga på olika typer av utrymmen. Inom dessa underdelar finns det först paragrafer med krav som gäller för alla fartygstyper, och efter dessa finns det ytterligare paragrafer som anger eventuella ytterligare krav för en speciell fartygstyp. Står det inte uttryckligen att en viss paragraf endast gäller för en viss fartygstyp, skall regeln tillämpas på alla fartygstyper. Tanken med detta är att man i största möjliga mån skall ha samma regler för brandskyddet på olika fartygstyper. Brandskyddet skall i första hand baseras på riskerna i de olika utrymmena.

För att förenkla det reviderade kapitel II-2, har de tekniska specifikationerna för alla olika brandskyddssystem och utrustningar sammanställts i en särskild kod [6] med rubriken ”The international Code for Fire Safety Systems (FSS Code)”.

Vid arbetet med det nya kapitlet har man tagit hänsyn till modern brandskydds- och brandbekämpningsteknologi och filosofi samt beaktat moderna riskanalysmetoder. Detta har medfört att texten till alla regler har omarbetats för att kunna införa s.k. funktionsbaserade krav. Ett funktionsbaserat krav specificerar det resultat som måste ha uppnåtts för att regeln skall anses vara uppfylld, till skillnad mot ett föreskrivande krav som specificerar hur en lösning skall utformas. Detta är ett betydande steg framåt, då kraven som framgår av det tidigare kapitel II-2, inte ger nödvändiga kriterier för att acceptera likvärdiga lösningar eller alternativa arrangemang.

Denna nya funktionsbaserade tillämpning höjer inte säkerheten i sig själv, men ökar flexibiliteten i designen genom att ge konstruktörerna möjligheter att välja mellan olika konstruktiva lösningar som ger samma säkerhetsnivå.

Resultatet av del F ”alternativa konstruktioner och arrangemang” innebär anvisningar till konstruktörer så att de effektivt och enhetligt skall kunna analysera alternativ till de föreskrivande reglerna.

Man kan konstatera att varken de funktionsbaserade kraven eller regel 1/5 ”ekvivalenter” är tillräckliga verktyg för att tillåta konstruktörer att tillämpa funktionsbaserade krav i stället för föreskrivande krav. Därför skall man vid tillämpningen av Del F använda sig av de ”Guidelines on alternative design and arrangements for fire safety”, som framgår av MSC/Circ.1002.

Konstruktörerna skall presentera en analys av sin design som visar att alla funktionsbaserade krav som tillämpas på de specifika konstruktionerna är uppfyllda och att man uppnår en minst likvärdig säkerhetsnivå som skulle uppnåts genom att tillämpa de föreskrivande reglerna.

3.2 Definitioner av fartygstyper och lastutrymmen enligt SOLAS II-2

I SOLAS kapitel II-2, Regulation 3, återfinns definitioner för olika fartygstyper, utrymmen och begrepp som används i SOLAS konventionen. I detta kapitel redovisas, översatt till svenska, definitionerna för olika fartygstyper och lastutrymmen. Det bör påpekas att den svenska översättningen inte är den officiella, vissa smärre skillnader kan komma att finnas i den kommande svenska översättningen.

3.2.1 Olika fartygstyper enligt SOLAS II-2

SOLAS kapitel II-2, Regulation 3 definierar nedanstående fartygstyper:

Lastfartyg (cargo ship): är ett fartyg som inte är ett passagerarfartyg.

Tankfartyg (tanker): är ett lastfartyg som är konstruerat eller anpassat för transport i bulk av kondenserade flambara produkter. Kapitel 1, regel 2(h) i konventionen.

Kemikalietanker (chemical tanker): är ett lastfartyg som är byggt eller anpassat och dessutom användes för transport i bulk av de lättantändliga flytande produkter som finns angivna i kapitel 17 i den internationella kemikaliebulkkoden. Den internationella kemikaliebulkkoden definieras i regel VII/8 i konventionen.

Ro-ro-passagerarfartyg (ro-ro passenger ship): är ett passagerarfartyg med ro-ro-lastutrymmen eller utrymmen av särskild kategori.

Gastankfartyg (gas carrier): är ett tankfartyg som är byggt eller anpassat till och också används för transport i bulk av varje kondenserad gas eller andra produkter av flambart slag som finns uppräknade i kapitel 19 av den internationella gasfartygskoden.

Kombinationsfartyg (combination carrier): är ett fartyg som är konstruerat för att transportera både olja och fasta bulklast.

3.2.2 Olika typer av lastutrymmen enligt SOLAS II-2

SOLAS kapitel II-2, Regulation 3 definierar nedanstående typer av lastutrymmen:

Lastområde (cargo area): är den del av fartyget som innehåller lastutrymmen, lasttankar, sloptankar och lastpumptrum inklusive pumptrum, kofferdammar, barlast och tomma utrymmen som gränsar till lasttankar och även däcksytor genom hela fartygets längd och bredd av de delar av fartyget som är belägna över de ovannämnda utrymmena.

Lastutrymmen (cargo spaces): är sådana utrymmen som används för last, lastoljetankar, tankar för andra flytande laster och trunkar till sådana utrymmen.

Ro-ro-lastutrymmen (ro-ro spaces): är utrymmen som normalt inte är indelade på något sätt och som sträcker sig antingen över en betydande längd eller över fartygets hela längd och där fordon med bränsle i tankarna för egen framdrivning och/eller gods (förpackat eller i bulk, i eller på järnvägsbagnar eller landsvägsfordon (inklusive landsvägs- och järnvägstankfordon), trailers, containrar, lastpallar, demonterbara tankar eller i eller på liknande stuvningsenheter eller andra behållare), kan lastas och lossas, normalt i horisontell riktning.

- **Öppna ro-ro-lastutrymmen** (open ro-ro spaces): är sådana ro-ro-lastutrymmen som antingen är öppna i båda ändarna eller är öppna i ena änden och har tillräcklig naturlig ventilation som är effektiv över hela längden genom permanenta öppningar i sidobordläggningen eller i det ovanliggande däckets eller ovanifrån och som har en total area av minst 10 % av utrymmets sidors totala area.
- **Slutna ro-ro-lastutrymmen** (closed ro-ro spaces): är ro-ro-lastutrymmen som varken är öppna ro-ro-lastutrymmen eller väderdäck.

Fordonsutrymmen (vehicle spaces): är lastutrymmen som är avsedda för transport av motorfordon med bränsle i tankarna för egen framdrivning.

- **Öppna fordonsutrymmen** (open vehicle spaces): är sådana fordonsutrymmen som antingen är öppna i båda ändarna eller är öppna i ena änden och har tillräcklig naturlig ventilation som är effektiv över hela längden genom permanenta öppningar i sidobordläggningen eller i det ovanliggande däckets eller ovanifrån, och som har en total area av minst 10 % av utrymmets sidors totala area.
- **Slutna fordonsutrymmen** (closed vehicle spaces): är fordonsutrymmen som varken är öppna fordonsutrymmen eller väderdäck.

Utrymmen av särskild kategori (special category spaces): är de slutna fordonsutrymmen över eller under skottdäck, till och från vilka fordon kan köras och till vilka passagerarna har tillträde. Utrymmen av särskild kategori kan finnas på mer än ett däck förutsatt att den totala fria höjden för fordonen inte överstiger 10 meter.

Väderdäck (weather deck): är ett däck som är fullständigt utsatt för väder och vind ovanifrån och från minst två sidor.

3.3 Fasta släcksystem i lastutrymmen, fordonsutrymmen, utrymmen av särskild kategori och ro-ro-lastutrymmen

I detta kapitel redovisas när SOLAS kapitel II-2 ställer krav på släcksystem i lastutrymmen och vilka dessa krav är.

3.3.1 Lastutrymmen

3.3.1.1 Lastutrymmen ombord på passagerarfartyg

Lastutrymmen i passagerarfartyg med en bruttodräktighet större än 1000 ton skall förses med ett fast installerat CO₂ system eller inertgassystem alternativt ett lättskumsystem. Om fartyget transporterar farligt gods är endast de två förstnämnda systemtyperna godkända, alternativt ett system som enligt den nationella sjöfartsmyndigheten ger ett likvärdigt skydd för aktuellt gods.

För fartyg i trafik på kortare rutter eller fartyg med en bruttodräktighet mindre än 1000 ton ges den nationella sjöfartsmyndigheten möjlighet att medge andra lösningar än de som anges ovan. En förutsättning är dock att fartygets lastrum är försett med lastrumsluckor utförda av stål och att effektiva möjligheter finns för att stänga ventilationsöppningar och andra öppningar till lastrummet.

3.3.1.2 Lastutrymmen ombord på lastfartyg

Lastutrymmen i lastfartyg med en bruttodräktighet större än 2000 ton (undantag ro-ro-däck och bildäck) skall förses med ett fast installerat CO₂ system eller inertgassystem alternativt ett system som enligt nationella sjöfartsmyndigheten ger ett likvärdigt skydd.

Lastutrymmen ombord på fartyg som är konstruerade för, och som enbart transporterar last som enligt den nationella sjöfartsmyndigheten bedömning är obrännbart eller har låg brandrisk, behöver inte förses med något fast installerat släcksystem. Exempel på sådan last är malm, kol, spannmål och otorkade trävaror. Lastrummet skall vara försett med lastrumsluckor utförda av stål och effektiva möjligheter skall finnas för att stänga ventilationsöppningar och andra öppningar till lastrummet.

3.3.2 Fordonsutrymmen, utrymmen av särskild kategori och ro-ro-lastutrymmen

För fartyg med ovanstående typer av lastutrymmen krävs, enligt SOLAS II-2 Regulation 20, ytterligare brandsäkerhetsåtgärder jämfört med ”konventionella” lastutrymmen. Följande funktionskrav skall uppfyllas:

Fordonsutrymmen och ro-ro-lastutrymmen som **inte** räknas som ett utrymme av särskild kategori (underförstått avses alltså fordonsutrymmen och ro-ro-lastutrymmen där passagerare inte har tillträde) **och** som dessutom **kan** tillslutas från utsidan skall förses med ett fast installerat släcksystem. Följande alternativ och krav gäller:

1. Om ett CO₂ system används så skall systemet dimensioneras för en koncentration motsvarande 45 % av bruttovolymen av det största utrymme som skyddas. Detta är en högre koncentration jämfört med lastutrymmen där 30 % anses tillräckligt. Minst 2/3 av den erforderliga gasmängden skall tillföras utrymmet inom 10 minuter.

2. Andra typer av inertgassystem eller ett lättskumssystem kan användas, förutsatt att nationella sjöfartsmyndigheten är övertygad om att en likvärdig säkerhetsnivå uppnås.
3. Ett vattenspraysystem utfört i enlighet med kraven i Resolution A.123(V).

Fordonsutrymmen och ro-ro-lastutrymmen som **inte kan** tillslutas samt utrymmen av särskild kategori skall förses med ett vattenspraysystem utfört i enlighet med kraven i Resolution A.123(V). Det är uppenbart att CO₂ system inte tillåts av personsäkerhetsskäl eftersom passagerare har tillträde till utrymmet vid ankomst och avgång. Gassläcksystem är heller inte lämpliga om inte lastutrymmet kan tillslutas.

För utrymmen av särskild kategori har IMO tagit fram installationsregler och provningsmetoder för alternativa system. Dessa regler finns samlade i MSC/Circ.914. Båda dessa dokument beskrivs i kapitel 4.

4 Vattenbaserade släcksystem på fartyg - detaljkrav

I detta kapitel ges en översikt av detaljkraven i SOLAS kapitel II-2, detaljkraven i den kompletterande koden för brandsäkerhetssystem (FSS koden) samt detaljkraven i andra IMO cirkulär avseende vattenbaserade släcksystem på fartyg. Man kan särskilja fyra olika typer av vattenbaserade släcksystem:

- 1) Vattensprinklersystem
- 2) Vattensprayssystem
- 3) Lättskumsystem
- 4) Alternativa vattenbaserade system

De tre förstnämnda typerna kan sägas vara traditionella system och kraven för när sådana system skall installeras och detaljkraven för hur systemen skall utformas och dimensioneras har funnits i SOLAS kapitel II-2 i flera decennier. Dessa system diskuteras i kapitel 4.1. De alternativa systemen har introducerats i regelverket under den senaste tioårsperioden och diskuteras i kapitel 4.2.

4.1 Vattensprinkler, vattensprayssystem och lättskum

I förekommande fall ges referens till aktuellt kapitel i den nya FSS koden tillsammans med hänvisning även till tidigare kapitel i SOLAS II-2.

4.1.1 Vattensprinklersystem för passagerarutrymmen på fartyg

Efter branden ombord på Scandinavian Star år 1990 när 158 människor omkom restes krav på bättre brandskydd ombord på passagerarfartyg. Därför introducerade IMO år 1992 krav på automatiska sprinklersystem, branddetektion och utrymningslarm i passagerarutrymmen. Utrymmen med låg risk för brand, såsom dolda utrymmen och publika toaletter, behöver ej förses med sprinkler. Kraven på sprinkler gäller fartyg i internationell trafik med fler än 36 passagerare och såväl nybyggda som äldre (enligt särskild tidsplan) fartyg.

Sprinklersystemen skall uppfylla de krav som finns i FSS Chapter 8 (tidigare fanns detaljkraven i SOLAS II-2, Regulation 12). Några av de detaljkrav som särskilt kan nämnas är:

- Sprinklersystemen skall aktiveras automatiskt (termisk aktivering) vid en brand
- Systemet skall vara av typen våtrörsystem
- Systemet skall delas in i sektioner där varje sektion maximalt tillåts ha 200 sprinkler, inte får försörja mer än två däckplan och inte får täcka mer än en vertikal brandzon.
- Verkningsytan skall vara minst 280 m²
- Systemet skall dimensioneras för en vattentäthet om minst 5 L/m²/min (mm/min)

För höghastighetsfartyg, High Speed Craft (HSC), som normalt konstrueras av lättviktsmaterial har IMO tagit fram andra rekommendationer för sprinklersystem avsedda för passagerarutrymmen. Dessa rekommendationer återfinns i

Resolution MSC.44(65) från år 1995, se referens [7], och ger möjlighet att använda manuella såväl som automatiska sprinklersystem.

De manuella systemen aktiveras genom att öppna en ventil som tillåter vatten att strömma in i systemet. Systemet är därför indelat i sektioner. Sprinklerna är normalt öppna, men tillåts vara försedda med glasbulb, vilket innebär att vattnet koncentreras till de sprinkler som aktiverats av branden. Sprinklerpumpen skall klara att försörja två närliggande sprinklersektioner dock minst 280 m².

Automatiska system kan vara av tre olika typer, våtrörsystem, torrörsystem eller kombinerade system. För system av typen våtrörsystem skall verkningsytan vara minst 150 m², för torrörsystem eller kombinerade system skall verkningsytan vara minst 200 m².

Målsättningen med de olika typer av system som ges av rekommendationerna är förstås att reducera sprinklersystemets totala vikt. Rekommendationerna tillåter även alternativa, ”likvärdiga” sprinklersystem.

4.1.2 Lättskum- och vattenspraysystem för maskinrum (rumsskydd)

Reglerna i SOLAS medger att maskinrum (rumsskydd) på fartyg kan skyddas med två olika typer av vattenbaserade släcksystem; antingen ett lättskumssystem eller ett vattenspraysystem. Av olika anledningar är dock ingen av dessa typer av släcksystem särskilt vanliga. En förklaring är troligen att Halon- och koldioxidsystem av tradition helt dominerat marknaden.

Lättskumssystem skall uppfylla de krav som finns i FSS Chapter 6 (tidigare fanns detaljkraven i SOLAS II-2, Regulation 8). Några av de detaljkrav som särskilt kan nämnas är:

- Systemet skall dimensioneras så att skumlagrets stighöjd är minst 1 meter per minut
- Skummets expansionstal tillåts inte överstiga 1000
- Skumvätskeförrådet skall vara 5 gånger den mängd skumvätska som krävs för att fylla det största skyddade utrymmet.

Vattenspraysystem skall uppfylla de krav som finns i FSS Chapter 7 (tidigare fanns detaljkraven i SOLAS II-2, Regulation 10). Några av de detaljkrav som särskilt kan nämnas är:

- Systemet skall dimensioneras för en vattentäthet om minst 5 L/m²/min (mm/min)
- Systemet tillåts att delas in i sektioner. Om så är fallet skall utlösningssystemer placeras lätt åtkomliga utanför det skyddade maskinrummet.
- Munstycken skall placeras över områden i maskinrummet med hög brandrisk och under durkplåtar, över tanktopp och i andra utrymmen dit olja kan spridas

4.1.3 Vattensprayssystem för bildäck

Detaljkraven för hur ett vattensprayssystem för bildäck skall utformas och dimensioneras återfinns i Resolution A.123(V) från år 1967, se referens [8]. Några av de detaljkrav som särskilt kan nämnas är:

- Systemet skall dimensioneras för en vattentäthet om minst 3,5 mm/min för däck med maximalt 2,5 m höjd och för minst 5 mm/min för däck med högre takhöjd
- Systemet tillåts att delas in i sektioner där varje sektion skall täcka hela fartygets bredd. Undantag från detta krav kan medges om däckets är avdelat i längsled av väggar i "A" klass
- Varje sektion skall vara minst 20 m lång och systemets pumpar skall ha en kapacitet tillräcklig för att klara antingen hela däckets eller minst två sektioner
- Utlösningsventiler skall vara placerade utanför det skyddade utrymmet
- Minst en handbrandsläckare skall finnas vid varje utgång från däckets och minst tre strålrör och en mobil skumkärra skall finnas ombord på fartyget

Man kan fråga sig vad det finns för tekniskt bakgrundsmaterial till ovanstående detaljkrav. Svaret står förmodligen att finna i en serie brandförsök som genomfördes i Danmark år 1961, se referens [9]. Bakgrunden till försöken var den betydelse som färjesjöfarten spelar för sjöfartsnationen Danmark och målsättningen var att utveckla bästa möjliga skyddssystem för bildäcken. Målsättningen och slutsatserna från försöken är så intressanta och så relevanta även för dagens situation att ett utdrag från rapporten, med kommentarer, redovisas i Appendix A i denna rapport.

Under senare år har man ifrågasatt huruvida system i enlighet med Resolution A.123(V) klarar att kontrollera en brand på ett bildäck på ett modernt fartyg med dagens moderna personbilar, turistbussar och tunga lastfordon. Två projekt finansierade av Brandforsk, SP Report 1997:03 [10] och SP Report 1997:15 [11] diskuterar detta. I den senare rapporten redovisas ett fullskaleförsök med en uppställning som representerar två lastbilar, sida vid sida, på ett bildäck. Försöket finns även dokumenterat på video [12].

4.2 Alternativa vattenbaserade system

Under 1990-talet har IMO varit mycket aktiva att utveckla installationsregler och provningsmetoder för alternativa vattenbaserade släcksystem på fartyg. I detta kapitel ges en kortfattad översikt av denna utveckling. De alternativa sprinklersystemen har många fördelar jämfört med konventionella system både med hänsyn taget till vikt, risk för vattenskador, risk för fria vätskeytor och vad gäller enkel, rationell installation. Ökade möjligheter att installera ombord på befintliga fartyg under drift innebär även stora fördelar jämfört med traditionella sprinklersystem.

4.2.1 Alternativa, "likvärdiga" sprinklersystem för passagerarutrymmen på fartyg

I samband med införandet av de nya kraven på sprinkler i passagerarfartyg var IMO förutseende nog att även öppna möjligheterna för alternativa, "likvärdiga" sprinklersystem. Detta gjorde man genom att ta fram installationsregler och provningsmetoder för sådana system. Dessa regler finns samlade i Resolution A.800(19), se referens [13] från 1994. I nedanstående tabell sammanfattas innehållet.

Tabell 2 Sammanfattning av innehållet i IMO Resolution A.800(19).

IMO Resolution A.800(19)	
Installationskrav (översikt)	Provningsmetoder
• Automatisk aktivering (termisk) • ”Fast response” karakteristik på munstycken • Minst 280 m² verkningsyta • 30 minuters varaktighet • Våtrörsystem (mindre delar torrör) • Sektionsindelning lika kraven för traditionella vattensprinkler • Två oberoende pumpar • Två oberoende kraftkällor	Brandprovningssmetoden innehåller brandscenarier för: • Hytter upp till 12 m² med tillhörande korridor • Hytter från 25 m² upp till 80 m² • Publika lokaler (2,5 m och 5 m takhöjd) • Butiks- och lagerlokaler (2,5 m takhöjd) Komponentprovningssmetoden avser endast munstycken som bland annat provas med avseende på: • Nominell aktiveringstemperatur • Hydrostatiskt tryck • Tryckstöt • Vibration • Korrosion • Igensättning

Eftersom kravet är att de alternativa sprinklersystemen skall vara likvärdiga med de traditionella sprinklersystem som beskrivs i SOLAS kapitel II-2 genomfördes ett stort antal sprinklerförsök [14, 15] när metoden utvecklades. Dessa försök genomfördes vid SP Brandteknik och vid det finska brandlaboratoriet vid VTT.

4.2.2 Alternativa system för maskinrum (rumsskydd)

I och med avvecklingen av halon utvecklade även IMO installationsregler och provningsmetoder för alternativa, vattenbaserade släcksystem för maskinrum och pumprum. Halon förbjöds som nyinstallation från 1994. Dessa regler finns samlade i MSC/Circ.668 och 728 från 1994, se referens [16, 17]. I nedanstående tabell sammanfattas innehållet.

Tabell 3 Sammanfattning av innehållet i IMO MSC/Circ.668 och 728.

MSC/Circ.668 och 728	
Installationskrav (översikt)	Provningsmetoder
• Manuell aktivering • 30 minuters varaktighet • Grupputlösningssystem (deluge) • Två oberoende pumpar • Två oberoende kraftkällor	Brandprov skall genomföras i maskinrum med volym om: • 500 m³ (Class 1) • Mellan 500 m³ och 3000 m³ (Class 2) • Över 3000 m³ (Class 3) Komponentprovningssmetoden avser endast munstycken som bland annat provas med avseende på: • Upphettnings (800°C i 15 minuter) och därefter snabb avkylning • Mekanisk påverkan • Vibration • Korrosion • Igensättning

Bränder i maskinrummet är statistiskt sett de mest frekventa bränderna på fartyg. Ofta är det läckage av bränsle, smörjolja eller hydraulolja som antänder mot heta ytor. I moderna fartygsmaskinrum förebygger man sådana bränder bland annat med dubbelmantlade rör, bränslerör ingjutna i motorblocket och genom att isolera heta ytor.

4.2.3 Alternativa system för maskinrum (punktskydd)

Normalt skyddas maskinrummet med ett gassläcksystem, oftast koldioxid men halon har också varit vanligt. Men eftersom det kan dröja 15 - 20 minuter innan systemet manuellt aktiveras vid en brand blir brandskadorna ändå ofta omfattande. Därför har IMO från och med 1999 infört kravet att maskinrummen skall förses med ett punktskyddsystem över de områden där risken för brand är som störst. Punktskyddsystemet kan aktiveras i ett tidigt skede av ett brandförlopp och därmed reducera brandskadorna. Från den 1 oktober 2005 skall passagerarfartyg med en bruttodräktighet större än 2000 ton vara utrustade med ett vattenbaserat punktskyddsystem i maskinrummens högriskområden.

Kravet skall tillämpas både på nybyggda passagerarfartyg och på lastfartyg men även på existerande passagerarfartyg. Systemet skall vara vattenbaserat, alltså vattenspray eller vattendimma och skall utvärderas enligt den provningsmetod som tagits fram. Dessa krav finns samlade i MSC/Circ.913 från 1999, se referens [18]. I nedanstående tabell sammanfattas innehållet.

Tabell 4 Sammanfattning av innehållet i IMO MSC/Circ.913.

MSC/Circ.913	
Installationskrav (översikt)	Provningsmetoder
• Manuell aktivering (gäller bemannande maskinrum), manuell och automatisk aktivering (gäller obemannade maskinrum) • 20 minuters varaktighet • Grupputlösningssystem (deluge)	Brandprov skall genomföras i ett rum utan begränsande ventilation. Två olika spraybränder med dieselolja används: • Nominell 1 MW • Nominell 6 MW Komponentprovningssmetoden avser endast munstycken. Kraven är lika de krav som återfinns MSC/Circ. 668 och 728

4.2.4 Alternativa system för utrymmen av särskild kategori

Även för utrymmen av särskild kategori ombord på fartyg har IMO tagit fram installationsregler och provningsmetoder för alternativa system. Avsikten är att systemen skall vara ett alternativ till de vattenspraysystem som beskrivs i Resolution A.123(V). Dessa regler finns samlade i MSC/Circ.914 från 1999, se referens [19]. I nedanstående tabell sammanfattas innehållet.

Tabell 5 Sammanfattning av innehållet i IMO MSC/Circ.914.

MSC/Circ.914	
Installationskrav (översikt)	Provningsmetoder
• Automatisk eller manuell aktivering • Systemet skall delas in i sektioner som är mellan 18 – 24 m långa • 20 minuters varaktighet • Minst 280 m² verkningsyta	Brandprov skall genomföras för att visa/bestämma: • Att systemet klarar att dämpa och kontrollera en poolbrand placerad under en fullskalemodell av en lastbil samt den påföljande branden i lastbilens last • Systemets verkningsyta (dock alltid minst 280 m²) Komponentprovningssmetoden avser endast munstycken. Kraven är lika de krav som återfinns MSC/Circ. 668 och 728

Bakgrunden till installationsreglerna och provningsmetoderna i MSC/Circ.914 var en svensk inlaga [20] till IMO's underkommitté för brandskydd FP 40, år 1995. Från svensk sida pekade man på den höga brandbelastningen på bildäck på bil- och passagerarfartyg, den potentiella risken för mycket snabba och intensiva brandförlopp samt att kraven i Resolution A.123(V) troligen inte ger ett fullgott skydd. I dokumentet ber man från svensk sida att IMO etablerar en korrespondensgrupp som tar fram en brandprovningssmetod med realistiska brandscenarier. Även om det inte direkt framgår av dokumentet så var den svenska hållningen att Resolution A.123(V) på sikt borde slopas och ersättas med något högre krav.

IMO's underkommitté behandlade frågan och beslutade att tillsätta en korrespondensgrupp under svensk ledning. Gruppen fick i uppdrag att fram till påföljande möte formulera installationsregler och provningsmetoder för vattenspraysystem för bildäck samt att förbereda ett tillägg till SOLAS kapitel II-2.

Gruppen presenterade sitt arbete i en svensk inlaga [21] och ett informationsdokument [22] till FP 41, år 1996. Gruppen valde att begränsa sitt arbete till passagerarfartyg och var även överens om ett antal fundamentala krav som behöver ställas på ett system och i en brandprovningssmetod. Man var dock inte överens om huruvida systemen skulle vara automatiska eller manuellt aktiverade, en fråga som därför hänsköts till underkommittén. Informationsdokumentet innehåller ett första utkast till brandprovningssmetod. Den arbetsgrupp vid FP 41 som behandlade frågan hann inte med att diskutera dokumenten, varför underkommittén valde att hänskjuta frågan till påföljande års möte. Däremot var man emot en formell fortsättning av korrespondensgruppens arbete (en följd av IMO's strävan att begränsa antal korrespondensgrupper). Därför valde man från svensk sida att fortsätta att driva frågan mot en informell korrespondensgrupp.

Arbetet inom den informella korrespondensgruppen resulterade i en svensk inlaga [23] och två stycken informationsdokument [24, 25] till FP 42, år 1997. Det förstnämnda dokumentet innehåller ett förbättrat förslag till installationsregler och brandprovningssmetod, de båda informationsdokumenten refererar till de Brandforsk-projekt [10, 11] som hade avslutats tidigare under året och de båda SP Rapporterna 1997:03 och 1997:15 delades ut till mötesdeltagarna. Det svenska förslaget till installationsregler och brandprovningssmetod diskuterades vid mötet utan några större förändringar av innehållet. På arbetsgruppens inrådan valde dock underkommittén att inte

skicka förslaget vidare till Maritime Safety Committee (MSC) för att därigenom ge medlemsländerna möjlighet att tillämpa förslaget och kunna lämna synpunkter.

Vid FP 43, som hölls i början av 1999 diskuterades återigen förslaget, utan några större korrigeringar. Ett dokument färdigställdes, antogs av underkommittén och skickades vidare till MSC för beslut. I maj 1999 godkändes dokumentet av MSC och publicerades således som MSC/Circ.914 samma år.

5 Farligt gods

Farligt gods utgörs av ämnen och föremål, som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö, egendom och annat gods under transport och hantering. Detta förebyggs genom att det farliga godset förpackas på ett ändamålsenligt sätt, märks upp med relevant information, dokumenteras korrekt och stuvvas och säkras ordentligt. Relativt omfattande regelverk och myndighetsinsatser skall säkerställa att detta sker. För sjötransport av farligt gods är det IMDG-koden, International Maritime Dangerous Goods Code [26], utarbetad av FN:s internationella sjöfartsorganisation IMO, som gäller. IMDG-koden är i grunden rekommendationer för hur SOLAS-konventionen (Safety of Life at Sea) kan efterlevas vad gäller transport av farligt gods, men den har i Sverige och många andra länder fått föreskriftsstatus genom att sättas i kraft av respektive behörig myndighet. I Sverige är det Sjöfartsverket, som under 2002 även kommer att utge en svensk översättning av koden. IMDG-koden är obligatorisk från år 2004.

IMDG-koden bygger liksom andra transportslags internationella regelverk på FN:s rekommendationer för transport av farligt gods, vars senaste utgåva också har titeln mönsterregelverk (model regulation). Syftet är att dels ta fram tekniskt och ekonomiskt lämpliga riktlinjer för transport och hantering av farligt gods för att underlätta internationella transporter och dels åstadkomma en långtgående harmonisering mellan transportslagen för att möjliggöra intermodala transporter. Bestämmelser om klassificering, förpackning, märkning och i viss utsträckning dokumentation är därför i stort sett identiska för alla transportslag. Däremot är regler om stuvning och separation liksom t.ex. bestämmelser om fordon, järnvägsvagnar och fartyg specifika för respektive regelverk. Viktigt för stuvning ombord i fartyg är om godset skall placeras ”på däck” eller ”under däck”, där det med det förstnämnda avses väderdäck, dvs. ett däck som inte är skyddat av överbyggnad.

5.1 Klassificering av farligt gods

Klassificeringssystemet ligger till grund för på vilket sätt det farliga godset får transporteras. IMDG-koden delar in farligt gods i nio huvudklasser enligt följande:

Klass 1	Explosiva ämnen och föremål (indelade i sex riskgrupper 1.1-1.6)
Klass 2.1	Brandfarliga gaser
Klass 2.2	Ej giftiga eller brandfarliga gaser
Klass 2.3	Giftiga gaser
Klass 3	Brandfarliga vätskor
Klass 4.1	Brandfarliga fasta ämnen
Klass 4.2	Självantändande ämnen
Klass 4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten
Klass 5.1	Oxiderande ämnen
Klass 5.2	Organiska peroxider
Klass 6.1	Giftiga ämnen
Klass 6.2	Smittförande ämnen
Klass 7	Radioaktivt material
Klass 8	Frätande ämnen
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål

Alla klasser av farligt gods kan förvärra konsekvenserna av en brand, genom att förpackningar förstörs och farliga ämnen kommer ut, giftig eller på annat sätt farlig rök uppstår osv. Ett antal klasser utgör dessutom en direkt brandrisk genom att ämnena har egenskaper som att vara explosiva (klass 1), på olika sätt brandfarliga (klasserna 2.1, 3,

4.1, 4.2, 4.3), eller oxiderande (klasserna 2.2 (de gaser som innehåller syre), 5.1 och 5.2). En del ämnen i klass 2.3, 6.1 och 8 har brandfarlighet som sekundärfara.

5.2 Egenskaper hos farligt gods vid en brand

5.2.1 Explosivvaror

Explosivvaror omfattas av klass 1 i IMDG-koden och består av explosiva ämnen och föremål. Explosiva ämnen kan utveckla gaser med sådant tryck och sådan hastighet att skador kan uppstå i omgivningen. I regelverken för farligt gods inkluderas även pyrotekniska ämnen, vilka inte nödvändigtvis utvecklar gaser, men är gjorda för att ge en effekt som värme, ljus, ljud eller rök genom en kemisk reaktion. Det finns sex riskgrupper av explosiva ämnen och föremål:

- 1.1 Massexplosionsrisk
- 1.2 Spliterrisk men ingen massexplosionsrisk
- 1.3 Brandfara och mindre sprängrisk eller spliterrisk, men ingen massexplosionsrisk
- 1.4 Ingen påtaglig risk
- 1.5 Mycket okänsliga ämnen med massexplosionsrisk
- 1.6 Ytterst okänsliga ämnen utan massexplosionsrisk

För i första hand samlastningsändamål placeras explosiva ämnen och föremål också i en samhanteringsgrupp, betecknad med vissa bokstäver mellan A och S.

5.2.1.1 Risker

Explosivvaror utgör det historiskt sett första slaget av farligt gods. Huvudrisken är explosion, vilken kan utgöras av en detonation eller deflagration, eller en mer eller mindre häftig brand. Klass 1 innehåller emellertid ett omfattande sortiment av ämnen och föremål med mycket olika egenskaper, vilket också återspeglas i klassificeringssystemets riskgrupper och samhanteringsgrupper. Själva klassificeringen bestäms av en serie provningar, som avgör känsligheten för stötar och slag, friktion och öppen låga eller brand. För transport är det explosivämnets egenskaper i förpackningen som är avgörande, och därför testas mekanisk och termisk stabilitet både med och utan förpackning, och brandprovning utförs på enskilda och samemballerade förpackningar, t.ex. så kallade "bonfiretest".

5.2.1.2 Placering på fartyg

Explosivvaror får som regel inte transporteras på passagerarfartyg. Undantag är de som tillhör riskgrupp 1.4, samhanteringsgrupp S, samt små mängder av vissa andra grupper. Varje ämne eller föremål tillordnas i IMDG-koden en stuvningskategori 01-15, som anvisar stuvningssätt för passagerarfartyg respektive lastfartyg med variationerna "förbjudet", "på däck eller under däck", "endast på däck i slutna lastbärare", "på däck eller under däck i slutna lastbärare" med flera. På däck avser på väderdäck, dvs. ett däck som inte är skyddat av överbyggnad. Stuvning skall generellt ske i svala lastutrymmen och på avstånd från värmekällor. Lastutrymmena måste också vara rena och framförallt fria från damm från exempelvis spannmål eller kol. Omsorgsfull säkring av godset skall göras.

5.2.2 Gaser

En gas är ett ämne som vid 50°C har ett ångtryck över 300 kPa eller som är i gasform vid 20°C och normalt tryck. Gaserna indelas i tre delklasser beroende på deras egenskaper:

Klass 2.1, brandfarliga gaser, karakteriseras av att de vid 20°C och normalt atmosfärstryck är antändbara i blandning med luft upp till 13 volymprocent eller har ett brännbarhetsområde i luft på minst 12 procentenheter oavsett det lägre gränsvärdet.

Klass 2.2, ej brandfarliga, ej giftiga gaser, innehåller bland annat oxiderande gaser, dvs. de kan genom att avge syre orsaka antändning eller underhålla brand i brännbart material.

Klass 2.3, giftiga gaser, är i första hand giftiga eller frätande, men somliga kan samtidigt vara brandfarliga eller oxiderande.

Gaser transporteras antingen komprimerade, dvs under tryck (i vissa fall upp till 30 MPa), kondenserade, dvs. i vätskeform (genom kylning eller förhöjt tryck) eller lösta i en vätska eller ett poröst medium.

5.2.2.1 Risker

För komprimerade gaser utgör själva tryckkärlet en fara genom att det i exempelvis en brand kan sprängas och avge splitter. Utsläpp av innehållet ger ett gasmoln som beroende på gasens egenskaper kan ge varierande konsekvenser, t.ex. förvärrat brandförlopp, explosion och giftig, frätande eller kvävande rök. Kondenserade gaser kan komma ut i form av såväl gas eller aerosol som vätska beroende på var läckage uppstår. Sker utsläppet från vätskefasen uppstår ett gasmoln med betydligt högre koncentration och större omfattning än vid motsvarande utsläpp av en komprimerad gas. Vid utflöde från gasfasen sker en förångning varvid vätskan kyls och förångningen minskas efter hand för att slutligen i stort sett upphöra. Tillförsel av värme genom t.ex. vatten ökar förångningen. En fruktad konsekvens av brand i samband med kondenserade gaser är en så kallad BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion). Om kärlet sprängs i samband med upphettningen av branden och innehållet är en brandfarlig gas kommer denna att orsaka ett eldmoln med mycket hög temperatur (upp till 2000°C).

Acetylen, som i regel transporteras löst i aceton och en porös massa, kan sprängas även en lång tid efter upphettning (minst 24 timmar efter värmepåverkan).

Vid risk för sprängning av gasflaskor eller tryckkärl antas riskområdet vara cirkulärt med en radie av minst 300 m.

5.2.2.2 Placering på fartyg

Gasbehållare skall alltid stivas på avstånd från värmekällor och god ventilation skall finnas. Det är viktigt att behållarna inte har direktkontakt med ståldäcket. Åtgärder skall vidtas så att eventuellt utläckande gas inte sprids till andra utrymmen i fartyget. Stuvningskategorin enligt IMDG-koden varierar från ämne till ämne. Om inget annat anges har dock komprimerade gaser i klass 2.2 stuvningskategori A (på eller under däck i alla slags fartyg), medan komprimerade gaser i klass 2.1 och 2.3 och kondenserade gaser i samtliga klasser har stuvningskategori D. Det innebär att de endast får transporteras med lastfartyg och små passagerarfartyg med reducerat antal passagerare och med stuvning endast på däck.

5.2.3 Brandfarliga vätskor

Brandfarliga vätskor, klass 3 enligt IMDG-koden, är flytande ämnen eller vätskor som innehåller fasta ämnen i en lösning eller suspension och som har en flampunkt av högst 61°C. Klass 3 omfattar även flytande desensibiliserade explosivämnen, vätskor som transporteras vid en temperatur över sin flampunkt och ämnen som transporteras vid förhöjd temperatur i flytande (smält) tillstånd och då avger brandfarliga gaser.

Ämnen som förutom att de är brandfarliga även är giftiga eller frätande hör i vissa fall till klass 6. 1 (giftiga ämnen) respektive klass 8 (frätande ämnen). Det gäller i princip sådana ämnen med flampunkt mellan 23°C och 61°C.

5.2.3.1 Risker

En vätska räknas som brandfarlig då den avger ångor som kan antändas. Sådana vätskor ger ofta stor värmeutveckling vid brand, särskilt de som är avsedda för förbränning, t.ex. eldningsolja, bensin och diesel. Det är då inte vätskan utan ångorna som brinner.

Generellt kan sägas att vätskor med låg flampunkt antänds lätt, men om omgivningstemperaturen understiger flampunkten med 10°C så föreligger inte någon brand- eller explosionsrisk. Flampunkten är avgörande för den farlighetsgradering som indelningen i förpackningsgrupper innebär: förpackningsgrupp II omfattar vätskor med flampunkt under 23°C, medan förpackningsgrupp III omfattar sådana med flampunkt 23-61°C. För inplacering i förpackningsgrupp I används emellertid kokpunkten (högst 35°C) som kriterium, vilket också motsvarar ett högt ångtryck.

Vid den temperatur som kallas termisk tändpunkt kan en brandfarlig vätska antändas spontant. Det behövs ingen gnista eller öppen låga utan vätskans gasfas antänds för att den uppnår en viss temperatur.

En allvarlig fara är statisk elektricitet. Den beror bland annat på ledningsförmågan hos såväl den brandfarliga vätskan som behållaren, och många brandfarliga vätskor har låg ledningsförmåga vilket gynnar uppladdning och gnistbildning. Som regel bör man därför aldrig hålla vätskor med låg flampunkt i fri stråle om inte kärnen är jordade. Detta gäller även vid lossning, t.ex. bensin från en transporttank till en lagringscistern.

Om en utrunnen brännbar vätska avdunstar relativt långsamt och antänds uppstår en sk poolbrand. Vid brand i en yta ca 10 m × 10 m bensin fås en flammhöjd på ca 14 m och andra gradens brännskada kan fås upp till ca 15 m från branden. Vid släckningsinsatser måste hänsyn tas till vätskans vattenlöslighet (polaritet).

En jetflamma uppstår om den brännbara vätskan under tryck strömmar ut i luften och antänds. En BLEVE kan också uppstå vid brand runt en tank med brännbar vätska, på samma sätt som för brandfarlig gas.

Vissa brandfarliga vätskor är också giftiga eller frätande. Även vissa giftiga bekämpningsmedel som är lösta i brandfarliga lösningsmedel tillhör klass 3, eftersom den största faran ombord i fartyg anses vara brand.

5.2.3.2 Placering på fartyg

Stuvningskategori enligt IMDG-koden varierar för olika ämnen. I allmänhet tillhör brandfarliga vätskor i förpackningsgrupp II stuvningskategori B (på eller under däck, dock för större passagerarfartyg endast på däck) och i förpackningsgrupp III stuvningskategori A (på eller under däck i alla slags fartyg). För mycket farliga ämnen, dvs. förpackningsgrupp I, gäller oftast kategori E. Det innebär att de endast får

transporteras med lastfartyg och små passagerarfartyg med stuvning på däck eller under däck.

5.2.4 Brandfarliga fasta ämnen

Till klass 4.1 i IMDG-koden, brandfarliga fasta ämnen, räknas brännbara ämnen och ämnen som kan orsaka brand genom friktion. Dessutom ingår självreaktiva ämnen, vilka är termiskt instabila ämnen som lätt sönderfaller under värmeutveckling, samt fasta desensibiliserade explosivämnen, dvs. explosivämnen som gjorts okänsliga genom inblandning av vatten eller andra ämnen.

5.2.4.1 Risker

Till denna grupp räknas vissa organiska föreningar som innehåller nitrogrupper, svavel och svavelföreningar, röd fosfor och vissa metallpulver och metallsalter. Brandfarliga fasta ämnen kan reagera våldsamt med oxidationsmedel.

Vissa ämnen har även giftiga egenskaper, vilket innebär att gaser som avges vid uppvärmning eller i samband med brand kan vara farliga att inandas. Exempel på sådana ämnen är röd fosfor, metaldehyd och aromatiska nitroföreningar.

Vid metallbränder är förbränningstemperaturerna mycket höga, vilket ger häftig reaktion om vatten används som släckmedel. Detta kan leda till att brandintensiteten drastiskt ökar och eventuellt övergår i en explosion.

5.2.4.2 Placering på fartyg

Stuvningskategori enligt IMDG-koden varierar för olika ämnen. I allmänhet tillhör brandfarliga fasta ämnen i klass 4.1 stuvningskategori B. Det innebär att de endast får stuvas på däck i större passagerarfartyg men annars på eller under däck.

5.2.5 Självantändande ämnen

Till klass 4.2 i IMDG-koden räknas självantändande (pyrofora) ämnen, vilka antänds inom fem minuter vid kontakt med luft, och självupphettande ämnen, vilka självvärmer i kontakt med luft. Generellt gäller följande indelning per förpackningsgrupp:

- I pyrofora ämnen
- II självupphettande ämnen
- III självupphettande ämnen med vissa egenskaper och under vissa betingelser

5.2.5.1 Risker

Ämnen som tillhör denna klass har i regel mycket reaktiva egenskaper. Förutom spontan oxidation och antändning i luft kan ofta en reaktion med de flesta andra ämnen uppkomma. Inom gruppen finns bl.a. metallalkyler, sulfider och vit fosfor. Hit räknas också pyrofora metaller dvs. metaller som i finfördelad form lätt antänds genom t ex friktion. Vid uppvärmning eller brand kan alla pyrofora metaller, som är ytterst reaktiva när de är i finfördelad form, antändas i närvaro av luft. Vid en olycka måste stor försiktighet iakttas. Det kan behövas omedelbar kylning och kontroll över den stora antändningsrisken. Har brand utbrutit kan oftast vatten användas för släckning med undantag för de metallföreningar som omfattas av denna klass.

5.2.5.2 Placering på fartyg

Stuvningskategori enligt IMDG-koden varierar för olika ämnen. I allmänhet tillhör självantändande och självupphettande ämnen stuvningskategori C. Det innebär att de endast får stuvas på däck.

5.2.6 Ämnen som utvecklar brandfarliga gaser vid kontakt med vatten

Vissa ämnen reagerar med vatten och utvecklar då brandfarliga gaser. Dessa kan bilda explosiva blandningar med luft. Kalciumkarbid, som tillsammans med vatten bildar den brännbara gasen acetylen, är ett exempel på ett sådant ämne. Ämnena räknas till klass 4.3 i IMDG-koden.

5.2.6.1 Risker

Gaser som utvecklas när ämnen i klass 4.3 kommer i kontakt med vatten kan vara vätgas, som tillsammans med luft bildar en explosiv blandning (knallgas), eller acetylen, som bildas då karbid blir fuktigt. Reaktionsvärmen kan även antända gasen. Särskild hänsyn måste därför iaktas vid transport av 4.3-ämnen. Det gäller även användning av vattenbaserade släckmedel, som i detta fall kan förvärra en olyckssituation. Det kan noteras att ämnena indelas efter farlighetsgrad i tre olika förpackningsgrupper, där den farligaste, förpackningsgrupp I, omfattar ämnen som reagerar häftigt med vatten vid normala temperaturer, och där den utvecklade gasen har tendens att självantända eller produceras i mängder på minst 10 liter per kg ämne och minut. Förpackningsgrupp II omfattar ämnen där gasutvecklingen är minst 20 liter per kg ämne och timme, och förpackningsgrupp III sådana som ger minst 1 liter per kg ämne och timme.

5.2.6.2 Placering på fartyg

Stuvningskategori enligt IMDG-koden varierar för olika ämnen. I allmänhet tillhör vattenreaktiva ämnen stuvningskategori E. För mycket farliga ämnen gäller oftast kategori D. Det innebär att de endast får transporteras med lastfartyg och små passagerarfartyg och med stuvning på däck eller under däck (kategori E) respektive endast på däck (kategori D).

5.2.7 Oxiderande ämnen

Oxiderande ämnen i klass 5.1 enligt IMDG-koden innehåller syre eller andra oxiderande grundämnen (såsom brom, klor eller fluor), vilka lätt avges och därvid kan ge upphov till eller underhålla brand eller till och med åstadkomma explosion. Ämnena kan vara antingen fasta eller flytande. De som är i flytande form utgörs oftast av vattenlösningar vilka klassificeras som farligt gods endast i mycket höga koncentrationer.

5.2.7.1 Risker

Oxiderande ämnen innehåller bundet syre eller annat oxidationsmedel som lätt kan frigöras. Denna process kan startas genom uppvärmning, strålning eller kontakt med ett ämne som lätt tar upp syre. Många av dessa ämnen kommer därför att i blandning med brännbara material reagera häftigt och orsaka förbränning med explosionsartad hastighet. Ett förorenat oxiderande ämne kan på så sätt få explosiva egenskaper.

En kemisk reaktion eller brand leder också till sönderdelningsprodukter som kan vara mycket giftiga. Vanliga oxidationsmedel som klorater och nitrater ger vid förbränning giftiga gaser.

5.2.7.2 Placering på fartyg

Stuvningskategori enligt IMDG-koden varierar för olika ämnen. I allmänhet tillhör oxiderande ämnen stuvningskategori B (på eller under däck, dock för större passagerarfartyg endast på däck). För mycket farliga ämnen gäller oftast kategori D. Det innebär att de endast får transporteras med lastfartyg och små passagerarfartyg och med stuvning endast på däck.

5.2.8 Organiska peroxider

Organiska peroxider innehåller två syreatomer kopplade till varandra (-O-O-) och kan anses som derivat av väteperoxid, där ena eller båda väteatomerna har ersatts av organiska kedjor. Organiska peroxider klassificeras och indelas i sju olika typer med ett förfarande som överensstämmer med det för självreaktiva ämnen av klass 4.1. Klass 5.2 har inga n.o.s.-benämningar ("not otherwise specified" – inte särskilt angivna). I det fall man önskar transportera en organisk peroxid som inte överensstämmer med specifikationen av något uppräknat ämne så tilldelas det nya ämnet ett av de generiska UN-nummer som finns. Behörig myndighet skall klassificera peroxiden och ett godkännandeintyg skall medfölja transporten. Organiska peroxider placeras generellt i förpackningsgrupp II.

5.2.8.1 Risker

Kopplingen av organiska kedjor till en peroxidgrupp gör att bränsle och syre så att säga finns i samma molekyl. Den primära faran med organiska peroxider är därför deras benägenhet för brand eller explosion, men somliga kan dessutom även vara giftiga eller frätande. Organiska peroxider är vid transport ofta stabiliserade eller utspädda för att minska reaktionsbenägenheten, men då finns ändå en risk för separation. Peroxiden blir då mycket reaktionsbenägen vilket kan resultera i en förbränning utan förvarning. Vissa organiska peroxider får transporteras till sjöss endast under temperaturkontrollerade förhållanden. Kontrolltemperaturen anger den högsta temperatur vid vilken peroxiden kan transporteras på ett säkert sätt.

Vatten kan i regel användas för utspädning, vilket sänker reaktionsbenägenheten. För enstaka ämnen minskar dock den termiska stabiliteten vid tillsättning av vatten.

5.2.8.2 Placering på fartyg

Organiska peroxider har i IMDG-koden stuvningskategori D. Det innebär att de endast får transporteras med lastfartyg och små passagerarfartyg och med stuvning endast på däck.

6 Diskussion och slutsatser

Målsättningen med denna förstudie var att undersöka möjligheterna att använda vattenbaserade släcksystem för lastutrymmen ombord på fartyg. Den långsiktiga målsättningen är att på sikt kunna erbjuda ett personsäkert alternativ till de CO₂ system som idag installeras ombord på många fartyg. Inom ramen för projektet har en inventering av olika lastutrymmestyper, vanligt förekommande gods samt en sammanställning av detaljkraven i IMO's SOLAS kapitel II-2, FSS koden och andra IMO cirkulär avseende vattenbaserade släcksystem på fartyg genomförts. Rapporten innehåller även ett kapitel som diskuterar krav och problematik förknippade med farligt gods. En komplikation i sammanhanget kan vara att fartygen ofta används för olika last, både vad gäller typ av gods och fyllnadsgrad.

Nedan diskuteras brandförlopp i lastutrymmen, taktik vid brandsläckning, tre olika typer av vattenbaserade släcksystem som anses lämpliga samt synpunkter avseende farligt gods.

6.1 Brand i lastutrymmen och dess konsekvenser

SP Brandteknik har nyligen avslutat ett projekt [27] där man studerade brand på bildäck på passagerarfartyg med försök i modellskala. Projektet finansierades av Vinnova, Verket för Innovationssystem. Målsättningen med försöken var bland annat att studera inverkan av ventilation, både den mekaniska ventilationen samt naturlig ventilation genom mindre öppningar, såsom dörrar till trapphus, och större öppningar såsom portar för lastning och lossning.

En brand på ett bildäck hinner bli mycket stor innan den blir ventilationskontrollerad. För ett bildäck som är 180 m långt visar beräkningar att den maximala brandeffekten är närmare 80 MW innan brandeffekten börjar påverkas av att syrekoncentrationen avtar. Den genomsnittliga brandgastemperaturen blir hög, i storleksordningen 250 - 300°C och direkt ovanför branden kommer temperaturen och värmestrålningen att vara mycket hög. Det finns därför en uppenbar risk för värmeledning och brandspridning via värmebryggor till däck (passagerarutrymmen) ovanför bildäcket. Eftersom den maximala brandeffekten är en direkt funktion av rumsvolymen skulle en sektionering av ett bildäck vara ett effektivt sätt att kontrollera en brand.

Försöken i modellskala visade att mekanisk ventilation, motsvarande kravet på 10 luftomsättningar per timme, har mycket liten inverkan på brandförloppet. Detsamma gäller mindre öppningar såsom dörrar till trapphus och dräneringsöppningar. Om en akterport står öppen, som den gör under lastning och lossning kommer branden visserligen, rent teoretiskt, också att bli ventilationskontrollerad, men katastrofen kan vara ett faktum. Ett exempel på detta är branden [28] på bildäcket på fartyget Sally Albatross år 1990. Fartyget, som låg i torrdocka, började brinna vid reparationsarbeten och släckinsatsen av personal från varvet och från fartyget fördröjdes för att släckvatten inte fanns tillgängligt. När räddningstjänsten anlände tvingades man snabbt övergå till "passiv släckning" utifrån när en gasolflaska på däck exploderade. Fartyget totalskadades vid branden.

En annan brand med stora konsekvenser kan illustreras av branden [29, 30] på biltransportfartyget Silver Ray. Branden utbröt tisdagen den 14 maj 2002 när fartyget låg vid kaj i Antwerpen för lastning av begagnade personbilar för den Afrikanska marknaden. Fartyget är 189 m långt och har 24 mans besättning och ro-ro däck var försedda med ett

fast koldioxidsystem. När branden startade hade man lastat ombord cirka 2800 personbilar. Den maximala kapaciteten är 4700 bilar. Branden startade på däck 6, i den främre tredjedelen av fartyget. Besättningen försökte att bekämpa branden med strålrör, men den intensiva brand- och rökutvecklingen försvårade släckinsatsen. Eftersom akterporten stod öppen kunde man heller inte använda det fasta koldioxidsystemet.

Räddningstjänsten tillkallades, men den höga temperaturen (uppskattades till 1200°C) medförde att någon inträngning inte var möjlig. Det gick heller inte att stänga akterporten, eftersom detta bara kunde göras från insidan. Branden spred sig därför snabbt till däck 7 och 8 och insatsen koncentrerades till kylning av durken på däck 10 och yttre kylning av fartygets skrov för att förhindra fortsatt brandspridning, i första hand till den akte bränsletanken med 30 000 L bränsle. Dessutom gjordes hål i skrovet för att underlätta insatsen och för att dränera ut släckvattnet. Temperaturen på skrovets utsida uppmättes till 130°C vid fartygets för och till 40°C vid dess akter. Efter 24 timmar brann det i hela fartygets längd och man tvingades att ge upp kylningen av däck 10 eftersom fartyget började få slagsida. En vecka efter det att branden startade brann det fortfarande på däck 12 och branden hade även spridit sig till hyttinredningen på däck 13. Röken från branden var ett stort problem för omgivningen, i första hand de mindre företag som verkar inom hamnområdet, men även för grannbyar. I ett skede kylde röken med vattenkanoner och insatsledningen gick ut med uppmaning till befolkningen att hålla dörrar och fönster stängda. En komplikation var även att personbilarna i hög grad var fyllda med möbler, kylskåp, kläder och liknande material. Efter nio dagar betraktades räddningstjänstens insats som avslutad och ansvaret för fartyget lämnades över till rederiet.

Fartyget var så svårt skadat av branden att skrotning bedömdes som det enda alternativet. Avsikten har varit att transportera fartyget till Indien för skrotning, men miljöorganisationen Greenpeace har reagerat mot detta och kräver att fartyget skall skrotas i Belgien, i enlighet med belgisk miljölagstiftning. Fartyget ligger därför, drygt sex månader efter branden, fortfarande kvar i hamnen.

Vid en tidigare förstudie avseende brandrisker på ro-ro-fartyg [31] pekar man bland annat på riskerna med att fartygets huvuddäck avdelar maskinrum och styrmaskinrum. Vid en brand på däck kan detta förhållande på flera sätt allvarligt påverka fartygets säkerhet.

Under de senaste tio åren utvecklingen av olika kompositmaterial för användning ombord på framförallt militära fartyg ökat. Utvecklingen drivs av en strävan att reducera kostnader för underhåll, reducera vikten, försvåra upptäckt, etc. US Navy har föreslagit en serie med brandprov och krav [32] för ytfartyg för att försäkra sig om att materialen också har bra brandegenskaper. Man har även tagit fram en beräkningsmodell för att bestämma miljön i ett rum konstruerat av kompositmaterial. Beräkningsmodellen kan beräkna gastemperaturer, siktbarhet och giftiga gaser vid en brand i ett utrymme konstruerat av kompositmaterial. Modellen kräver indata såsom tid till antändning, brandeffektutveckling, förbränningsprodukter och flamspridningsegenskaper för det aktuella materialet.

Den höga styrkan och den låga vikten för kompositmaterial gör att man kan förvänta sig ett ökat intresse för alla typer av fartyg. Forskare varnar dock för att skadat kompositmaterial kan vara lika farligt som asbest [33]. Det är de vassa partiklarna i damm från kompositmaterial som kolfiber och borfibrer som utgör en fara för andningssystemet för personal som arbetar i ett riskområde. Detta gäller särskilt om kompositerna skadats både mekaniskt och av brand. Glasliknande partiklar som lätt blir luftburna kan dras ned i andningsvägarna och orsaka långsiktig skada i vävnaderna. Fibrer som tas upp i kroppen och blir kvar i vävnaderna kan orsaka cancer. Andra skador kan drabba hud och ögon.

6.2 Taktik vid brandsläckning i lastutrymmen

Vid brand i konventionella lastutrymmen stoppas fläktar och spjäll, dörrar, luckor, etc. stängs [34]. Vid användning av CO₂ öppnar man den ventil som leder till det aktuella utrymmet och släpper successivt på släckmedlet med några behållare åt gången. För stora lastutrymmen handlar det om flera ton släckmedel. Lastrummet skall hållas tillslutet till dess att fartyget kommit i hamn, oavsett om man bedömer att branden är släckt eller ej. Frisk luft kan innebära återantändning. Upptäcks brand under pågående lasthantering vid kaj är det oftast lämpligast att tillkalla den lokala räddningstjänsten.

Vid brand i lastutrymmen ombord på ro-ro-fartyg tillämpas ovanstående taktik för lastutrymmen skyddade med CO₂. För ro-ro-däck skyddade med vattenspraysystem är det likaså viktigt att ventilationen stoppas så snabbt som möjligt och att systemet aktiveras tidigt så att brandgaserna kyls. Det är viktigt att inte ventileras och beträda däck innan brandgaser, däck och skrov svalnat, något som kan ta flera timmar. Risken är annars att branden, som sannolikt avtagit på grund av syrebrist, startar igen. En brand vid lastning och lossning är betydligt mera kritisk eftersom däck behöver utrymmas och eftersom branden kommer att bli betydligt större innan någon form av ventilationskontroll erhålls. Risken för brandspridning är därmed betydligt större.

6.3 Olika vattenbaserade släcksystem

I nedanstående underkapitel diskuteras huruvida tre olika vattenbaserade släcksystem är lämpliga för lastutrymmen på fartyg. Dessutom föreslås hur dessa system skall dimensioneras och sektioneras för olika lastutrymmen och gods. De tre systemen är:

- Vattenspraysystem, utan eller med skuminblandning
- Lättskumsystem
- System med vattendimma

Det finns vissa typer av gods där gasformiga släcksystem, i första hand CO₂ och andra inertgaser, är betydligt lämpligare än vattenbaserade släcksystem. Exempel på detta är bulklastar med spannmål, träflis, pellets och liknande.

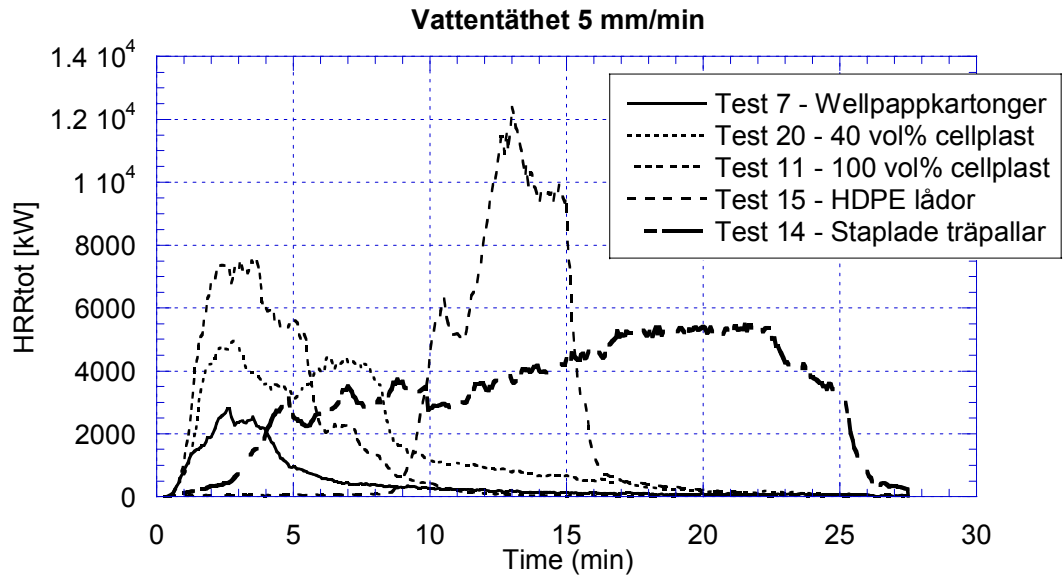
6.3.1 Vattenspraysystem, utan eller med skuminblandning

Som tidigare nämnts har man under senare år ifrågasatt huruvida system i enlighet med Resolution A.123(V), publicerade 1967, klarar att kontrollera en brand på bildäck på ett bil- och passagerarfartyg med dagens moderna personbilar, turistbussar och tunga lastfordon. Två projekt finansierade av Brandforsk diskuterar detta, se SP Report 1997:03 [10] och SP Report 1997:15 [11]. I denna rapport redovisas det tekniska bakgrundsmaterialet bakom kraven i Resolution A.123(V), en serie brandförsök som genomfördes i Danmark 1961, se Appendix A.

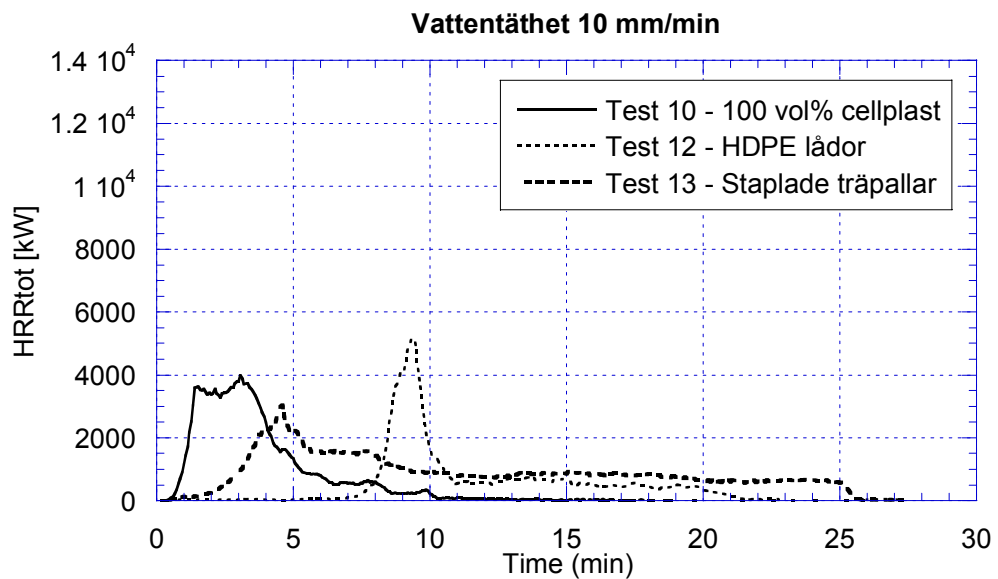
En frågeställning har varit hur systemen skall dimensioneras och sektioneras för olika lastutrymmen och gods. Nedanstående figur, hämtad från ett annat Brandforskprojekt, projektet Godsklassificering III, se referens [35], illustrerar hur stor skillnaden i brand- och släckegenskaper kan vara mellan olika godsslag, lagrade på precis samma sätt.

Samtliga de redovisade försöken genomfördes med en påförd vattentäthet om 5 mm/min, alltså den stipulerade vattentätheten för bildäck och lastutrymmen på fartyg. Totalt ingick

fyra pallar gods i varje försök. Lagringshöjden, med två pallar på höjden, är representativ för ett bildäck. Vissa av godsen provades med en vattentäthet om 10 mm/min och dessa resultat redovisas också för att åskådliggöra vilken avgörande inverkan vattentätheten har på brandförloppet.



Figur 1 Resultat från försök med fyra pallar gods och en vattentäthet om 5 mm/min. Vattenpåföringen startar vid cirka 2000 kW.



Figur 2 Resultat från försök med fyra pallar gods och en vattentäthet om 10 mm/min. Vattenpåföringen startar vid cirka 2000 kW.

Nedanstående gods provades:

Test 7 – Godset bestod av en metalllåda innesluten i tjockväggiga wellpappkartonger. Detta gods representerar en obrännbar vara, till exempel av metall, glas eller keramik i brännbar ytterförpackning. Försöken visar att godset har en snabb initial brandutveckling men att vattenpåföringen var tillräcklig för att kontrollera branden.

Test 20 – I detta gods var wellpappkartongerna (enwell) fyllda till 40-volym% med cellplast. Godset representerar alltså en vara med en mindre mängd stötdämpande förpackningsmaterial. Godset har snabb initial brandtillväxt och vattenpåföringen kontrollerade branden till viss del.

Test 11 och 10 – Godset bestod av wellpappkartonger (enwell) helt fyllda av cellplastblock och representerar alltså kollin med mycket stor andel stötdämpande förpackningsmaterial. Försöken visar att 5 mm/min är långt ifrån tillräckligt för att dämpa branden. När vattentätheten ökades till 10 mm/min halverades den maximala brandeffekten.

Test 15 och 12 – Genomfördes med lådor av högdensitetspolyeten (HDPE). Denna typ av låda håller på att bli allt vanligare på marknaden, men innebär ett potentiellt brandproblem. Försöken visar att det initiala brandförloppet är långsamt. Plasten smälter dock och bildar en poolbrand på golvet som växer i storlek. Efter drygt åtta minuter från antändning utvecklas branden oerhört snabbt och vattenpåföringen (5 mm/min) har i princip ingen inverkan alls på branden. När vattentätheten ökades till 10 mm/min dämpades branden i godset snabbt. Skillnaden mellan de två försöken var alltså avsevärd.

Test 14 och 13 – Genomfördes med staplade träpallar, en typ av gods och uppställning som erfarenhetsmässigt ger mycket intensiva brandförlopp. Trä har, jämfört med plastmaterial, relativt sett lågt energiinnehåll. På en träpall exponeras dock en stor yta vilket gör att brandeffekten kan bli mycket hög. Försöken visade att det initiala brandförloppet är långsamt. Efter det att vattenpåföringen startat (5 mm/min) tillväxer branden långsamt. Vattnet har uppenbara problem att tränga ned i stapeln. Branden når sitt maximum efter cirka 20 minuter från antändning. Brandens långa varaktighet hänger samman med den höga totalvikten hos pallarna. Slutsatsen från försöket är att vattenpåföringen hade relativt liten inverkan på branden. När vattentätheten ökades till 10 mm/min kontrolleras branden under hela brandförloppet.

Vad gäller dimensioneringen av vattenspraysystem kan man alltså konstatera att det finns vissa typer av gods där den stipulerade vattentätheten om 5 mm/min är tillräcklig. Exempel på sådant gods är obrännbart gods, utan eller med låg andel förpackningsmaterial, alternativt gods med låg brännbarhet och lågt energiinnehåll. För gods med högre brännbarhet och energiinnehåll, såsom trä, papper och textil och slutligen produkter med hög brännbarhet och högt energiinnehåll, såsom plaster, stående pappersrullar och oljeprodukter krävs normalt högre vattentäthet.

Alla former av bil- och trailerdäck på ro-ro-fartyg kräver också högre vattentätheter än 5 mm/min. Tidigare [10] har 15 mm/min och skuminblandning föreslagits, för att hantera spillbränder i motorbränsle, och denna rekommendation står sig alltså. Med en sådan dimensionering klarar systemet att hantera bränder även under relativt välventilerade förhållanden, till exempel i ”öppna” lastutrymmen eller vid lastning och lossning. Förmågan att hantera brand vid välventilerade förhållanden är dessutom en viktig förutsättning eftersom manuell eftersläckning alltid kommer att vara nödvändig.

Vad gäller sektionsindelning av systemen är kravet enligt Resolution A.123(V) att varje sektion skall vara minst 20 m lång och att systemets pumpar skall ha en kapacitet tillräcklig för att klara antingen hela däckets eller minst två sektioner. Vår bedömning är att detta krav är tillfyllest.

6.3.2 Lättskumssystem

Lättskum är ett användbart släckmedel för många typer av bränder i fasta material och vätskor. Det har tre relativt oberoende släckmekanismer [36]:

- 1) Det fyller brandrummet med skum och blockerar därigenom luftförelserna till branden och skärmar av värmestrålningen.
- 2) Det förångas när det närmar sig branden och producerar stora mängder vattenånga som späder ut syrgasinnehållet i luften.
- 3) Det kyler, då det när branden har dämpats kommer i kontakt med glödande rester och varma ytor.

Enligt kraven i SOLAS II-2 begränsas användningen av lättskumssystem till fordonsutrymmen och ro-ro-lastutrymmen som **inte** räknas som ett utrymme av särskild kategori (underförstått avses alltså fordonsutrymmen och ro-ro-lastutrymmen där passagerare inte har tillträde) **och** som dessutom kan tillslutas från utsidan. En förutsättning är emellertid att den nationella sjöfartsmyndigheten är övertygad om att en likvärdig säkerhetsnivå jämfört med CO₂ system uppnås.

Även för andra typer av lastutrymmen medger SOLAS II-2 alternativa system till CO₂ system eller inertgassystem, förutsatt att de bedöms ge likvärdigt skydd. Ett sådant alternativ skulle kunna vara lättskum.

Ett problem med lättskum har varit att det inte kan produceras av luft som innehåller brandrök. Skummets stabilitet försämras även vid högre lufttemperaturer. För traditionella lättskumssystem måste man därför använda ytterluft vid skumalstringen och som en konsekvens av det erhålls ett välventilerat brandrum. Är brandrummet dåligt ventilerat är en lättskuminsats verkningslös, eftersom skumaggregatet endast kan arbeta mot ett mycket litet övertryck. En annan nackdel är att skummet "fyller upp" utrymmet nedifrån och upp, vilket innebär att kylningen av brandgaser är begränsad till dess att skummet börjar kontrollera branden. I likhet med gassläcksystem kräver också lättskum att hela det skyddade utrymmet fylls med skum vid en brand.

Under senare år har en ny typ av lättskumssystem introducerats på marknaden, där en speciell typ av skumvätska används. Skumvätskan har hög motståndsförmåga mot rök- och brandgaser och skumaggregaten kan alstra skum av luft som innehåller brandrök. Skumaggregaten placeras alltså direkt i brandrummet och kräver varken tilluftkanaler eller att brandrummet har ventilationsöppningar.

I ett tidigare Brandforsk-projekt har denna teknik studerats i modellskala [37]. Försöken genomfördes med en uppställning som relativt väl speglar ett varulager med pallställage. Uppställningen var alltså relativt lika ett lastutrymme ombord på ett fartyg. Försöken visade att aktiveringstiden och påföringshastigheten är de två viktigaste parametrarna vid dimensioneringen av den här typen av lättskumssystem. Med en tillräckligt hög påföringshastighet som startar i ett tidigt skede av branden säkerställer man skumproduktion och tillräcklig hög stighastighet. Om temperaturen vid aggregaten översteg cirka 300°C så minskade skumproduktionen avsevärt. Försöken visade också att

ventilationen till brandrummet påverkar skumuppbyggnaden. Om branden är underventilerad och pyrolysgaser bildas minskar skumproduktionen avsevärt, trots relativt låga temperaturer.

Slutsatsen man kan dra är att system med lättskum alstrat med rökbemängd luft troligen inte passar för lastutrymmen ombord på fartyg. Vid en brand kommer man snabbt att få en miljö med höga temperaturer och därefter en underventilerad brand. Det finns därför risk att skumproduktionen blir för dålig eller helt uteblir.

6.3.3 System med vattendimma

Som diskuteras i rapporten används system med vattendimma i stor utsträckning ombord på fartyg, framförallt i passagerarutrymmen och i maskinrummet. En starkt bidragande orsak till detta har dels varit de ökade kraven i efterdyningarna av branden på Scandinavian Star, dels avvecklingen av halon. Dessa händelser har tvingat IMO att ta fram installationsregler och provningsmetoder för alternativa system.

Även för utrymmen av särskild kategori har IMO tagit fram installationsregler och provningsmetoder för alternativa system. Bakgrunden till detta kan tillskrivas svenska ansträngningar att skärpa kraven. Från svensk sida pekade man i mitten av 1990-talet på den höga brandbelastningen på bildäck på bil- och passagerarfartyg, den potentiella risken för mycket snabba och intensiva brandförlopp samt att kraven i Resolution A.123(V) troligen inte ger ett fullgott skydd. De installationsregler och provningsmetoder som togs fram finns samlade i MSC/Circ.914 från 1999. Kraven i brandprovningssmetoden kan sägas vara höga och i dagsläget har ingen tillverkare klarat brandprovningssmetodens krav.

System med vattendimma ger generellt mindre vattendroppar jämfört med vattenspraysystem, men det finns ingen entydig definition av vattendimma eller någon standard som beskriver vilken vattendroppstorlek som är bäst för olika tillämpningar. Mindre vattendroppar innebär att vattnet förångas snabbare, vilket gör att kylningen av brandgaser förbättras, jämfört med större vattendroppar.

Ett exempel på en applikation som påminner om lastutrymmen ombord på fartyg, där man studerat möjligheten att använda system med vattendimma, är Eurotunneln under den Engelska kanalen. Den 18 november 1996 utbröt [38, 39] en allvarlig brand ombord på en av de transportvagnar som transporterar lastbilar och andra tunga fordon. Branden varade i omkring sju timmar och involverade totalt tio lastbilar. Lyckligtvis omkom inga människor vid branden. Brandskadekostnaderna och de kostnader som stilleståndet orsakade har uppskattats till £200 miljoner. Mot bakgrund av detta initierades därför en studie för att undersöka möjligheten att installera någon form av fast släcksystem ombord på transportvagnarna.

Man tog fram ett koncept som bygger på att varje transportvagn förses med en matris av vattenspraymunstycken, 12 stycken per sida, alltså totalt 24 stycken munstycken. Munstyckena placeras så att en så jämn vattendistribution som möjligt åstadkoms. Varje transportvagn är cirka 19,3 m lång, 3,7 m bred och 4,4 m hög. Det totala vattenflödet är cirka 1000 L/min, alltså 500 L/min per sida och 42 L/min per munstycke. Transportvagnarna är inte slutna utan till cirka 50 % öppna och det finns inga dörrar i dess ändar. Det är alltså inte möjligt att släcka genom att syrekonzentrationen sänks. Konceptförslaget skickades till ett antal potentiella leverantörer av vattenbaserade släcksystem. Av de tio som svarade föreslog sju system med vattendimma och de övriga tre mer traditionella, sprinklerliknande lösningar.

En förstudie initierades för att bedöma vilken av de två olika lösningarna som mest sannolikt skulle ha en möjlighet att fungera. Slutsatsen blev att ett mer konventionellt system med relativt stora vattendroppar troligen har bäst förutsättningar att nå fram till branden när omgivande lufthastighet är omkring 5 m/s. Men om ett system med mindre vattendroppar klarar dessa lufthastigheter bedömdes det som troligt att kunna reducera vattenbehovet och systemets totalvikt. Man tog därför beslutet att genomföra fullskaliga brandförsök med båda typerna av system.

Eftersom flera transportvagnar var ur funktion och skrotade efter branden 1996 föll det sig naturligt att använda dessa vid försöken. En kritisk punkt vid försöken var möjligheterna att simulera de lufthastigheter på upp till 20 - 24 m/s som råder runt vagnen vid drift. Behovet var störst för utvärderingen av detektionssystemet eftersom släcksystemet används när tågsettet hunnit sakta ned och stannat vilket innebär lufthastigheter omkring 5 - 10 m/s. En godtagbar kompromiss var att bygga ett halvt tvärsnitt av en tunnel och en transportvagn. Tunneln var cirka 38 m lång. Med hjälp av fläktar vid den ena mynningen gick det att åstadkomma önskat luftflöde.

Totalt genomfördes 18 försök där ett system med högt arbetstryck (80 - 100 bar) och ett med lågt tryck (2 - 7 bar) jämfördes. Baserat på försöken kunde man dra nedanstående slutsatser:

- Projektet visade att det är möjligt att skydda de transportvagnar som transporterar lastbilar och andra tunga fordon i Eurotunneln med ett fast installerat system för detektion och kontroll av brand. Försöken visade att det är möjligt att förhindra brandspridningen från ett fordon till ett annat.
- Av de två olika släcksystem som utvärderades var det något överraskande det med högst arbetstryck och minsta vattendroppar som var mest effektivt, både vad gäller förmågan att begränsa brandskadorna och att reducera temperaturerna, jämfört med lågtryckssystemet.
- Det är troligt att de mindre vattendroppar ($< 100 \mu\text{m}$) ger en fördel vad gäller kylning av brandgaserna eftersom mindre vattendroppar förångas snabbt. Ventilationsflödet med de lufthastigheter som är aktuella verkar inte vara något problem.
- Vattenflödet för högtryckssystemet var mellan 300 - 320 L/min, lågtryckssystemet krävde ett minsta flöde om 500 L/min. (Dessa siffror avser en halv transportvagn).
- Det brandscenario som var svårast för båda de provade systemen var när tändning skedde inne i själva lasten. Branden hinner utvecklas innan lastbilens sidor brinner bort och tillåter vatten att nå branden. Solida sidor försämrar situationen jämfört med sidor av kapellväv.
- Dämpning av branden är trolig när den initiala branden är utanför lastbilens last. Även i detta fall var högtryckssystemet mer effektivt.

Dessa försök visar att det finns en potential att använda system med vattendimma även i lastutrymmen ombord på fartyg. Vad gäller sektionsindelning av systemen är det rimligt att systemen sektioneras lika ett vattenspraysystem, det vill säga att varje sektion skall vara minst 20 m lång och att systemets pumpar skall ha en kapacitet tillräcklig för att klara antingen hela däckets eller minst två sektioner. Ett praktiskt problem med vattendimma kan emellertid vara höga erforderliga effektbehov som krävs för systemets pumpar.

6.4 Synpunkter avseende farligt gods

Alla klasser av farligt gods kan förvärra konsekvenserna av en brand, genom att förpackningar förstörs och farliga ämnen kommer ut, giftig eller på annat sätt farlig rök uppstår osv. Ett antal klasser utgör dessutom en direkt brandrisk genom att ämnena har egenskaper som att vara explosiva (klass 1), på olika sätt brandfarliga (klasserna 2.1, 3, 4.1, 4.2, 4.3), eller oxiderande (klasserna 2.2 (de gaser som innehåller syre), 5.1 och 5.2). En del ämnen i klass 2.3, 6.1 och 8 har brandfarlighet som sekundärfara.

Merparten av de ämnen och föremål som klassas som farligt gods kan skyddas med vattenbaserade släcksystem. För vissa ämnen och klasser är dock vatten olämpligt som släckmedel. Exempelvis kan vatten påskynda spridningen av brandfarliga vätskor (klass 3), särskilt sådana som inte är vattenlösliga, och även bidra till spridning av andra ämnen, t.ex. giftiga ämnen i klass 6.1. I det förstnämnda fallet är inblandning av skumvätska till vattnet ett bra sätt att lösa problemet.

Vatten i kombination med ämnen i klass 4.3, där hela klassen karakteriseras av att ämnena utvecklar brandfarlig gas i kontakt med vatten, eller metallföreningar i klass 4.2, där fukt påskyndar självupphettningssprocessen, kan leda till försvårade omständigheter vid en olycka. Jämför även vad som redovisas i Appendix A beträffande effekter på utflödande bensin (klass 3).

Farligt gods i bulk kan också kräva särskilda överväganden. På samma sätt som för annat brännbart gods i bulk (se ovan) kan gasformiga släcksystem vara lämpligare för sådana transporter.

7 Referenser

- 1 "Carbon Dioxide as a Fire Suppressant: Examining the Risks", Report EPA430-R-00-002, United States Environmental Protection Agency, Washington, DC, February 2000
- 2 "Fakta om olika fartygstyper, Sjöfartens Bok 2002, publicerad av *Svensk Sjöfarts Tidning*, 14 december, 2001
- 3 "Ro-Ro Technology 2002", *The Scandinavian Shipping Gazette*, March 8, 2002
- 4 Ingvarson, Krister och Wikman, Johan, "Presentation av nya kapitel II-2 i SOLAS och koden för brandsäkerhetssystem (FSS koden)", brev från Sjöfartsverket daterat 2002-02-25
- 5 SOLAS, "International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, and 1988 Protocol relating thereto", 2000 Amendments effective January and July 2002, International Maritime Organization, London, United Kingdom, 2001
- 6 MSC 73/21/Add.2, Annex 6, "The International Code for Fire Safety Systems (Fire Safety Systems Code)", adopted on 5 December 2000, International Maritime Organization, London, United Kingdom, 2000
- 7 Resolution MSC.44(65), "Standards for fixed sprinkler systems for High Speed Craft", adopted on 11 May, 1995, ", International Maritime Organization, London, United Kingdom, 1995
- 8 Resolution A.123(V), "Recommendation on fixed fire extinguishing systems for special category spaces", International Maritime Organization, London, United Kingdom, October 26, 1967
- 9 Fribert, F., Hansen, G., et al, "Extinction of Fire in Ships by Automatic Sprinkler Systems and Fixed Pressure Water-spraying Systems", Denmark, June 1963
- 10 Arvidson, Magnus, Ingason, Haukur and Persson, Henry, "Water Based Fire Protection Systems for Vehicle Decks on Ro-Ro Passenger Ferries, BRANDFORSK Project 421-941", SP Report 1997:03, Swedish National Testing and Research Institute, 1997
- 11 Arvidson, Magnus, "Large Scale Ro-Ro Vehicle Deck Fire Test, NORDTEST Project 1299-96, BRANDFORSK Project 421-941", SP Report 1997:15, Swedish National Testing and Research Institute, 1997
- 12 Video entitled "Large Scale Ro-Ro Vehicle Deck Fire Test, Conducted at SP on the 23rd of May 1997", Swedish National Testing and Research Institute, Borås, 1997
- 13 Resolution A.800(19), "Revised guidelines for approval of sprinkler systems equivalent to that referred to in SOLAS Regulation II-2/12", International Maritime Organisation, London, United Kingdom, December 14, 1995
- 14 Arvidson, Magnus and Isaksson, Sören, "Equivalency Sprinkler Fire Tests, Nordtest Project 1152-94", SP Report 1995:19, Swedish National Testing and Research Institute, Borås, Sweden, 1995
- 15 Arvidson, Magnus, Isaksson, Sören and Tuomisaari, Maarit, "Recommended Acceptance Criteria for Sprinkler Systems Equivalent to SOLAS II-2/12", SP Report 1995:20, Swedish National Testing and Research Institute, Borås,

Sweden, 1995

- 16 IMO MSC/Circ. 668, "Alternative arrangements for halon fire-extinguishing systems in machinery spaces and pump-rooms", International Maritime Organization, London, United Kingdom, December 30, 1994
- 17 IMO MSC/Circ. 728, "Revised test method for equivalent water-based fire-extinguishing systems for machinery spaces of Category A and cargo pump-rooms contained in MSC/Circ.668", International Maritime Organization, London, United Kingdom, June 4, 1996
- 18 IMO MS/Circ. 913, "Guidelines for the approval of fixed water-based local application fire-fighting systems for use in category A machinery spaces", International Maritime Organization, London, United Kingdom, June 4, 1999
- 19 IMO MS/Circ. 914, "Guidelines for the approval of alternative fixed water-based fire-fighting systems for special category spaces", International Maritime Organization, London, United Kingdom, June 4, 1999
- 20 FP 40/5/7, "FIRE-FIGHTING SYSTEMS, Water-spraying systems for vehicle decks on ro-ro passenger vessels", svensk inläga till IMO Sub-Committee on Fire Protection, 40th session, 1995
- 21 FP 41/8/1, "FIRE-FIGHTING SYSTEMS, Fixed water-spraying systems for vehicle decks on ro-ro passenger vessels, Report of the Correspondence Group", svensk inläga till IMO Sub-Committee on Fire Protection, 41th session, 1996
- 22 FP 41/INF. 19, "FIRE-FIGHTING SYSTEMS, Fixed water-spraying systems for vehicle decks on ro-ro passenger vessels", svenskt informationsdokument till IMO Sub-Committee on Fire Protection, 41th session, 1996
- 23 FP 42/8/5, "FIRE-FIGHTING SYSTEMS IN MACHINERY AND OTHER SPACES, Report of the group of interested member governments on fire-fighting systems for ro-ro vehicle decks", svensk inläga till IMO Sub-Committee on Fire Protection, 42th session, 1997
- 24 FP 42/INF.9, "FIRE-FIGHTING SYSTEMS IN MACHINERY AND OTHER SPACES, Water-based fire protection systems for vehicle decks on ro-ro passenger ferries", svenskt informationsdokument till IMO Sub-Committee on Fire Protection, 42th session, 1997
- 25 FP 42/INF.10, " FIRE-FIGHTING SYSTEMS IN MACHINERY AND OTHER SPACES, Large scale ro-ro vehicle deck fire test", svenskt informationsdokument till IMO Sub-Committee on Fire Protection, 42th session, 1997
- 26 IMDG-koden, "International Maritime Dangerous Goods Code, Amdt. 30", International Maritime Organization, London, United Kingdom, 2000
- 27 Larsson, Ida, Ingason, Haukur and Arvidson, Magnus, "Model scale fire tests on a vehicle deck on board a ship", SP Report 2002:05, Swedish National Testing and Research Institute, Borås, Sweden, 2002
- 28 Johansson, Olle, "Inom en timme var fartyget "Total Loss"", *SkandiaTips*, Nr 1, 1990
- 29 Artiklar i *Gazet Van Antwerpen*, 15 – 21 maj, 2002

- 30 Personlig kommunikation med Kpt-Cdt Chris Addiers, Räddningstjänsten i Antwerpen
- 31 Johansson, Leif och Lindström, Olle, "Brandspridning och konsekvenser av brand i ro/ro fartygs lastutrymmen (förstudie)", Saltech, 1987
- 32 Sorathia, U., Long G., Gracik, T., Blum, M. and Ness, J., "Screening Tests for Fire Safety of Composites for Marine Applications", *Fire and Materials*, Vol. 25, No. 6, November – December 2001
- 33 Rådelius, Maja-Lena, "Skadat kompositmaterial lika farligt som asbest", *Dagens Forskning*, 18 – 19 mars 2002
- 34 Strandberg, Bo, "Brandskydd och brandövningar ombord", Sjöfartens Brandskyddskommitté, Stockholm, 1988
- 35 Arvidson, Magnus and Lönnermark, Anders, "Commodity classification tests of selected ordinary combustible products", Brandforsk project 620-001, SP Report 2002:03, Swedish National Testing and Research Institute, Borås, Sweden, 2002
- 36 Holmstedt, Göran S., "Lättskum – Litteratursammanställning och Forskningsbehov", SP-RAPP 1986-05, Statens Provningsanstalt, Borås, 1986
- 37 Bobert, Magnus, "High Expansion Foam Systems for Inside Air – Literature Review and Fire Tests, Brandforsk Project 609-971", SP Report 2001:01, Swedish National Testing and Research Institute, Borås, Sweden, 2001
- 38 Grant, George and Southwood, Peter, "Development of an Onboard Fire Suppression System for Eurotunnel HGV Shuttle Train", proceedings from INTERFLAM '99, 1999
- 39 Grant, George and Southwood, Peter, "Eurotunnel's Full-scale Fire Suppression Test Programme", proceedings from Tunnel Fires and Escape from Tunnels, International Conference 5 - 7 May, Lyon, 1999

Appendix A

I detta appendix redovisas ett utdrag, sidorna 213 – 221, från den danska rapporten “Extinction of Fire in Ships by Automatic Sprinkler Systems and Fixed Pressure Water-spraying Systems”, från juni 1963. Som framgår av utdraget var bakgrunden till försöken målsättningen att ”utveckla bästa möjliga skyddssystem för bildäck på passagerarfartyg”. Målsättningen och slutsatserna från försöken är intressanta och relevanta även för dagens färjesjöfart.

Försöken genomfördes i en byggnad som var 20 meter lång, 7 meter bred och hade en takhöjd på 7 meter. Byggnaden hade en stålörstomme som täcktes med 6 mm tjocka ”Navilite” vägg- och takskivor. Golvet var av betong och lutade från respektive kortsida, med en lutning om 1:100, mot en tvärgående, centriskt placerad golvränna. Byggnadens ena kortsida hade en pardörr med en öppningsarea om 4 m² och motstående kortsida hade en enkeldörr om 2 m². Kortsidorna, långsidorna och taket hade dessutom ett antal mindre öppningar försedda med luckor. Även om alla dörrar och luckor var stängda var byggnaden långt ifrån lufttät, eftersom vägg- och takskivor överlappade varandra och bildade relativt stora springor. Vid försöken var kortsidornas dörrar och luckor öppna, varför bränderna kan bedömas ha varit relativt välventilerade.

Man simulerade två olika typer av brandscenarier, båda representativa för brand på bildäck, dels ett scenario där bensin tilläts rinna nedför en längsgående ränna (lutningen var 267 mm på 10 m alltså motsvarande 1:37) och dels fordonsbrand där man använde en mock-up för att simulera en lastbil.

Man tittade på två olika typer av system, dels en vattenridå, där förhoppningen var att denna ridå skulle kunna förhindra brandspridningen i utflödande bensin. Dels en större sektion med vattenspraymunstycken, som alltså täckte en större golvyta jämfört med vattenridån.

Resultaten visade (vilket redovisas i nedanstående utdrag) att vattenridån inte klarade att förhindra brandspridning i utflödande bensin. Men man bedömde att det är troligt att det går att designa en vattenridå som förhindrar brandspridning, men det kräver höga vattenflöden och hög kapacitet hos bildäckets avlopp. Försöken med en större sektion med vattenspraymunstycken var mer effektiva mot spillbranden.

Baserat på försöken och sett ur dåtidens perspektiv förefaller de slutsatser som man drar som riktiga. Vissa delar av försöken kan man kritisera, framförallt den korta förbrinntiden, endast från mellan sex sekunder till drygt en minut till dess att man initierar vattenpåföringen. Dessutom var även påföringstiden kort, ofta bara en eller två minuter innan man gick in och släckte manuellt. Detta för att inte utsätta byggnaden för allt för hög värmepåverkan. Man kan även ifrågasätta tolkningen av vissa försöksresultat. Somliga resultat bedöms som positiva baserat på snabbt avtagande uppmätta temperaturer i rummet. Detta är dock en effekt man ofta ser när man tillför vatten i ett brinnande utrymme, vattnet förångas, vilket isig har en kraftig kyleffekt, men dessutom fås ett undertryck i rummet vilket gör att friskluft strömmar in i utrymmet. Efter denna initiala effekt utjämnas trycket och brandintensiteten (liksom temperaturen) tilltar. Det verkar som om man släckte försöksbränderna manuellt innan de fick möjligheten att tillväxa igen.

Jämfört med dagens moderna fartyg var även brandbelastningen låg och inget plastmaterial användes. Vidare var avståndet mellan ”fordonen” och byggnadens tak relativt stor, cirka 5 m. I ett modernt fartyg är detta avstånd mycket begränsat, normalt bara 0,5 – 1 m för tyngre fordon som lastbilar och bussar.

CAR DECK TESTS

Owing to Denmark's geographical position, ferries play an essential part in her national as well as international communications, and the number and the size of Danish ferries have been increased in step with the constantly growing demand for ferrying facilities for passengers, goods, railroad cars, and passenger cars.

Therefore, in view of the special conditions under which this intensive traffic is handled, it has been natural for the Danish Administration to endeavour to find the best possible type of protection of ferry car decks against fire.

The time of crossing varies from 20 minutes to $3\frac{1}{2}$ hours, and on the Great Belt between Seeland and Funen where by far the heaviest traffic is handled, the time of crossing lasts about one hour in the case of motor vehicle ferries proper, and about $1\frac{1}{2}$ hours in the case of railroad car ferries and ferries designed for both purposes, and the largest ferries of this country ply between the said islands.

The special conditions applying to all Danish points of crossing are as follows:

- (1) The traffic is so heavy that the ferries must leave port immediately after a train and/or motor vehicles have been driven on board, and the travellers do not leave the train or the motor vehicles while they are being driven on board.
- (2) Passengers are permitted to enter the car decks of all ferries during the crossing, and they are also allowed to stay in the train or in the motor vehicles during the crossing.
- (3) About five minutes before a ferry arrives in port, all passengers are requested to take their seats in the train or in the motor vehicles so that these can be driven ashore immediately on the arrival in port.

It is not possible to alter these conditions, and, therefore it is essential to provide the car decks of Danish ferries with fire extinction installations which can satisfy the following demands:

- (a) The installation must be able to protect the passengers and the crew staying on the car deck even if a fire should break out during the critical minutes during which all

passengers have taken their seats in the train and the motor vehicles immediately prior to arrival in port.

- (b) In view of the special fire hazard involved by the outflow of petrol, it must be possible quickly to put the installation in operation with sufficient effect.
- (c) The installation must be able to prevent an outbreak of fire of any kind whatsoever from spreading over the car deck itself and to the other parts of the ferry.
- (d) The installation must be able to put any outbreak of fire under control and to quell it to such an extent that the residual fire can be manually extinguished.

The Committee realized that the demands of the Convention as to protection of car decks against fire might be satisfied in several ways, for example, by means of the so-called water curtains instead of "A" Class bulkheads supplemented with ample manual fire fighting equipment, or by means of such water curtains supplemented with automatically operated sprinklers between the curtains and with normal fire fighting equipment, but in view of the special conditions under which Danish ferries are operated, the Committee found that such types of protection against fire would not be completely satisfactory. Water curtains will not be able to protect persons staying in an area between two water curtains if fire should break out within such area, and they will reduce the carrying capacity of a ferry since motor vehicles and railroad cars cannot be placed immediately below a curtain if it is to operate efficiently.

Nevertheless, the Committee found that in connection with the planned series of tests, some tests should be made to ascertain whether different types of water curtain would be able to stop a flow of burning petrol on a sloping deck.

However, the Committee attached greater importance to manually operated and into sections divided fixed pressure water-spraying systems, and the sketches page 215 show that in this way the regulations of the Convention governing the equivalence of "A" Class bulkheads can also be satisfied.

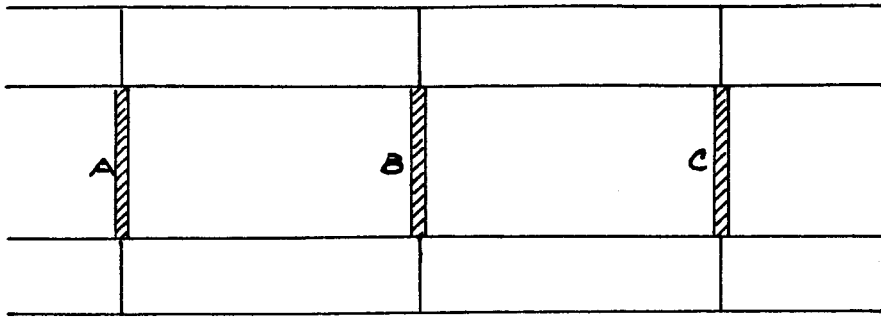


Fig. 1

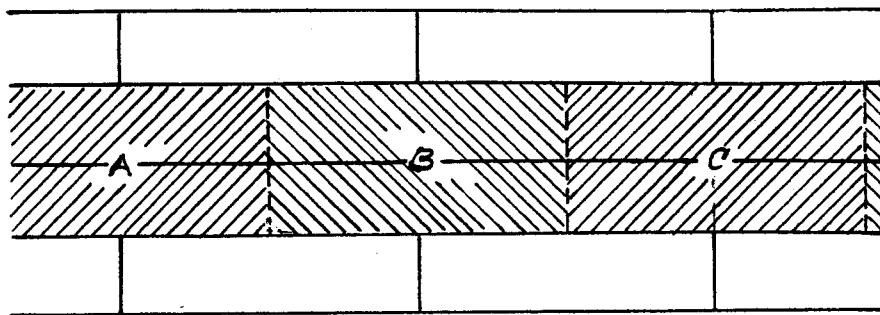


Fig. 2

Fig. 1 shows a car deck on which water curtains can be arranged in continuation of the main zone bulkheads, while Fig. 2 shows the principle of the above mentioned system, the water curtains having simply been converted into sections.

According to the origin of the fire, the tests were divided into four groups. At tests Nos. 3.3.1.1. to 3.3.1.5. incl. petrol flowing down a sloping tray was set on fire, at tests Nos. 3.3.1.6., 3.3.1.7., 3.3.2.1., and 3.3.2.2. the fire was started on the floor, at tests Nos. 3.3.3.1. to 3.3.3.4. incl. the fire was started in a mock-up as well as on the floor, and at test No. 3.3.4.1. the fire was started in the van and on the floor. Various types of pressure water systems were used for the tests. Different types of water curtain were tested at Nos. 3.1.1.1. to 3.1.1.7. incl., while into sections divided systems were used for the purpose of the other tests, and in the following evaluations, regard has been paid thereto.

Evaluation of Test Results

All the measurements made during the tests are represented by the radiometer and temperature curves, but since the radiometers as well as the thermometer were placed at different points in the different test arrangements, it is not possible to make an absolute measurement-technical evaluation. The measurements made, therefore, can be used only for verification of the visual observations, particularly as regards the penetration of the fire through the water curtains, the intensity of the smoke, etc.

Below are described the typical observations based on temperature as well as radiometer curves, and all the characteristics pointed out show that the measurement data recorded agree with the visual observations.

Tests Nos. 3.3.1.1. to 3.3.1.5. incl. (water curtain and tray) have one feature in common in that all curves plotted by means of the temperatures recorded by the thermocouples located in front of and inside the water curtains show that immediately after the ignition of the outflowing petrol, the temperature began rising rapidly, the rise being smaller where the thermocouples were located inside the sprinkled area. This rise was followed by a somewhat slower drop in temperature, which began when the supply of petrol was cut off. A comparison with the radiometer curves shows that the falling tendency of these curves sets in at an earlier time than that of the falling tendency of the temperature curves, which must be due only to the space being filled with smoke drifting to the level of the radiometer. The sudden rise of the curve representing the recordings of the radiometer located after the curtain is due to burning petrol having penetrated the curtain.

These measurements of the penetration of the burning petrol through the water curtain and the volume of smoke completely agree with the visual observations.

However, it should be noted that the visual observations clearly showed that the penetration of the fire must be due to the open structure of the water curtain, and also to the special test arrangement which included a rather steeply sloping tray, and finally to the fact that the test arrangement made it possible for air from the area below the tray to rise above it in the

sprinkled area, and thereby to neutralize the quelling and checking effect of the water curtain.

At the subsequent tests, the petrol, instead of running into a tray, was allowed to flow over the less sloping floor. At these tests, Nos. 3.3.1.6. and 3.3.1.7. (water curtain and fire on floor), the curves representing the recordings of the radiometers located behind the water curtain show that the broad curtain, test No. 3.3.1.7., did not allow the fire to pass, while the narrower curtain, test No. 3.3.1.6., only after about 1 min. 10 sec. allowed so much burning petrol to pass that the radiometer actually showed a rising tendency.

At tests Nos. 3.3.2.1. and 3.3.2.2. (section sprinkling), the radiometer located behind the sprinkled section recorded how the fire tried to penetrate the sprinkled area. It will be noted that in test No. 3.3.2.1. the radiometer recorded penetration only after about 50 sec., and in test No. 3.3.2.2. only after about 1 min. 20 sec., in spite of the fact that it had already earlier been visually observed that fire penetrated the section. This shows that the fire is quelled to a great extent during its passage through the section, hence it must be presumed that the fire would have been stopped by a longer section.

Tests Nos. 3.3.3.1. to 3.3.3.4. incl. and test No. 3.3.4.1. were made to ascertain the extent to which different water-spraying systems are able to prevent a fire from spreading from a motor-car having a leaky petrol tank to motor-cars parked immediately next to it, and the extent to which they are able to extinguish such fire.

It should be noted that owing to the very large, exposed combustible surfaces of the motor-car (mock-up) set on fire, the primary fire developed from the start in a manner that must be assumed to be far more violent than will be possible in case an ordinary passenger car or lorry on fire.

At these tests, the temperature and the radiometer readings, owing to the particular origin of the fire, reflect the development of the fire only to such small extent that it is not possible to make an evaluation based thereon. The measurements made during these tests can be used only to show that the fires developed very vigorously - local temperatures of even up to $1,000^{\circ}\text{C}$ were

measured - for which reason the visual observations alone must form the basis of an evaluation of the test results.

The systems used, GW-90 heads with deflector spaced 13 ft. (4 m.) apart and also GW-45 heads spaced 8 and 9 ft. (2.4 and 2.65 m.) apart, showed during the tests that they were able effectively to control the fires, and their capacity was probably greater than that demonstrated at the tests.

The fact that at the tests comprising GW-45 heads spaced 13 ft. (4 m.) apart and GW-30 heads spaced 8 and 9 ft. (2.4 and 2.65 m.) apart, the residual fire was manually extinguished to protect the test building, which was a very light construction, cannot be taken as a reliable sign that these systems were not efficient, especially when regard is paid to the heavily dropping tendency of the temperature curves after water release, which seems to show that also these systems were about getting the fire under control at the time when the fire was manually extinguished.

C O N C L U S I O N

The water curtain tests made by means of a tray as well as without a tray showed that none of the types of systems used were quite suitable for this purpose. There can hardly be any doubt that a water curtain can be designed in such manner that it will serve its purpose in a satisfactory manner, but, if so, it must be completely tight and water must be supplied in so large quantities and with so great force that even on a sloping deck a flow of burning petrol will be forced back, and, in addition, the deck and the outlets from the deck must be designed in such manner as to secure that when two water curtains are laid at the same time, all the burning petrol together with the large quantities of water will flow into the sea through scuppers. Such installations, which are used on board aircraft carriers, will require a very high rate of flow of water.

Section sprinkling tests Nos. 3.3.2.1. and 3.3.2.2., for the purpose of which rather large quantities of petrol were ignited on a sloping deck on which there were no obstructions in the form of motor vehicles and the like, showed that such system can efficiently control this type of fire. For the test arrangement it was possible to use sections of only about 10 metres in the longitudinal direction of the building, but to secure complete safety, the individual section should probably be of a length of not less than about 20 metres in the longitudinal direction of a ship, and the pumps must be so dimensioned that at least two sections can be operated at the same time. It is necessary to use at least two, possibly three, sections - with due regard to the shape of the deck (side casings or centre casings etc.) - since it was found at the tests that burning petrol flows rapidly over a sloping deck with consequent violent development of dense smoke, which will quickly make it impossible with certainty to locate the origin of the fire and to observe in which direction the fire moves.

These tests must, of course, be compared with the section sprinkling tests for the purpose of which a mock-up and a van were used, although the quantity of petrol poured over the sloping deck at these tests was only about 80 litres. In this instance, large quantities of combustible material in the form of wood and wood

wool soaked in petrol were ignited and the initial fire was very vigorous; and after petrol began flowing on the deck below the mock-up the fire grew intensely. Nevertheless, the sprinklers used for tests Nos. 3.3.3.1. and 3.3.3.2. quickly got the fire under control and effectively protected the surrounding material, the piled-up wood and the van, and even though it was necessary at tests Nos. 3.3.3.3. and 3.3.3.4. to resort to manual extinction for the purpose of protecting the building and the installation, the result of these tests must be deemed to be positive, since they were interrupted at a time when those in the measurement room observed that the temperature in the building was dropping heavily. The reason why in particular the gable of the building was severely attacked during these tests was chiefly that due to the location of the nozzles the gable was not moistened, as a result of which the flames and the radiant heat from the fire exposed the gable plates to a very heavy load.

Section sprinkling test No. 3.3.4.1. for the purpose of which only the van was used, yet surrounded by combustible material, and at which about 100 litres of petrol was poured over the floor below the van after a certain time, showed that the initial fire which was started in the van was not a difficult task for the section sprinkling installation, and only when the relatively large quantity of petrol was poured over the floor did the task become difficult.

The tests were for certain made between the two extreme points marking the conditions that are to be expected to apply when a fire breaks out on a ferry car deck, one the mock-up and the very vigorous initial fire, and the other one, the van alone and slow development of the fire, hence it may be concluded that by means of section sprinkling for the purpose of which the individual heads are spaced 13 ft. (4 m.) apart and types GW-45 or the like are used, it is possible to protect motor vehicle decks and railroad car decks of ferries having a rather big free height, and that in the case of a smaller free height, for example, motor vehicle ferries proper, it is possible to provide efficient protection by means of sprinkler heads having a rate of flow of water and a water-spreading capacity like those of the GW-30 head or similar heads.

The tests clearly showed that burning petrol very quickly fills even such a large space as the car deck of a modern ferry with dense smoke, and the intensity of the smoke naturally increases at the same moment as the sprinklers are released. This is a factor to which the very greatest attention must be paid, and to avoid panic in case a fire breaks out, steps must be taken to ensure that the sprinkler system can very quickly be released, since, as already pointed out, it is to be expected that fires will break out particularly at a time when there are many people on the car deck, and when passage along the deck is greatly impeded by parked motor vehicles. It must, therefore, be possible to start, at a central and well protected space on the car deck itself, the pump or the pumps supplying the necessary quantity of water to the sprinkler sections, and the installation must be designed and developed in such manner that the individual nozzles in the area to be covered with water will quickly be fully charged with water.

FINAL REMARKS

This Report on experimental tests and the conclusions drawn therefrom is founded on the investigations made as well as on previous tests with sprinklers operating under a higher pressure than is normally used.

The development of the sprinkler types examined is based partly on a number of unreported tests and partly on the tests referred to in the Report.

The tests dealt with should not be taken as a radical, scientifically prepared, investigation, but rather be considered as a serie of tests arranged on the basis of practical experiments for the purpose of producing servicable and economic sprinkler systems for use in ships.

Copenhagen, June, 1963.

P. Fribert

Gerhard Hansen

O. Homann-Pedersen

H. Høeg

A. Jannerup

H. Juul (Chairman)

E. Kæmpe

H. D. Lees

H. Lundsgaard

K. Malmstedt

L. T. Mikkelsen

J. Mygind

