



APPLICARE LE TECNICHE DEL DISEGNO E DELLA GRAFICA
COMPUTERIZZATA NELLA CANTIERISTICA

ALLESTIMENTO NAVALE

L'impianto antincendio

Ing. Serena Bertagna
sbertagna@units.it

Monfalcone, 08/01/2020

Introduzione

Obiettivi della prevenzione degli incendi: ridurre i rischi per la vita, per la nave ed il suo carico e per l'ambiente, prevenendo lo sviluppo di incendi e di esplosioni, fornendo a tale scopo innanzitutto mezzi per il controllo e la soppressione del fuoco, ma anche sicure vie di sfuggita per le persone imbarcate.

La severità delle norme è, in generale, graduata in dipendenza di:

- categoria e tipo di nave (passeggeri, carico secco, cisterna, servizi speciali, galleggianti);
- pericolosità del carico trasportato ai fini degli incendi (produzione di miscele esplosive, infiammabilità, calore prodotto nella combustione, velocità di variazione nel tempo della potenza termica prodotta, produzione di sostanze pericolose in conseguenza dell'incendio);
- strutturazione della nave o di zone della nave in dipendenza del tipo di movimentazione prevalente del carico (scorrimento verticale: lift on/lift off; scorrimento orizzontale: roll on/roll off);
- caratteristica di navigazione.

Lo scopo è quello di prescrivere, per le navi, **il massimo grado realizzabile di protezione strutturale contro gli incendi e di segnalazione ed estinzione degli incendi.**

I seguenti principi fondamentali costituiscono la base delle norme:

- divisione della nave in zone verticali principali con delimitazioni aventi resistenza meccanica e termica;
- separazione dei locali di alloggio dal resto della nave mediante delimitazioni aventi resistenza meccanica e termica;
- ristretto impiego di materiale combustibile;
- segnalazione di qualsiasi incendio nella zona di origine;
- contenimento ed estinzione di qualsiasi incendio nel luogo di origine;
- protezione dei mezzi di sfuggita o di accesso per la lotta contro gli incendi;
- prontezza d'uso delle sistemazioni per la lotta contro gli incendi;
- riduzione al minimo delle possibilità di ignizione dei vapori infiammabili del carico.

Introduzione

A bordo delle navi sono adottati diversi metodi per la protezione dagli incendi ed è usuale definire *tre approcci diversi al problema*, che agiscono in una delle seguenti fasi in maniera decisiva:

- *innesco* – prendere tutti i provvedimenti perché un incendio non possa svilupparsi;
- *sviluppo* – predisporre impianti per l'immediato rilevamento e per l'intervento di spegnimento dell'incendio che si è sviluppato;
- *diffusione* – fare in modo che un incendio sviluppatosi in un ambiente non possa diffondersi in altri ambienti della nave.

Le **sorgenti d'ignizione** a bordo di una nave possono essere molteplici e sono dovute a malfunzionamenti di apparecchiature elettriche o meccaniche che possono portare a riscaldamenti di superfici a contatto con materiali combustibili, a cause accidentali legate a lavorazioni con fiamma (saldatura o taglio), a scintille generate da impianti elettrici o da cariche elettrostatiche, oppure alla mancanza di precauzione nello stivaggio di gas infiammabili, di liquidi che emettono vapori infiammabili o ancora di materiali solidi alla rinfusa che reagiscono con l'aria dando origine ad incendi per auto-combustione (per esempio il solfato di ferro).

La protezione al fuoco sulle navi viene effettuata facendo ricorso ad impianti di rilevamento e di estinzione, a sistemi strutturali di contenimento ed a materiali non combustibili.

La SOLAS raccoglie le indicazioni maturate negli anni dall'esperienza di applicazione dei tre diversi criteri e propone le norme per un corretto dimensionamento dell'impianto in un capitolo che è costantemente oggetto di revisioni – revisioni che maturano dall'analisi delle carenze degli impianti di spegnimento individuate in seguito a sinistri. **Il Cap. II-2 “Construction – Fire protection, fire detection and fire extinction”** raccoglie sia le regole inerenti il progetto della nave, con attenzione al problema dello sviluppo e della diffusione del fuoco a bordo, sia quelle che riguardano la definizione delle tipologie degli impianti da utilizzare in funzione delle caratteristiche della nave.

Progetto degli impianti antincendio

Il progetto richiede nel suo complesso la definizione di tutti quegli apparati che interessano la catena di prevenzione, controllo ed intervento.

La nave deve essere dotata dei seguenti sistemi:

- *un sistema di rilevamento* sia delle condizioni che possono essere critiche per l'innescò di un incendio, sia di un incendio già in corso; sono usati rilevatori con principi di funzionamento adatti ai diversi tipi di incendio;
- *un impianto di spegnimento* manuale o automatico, il cui progetto deve essere caratterizzato dalla scelta del tipo di agente estinguente da utilizzare e dalle modalità con cui esso deve essere applicato al focolaio d'incendio;
- *gli impianti correlati* che devono intervenire per favorire l'intervento dell'impianto di spegnimento (per esempio per la chiusura delle porte e delle saracinesche delle condotte di distribuzione dell'aria poste sulle paratie tagliafuoco allo scopo di ridurre il "tiraggio") o per smaltire i mezzi estinguenti riversati in un ambiente chiuso (per l'acqua l'impianto di smaltimento grandi masse, per i gas l'impianto di ventilazione, etc.).

L'applicazione di uno dei tre metodi precedentemente illustrati consiste nel garantire *la sicurezza della nave minimizzando i rischi del fuoco* con azioni che riguardano specificamente una delle tre fasi dell'incendio, ma dotandola comunque di tutti gli impianti necessari al controllo dell'innescò, dello sviluppo e della diffusione.

È evidente che in generale il tipo di sistema da preferire per la difesa dagli incendi di un ambiente dipende dal tipo di sostanze che vi si trovano stoccate, e dalla loro quantità, dal tipo di materiali utilizzati per la costruzione e per l'allestimento di quell'ambiente, dalla disponibilità d'aria fresca per favorire l'incendio, dalla temperatura presente e dalle possibilità di inneschi.

Progetto degli impianti antincendio

A bordo di una nave, i due principali reagenti responsabili di un incendio sono un combustibile (che può essere di diversa natura, per esempio un idrocarburo liquido) e l'aria che fa da comburente.

I combustibili solidi e quelli liquidi per bruciare devono essere riscaldati alla temperatura alla quale emettono vapori infiammabili. Per la precisione, le temperature caratteristiche delle sostanze combustibili sono rappresentate dalla temperatura di:

- *flash point* - indica la condizione di sviluppo rapido di una fiamma in presenza di una fonte di accensione, ma non il sostentamento della combustione;
- *fire point (di combustione)* - la temperatura alla quale il combustibile emette vapori infiammabili in quantità tale da mantenere la combustione e da provocare quindi successivamente la diffusione della fiamma.

Oltre a queste esiste anche una temperatura di ignizione spontanea che, essendo molto più elevata di quella di fire point, è generalmente meno significativa nello studio dell'innesco degli incendi. A questa temperatura il materiale si auto-incendia e sostiene la combustione.

Materiali che possono soffrire del rischio di auto-ignizione sono gli idrocarburi, il carbone, i metalli ferrosi finemente suddivisi ed eventualmente intrisi di olii, le granaglie, le balle di cotone e di fieno. Anche l'azione di microrganismi tolleranti le alte temperature può favorire il fenomeno dell'innalzamento della temperatura della sostanza organica combustibile, infatti questi possono dare luogo a trasformazioni biochimiche esotermiche.

La pericolosità del materiale combustibile che si trova a bordo della nave è funzione *dell'energia disponibile dalla combustione* dello stesso (misurabile per esempio tramite il potere calorifico), che viene ad essere ovviamente proporzionale alla *quantità di combustibile presente*, e della velocità con cui il combustibile cede energia all'ambiente, usualmente indicata come "heat release rate" (HRR).

Le condizioni necessarie affinché il fuoco si sviluppi e si mantenga sono rappresentate dalla disponibilità di combustibile e di comburente e dalla presenza di un'opportuna temperatura ossia, in altri termini, di una sufficiente quantità di calore detta "energia di attivazione".

Progetto degli impianti antincendio

Metodi di spegnimento

I quattro fattori fondamentali per il sostentamento del fuoco sono illustrati dal cosiddetto *tetraedro del fuoco*, essi sono rappresentativi anche dei quattro principi su cui si basano i diversi metodi di spegnimento.

Eliminazione di ossigeno

L'estinzione può effettuarsi per *eliminazione dell'aria comburente* ed in questo caso è necessario fare attenzione alla re-ignizione nel caso che nell'ambiente venga immessa aria fresca dopo lo spegnimento. Piccoli incendi possono essere spenti gettando sabbia direttamente sul fuoco oppure soffocandolo con getti di sostanze che allontanano l'ossigeno, quali schiume e gas privi di ossigeno libero (biossido di carbonio). L'incendio in una stiva può essere soffocato chiudendo le boccaporte, disattivando i sistemi di ventilazione, sezionando le condotte che fanno capo al locale. Si può anche agire per soffocamento diretto: ciò si realizza riducendo la concentrazione dell'ossigeno disponibile sulla fiamma riempiendo completamente il locale chiuso di gas inerte, oppure stendendo sul fuoco uno strato di sostanza inerte (schiuma) che, resistendo al fuoco, lo isola dall'aria soprastante.

Abbassamento della temperatura

Il secondo metodo utilizzato consiste *nell'abbassare la temperatura con getti di sostanze raffreddanti*, ossia con acqua - che nel caso degli impianti di bordo è acqua di mare. L'acqua deve essere mandata sul fuoco in modo da richiedere, per riscaldarsi ed evaporare, più calore di quello prodotto dalla fiamma. Acqua viene anche gettata nell'ambiente circostante per ritardare o inibire la diffusione del fuoco. Per favorire il processo di assorbimento del calore l'acqua viene polverizzata in modo da aumentare la superficie di trasmissione del calore ed accelerare e rendere più completo il processo di evaporazione. Il vapore prodotto provoca poi l'allontanamento dell'aria e ciò a vantaggio dell'operazione di spegnimento. Un altro mezzo che provoca la riduzione della temperatura è rappresentato da quelle polveri secche costituite da sostanze che si decompongono assorbendo calore.

Progetto degli impianti antincendio

Metodi di spegnimento

I quattro fattori fondamentali per il sostentamento del fuoco sono illustrati dal cosiddetto *tetraedro del fuoco*, essi sono rappresentativi anche dei quattro principi su cui si basano i diversi metodi di spegnimento.

Rimozione del combustibile

Una terza via, invero difficilmente percorribile, è quella di rimuovere il combustibile per fare regredire l'incendio. Questa via è efficace solo nel caso si voglia evitare il flash over di incendi localizzati.

Interruzione della catena di trasmissione della combustione

Infine, l'ultimo metodo è quello di interrompere la *catena di trasmissione della combustione all'interno della fiamma, bloccando la formazione dei composti chimici di transizione*. Questa azione è svolta da gas quali i composti alogenati o da sostanze solide in forma di polveri secche. In tal caso è necessario intervenire successivamente allo spegnimento della fiamma (il processo ha una durata brevissima, anche di qualche centesimo di secondo) per impedirne la ripresa, infatti la temperatura durante lo spegnimento non cala e non viene asportato né il combustibile né l'aria.

Gli agenti estinguenti

Gli agenti estinguenti generalmente utilizzati a bordo delle navi per spegnere incendi generatisi nei vari locali sono *l'acqua, le schiume, i gas inerti e le polveri chimiche*. Caratteristica comune di un buon agente estinguente è *l'assenza di tossicità, di corrosività ed abrasione*: l'agente estinguente non deve cioè danneggiare i materiali con i quali viene a contatto e non deve essere nocivo per l'uomo.

Le modalità di applicazione variano a seconda del materiale che ha causato l'incendio. Si possono distinguere due metodi:

- *applicazione locale sul focolaio d'incendio* - l'estinguente viene inviato solo sul fuoco;
- *saturatione totale del volume del locale ove l'incendio si è sviluppato* - l'ambiente chiuso in cui si è sviluppato l'incendio viene inondato completamente con l'estinguente.

Per l'estinzione, la quantità di estinguente erogata per unità di superficie nell'unità di tempo dovrà essere superiore alla sua *portata critica*, ovvero a quella portata al di sotto della quale l'incendio non si spegnerà per quanto lunga possa essere l'erogazione dell'estinguente.

Gli agenti estinguenti

L'acqua di mare

L'acqua di mare è il *mezzo estinguente più utilizzato a bordo* delle navi per i notevoli vantaggi che presenta nello spegnimento di gran parte degli incendi che si sviluppano. Fra questi vanno annoverati la disponibilità illimitata e l'atossicità sua e dei vapori che essa genera.

L'acqua è in grado di contrastare l'azione del fuoco sia riducendo la temperatura del combustibile, sia producendo un'atmosfera inerte.

Inoltre, nella vaporizzazione essa crea un vapore che a pressione atmosferica ed alle alte temperature della fiamma ha un elevato volume specifico (indicativamente l'aumento del volume specifico è di 1700 volte): il vapore satura il volume sopra il fuoco spostando l'ossigeno ed i vapori infiammabili, favorendo lo spegnimento per soffocamento.

- *Getto compatto*: si presta allo spegnimento di incendi di combustibili solidi, in quanto l'acqua raffredda la sostanza che brucia inzuppandola ed inibendo quindi la formazione di vapori. Questo sistema è molto usato nella pratica perché permette di raggiungere, con le lunghe gittate ottenibili, zone non facilmente accessibili, anche se l'efficacia è ridotta dalla dispersione del getto e dal fatto che spesso l'acqua non è l'agente estinguente più adatto per quel tipo di incendio. Il getto d'acqua viene utilizzato anche per raffreddare dall'esterno le superfici del compartimento in cui si è generato l'incendio, in modo da ostacolarne la diffusione.
- *Getto nebulizzato*: aumento della capacità di spegnimento. In questo modo infatti la superficie di scambio del calore fra le gocce d'acqua ed il combustibile è maggiore: il risultato è un maggiore assorbimento di calore ed un conseguente effetto di soffocamento del fuoco tramite il vapore prodotto. Inoltre, la pioggia di acqua nebulizzata favorisce il raffreddamento anche dei gas presenti sul fuoco, attenuando l'effetto di diffusione del calore. La dimensione ottimale delle gocce nasce dal compromesso fra l'esigenza di avere un'ampia superficie di scambio e quella di avere un getto con una buona penetrazione nel fuoco. In questa forma (gocce di dimensione massima inferiore al millimetro) l'acqua viene usata per lo spegnimento di incendi di combustibili liquidi.

Il processo di estinzione dei *combustibili miscibili* si basa sull'aumento della temperatura di infiammabilità della miscela, diluizioni troppo elevate possono però comportare traboccamenti dalla cassa in cui essi sono contenuti con conseguente spargimento dell'incendio.

Nel caso di *combustibili non miscibili* si ha un'azione di spegnimento per raffreddamento operato dall'acqua che penetra nello strato superficiale del liquido.

Gli agenti estinguenti

L'acqua di mare

L'azione dell'acqua è efficace quando *la temperatura d'infiammabilità del liquido supera i 45 °C*, altrimenti si ha solo un effetto di controllo. In quest'ultimo caso è bene che l'acqua si limiti al raffreddamento, sia dei vapori emessi, sia dell'ambiente circostante, mentre ad altri agenti estinguenti deve essere demandato il compito di agire sulle fiamme. Quando infine il liquido *ha zone calde a temperature superiori a 100 °C*, l'acqua può creare, con la sua improvvisa vaporizzazione, spruzzi di combustibile nell'area circostante.

Un altro caso in cui l'acqua è sconsigliata è quello in cui l'incendio interessa *apparecchiature elettriche in tensione*, infatti essa, da buon conduttore elettrico, può creare situazioni di pericolo per le persone coinvolte nello spegnimento.

Lo spegnimento di incendi con acqua **non va effettuato** quando:

- sono interessati combustibili che reagiscono con essa dando luogo a reazioni fortemente esotermiche, ossia esplosive (come con il carburo di calcio), causando quindi ulteriore riscaldamento e produzione di vapori infiammabili;
- dà origine a composti chimici che liberano idrogeno (come con sodio e potassio), quando da origine a gas infiammabili, come nel caso per esempio dei metalli leggeri con magnesio, zinco, alluminio;
- dal contatto con il combustibile si sviluppano sostanze corrosive (composti di cloro e fluoro).

Anche lo spegnimento di incendi in cui è interessato il carbone deve essere effettuato con attenzione poiché dal contatto del carbone rovente con l'acqua si genera pericoloso *ossido di carbonio*. Infine, non è adatta a spegnere incendi che sviluppano temperature *superiori a 2000 °C* perché in tal caso si genera il fenomeno di piroschissione della molecola dell'acqua, con produzione di idrogeno e ossigeno che vanno ad alimentare l'incendio.

In conclusione l'acqua è efficace per incendi di solidi ed esercita un'azione combinata di raffreddamento e soffocamento. Nel caso di combustibili liquidi essa può avere un certo effetto operando la diluizione del liquido che brucia.

Gli agenti estinguenti

La schiuma

La schiuma è un agente estinguente *molto efficace per incendi di combustibili liquidi e solidi*, la cui azione estinguente avviene per *soffocamento della combustione*. In ogni caso le schiume hanno un basso peso specifico e perciò – in quanto galleggiano – vengono efficacemente utilizzate per incendi di liquidi.

Con il termine schiuma si indicano *emulsioni di sostanze chimiche in acqua*, ottenute sia per via chimica, miscelando l'acqua con una miscela reagente in presenza di una sostanza schiumogena, sia per via meccanica, miscelando l'acqua con la sostanza schiumogena e quindi agitando meccanicamente la miscela in presenza di aria (la miscelazione avviene qui in due fasi: prima tra acqua e schiumogeno, poi tra la miscela e l'aria). Nel primo sistema si ottiene una schiuma *più compatta ma poco scorrevole*, utile per coprire un focolaio con un getto diretto: questo metodo è utilizzato per gli estintori portatili. Con il secondo metodo, quello meccanico, si producono *schiume a vario grado di espansione*, e quindi più o meno compatte.

Le caratteristiche di una schiuma sono diverse e fra queste si citano:

- *la coesione fra le bollicine*, che misura la propensione di uno strato di schiuma a non spezzarsi, ossia a formare una superficie continua;
- *la scorrevolezza o fluidità*, ovvero la capacità di coprire velocemente la superficie che brucia;
- *la resistenza al calore e alle sostanze chimiche* presenti nel combustibile, ossia la capacità di mantenersi inalterata;
- *la stabilità al drenaggio*, ossia la capacità di ritenzione dell'acqua senza lasciarla drenare per gravità.

Da un lato le schiume a basso rapporto di espansione (da 2:1 fino a 20:1) sono più resistenti al calore, al fumo, al vento e alle correnti ascensionali e permettono una maggiore gittata del getto, dall'altro quelle ad alto rapporto di espansione (da 200:1 fino a 2000:1) permettono di riempire più velocemente grandi spazi consentendo una rapida espulsione dell'aria dai locali con strati alti fino a 30 metri.

Le prime si prestano allo spegnimento di incendi più difficili e più localizzati creando uno strato soffocante sul combustibile, le altre sono invece adatte per generare un'atmosfera inerte saturando interi ambienti in cui vengono immesse da ventilatori affacciati su griglie sulle quali viene fatta colare la miscela schiumogena.

Gli agenti estinguenti

La schiuma

Nelle applicazioni navali sono utilizzate in genere schiume a *basso rapporto di espansione (da 5:1 a 12:1)*. L'applicazione della schiuma non avviene mai direttamente sulla fiamma, perciò la schiuma deve poter scorrere sulle superfici per raggiungere per gravità il fuoco e ovviamente il fuoco deve trovarsi nella parte bassa di un locale e su una superficie orizzontale.

Nelle applicazioni localizzate è molto importante che il getto di schiuma sia tale da far crescere lo strato depositato compensando il disfacimento indotto dal calore. Anche le schiume ad alto grado di espansione trovano applicazione a bordo per certe tipologie di ambienti, in alternativa ai gas inerti e all'acqua.

Si osservi in conclusione che lo spegnimento con le schiume avviene per *soffocamento*, ma anche *per soppressione dei vapori*, *per raffreddamento* ed inoltre grazie alla *formazione di una barriera termica* che riduce la trasmissione del calore nell'ambiente circostante. La loro efficacia dipende inoltre dal tempo di applicazione, mentre il tempo di attesa è importante per scongiurare la re-ignizione. Anche le schiume *conducono l'elettricità* e presentano perciò gli stessi rischi dell'acqua.

I liquidi schiumogeni vengono immagazzinati a bordo in casse, ma si deteriorano nel tempo e con le alte e basse temperature, il campo di temperature di stoccaggio va da 0 °C a 40 °C (per temperature al di fuori di questo campo si devono utilizzare opportuni additivi). Il problema maggiore relativo al loro stoccaggio è costituito dal fatto che non è possibile testare la qualità del prodotto nel tempo se non utilizzandolo.

Gli agenti estinguenti

Il gas inerte

Un'altra categoria importante di agenti estinguenti è rappresentata dai *gas inerti*, quei gas cioè che inertizzano l'ambiente sia miscelandosi con l'aria per ridurre la percentuale di ossigeno (ottenendo che la miscela di vapori emessi dal combustibile esca dal campo di infiammabilità), sia allontanando l'aria per soffocare la combustione.

Il gas inerte comunemente usato a bordo è l'anidride carbonica, che agisce per diluizione e per soffocamento, non agendo per raffreddamento si deve sempre controllare che, una volta estinto l'incendio, non si abbia una re-ignizione per ingresso d'aria (si tratta di tempi prossimi a 15 minuti per piccoli incendi e di 24÷48 ore per grandi incendi). Il suo peso specifico a pressione atmosferica è di circa una volta e mezza quello dell'aria, perciò si deposita direttamente sul focolaio d'incendio. Ma se l'incendio non è nella parte bassa del locale tutto il locale deve essere riempito di anidride carbonica.

Il vantaggio nell'utilizzo del gas di anidride carbonica sta nella sua *facile reperibilità* e nel fatto che *non danneggia i materiali* con cui viene a contatto, a meno che non si tratti di prodotti commestibili, inoltre esso *non è un buon conduttore elettrico*. Questo gas non va però usato per spegnere incendi ad alta temperatura (*maggiore di 2500 °C*), poiché ossigeno e carbonio si scindono alimentando l'incendio, oppure per spegnere incendi di sostanze che emettono *vapori con i quali possa reagire chimicamente*. Un altro vantaggio è rappresentato dal fatto che *non si deteriora* nel tempo nelle condizioni di stoccaggio.

Purtroppo è molto pericoloso per l'uomo perché in piccole concentrazioni (5% in volume) provoca malessere, al 10% ÷ 20% provoca stordimento ed al 20% ÷ 25% la morte. Ne consegue che va prestata particolare attenzione all'immissione di anidride carbonica nei locali abitati - i locali dove è stata immessa devono essere ventilati prima di essere nuovamente agibili.

Gli agenti estinguenti

Il gas inerte

Il punto critico dell'anidride carbonica si verifica ad una temperatura di 31 °C ed una pressione di 74 bar, bisogna quindi mantenere le bombole ad una temperatura non superiore a 31 °C per evitare di doverla stoccare allo stato gassoso ad alte pressioni.

L'anidride carbonica viene stoccata *allo stato liquido* (o al limite gassoso) in bombole alla *temperatura ambiente ed alta pressione* (la temperatura limite di stoccaggio è di circa 55 °C), in questo caso si usano bombole di capacità massima pari a 67 litri con un massimo riempimento compreso fra 2/3 e 3/4 del volume, oppure *in condizioni refrigerate e bassa pressione* (usualmente fino a -18 °C con pressione corrispondente di 21 bar) ed in questo caso l'impianto è più semplice.

Come tutti i gas liquefatti, l'anidride carbonica evapora *assorbendo calore* e se l'evaporazione è troppo violenta si rischia di causare un raffreddamento così intenso da provocare la solidificazione di parte del contenuto della bombola. Nella pratica, al momento dell'erogazione parte del contenuto della bombola vaporizza assorbendo calore da quel terzo circa che solidifica formando fiocchi bianchi detti "neve carbonica". La successiva sublimazione nell'ambiente comporta un brusco raffreddamento dell'aria (e la condensazione dell'umidità dell'aria), ma l'effetto raffreddante sul combustibile non è accentuato. Si osservi a riguardo che, se il combustibile - alla temperatura in cui si trova - si decompone sviluppando ossigeno, l'incendio continua al di sotto della cappa di anidride carbonica.

Gli agenti estinguenti

La polvere secca

Si tratta di miscugli di particelle solide finemente suddivise ed essiccate costituite da sali e altre sostanze naturali o sintetiche (polveri chimiche) che per effetto di un gas propellente (anidride carbonica o azoto) vengono erogate per soffocare l'incendio.

L'azione estinguente è quella di *interrompere la catena delle reazioni chimiche* nella fiamma per catalisi negativa dovuta alla cattura, da parte dei cristallini dei sali, dei radicali liberi responsabili delle reazioni di ossidazione a catena, formando strutture molecolari stabili, con conseguente rottura della reazione a catena. Esse comunque agiscono anche per soffocamento e raffreddamento rilasciando vapore acqueo. Sono deposte direttamente sull'incendio sia di combustibili solidi, sia liquidi, sia ancora gassosi: esistono a riguardo polveri per i diversi tipi di incendi.

Queste sostanze chimiche vengono polverizzate per poter entrare in contatto in maniera più diretta con i prodotti di transizione della combustione, ciò comporta che abbiano la tendenza *ad agglomerarsi mentre sono stoccate* e che sia difficile creare un getto compatto.

Nonostante l'azione estinguente immediata (le polveri chimiche sono i migliori prodotti estinguenti), si presenta il pericolo della re-ignizione poiché né la temperatura viene abbassata, né l'ossigeno viene allontanato (infatti quando vengono applicate si crea una nube di fronte all'erogatore).

Gli agenti estinguenti

Halon

Anche alcuni gas, gli idrocarburi alogenati (Halon), sono in grado di estinguere l'incendio per *inibizione della catena di reazioni chimiche nella fiamma*. Essi sono ottenuti da idrocarburi saturi (per esempio metano) in cui atomi di idrogeno sono sostituiti da atomi di fluoro, bromo o cloro.

Tali gas hanno ottime caratteristiche estinguenti, inoltre non sono corrosivi e non conducono l'elettricità, non lasciano residui e sono inalterabili. Vengono stoccati a bordo liquefatti sotto pressione in bombole e per aumentarne la velocità di intervento vengono pressurizzati fino a 25 bar con azoto. La loro azione complessiva è essenzialmente di catalisi negativa, ma anche di soffocamento.

Rispetto agli altri gas gli Halon richiedono minori concentrazioni nell'aria per inibire la fiamma, inoltre considerando il volume specifico medio dei gas all'emissione, la quantità stoccata può essere di circa $0,3 \div 0,4 \text{ kg/m}^3$ contro $1,0 \div 2,0 \text{ kg/m}^3$ per l'anidride carbonica - con una riduzione del volume occupato pari a circa $1/4 \div 1/5$.

Sulle navi di nuova costruzione l'Halon non è ammesso per la sua *azione deleteria* nei confronti dello strato di ozono nella stratosfera, e per le navi dotate di impianti ad Halon è prevista la conversione ad altri sistemi. Sono stati perciò elaborati *gas sostitutivi* che al giorno d'oggi non risultano però altrettanto efficaci, sia per impianti fissi che portatili. Esistono comunque sostanze alternative che hanno buone caratteristiche estinguenti basate sullo stesso principio (e quindi un'azione immediata), sono innocue per lo strato di ozono, non sono tossiche alle percentuali d'utilizzo, non si decompongono, non lasciano residui e non danneggiano i materiali contenuti nell'ambiente in cui sono immessi.

Tale gas richiede una concentrazione leggermente superiore rispetto a quella dell'Halon ma significativamente inferiore rispetto all'anidride carbonica.

Gli agenti estinguenti

Scelta dell'agente estinguente

Nella selezione dell'agente estinguente più adatto per ogni tipo di incendio può essere utile richiamare la classificazione degli incendi; si definiscono infatti quattro classi di incendi:

- *classe A* - causati dalla combustione di materie solide organiche a base cellulosica, dalla quale si formano braci incandescenti (si tratta in genere di combustibili solidi di comune utilizzo);
- *classe B* - causati dalla combustione di idrocarburi e di liquidi infiammabili (quali vernici, solventi, etc.);
- *classe C* - causati dalla combustione di gas infiammabili;
- *classe D* - causati dalla combustione di sostanze reattive con l'aria o con l'acqua, quali i metalli "combustibili" (sodio, potassio, alluminio, magnesio, titanio, etc. – e loro leghe).

Oggi giorno non si definisce più come tipologia a sé stante quella relativa ad incendi su apparecchiature elettriche sotto tensione, infatti tale caso è riconducibile all'incendio di classe A oppure di classe B se interessa anche sostanze liquide (per esempio l'olio di raffreddamento di apparecchiature elettriche) - un tempo si definiva tali casi come incendi di classe E.

Nell'estinzione sono solitamente utilizzate polveri chimiche per tutti i quattro tipi, schiume per quelli di classe A e soprattutto di classe B, gas inerti per quelli di classe B, idrocarburi alogenati (o gas equivalenti) per gli incendi di classe C ed acqua prevalentemente per quelli di classe A.

La normativa antincendio

La normativa antincendio per le navi costituisce il termine di riferimento per il progetto. Infatti, dal momento che i carichi termici relativi ai diversi tipi di locali e di materiali trasportati sono noti, le caratteristiche dell'impianto sono state standardizzate in funzione della pericolosità ed è sufficiente riferirsi alle norme per conoscere la quantità necessaria e le modalità d'uso dei diversi agenti estinguenti per le diverse applicazioni. Al progettista non rimane altro che dimensionare – sulla base delle richieste della normativa – l'impianto di stoccaggio ed eventualmente anche quello di produzione del mezzo estinguente, oltre alle tubolature di distribuzione (una volta note le portate, le pressioni e la disposizione degli ugelli di rilascio).

Vista la complessità dell'argomento trattato le norme sono raccolte in quattro parti:

- *parte A* – norme generali per gli impianti antincendio → obiettivi principali del sistema antincendio e definizioni
- *parte B* – norme specifiche per le navi passeggeri →
- *parte C* – norme specifiche per le navi mercantili (cargo ships)
- *parte D* – norme specifiche per le navi cisterna (tankers)

Definizioni

Materiale non combustibile

È un materiale che non brucia, né emette vapori infiammabili in quantità sufficiente per la sua accensione, quando è portato ad una temperatura di circa 750 °C; questa proprietà è determinata secondo la *Risoluzione MSC.61(67) dell'IMO "Fire Test Procedures Code"*. Ogni altro materiale è considerato combustibile.

Prova standard del fuoco

È una prova nel corso della quale campioni di paratie e ponti vengono esposti in un forno di prova ad una serie di temperature corrispondenti all'incirca alla curva standard temperatura-tempo. I metodi devono essere conformi alla *Risoluzione MSC.61(67) dell'IMO "Fire Test Procedures Code"*.

Divisioni di classe A

Sono quelle formate da paratie e ponti che soddisfano alle seguenti prescrizioni:

- devono essere costruite in acciaio od altro materiale equivalente;
- devono essere convenientemente irrobustite;
- devono essere costruite in modo da impedire il passaggio del fumo e delle fiamme fino al termine della prova standard del fuoco di un'ora;
- devono essere coibentate con materiali non combustibili omologati, in modo che la temperatura media del lato non esposto al fuoco non salga di oltre 140°C al di sopra della temperatura iniziale, e che la temperatura in un punto qualunque di tale lato, ivi compreso qualsiasi giunto, non salga di oltre 180°C al di sopra della temperatura iniziale, al termine dei sottoelencati periodi di tempo:
 - Classe "A-60" 60 min
 - Classe "A-30" 30 min
 - Classe "A-15" 15 min
 - Classe "A-0" 0 min
- deve essere eseguita una prova su un prototipo di divisione secondo la *Risoluzione MSC.61(67) dell'IMO "Fire Test Procedures Code"* per accertare che esso corrisponda alle sopradette prescrizioni per quanto si riferisce all'integrità ed all'aumento della temperatura.

Definizioni

Divisioni di classe B

Sono quelle formate da paratie, ponti, soffittature o rivestimenti che soddisfano alle seguenti prescrizioni:

- devono essere costruite in modo da impedire il passaggio delle fiamme fino al termine della prima mezz'ora della prova standard del fuoco;
- devono avere un grado di coibentazione tale che la temperatura media del lato non esposto al fuoco non salga di oltre 140°C al di sopra della temperatura iniziale, e che la temperatura in un punto qualunque di tale lato, ivi compreso qualsiasi giunto, non salga di oltre 225°C al di sopra della temperatura iniziale, al termine dei sottoelencati periodi di tempo:
 - Classe "B-15" 15 min
 - Classe "B-0" 0 min
- devono essere costruite con materiali non combustibili omologati e tutti i materiali usati per la loro costruzione e messa in opera devono essere non combustibili; impiallacciature combustibili possono tuttavia essere consentite purché esse soddisfino le altre pertinenti prescrizioni della presente Sezione F;
- deve essere eseguita una prova su un prototipo di divisione secondo la Risoluzione MSC.61(67) dell'IMO "Fire Test Procedures Code" per accertare che esso corrisponda alle sopraddette prescrizioni per quanto si riferisce all'integrità ed all'aumento della temperatura.

Divisioni di classe C

Devono essere costruite con materiali non combustibili omologati. Non è necessario che esse soddisfino alle prescrizioni concernenti il passaggio del fumo e delle fiamme, né a quelle sull'aumento della temperatura.

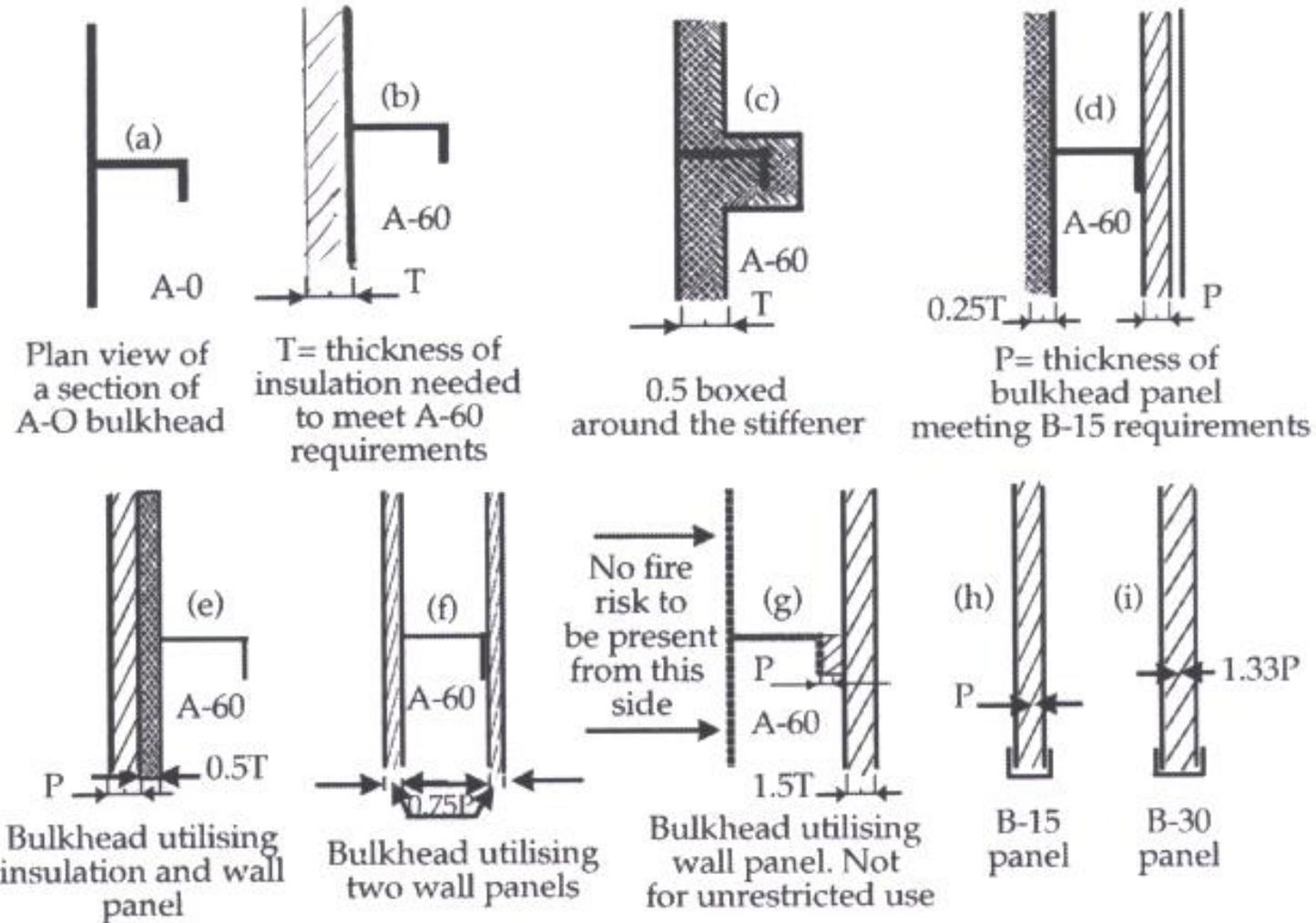
Impiallacciature combustibili possono essere consentite purché esse soddisfino le altre pertinenti prescrizioni della presente Sezione F.

Zone verticali principali (MAIN VERTICAL ZONES)

Sono quelle sezioni, risultanti dalla suddivisione con divisioni di Classe A dello scafo, delle sovrastrutture e delle tughe, la cui lunghezza media e larghezza media su ogni ponte non superi, in generale, i 40 m.

Definizioni

Divisioni



Definizioni

Acciaio o altro materiale equivalente

Per materiale equivalente all'acciaio si intende un materiale che, eventualmente grazie ad una efficace isolazione, alla fine dello standard fire test mantiene una resistenza strutturale e un'integrità simili a quelle dell'acciaio (per esempio alluminio con adeguato isolamento) .

Locali macchine di categoria A

Sono tutti gli spazi ed i relativi cofani che contengono:

- motori a combustione interna utilizzati per l'apparato di propulsione principale; o
- motori a combustione interna di potenza complessiva non minore di 375 kW, utilizzati per altri scopi; o
- caldaie a combustibile liquido o gruppi per il trattamento del combustibile liquido; o
- generatori di gas inerte, inceneritori, gruppi di eliminazione rifiuti, etc. che utilizzano combustibile liquido.

Locali macchine

Sono tutti i locali macchine di Categoria A e tutti gli altri spazi che contengono l'apparato motore di propulsione, caldaie, gruppi per il trattamento del combustibile liquido, macchine a vapore, motori a combustione interna, generatori e motori elettrici principali, stazioni di imbarco del combustibile liquido, macchinari per la ventilazione e per il condizionamento dell'aria, macchinari per la refrigerazione, stabilizzatori e spazi di tipo simile, ed i relativi cofani.

A queste definizioni ne seguono altre, in particolare per identificare ogni tipo di destinazione d'uso dei volumi di carena in funzione della pericolosità all'innescò di incendi (spazi alloggio, pubblici, di servizio, per il carico, per il carico RO-RO aperti o chiusi, per impianti di macchine, etc.).

Impianto ad acqua di mare

La normativa richiede innanzitutto che ogni nave sia dotata di un *impianto fisso ad acqua di mare* per l'estinzione di incendi, detto "*impianto antincendio principale*", formato da proprie pompe, collettori principale e secondari e prese mare e facenti capo a idranti muniti di manichette e lance. I componenti di tale impianto devono essere costruiti in materiali resistenti al fuoco e protetti dal rischio di congelamento dell'acqua contenuta.

Le pompe antincendio

Le pompe devono fornire una portata complessiva Q proporzionale a quella delle pompe di sentina:

- **Per le navi passeggeri** pari a $2/3$ della portata complessiva delle pompe di sentina;
- **Per le navi da carico** pari a $4/3$ della portata complessiva delle pompe di sentina di una nave passeggeri delle stesse dimensioni e comunque pari a non più di $180 \text{ m}^3/\text{h}$.

Le pompe, con azionamenti indipendenti una dall'altra, devono essere almeno *3 per grandi navi passeggeri ($GRT > 4000 \text{ t}$)* ed almeno *2* negli altri casi, ognuna con una *portata pari ad almeno l'80% di Q diviso il numero minimo di pompe (ma non inferiore a $25 \text{ m}^3/\text{h}$)*.

Possono essere utilizzate *pompe in comune* con gli altri impianti della nave. Le pompe devono essere installate in modo da *non essere messe entrambe fuori uso da un incendio* che si sviluppa in un solo compartimento, in caso contrario deve essere prevista una *pompa di emergenza in un altro compartimento*, alimentata da un sistema indipendente che deve garantire un *funzionamento continuativo di almeno 18 ore*.

L'adescamento di ciascuna pompa deve essere garantito anche a nave sbandata e assettata e in presenza di moti di rollio e beccheggio, la prevalenza alla mandata devono soddisfare le richieste minime degli idranti e degli altri impianti collegati. Infine, quando le pompe devono servire sistemi di estinzione diversi da quello principale, vanno poste al di fuori dei locali in cui tali sistemi devono agire.

L'acqua per lo spegnimento di un incendio deve essere immediatamente disponibile e deve essere fornita senza interruzione grazie all'avviamento automatico delle pompe antincendio (*sistema con autoclave*).

Impianto ad acqua di mare

Rete di distribuzione

Le tubolature

La rete di distribuzione viene strutturata facendo partire dai collettori principali le diramazioni che portano agli idranti. Il diametro delle tubolature è dimensionato secondo le seguenti indicazioni:

- devono garantire la *massima portata* quando *due pompe lavorano simultaneamente* **per navi passeggeri**
- si ritiene *sufficiente dimensionare per una portata massima di 140 m³/h* **per navi da carico**

Quando tale portata massima viene garantita alle manichette in uso, agli altri idranti deve essere garantita una *pressione minima* pari a:

- *4 bar* per navi passeggeri aventi un tonnellaggio di *stazza lorda superiore a 4000 t*;
- *Almeno pari a 3 bar* navi passeggeri aventi un tonnellaggio di *stazza lorda inferiore a 4000 t*;
- *2.7 bar* per navi da carico aventi un *tonnellaggio di stazza lorda superiore a 6000 t*;
- *2.5 bar* per navi da carico aventi un *tonnellaggio di stazza lorda compreso tra 1000 e 6000 t*;
- *Pressione sufficiente al lancio di getti d'acqua ad una distanza di almeno 12 m* per navi da carico aventi un *tonnellaggio di stazza inferiore a 1000 t (8 m per navi stazza lorda inferiore alle 200 t)*.

Solitamente si considera una velocità dell'acqua nelle tubolature di 2 - 2,5 m/s in aspirazione e 3 - 3,5 m/s in mandata.

Il collettore incendio generalmente si trova al di sopra del ponte delle paratie. Nelle grandi navi passeggeri il collettore incendio può essere sistemato su più ponti.

Il collettore deve poter essere sezionato senza poter pregiudicare il funzionamento dell'intero impianto. In particolare deve poter essere isolata la parte di collettore incendio entro i locali macchine contenenti una o più pompe incendio. Tutte le altre prese incendio della nave devono poter funzionare tramite una pompa e tubolature esterne al locale macchine quando isolato.

Impianto ad acqua di mare

Rete di distribuzione

Gli idranti

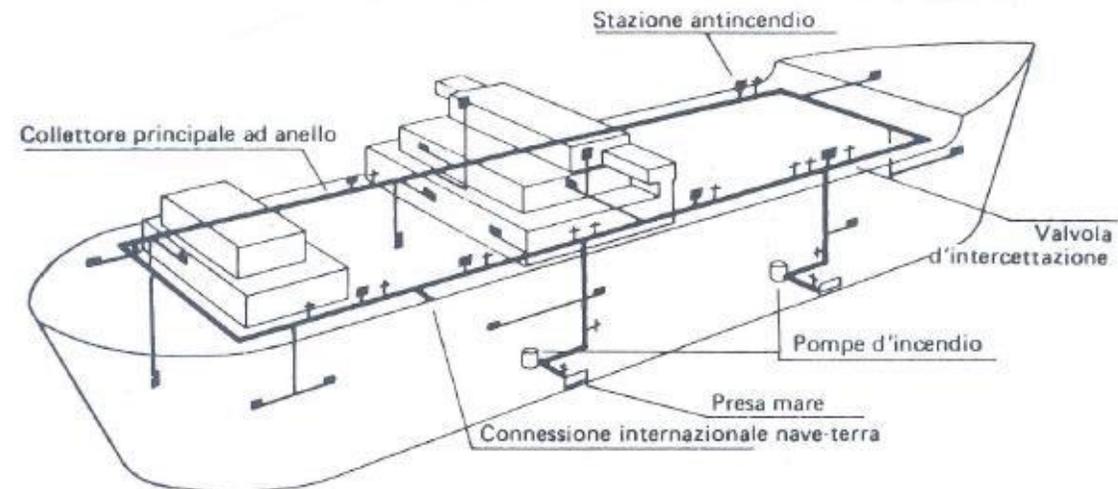
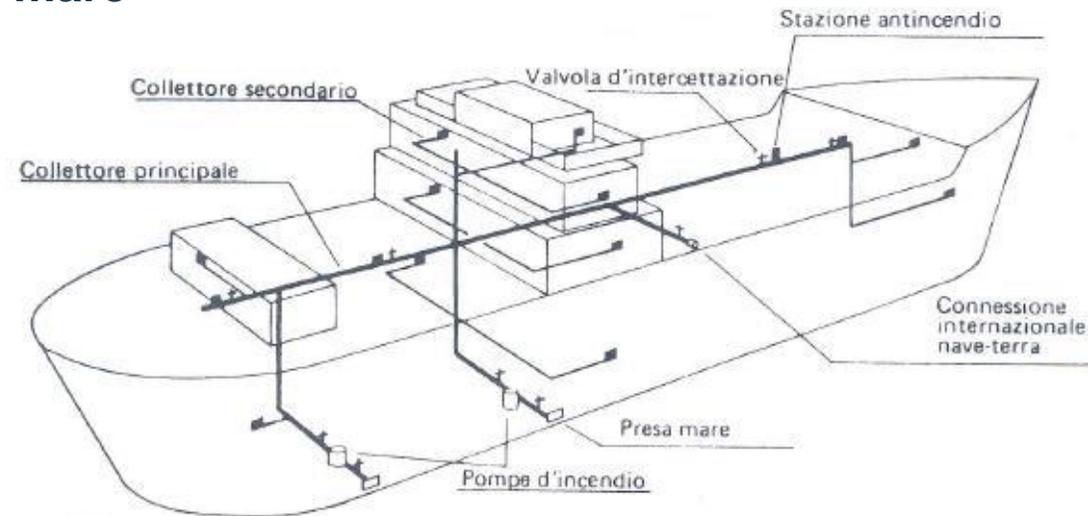
Il numero e la posizione degli idranti, chiamati anche prese da incendio, deve essere tale che ogni parte della nave normalmente accessibile ai passeggeri e all'equipaggio durante la navigazione, ogni parte delle stive quando sono vuote ed ogni parte di un ponte garage di una nave RO-RO possa essere raggiunta *da due getti d'acqua provenienti da due lance non collegate allo stesso idrante*. Nelle navi passeggeri e nei locali di categoria speciale tale requisito deve essere rispettato con le lance collegate a idranti della stessa zona in cui si genera il fuoco (come se le aperture nelle paratie tagliafuoco fossero sempre chiuse).

Valvole sezionatrici devono essere poste alla mandata di ogni pompa, in corrispondenza di ogni idrante e in diramazione, in modo da rendere più flessibile possibile l'impianto di distribuzione.

Le manichette

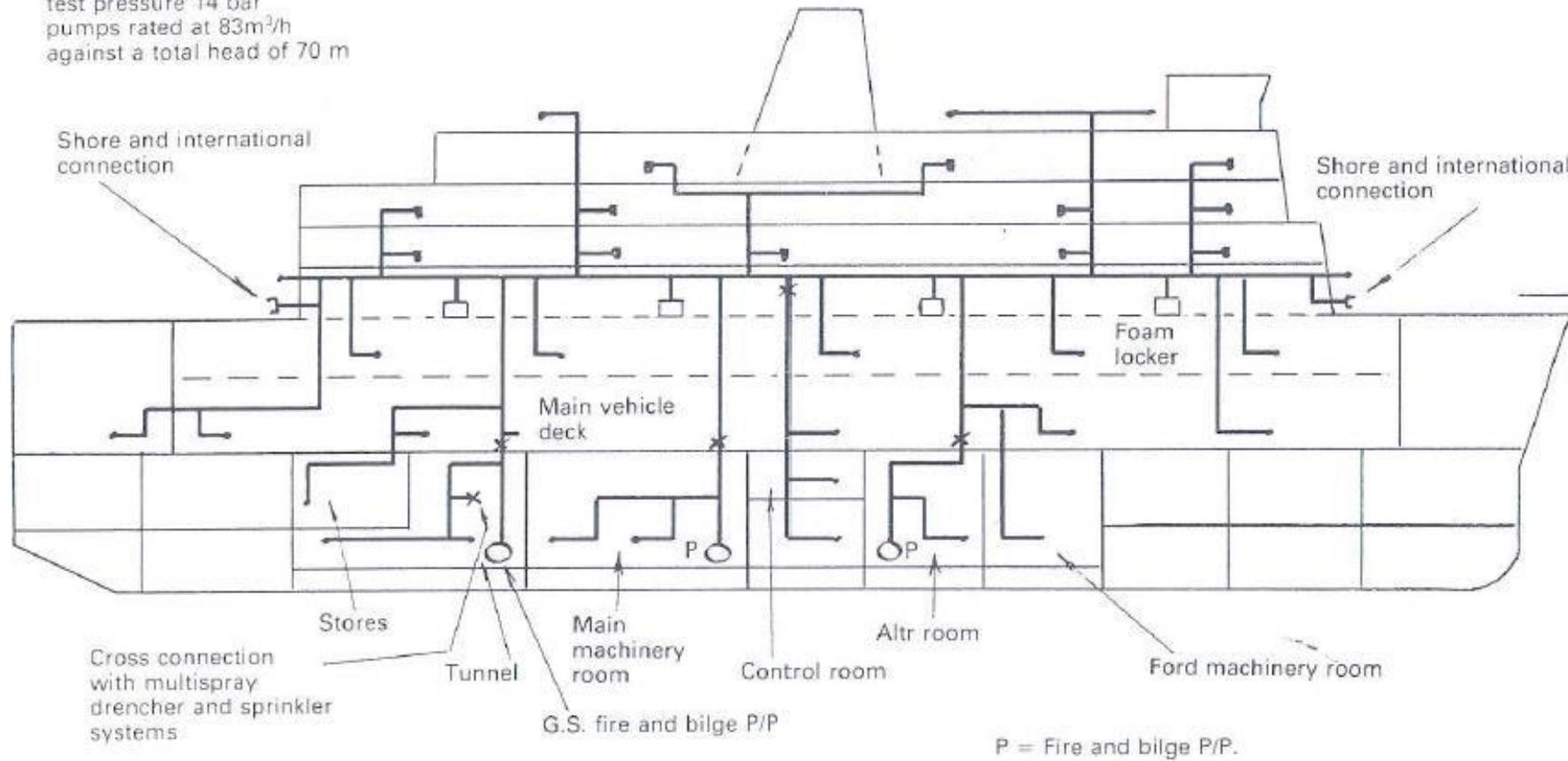
Le manichette devono essere di materiali non deperibili e di sufficiente lunghezza per raggiungere ogni zona dei locali serviti. La lunghezza standard delle manichette è in genere di *15 metri*, lance hanno diametri di uscita del getto di 12 (alloggi), 16 o 19 (altre zone) mm e devono essere del tipo a *doppio effetto* (spray/jet type).

Impianto ad acqua di mare



Impianto ad acqua di mare

All pipes and hydrants on P. & S. sides
working pressure 7 bar
test pressure 14 bar
pumps rated at 83m³/h
against a total head of 70 m



Ferry fire main

Impianto a gas

Negli impianti di spegnimento a gas, i gas utilizzati non devono essere tossici o generare prodotti tossici in concentrazioni tali da costituire pericolo per le persone. Essi devono essere immessi nei locali da saturare con condotte che garantiscano un'uniforme distribuzione ed i locali devono avere mezzi di chiusura delle aperture tali da evitare che i gas escano o che entri aria durante le operazioni di spegnimento.

Impianto ad anidride carbonica

*Impianto solitamente utilizzato per l'estinzione di incendi nel locale AM, nelle stive del carico e in altri locali adibiti a depositi non presidiati. **Non è ammessa** la CO₂ nei locali garage delle navi traghetto.*

L'impianto è costituito da serbatoi di CO₂, tubazioni e ugelli per la distribuzione.

Bombole di stoccaggio CO₂

La CO₂ è contenuta allo stato liquido in bombole in pressione alloggiate in "stazioni CO₂". Il numero delle bombole in ciascuna stazione è funzione del volume del locale protetto. I locali di categoria A devono essere saturati all'85% del loro volume *in un tempo di circa 2 minuti*.

Le bombole sono costruite *in acciaio speciale* e collaudate alla pressione di 25 MPa. Si assume che per ogni kg di CO₂ allo stato liquido stoccata nelle bombole si liberino 0,56 m³ di CO₂ allo stato gassoso; il volume di gas libero disponibile deve essere non inferiore al 30-45% del volume lordo del locale più grande locale da servire.

Funzionamento

Il funzionamento dell'impianto è *assolutamente manuale* e la scarica nei locali ove possono essere presenti persone deve essere preceduta da un allarme acustico che poi si protrae per tutta la durata della scarica. *Vista la pericolosità del gas, devono essere previsti allarmi ed i sistemi di rilascio dalle bombole devono avere un doppio sistema di valvole di controllo.*

Impianto a gas

Impianto ad idrocarburi alogenati

I sistemi ad idrocarburi alogenati sono permessi *solo nel locale apparato motore, nel locale pompe e nelle stive di navi porta automobili*, e non sono comunque ammessi su navi di nuova costruzione. La quantità di gas disponibile deve essere pari a circa il 4 ÷ 7% del volume da servire per quelli gassosi (nel progetto si consideri un volume specifico del gas di circa 0,15 m³/kg). Tale gas deve essere immesso velocemente, in modo che sia in grado di agire (ossia di saturare l'ambiente) *entro i primi 10 secondi*. Sono ammessi anche impianti automatici.

Impianto a vapore d'acqua e a gas inerti

Sistemi a vapore d'acqua *non sono in genere ammessi*, se non in situazioni particolari e con caldaie di generazione di vapore aventi certe caratteristiche minime di produzione. Possono infine essere utilizzati anche gas di combustione "stechiometrica", i cosiddetti gas inerti, purché i generatori abbiano potenzialità tali da garantire una portata oraria di almeno il 25% del volume più grande da servire e possano funzionare continuativamente per almeno 72 ore.

Estintori

Gli estintori portatili a gas o a polvere chimica devono avere una *capacità tra 9 litri e 13,5 litri*.

Locali con macchinari

I locali con macchinari vengono divisi in due categorie in funzione della *pericolosità degli impianti contenuti*: quelli a maggiore rischio d'incendio devono essere circondati da **divisioni di classe A** e devono essere dotati di impianto di spegnimento degli incendi del tipo a gas, oppure a schiuma ad alta espansione oppure ancora ad acqua nebulizzata in pressione:

- *i sistemi a schiuma ad alta espansione* (rapporto di espansione non superiore a 1000:1) devono essere in grado di scaricare rapidamente la schiuma in modo da riempire tutto l'ambiente con una velocità di crescita dello strato di almeno 1 metro al minuto riempiendo il locale in 5 minuti. Il liquido reagente deve essere disponibile per almeno 5 spegnimenti.
- *i sistemi ad acqua nebulizzata* devono garantire una distribuzione di almeno 5 l/m² al minuto su tutte le superfici del locale. Le tubolature vanno tenute cariche con acqua in pressione fornita da una pompa posta fuori dal locale e mossa da un generatore d'energia indipendente.
- *i sistemi a gas* devono avere le caratteristiche precedentemente esposte per vari locali in cui sono ammessi.

In aggiunta possono essere presenti sistemi a schiuma a bassa espansione (rapporto di espansione non superiore a 12:1) in grado di scaricare su tutta la superficie di base del locale uno strato di almeno 150 mm in non più di 5 minuti. Tutte le aperture per osteriggi, fumaioli, condotte di ventilazione e porte devono essere comandabili a distanza.

Impianto Sprinkler

I sistemi a pioggia automatici vengono definiti *impianti sprinkler* e garantiscono il rilevamento e l'intervento automatico dell'incendio. Il loro utilizzo è ammesso per i *locali alloggi e servizi*.

Componenti dell'impianto

L'impianto è costituito da: *teste sprezzatrici (che svolgono anche la funzione di avvisatore di incendio), tubazioni di distribuzione, serbatoio in pressione, pompa, indipendenti* dagli altri impianti della nave.

Testine sprezzatrici

Spruzzatori dotati di "valvole automatiche" che liberano il flusso quando nel locale la temperatura raggiunge *il valore di taratura* (circa 60 ÷ 80 °C per i locali alloggi e più ancora per locali di servizio quali le cucine).

Infatti, quando la temperatura ambiente del locale da proteggere supera il valore prestabilito, la tensione del vapore saturo all'interno delle fialette cresce fino a provocarne *la rottura*. Ciò consente l'apertura delle valvole delle teste sprezzatrici e l'immediata fuoriuscita dell'acqua in pressione presente nelle tubolature e nel serbatoio in pressione.

Pompa

La fuoriuscita di acqua dalle testine provoca una *depressione nelle tubolature* che mette in azione la pompa di alimentazione dell'impianto, la quale aspirerà ed immetterà nelle tubolature acqua di mare proveniente dalla presa a mare dell'impianto Sprinkler o, in caso di guasto alla pompa, dall'impianto principale incendio.

La portata minima della pompa viene calcolata considerando che la SOLAS prescrive che debba essere garantita *l'irrorazione di una superficie di 280 m² con almeno 5 l/(m²min)*:

$$Q_{min} = 5 \text{ l/(m}^2\text{min)} \cdot 280 \text{ m}^2 = 1400 \text{ l/min} = 84 \text{ m}^3/\text{h}$$

Il serbatoio deve avere una capacità almeno pari al *doppio della quantità d'acqua erogabile dalla pompa in un minuto*: $C_{min} = 2800$ litri.

Impianto Sprinkler

Serbatoio d'acqua

L'impianto deve essere dotato di un'autoclave con una capacità d'acqua pari al doppio della quantità scaricata dall'impianto in un minuto di funzionamento e servito da una pompa funzionante con due diverse sorgenti di energia. Questo impianto è inoltre collegato al collettore dell'impianto antincendio principale (collegamento con valvola di non ritorno).

Rete di distribuzione

Il circuito sprinkler deve essere suddiviso in sezioni di *non più di 200 elementi, limitati a non più di due ponti e ad una sola zona verticale*, allo scopo di poter identificare più celermente il luogo dell'incendio.

La rete di distribuzione dell'acqua destinata agli sprinkler presenta una *linea principale* collegata a dei montanti che risalgono verticalmente la nave, dai quali si diramano le *linee secondarie* relative alle varie sezioni da raggiungere; ognuna di queste sezioni viene controllata da una valvola di comando e allarme, con relativa valvola di non ritorno che consente la caduta di pressione solo nella zona interessata dall'incendio.

Tubature

Le condotte vanno tenute cariche d'acqua in pressione, tranne nelle zone limitate in cui si può verificare il congelamento.

Posizionamento componenti di base

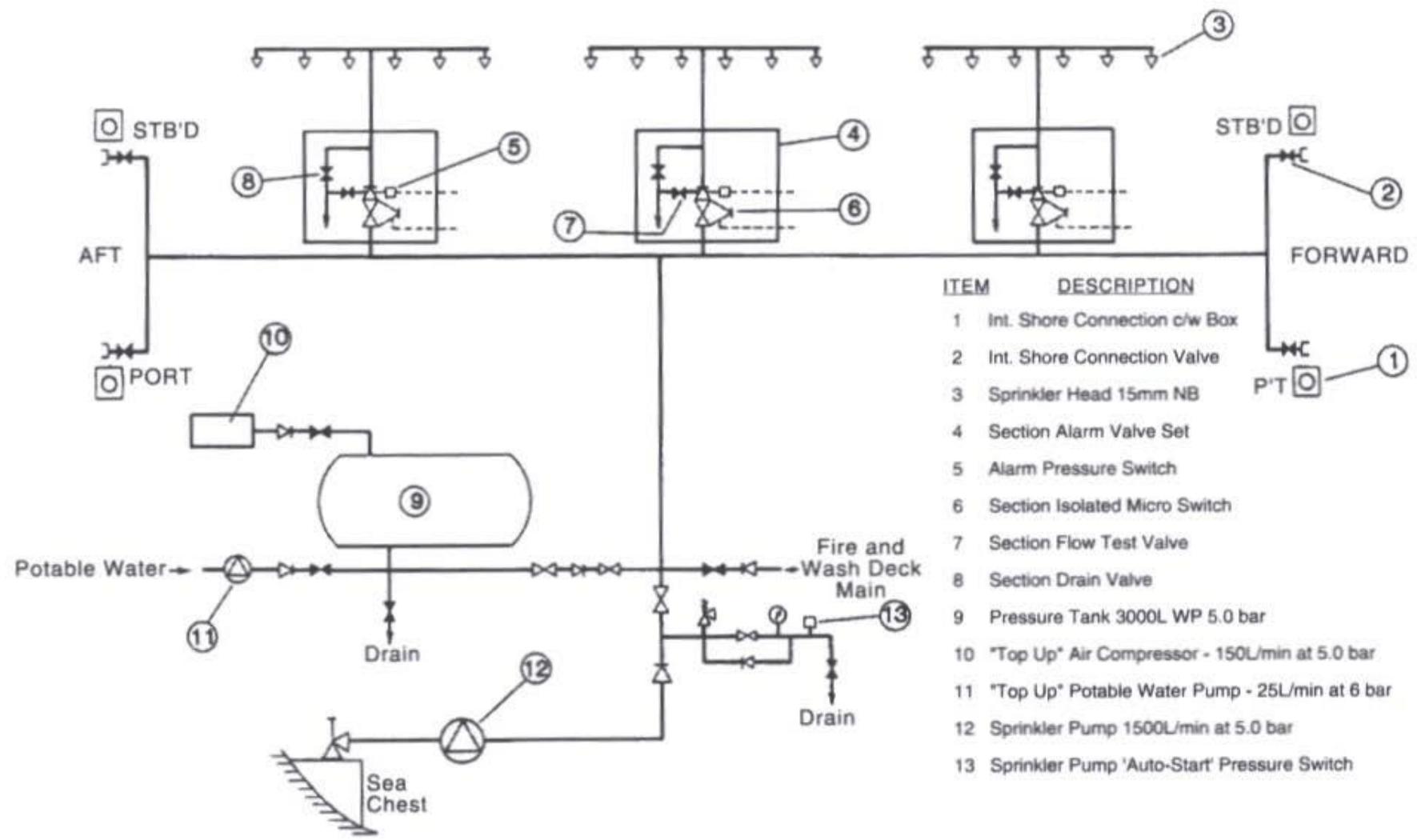
La pompa e il serbatoio in pressione devono essere installati in posizione ragionevolmente lontana da ogni locale macchine di Categoria A e non devono essere sistemati in locali che devono essere protetti dall'impianto. La pompa ed il serbatoio pressurizzato (con relativo compressore) vengono posizionati nel fondo della nave, sul ponte immediatamente al di sopra del doppio fondo.

Verifica periodica

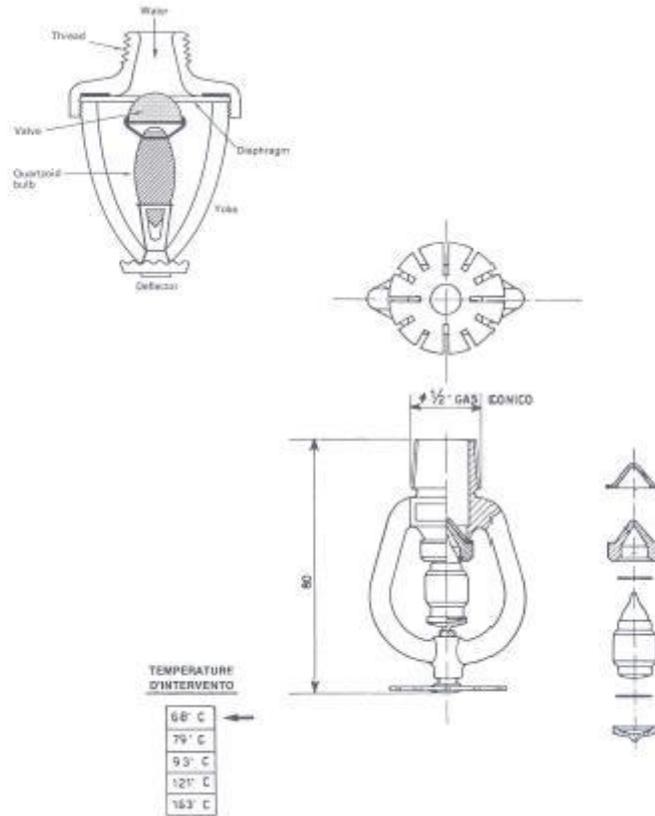
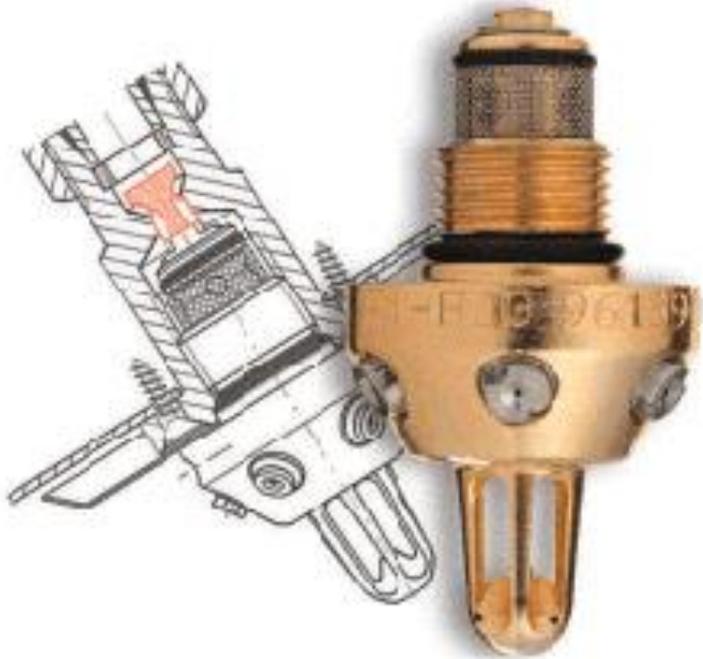
Ogni sezione è munita di valvole di drenaggio che consentono di raccogliere l'acqua espulsa durante i test periodici.

Il tank test equipment permette la verifica periodica della funzionalità del sistema di attivazione automatica della pompa. La linea dell'acqua dolce pesca nelle relative casse. Il compressore è ad uso esclusivo del serbatoio sprinkler.

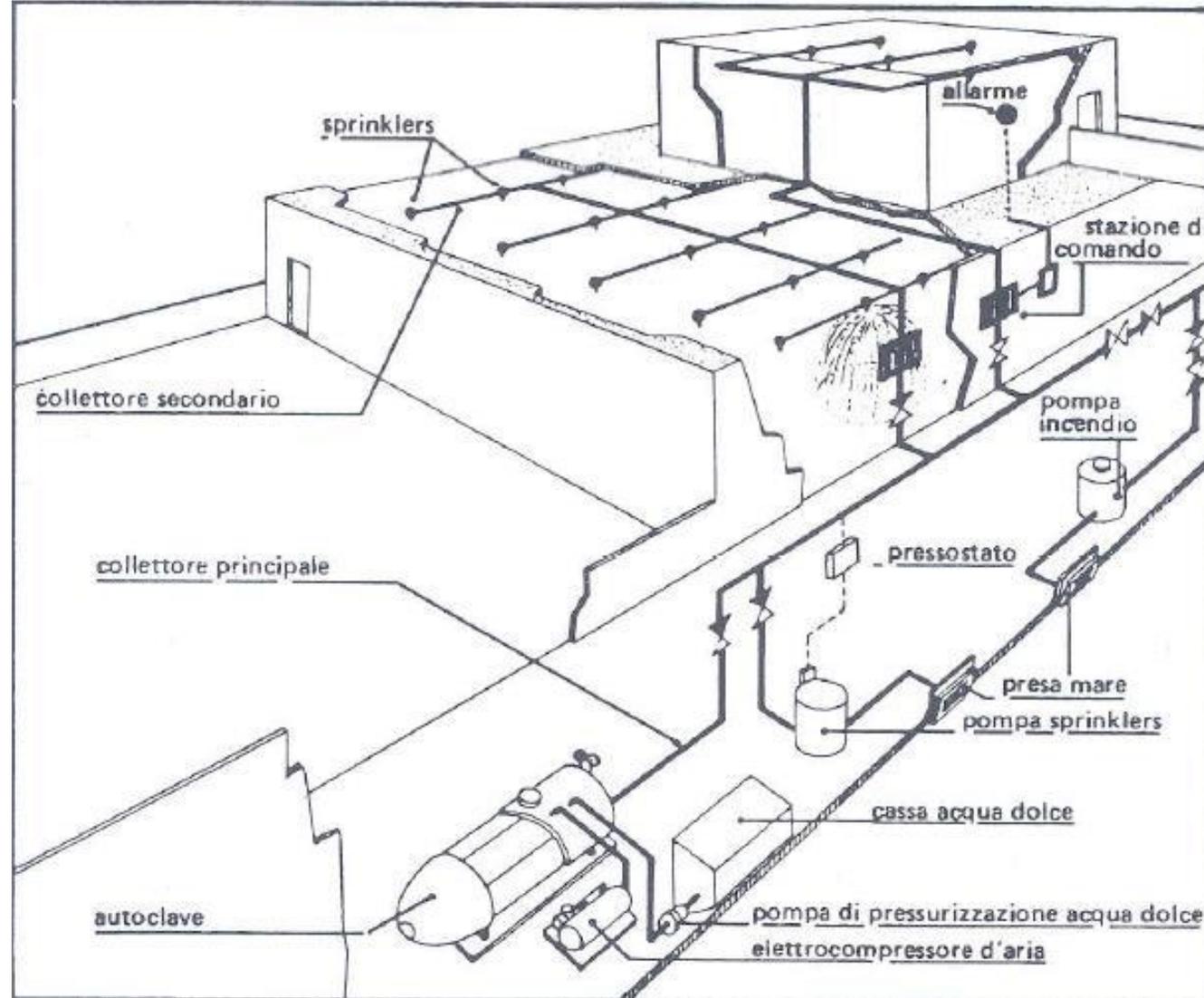
Impianto Sprinkler



Impianto Sprinkler



Impianto Sprinkler



Impianto Water-Mist

Si tratta di un impianto ad *acqua nebulizzata* che, utilizzando ridotte quantità d'acqua, è in grado di produrre una nebbia fredda particolarmente efficace nell'estinzione degli incendi. Le gocce d'acqua spruzzate hanno un *diametro medio di 50-150 micron*, mentre i comuni sistemi Sprinkler rilasciano gocce con un diametro di circa 1 mm.

La ridotta dimensione delle gocce permette un repentino passaggio di stato dell'acqua con conseguente: sottrazione di calore dall'incendio, creazione di una barriera che riduce l'irradiazione del calore, aumento del volume della singola goccia e rarefazione delle molecole di ossigeno per centimetro cubo.

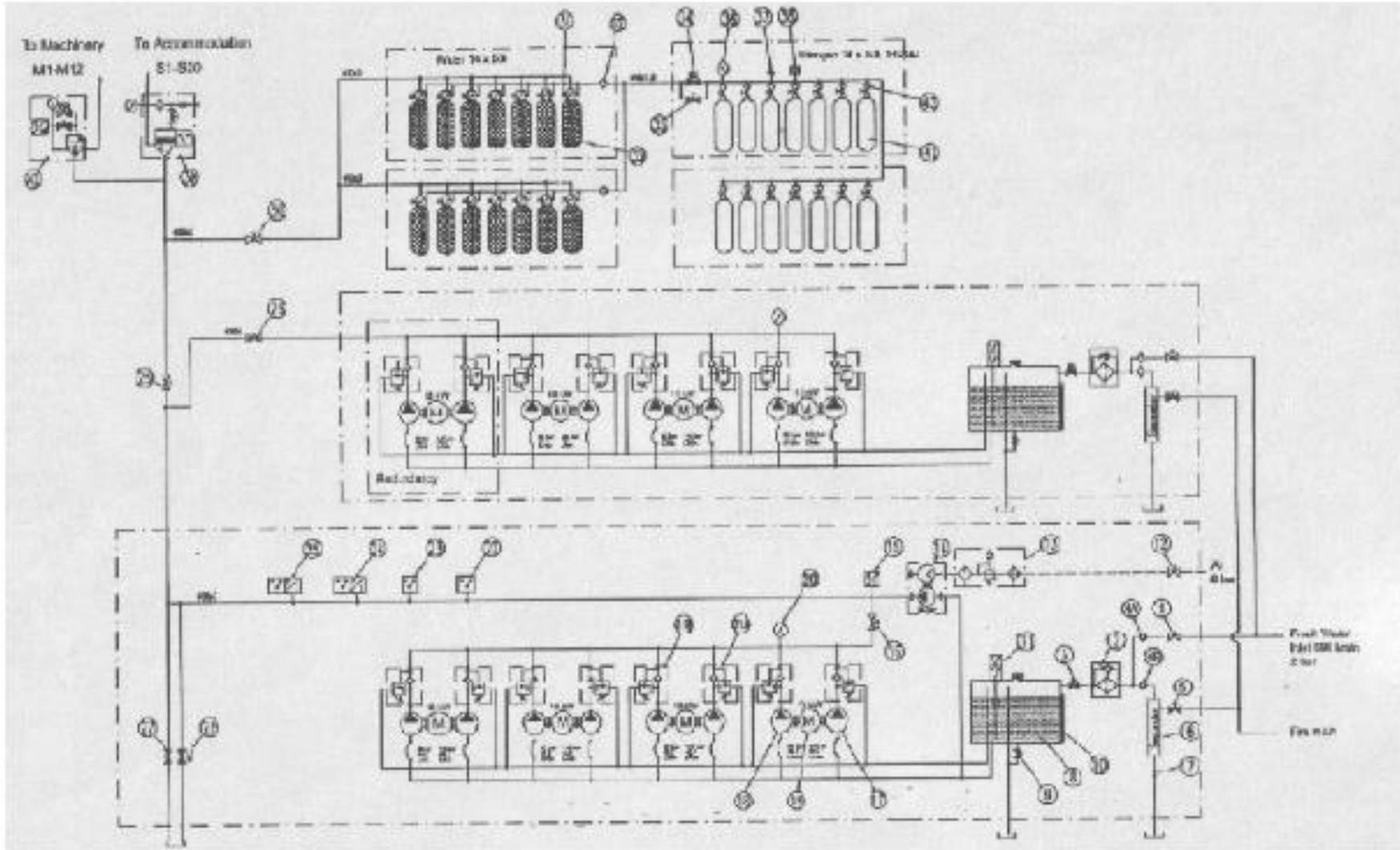
Il sistema Hi-Fog è classificato come un sistema *Water Mist* di I classe dalla norma NFPA 750.

La nebbia è normalmente rilasciata ad *alta velocità*, raggiunta mediante pressioni dell'ordine di *140 bar*, attraverso l'uso di pompe ad alta pressione o serbatoi carichi a gas. La combinazione di giusta dimensione delle gocce, distribuzione e velocità di rilascio, assicurano una efficiente penetrazione ed un rapido raffreddamento del nucleo dell'incendio e dei gas adiacenti.

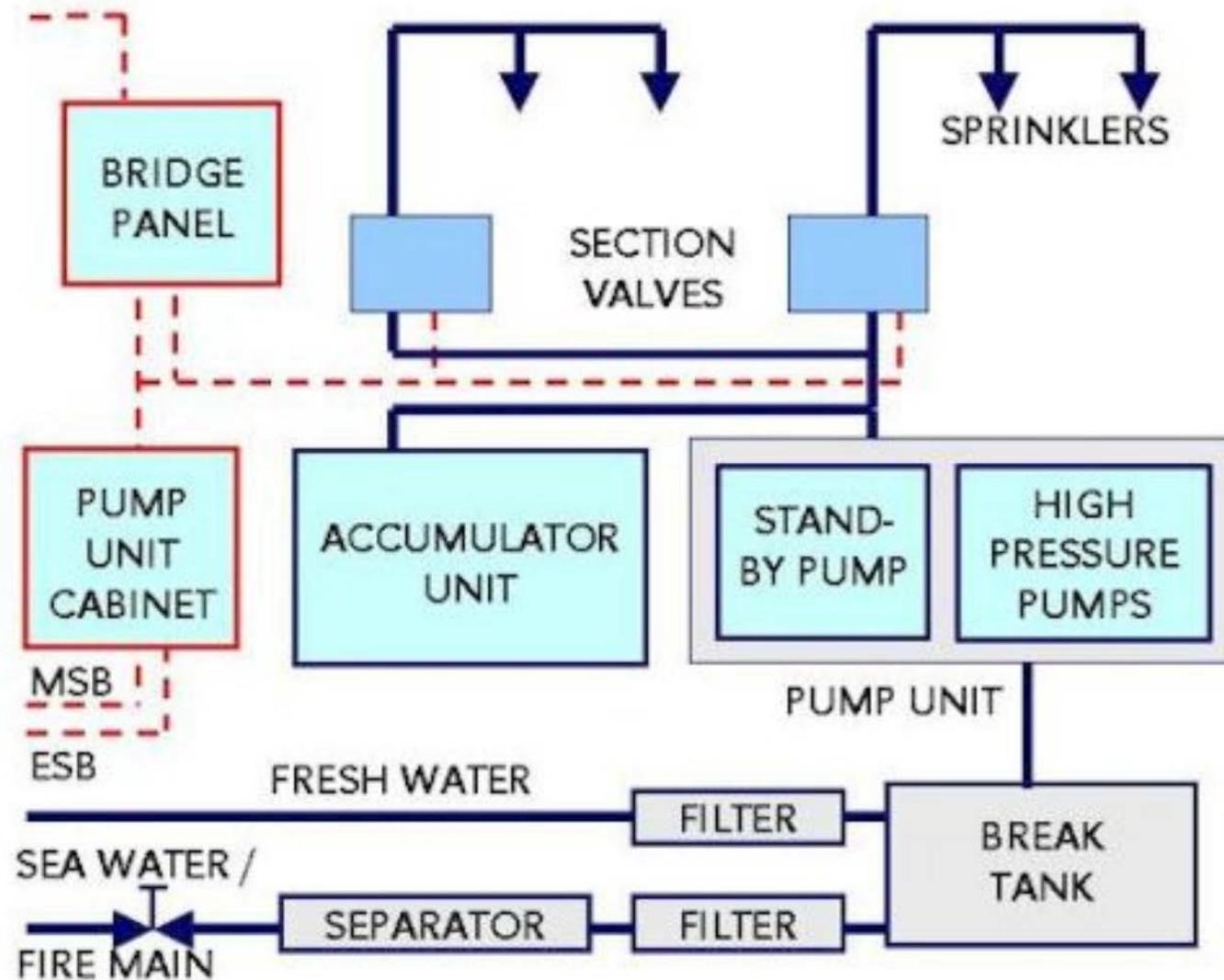
Grazie alla ridotta dimensione delle gocce ed alla piccola quantità d'acqua utilizzata, il sistema Hi-Fog si presta ad un *elevato numero di applicazioni*. Queste includono anche rischi *non normalmente considerati adatti all'utilizzo di sistemi ad acqua*, come per esempio protezione di impianti elettrici o rischi di incendio di idrocarburi.



Impianto Water-Mist



Impianto Water-Mist

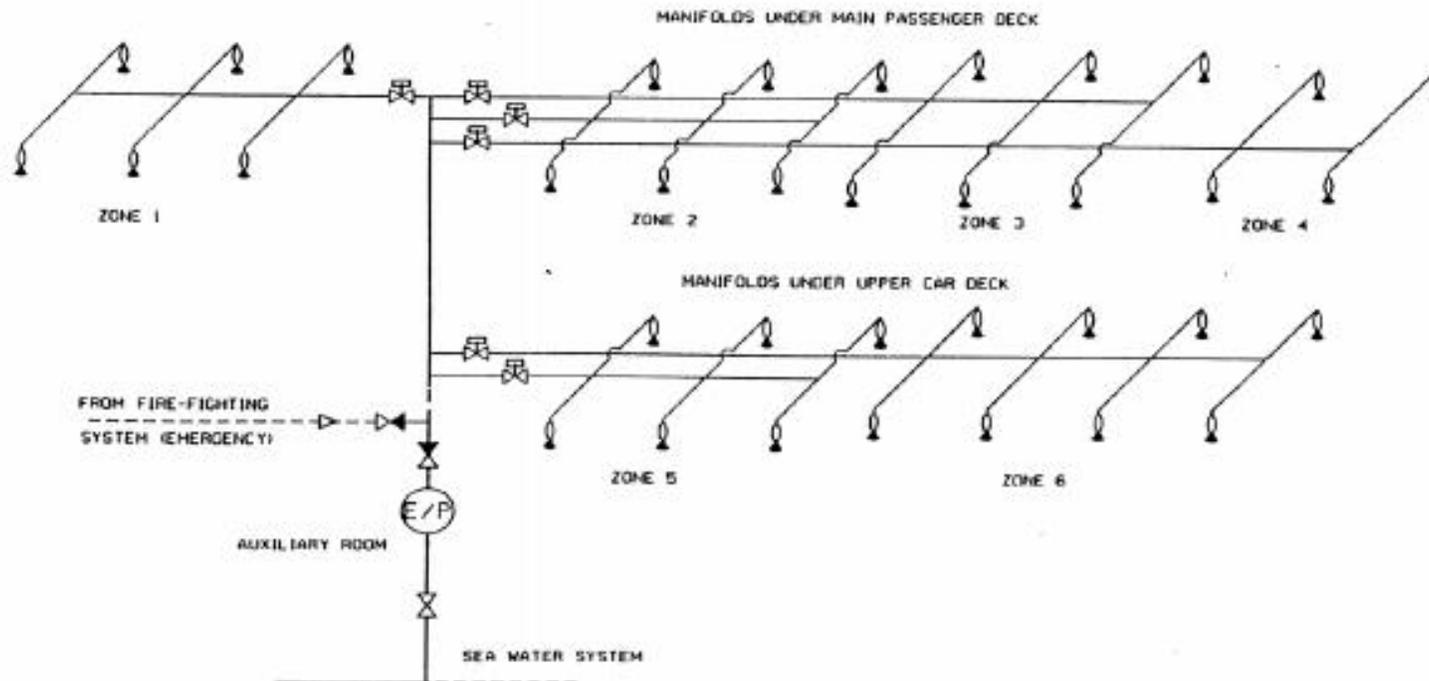


Impianto Drencher

Impianto fisso ad acqua di mare per la protezione dei garage, basato sul principio di funzionamento dell'impianto Sprinkler con pressioni inferiori. È costituito da pompe, tubolature ed ugelli, indipendenti dagli altri impianti di bordo. L'impianto è frazionabile in sezioni larghe quanto il garage e lunghe almeno 20 metri. Le pompe sono dimensionate per alimentare simultaneamente due sezioni contigue.

Può provocare allagamento.

GARAGE DECK AREA PRESSURE WATER-SPRAYING SYSTEM FUNCTIONAL DIAGRAM



Impianto a schiuma

L'impianto in cui si miscela acqua di mare con una soluzione appositata per creare una schiuma da immettere nel locale interessato dall'incendio.

L'impianto è costituito da: pompe di acqua di mare, serbatoi di liquido schiumogeno (foamite), pompe di liquido schiumogeno, tubazioni e accessori per convogliare la schiuma nelle zone protette.

La schiuma è una miscela ottenuta aggiungendo all'acqua (in percentuali tra il 2 e il 6%) un liquido schiumogeno e l'aria; può essere ad alta o bassa espansione. Gli impianti ad alta espansione sono utilizzati nei garage delle navi traghetto (dove l'uso della CO₂ non è consentito). Gli impianti a bassa espansione sono utilizzati per le zone del carico delle navi cisterna.

Principio di funzionamento

La miscela di acqua di mare e liquido schiumogeno viene fatta colare su una griglia su cui una ventola soffia in modo continuo; il liquido saponoso genera delle bolle e in poco tempo viene prodotta una grande quantità di schiuma. Solitamente, la parte di impianto che comprende la presa a mare, i componenti per la miscelazione di acqua e agente schiumogeno, la griglia e il ventilatore si trovano nella parte prodiera della nave, da cui si verifica l'immissione della schiuma nel locale; a poppa del locale viene quindi posizionato un aspiratore per agevolare il movimento della schiuma all'interno dello spazio e saturarlo.

Impianto a schiuma

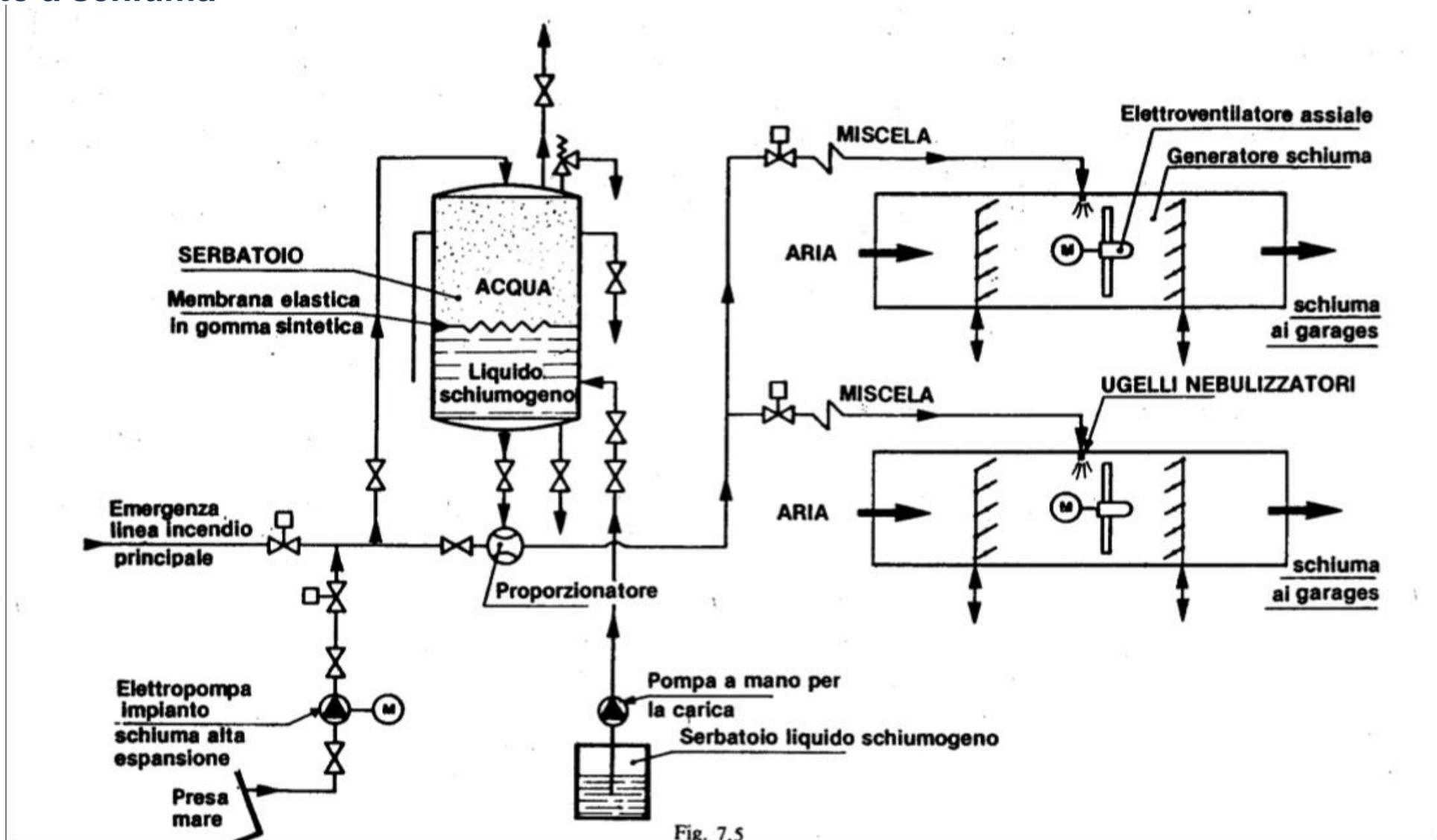
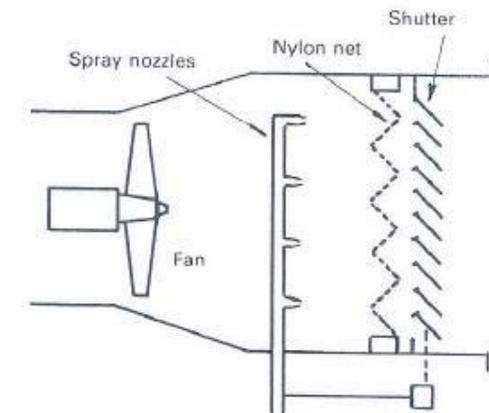
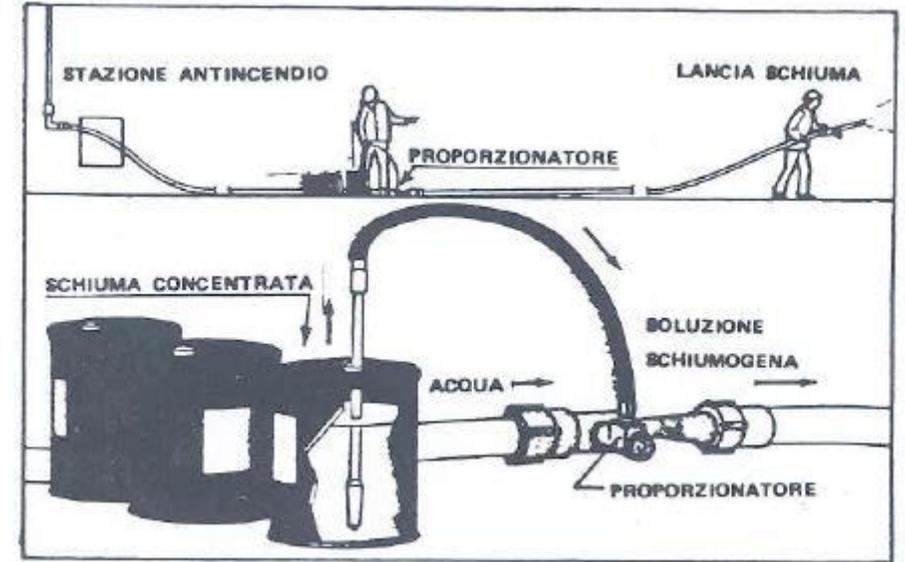
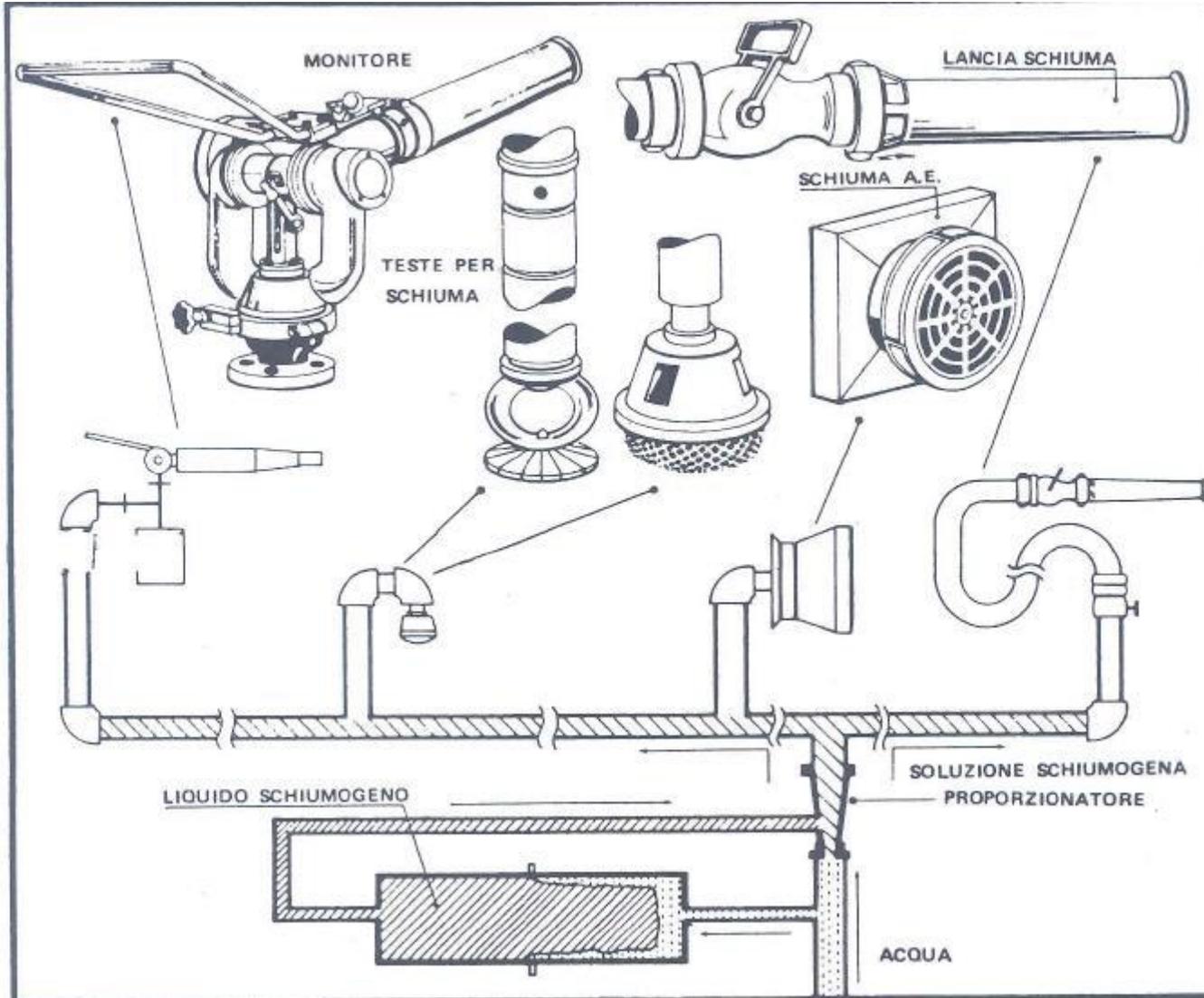
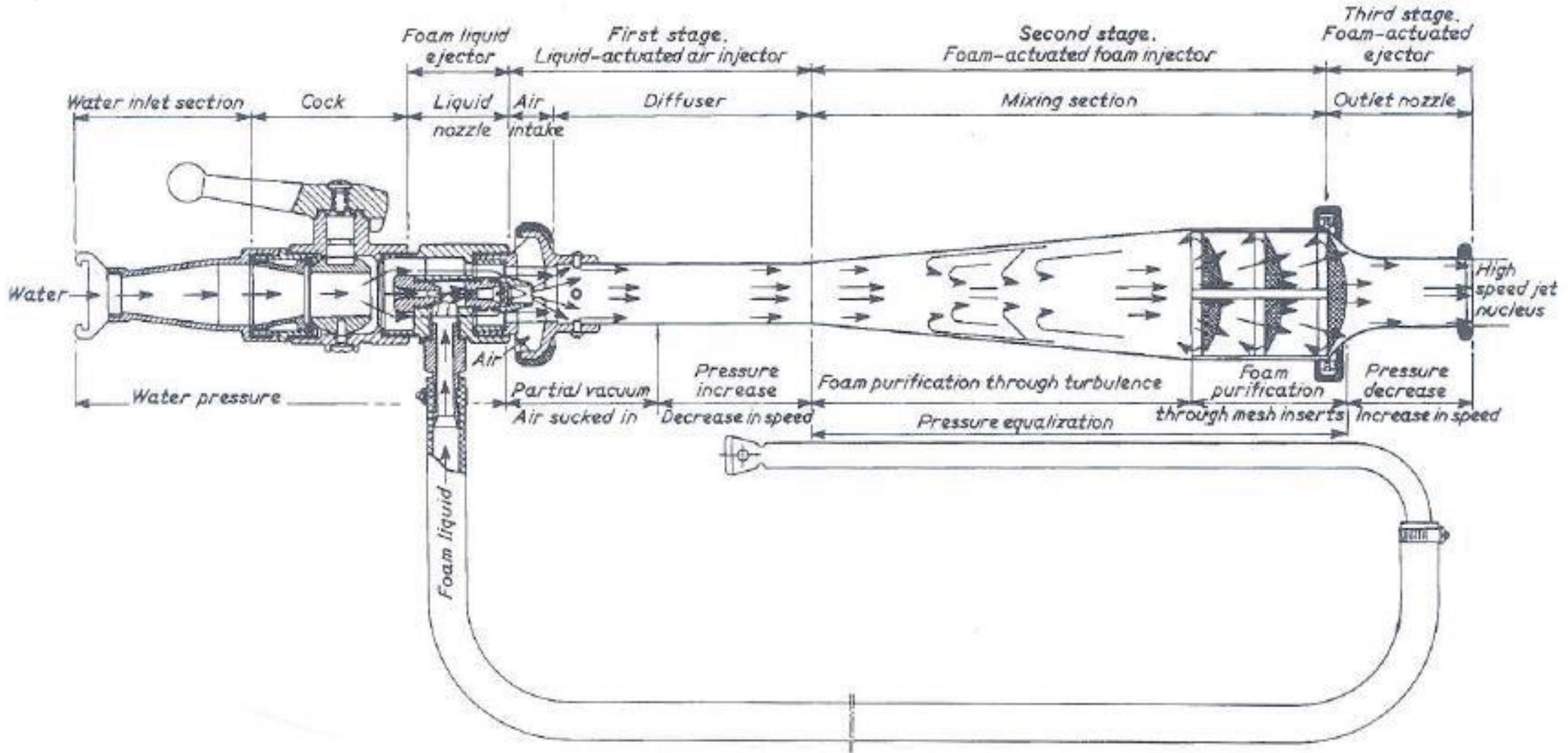


Fig. 7.5

Impianto a schiuma



Impianto a schiuma



Sistemi di rilevamento e allarme

Questi impianti hanno lo scopo di rilevare e segnalare l'insorgere di un incendio con avvisatori ottici ed acustici ed inviano inoltre ai pannelli di controllo (collocati nella control fire station) un segnale per l'individuazione dell'ubicazione dell'incendio.

Per quanto riguarda i sistemi di rilevamento e allarme, essi devono essere operativi con continuità e alimentati da due impianti elettrici separati. I rilevatori vanno raggruppati in sezioni per poter identificare con sicurezza il luogo in cui si innesca l'incendio e fanno capo alla *stazione di controllo posta in plancia o nella fire control station*. I rilevatori individuano la presenza di fumo, di calore, di prodotti di combustione, di fiamme oppure ancora ogni combinazione di questi fattori. In ogni locale deve essere poi presente un interruttore d'allarme e nei corridoi essi devono essere presenti a non più di 20 metri uno dall'altro.

I segnalatori d'incendio possono essere manuali o automatici. I primi sono apparecchiature azionate manualmente per dare l'allarme d'incendio, i secondi sono sistemi automatici che analizzano le condizioni dell'ambiente per valutare la presenza di un incendio. Essi sono divisi in due categorie: quelli che prelevano campioni d'aria controllandoli poi con analizzatori dei fumi, posti fuori dall'ambiente servito, e quelli che utilizzano elementi sensibili, in genere alla temperatura o al fumo, collocati nell'ambiente da controllare.

Esiste una grande varietà di rilevatori utilizzabili nei vari ambienti della nave, tali da indicare la presenza di un incendio basandosi su diversi principi di funzionamento e prestandosi quindi specificamente alle diverse tipologie di incendio. Essi individuano la presenza di fumo, di calore, di prodotti di combustione, di fiamme oppure ogni combinazione di questi fattori.

Sistemi di rilevamento e allarme

Gli impianti di segnalazione automatica possono essere così classificati in base al tipo di rilievo effettuato:

- *elementi sensibili alla temperatura* – sono i rilevatori termici in cui il contatto elettrico viene chiuso prima che la temperatura superi il limite di 78 °C, ma non al di sotto di 54 °C se il tasso di crescita è inferiore ad 1 °C al minuto; tali rilevatori vengono detti termostatici e possono essere realizzati con sensori bimetallici o con termistori. Sono sensori termostatici anche quelli a bulbo di vetro o a fusibile utilizzati negli impianti sprinkler. Un particolare tipo è rappresentato dai rilevatori (detti termovelocimetri) che, oltre a rilevare una temperatura fissa predeterminata, sono in grado di rilevare un gradiente termico.
- *elementi sensibili al fumo* – si tratta di rilevatori delle particelle in sospensione nei fumi prodotti da una combustione. I sensori sono di tipo ottico a rifrazione oppure sono a camera di ionizzazione.
- *elementi sensibili alle radiazioni luminose emesse dal fuoco* – i rilevatori sfruttano gli effetti prodotti su elementi fotosensibili dall'emissione di luce a frequenze prestabilite.

Per quanto riguarda gli usi di bordo, va osservato che:

- *i rilevatori dei fumi* sono adatti per incendi con combustione lenta;
- *i rilevatori della temperatura* si prestano ad incendi con combustione veloce;
- *i rilevatori della luce emessa dal fuoco* sono efficaci solo quando il fuoco si è già sviluppato e sono più delicati; sulle navi trovano minore impiego.

Nei locali alloggi e di servizio trovano applicazione prevalentemente rilevatori di fumi e di calore (ma solo di fumi se è presente un impianto sprinkler), nei locali con macchinari, dove gli incendi vengono causati da idrocarburi, i rilevatori di fumi sono i più adatti ed infine nelle stive è usuale la campionatura dei fumi.

Fra tutti i tipi di rilevatori citati, i più sicuri ed utilizzati sono infatti quelli sensibili alla presenza di prodotti di combustione (fumi), funzionanti per rifrazione della luce o con camera di ionizzazione. A loro svantaggio va detto che producono falsi allarmi in presenza di vapore d'acqua (rilevatore a camera di ionizzazione) e di polvere (rilevatore ottico a rifrazione).

Norme aggiuntive per navi passeggeri

- Oltre alle zone verticali, possano essere previste zone orizzontali con divisioni di classe A, per esempio per delimitare ambienti serviti dall'impianto sprinkler da altri non serviti.
- In generale, in funzione della pericolosità all'incendio, vengono classificati 14 tipi di ambienti.
- Le condotte di ventilazione costituiscono notoriamente, in caso di incendio, una via di passaggio dei fumi e dell'aria a favore del mantenimento del fuoco. Per tale motivo esse devono essere sezionabili, inoltre devono essere resistenti al fuoco per non compromettere la tenuta delle divisioni ed infine devono essere tali da permettere il ricambio d'aria in tempi limite dopo lo spegnimento dell'incendio (fase di raffreddamento).
- Per le navi con meno di 36 passeggeri due possibili alternative: un impianto automatico di sola rilevazione (e quindi un sistema di estinzione non necessariamente fisso) oppure un impianto automatico di rilevazione ed estinzione (impianto sprinkler).
- Per le navi con almeno 36 passeggeri obbligatoriamente un impianto automatico di rilevazione ed estinzione (impianto sprinkler).
- Locali adibiti al carico: sistemi automatici di rilevazione uniti a -
 - per le stive in cui vanno caricati veicoli con combustibile nei serbatoi ed alle quali i passeggeri possono avere accesso, si deve prevedere un impianto di spegnimento ad acqua nebulizzata in pressione;
 - per le stive in cui vanno caricati veicoli con combustibile nei serbatoi ed alle quali i passeggeri non hanno accesso, si deve prevedere un impianto di spegnimento a gas inerte;
 - per le stive di navi classificate anche come RO-RO si deve prevedere un impianto di spegnimento a gas nelle stive chiuse ed uno di spegnimento ad acqua nelle stive aperte;
 - per le stive adibite al trasporto di altro tipo di merce si deve prevedere un impianto di spegnimento a gas (soprattutto per merci pericolose) oppure un impianto a schiuma ad alta pressione.

Norme aggiuntive per navi mercantili

Le norme indicano per i locali di servizio ed alloggio, tre possibili vie:

- metodo I C (limitazione dell'innesco) – prevede l'uso di divisioni di sola classe B e C e non richiede l'installazione di impianti fissi di rilevamento o sprinkler (tutte le divisioni fra locali devono essere almeno di classe C), inoltre tutti i locali devono avere vernici, coperture delle strutture ed isolazioni non combustibili;
- metodo II C (estinzione immediata) – prevede l'uso di impianti fissi di rilevamento ed estinzione (impianto sprinkler), senza restrizioni riguardo alle divisioni ed alla loro classe; le sole vie di sfuggita devono avere vernici, coperture delle strutture ed isolazioni non combustibili;
- metodo III C (limitazione della diffusione) – prevede l'installazione solamente di impianti fissi di rilevamento e allarme in zone delimitate da divisioni di classe A e B aventi dimensioni non superiori a 50 m²; le sole vie di sfuggita devono avere vernici, coperture delle strutture ed isolazioni non combustibili.

Le stive di una nave mercantile dovranno essere protette, quando possibile, con un impianto di estinzione a gas, ma nel caso in cui nelle stive siano caricati minerali, carbone, granaglie, legname non stagionato e carichi non combustibili, non è richiesto alcun impianto antincendio purché le chiusure delle boccaporte siano in acciaio e ci siano sistemi di intercettazione di tutte le condotte di ventilazione (il rischio di un incendio è infatti basso e lo spegnimento verrebbe effettuato semplicemente per soffocamento).

I garage di una nave RO-RO devono essere equipaggiati con un impianto di estinzione a gas, preferibilmente a biossido di carbonio, ma anche ad Halon se negli autoveicoli non è trasportato alcun carico (infatti i residui dell'Halon 1301 sono tossici). In alternativa si possono usare altri gas, oppure impianti a schiuma ad alto rapporto di espansione, oppure ancora impianti ad acqua nebulizzata in pressione ma solo se viene provato che la formazione di specchi liquidi liberi non compromette la stabilità della nave (e se l'impianto di sentina è opportunamente dimensionato). Quest'ultima opzione è obbligatoria per locali aperti. Nei locali chiusi il sistema di ventilazione deve garantire almeno 6 ricambi all'ora del volume lordo di stiva (a stiva vuota) e deve essere in funzionamento per tutta la durata del trasporto garantendo un buon rimescolamento dell'aria – garantendo cioè che non si formino stratificazioni di gas infiammabili.

Norme aggiuntive per navi mercantili

Le norme indicano per i locali di servizio ed alloggio, tre possibili vie:

- metodo I C (limitazione dell'innesco) – prevede l'uso di divisioni di sola classe B e C e non richiede l'installazione di impianti fissi di rilevamento o sprinkler (tutte le divisioni fra locali devono essere almeno di classe C), inoltre tutti i locali devono avere vernici, coperture delle strutture ed isolazioni non combustibili;
- metodo II C (estinzione immediata) – prevede l'uso di impianti fissi di rilevamento ed estinzione (impianto sprinkler), senza restrizioni riguardo alle divisioni ed alla loro classe; le sole vie di sfuggita devono avere vernici, coperture delle strutture ed isolazioni non combustibili;
- metodo III C (limitazione della diffusione) – prevede l'installazione solamente di impianti fissi di rilevamento e allarme in zone delimitate da divisioni di classe A e B aventi dimensioni non superiori a 50 m²; le sole vie di sfuggita devono avere vernici, coperture delle strutture ed isolazioni non combustibili.

Le stive di una nave mercantile dovranno essere protette, quando possibile, con un impianto di estinzione a gas, ma nel caso in cui nelle stive siano caricati minerali, carbone, granaglie, legname non stagionato e carichi non combustibili, non è richiesto alcun impianto antincendio purché le chiusure delle boccaporte siano in acciaio e ci siano sistemi di intercettazione di tutte le condotte di ventilazione (il rischio di un incendio è infatti basso e lo spegnimento verrebbe effettuato semplicemente per soffocamento).

I garage di una nave RO-RO devono essere equipaggiati con un impianto di estinzione a gas, preferibilmente a biossido di carbonio, ma anche ad Halon se negli autoveicoli non è trasportato alcun carico (infatti i residui dell'Halon 1301 sono tossici). In alternativa si possono usare altri gas, oppure impianti a schiuma ad alto rapporto di espansione, oppure ancora impianti ad acqua nebulizzata in pressione ma solo se viene provato che la formazione di specchi liquidi liberi non compromette la stabilità della nave (e se l'impianto di sentina è opportunamente dimensionato). Quest'ultima opzione è obbligatoria per locali aperti. Nei locali chiusi il sistema di ventilazione deve garantire almeno 6 ricambi all'ora del volume lordo di stiva (a stiva vuota) e deve essere in funzionamento per tutta la durata del trasporto garantendo un buon rimescolamento dell'aria – garantendo cioè che non si formino stratificazioni di gas infiammabili.

Norme aggiuntive per navi cisterna

- Distribuzione degli spazi a bordo: per quanto riguarda il locale apparato motore, questo deve essere posto a poppa delle cisterne per il carico, delle slop tanks e del locale pompe e non può affacciarsi direttamente sulle cisterne per il carico.
- Impianto antincendio locali di servizio e alloggi: metodo I C (limitazione dell'innesco).
- **Impianti fissi zona cisterne:** un sistema a schiuma a bassa o media espansione per il ponte di coperta ed un sistema a gas inerte per le cisterne.

L'impianto antincendio a schiuma deve essere in grado di fornire schiuma all'intera area del ponte per spegnere incendi di spillamenti di olio combustibile sul ponte e per "controllare" incendi che si sprigionano dalle cisterne. Inoltre, esso deve poter riversare la schiuma in una cisterna nella quale si sia verificata un'esplosione (immettendola dal ponte per caduta attraverso le strutture danneggiate). Le norme indicano che l'impianto deve fornire schiuma con un certo tasso minimo per unità di superficie al minuto e deve poter funzionare per almeno 20 ÷ 30 minuti. Le lance ed i monitori per l'applicazione della schiume hanno portate e gittate regolamentate.

Per il sistema del gas inerte vengono definiti i parametri di progetto precisando che non può trattarsi di un sistema a CO₂ stoccata in bombole poiché in tale stato il gas diventa pericoloso per l'elettricità statica che esso produce percorrendo le condotte ad alta velocità.

- Infine per quanto riguarda il locale pompe, la normativa lascia libertà di utilizzare un impianto a gas (biossido di carbonio o Halon), un impianto a schiuma ad alta espansione oppure un impianto ad acqua nebulizzata in pressione.
- **Navi chimichiere:** sistema di spegnimento del tipo a schiuma per il ponte (schiuma specifica per il carico trasportato), ma per casi particolari sono indicati altri mezzi estinguenti, ovvero acqua nebulizzata o polveri chimiche.
- **Navi LNG:** sistema di spegnimento ad acqua nebulizzata per il ponte di coperta con una portata di progetto di 4 l/m² al minuto. Per il trasporto di gas infiammabili, si deve prevedere anche un sistema a polvere chimica pressurizzata in azoto con monitori per il ponte di coperta ed idranti nelle zone sottostanti. Le norme indicano la gittata minima, la capacità minima (pari a 10 kg/s) ed un periodo minimo di alimentazione (di 45 secondi). L'impianto deve quindi essere dimensionato per erogare celermente il gas in pressione (che porta la polvere in sospensione) alla pressione massima di stoccaggio.

Gli impianti mobili di estinzione

Gli impianti mobili di estinzione sono la prima difesa in caso d'incendio e sono costituiti da estintori portatili, carrellati e di tipo semi-fisso.

Gli estintori semi-fissi sono sistemi a schiuma meccanica e per il funzionamento necessitano di essere collegati all'impianto principale antincendio della nave per l'alimentazione d'acqua, perciò sono già stati trattati parlando degli impianti fissi a schiuma.

Gli estintori carrellati sono generalmente estintori a schiuma a basso rapporto di espansione utilizzati per spegnere incendi di classe A e B nei locali con macchinari (obbligatori nei locali di classe A). Sono composti da *fusti della capacità di 45 litri* posti su un carrello e riempiti di miscela schiumogena (acqua e reagente), pronti all'uso tramite *una bombola di CO₂* fissata sul carrello e la cui mandata è collegata al fusto. Esistono in alternativa anche estintori a polvere chimica carrellati, ma non ad anidride carbonica a causa dell'elevato peso dell'involucro.

Gli estintori portatili sono piccole bombole di forma cilindrica dotate di un dispositivo per l'uscita dell'agente estinguente. L'azionamento dell'estintore è ottenuto mediante l'apertura di un otturatore e la scarica può protrarsi in genere per non più di qualche decina di secondi. L'agente estinguente può essere CO₂, Halon (non più ammessi), polvere chimica, acqua o schiuma – questi due ultimi tipi vengono detti estintori idrici.

Essi devono essere posti in tutti i locali accessibili alle persone e sistemati a portata di mano per un impiego immediato. Il numero e la collocazione degli estintori è definita dalla normativa, così come il loro *peso massimo*, che non deve superare 23 kg. Anche la carica dell'estintore deve essere in quantità minima secondo le norme: gli estintori ad anidride carbonica ed a polvere chimica devono avere una *carica di almeno 5 kg* e quelli idrici di *almeno 9 litri*.

Gli estintori idrici più comuni sono quelli a soluzione acquosa e quelli a cartuccia ed acqua pressurizzata, ma sono presenti anche estintori idrici a schiuma.

Gli estintori a gas sono essenzialmente ad anidride carbonica: tale gas costituisce sia la carica, sia il propellente.

Gli estintori a polvere chimica sono costituiti da una carica di polvere pressurizzata con gas inerte.

Gli impianti mobili di estinzione

Gli estintori più utilizzati sono quelli a polvere chimica in quanto hanno un elevato potere estinguente e sono universali, ossia sono adatti ad incendi di tutte le classi, e non sono soggetti a deterioramento, richiedendo così minore manutenzione e fornendo maggiore affidabilità nel tempo. Essi però, come tutti quelli a carica gassosa, non si prestano per incendi in luoghi ventilati, inoltre rilasciano sostanze soffocanti e comportano residui polverosi particolarmente pericolosi per i contatti elettrici.

Quelli ad anidride carbonica sono estintori consigliati per spegnere incendi di apparecchiature sotto tensione elettrica, a differenza di quelli a polvere chimica (infatti le polveri possono diventare buoni conduttori elettrici alle alte temperature) e di quelli idrici. Essi sono però piuttosto pesanti perché l'anidride carbonica a temperatura ambiente ha un'elevata tensione di vapore e quindi l'involucro deve essere molto resistente (inoltre per lo stesso motivo temono le alte temperature). Infine, tali estintori hanno il difetto di rilasciare sostanze soffocanti.

Gli estintori idrici sono poco usati anche perché soffrono le temperature estreme, sia basse (congelamento) che alte (deterioramento delle soluzioni schiumogene ed alte pressioni nelle cartucce di CO₂).

APPLICARE LE TECNICHE DEL DISEGNO E DELLA GRAFICA COMPUTERIZZATA NELLA CANTIERISTICA

MATERIALE DIDATTICO

- Dispense del corso di Allestimento Navale, a cura del Prof. Marco Biot. Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Navale, DIA Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Trieste
- Dispense del corso di Impianti e Allestimento Navale, a cura del Prof. Massimo Figari, con la collaborazione di S. Padroni e G. Filipasso. Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Navale, DITEN Dipartimento di Ingegneria Navale, Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni, Università degli Studi di Genova

Ing. Serena Bertagna
sbertagna@units.it

Monfalcone, 08/01/2020

