



Senato della Repubblica

Giunte e Commissioni

XVII LEGISLATURA

RESOCONTO STENOGRAFICO

n. 41

COMMISSIONE PARLAMENTARE D'INCHIESTA
sulle cause del disastro del traghetto Moby Prince

RELAZIONE DELL'INGEGNER ANTONIO LA MALFA

43^a seduta: martedì 24 gennaio 2017

Presidenza del Presidente LAI

I N D I C E**Relazione dell'ingegner Antonio La Malfa**

PRESIDENTE	Pag. 3, 19, 21 e <i>passim</i>	GISSI	Pag. 22, 23
CAPPELLETTI (M5S)	21	LA MALFA	3, 9, 16 e <i>passim</i>
FILIPPI (PD)	8		
FLORIS (FI-PdL XVII)	22, 23		
MUSSINI (Misto)	22, 23		

Sigle dei Gruppi parlamentari: ALA-Scelta Civica per la Costituente Liberale e Popolare: ALA-SCCLP; Area Popolare (Ncd-Centristi per l'Italia): AP (Ncd-CpI); Conservatori e Riformisti: CoR; Forza Italia-II Popolo della Libertà XVII Legislatura: FI-PdL XVII; Grandi Autonomie e Libertà (Grande Sud, Popolari per l'Italia, Moderati, Idea, Euro-Exit, M.P.L. – Movimento politico Libertas): GAL (GS, PpI, M, Id, E-E, MPL); Lega Nord e Autonomie: LN-Aut; Movimento 5 Stelle: M5S; Partito Democratico: PD; Per le Autonomie (SVP, UV, PATT, UPT)-PSI-MAIE: Aut (SVP, UV, PATT, UPT)-PSI-MAIE; Misto: Misto; Misto-Fare!: Misto-Fare!; Misto-Federazione dei Verdi: Misto-FdV; Misto-Insieme per l'Italia: Misto-IpI; Misto-Italia dei valori: Misto-Idv; Misto-Liguria Civica: Misto-LC; Misto-Movimento la Puglia in Più: Misto-MovPugliaPiù; Misto-Movimento X: Misto-MovX; Misto-Sinistra Italiana-Sinistra Ecologia Libertà: Misto-SI-SEL.

Sono presenti alla seduta, ai sensi dell'articolo 23 del Regolamento interno, il colonnello Angelo Senese e gli ingegneri Antonio La Malfa ed Emanuele Gissi, in qualità di collaboratori della Commissione.

I lavori hanno inizio alle ore 12.

PROCEDURE INFORMATIVE

Relazione dell'ingegner Antonio La Malfa

PRESIDENTE. L'ordine del girono reca la relazione dell'ingegner Antonio La Malfa, coadiuvato dall'ingegner Emanuele Gissi, entrambi collaboratori della Commissione ai sensi dell'articolo 23 del Regolamento.

Avverto che della seduta odierna verranno redatti il resoconto sommario e il resoconto stenografico.

I collaboratori e i commissari avranno la possibilità di chiedere in qualsiasi momento la segretazione dell'audizione o di parte di essa, qualora ritengano di riferire alla Commissione fatti o circostanze che non debbano essere divulgati. A norma dell'articolo 13 del Regolamento interno, è la Commissione a decidere su un'eventuale richiesta in tal senso.

LA MALFA. Buongiorno a tutti. Ci rivediamo dopo la mia audizione del 28 luglio scorso. Tralascierò di parlare degli aspetti generali degli incendi, perché penso che ormai si sia parlato abbastanza della loro pericolosità.

Vorrei fare soltanto un breve cenno sulla pericolosità degli incendi all'interno delle navi. Perché sono pericolosi? Contrariamente a tutti gli altri ambienti, il calore resta all'interno della nave ed è difficile che vada fuori, tranne nel caso di un incendio che lambisca le pareti esterne; quindi gli ambienti raggiungono velocemente elevate temperature, che diffondono con facilità i prodotti della combustione. Questo capita perché le navi sono delle costruzioni particolari: non vengono fatte con il cemento armato, ma con l'acciaio, quindi da questo punto di vista il riscaldamento è rapido e agevola il movimento del fumo.

Un ulteriore elemento negativo è dato dal fatto che vi sono spesso persone di varie classi di età, quindi possiamo trovare dei bambini o degli anziani. Per quanto riguarda poi i percorsi di esodo, noi non siamo all'interno di un edificio: le navi hanno ambienti molto bassi e una larghezza ridotta delle vie di esodo.

Le navi sono dotate di misure di protezione passiva antincendio. La differenza tra protezione attiva e protezione passiva è che la protezione attiva combatte l'incendio con un'azione (l'idrante o l'estintore sono la

classica protezione attiva), mentre la protezione passiva combatte l'incendio senza far nulla. È protezione passiva una via di esodo: non spegne l'incendio, ma consente di scappare e di salvarsi.

Lo stesso discorso vale per un muro, una parete o un solaio, che evitano la propagazione del fumo negli altri ambienti. Anche le navi hanno delle compartimentazioni antincendio, sia di tipo verticale (un ponte evita che il fumo si propaghi in verticale), sia di tipo orizzontale (una parete tagliafuoco evita che il fumo e i gas di combustione si propaghino in via orizzontale). Poi vi sono le serrande tagliafuoco, che – come avete sentito – evitano che il fumo se ne vada per i vari ambienti attraverso gli impianti di ventilazione. Questo è quello che succede dall'interno. E dall'esterno?

Le navi e i traghetti hanno la stessa protezione nei confronti di incendi che arrivano dall'esterno? Ahimè no, perché all'esterno ci sono anche le superfici vetrate. Quindi un incendio che attacca dall'esterno una nave provoca dei problemi, perché penetra all'interno. Poi, a seconda di dove si produce e a seconda delle compartimentazioni che ci saranno nel luogo di origine, possono aversi diverse diffusioni.

Parliamo dei soccorsi: le squadre di soccorso ovviamente hanno difficoltà ad intervenire efficacemente su un incendio a bordo di una nave, perché, se brucia l'interno, si può intervenire con dei getti dall'esterno da parte di un rimorchiatore o di una motobarca dei vigili del fuoco, ma la difficoltà è quella di raggiungere l'incendio con questi getti. Quindi il miglior intervento è che le persone arrivino a bordo e possano combattere da vicino l'incendio. È fondamentale che l'incendio venga subito combattuto dalle squadre di emergenza che si trovano a bordo della nave, aiutate poi dai soccorritori che arriveranno sulla nave dall'esterno.

Il problema è arrivare sulla nave. Se si arriva all'inizio dell'incendio, non vi sono problemi a salire sulla nave; ma una nave che magari è già infiammata potrebbe creare dei problemi proprio per salire a bordo. Queste sono considerazioni generali, che non si riferiscono assolutamente alla situazione del Moby Prince. Sono fondamentali quindi un rapido intervento nei confronti delle fiamme e un'adeguata pianificazione di emergenza.

Entriamo adesso nel nocciolo del problema. Il compito che ci stiamo ponendo noi collaboratori della Commissione, io, ingegner Antonio La Malfa, insieme all'ingegner Emanuele Gissi e all'ingegner Salvatore La Malfa (il quale si scusa di non essere potuto intervenire oggi, per un motivo di natura familiare) è quello di cercare di capire e di dare una risposta alla domanda che da anni affligge tutti quanti: quali sono stati i tempi di sopravvivenza delle persone a bordo. Stiamo parlando ovviamente dell'effetto dell'incendio.

Questa è una domanda a cui si può rispondere in tanti modi, in relazione a quello che magari decideremo oggi. Cosa cercheremo di fare? Cercheremo di stabilire, all'interno dei vari ambienti in cui si articola il traghetto (parliamo di tutti gli ambienti), due aspetti fondamentali: la temperatura in quegli ambienti e la concentrazione delle sostanze nocive dei

fumi. Avete sentito dire parecchie volte che una cosa è inalare 100 ppm di monossido di carbonio e altra cosa è inalare 100 ppm di acido cianidrico. Quindi il fumo in generale non dà una risposta; bisogna definire anche la qualità del fumo e la concentrazione delle varie sostanze. Il nostro è un tentativo arduo.

Dopodiché è necessario subito chiarire quali risposte ci daranno i modelli che abbiamo a disposizione. Ci daranno risposte sui tempi di sopravvivenza, sui tempi di morte o sui tempi di incapacitazione? Questa è una domanda cui poi daremo una risposta. Però vi posso dire che la letteratura internazionale non fornisce attualmente la valutazione dei tempi di morte, bensì la valutazione dei tempi di incapacitazione. È chiaro che dai tempi di incapacitazione ai tempi di morte intercorre un intervallo di tempo, che è funzione dell'atmosfera inquinata che la persona sta respirando.

Vi anticipo che si dice che una persona è incapacitata quando non può svolgere alcuna iniziativa personale per la sua sopravvivenza. Poiché la maggior parte dei combustibili sono organici ed essendo presente carbonio, si produce non solo il monossido di carbonio ma anche l'anidride carbonica, che di per se stessa non è tossica – lo diventa a 50.000 ppm (pari al cinque per cento in volume) – ma ha un effetto assai deleterio perché induce iperventilazione polmonare, dispnea, che significa che man mano che si respira il ritmo respiratorio aumenta e si introducono così nell'organismo maggiori quantità di sostanza.

Quindi, in un'atmosfera in cui una persona è incapace di agire, aumenta il ritmo respiratorio: di questo si dovrà tenere conto per passare dalla fase di incapacitazione a quella del decesso.

Più tardi darò qualche indicazione che potrà risultare utile ai colleghi collaboratori che si occupano di medicina legale e tossicologia; se lo riteranno, gli daremo anche indicazioni contenute nella letteratura internazionale. A tal proposito, tengo a precisare che tutto quello che vi sto dicendo non è frutto di valutazioni soggettive, ma oggettive, desumibili, appunto, dalla letteratura internazionale.

I lavori sono in corso. Parliamo di un modello di calcolo complesso, sulla base del quale attualmente stiamo affinando il tipo di incendio, la qualità del fumo che si può produrre, tutto quello che può alterare la propagazione dei prodotti della combustione. Facciamo un esempio: supponiamo che io voglia sapere dopo quanto tempo, nel caso di un incendio in questa stanza, le persone che stanno nel corridoio potrebbero essere incapaci di agire. Anzitutto dobbiamo definire che cosa brucia, ovvero un modello di incendio; il secondo elemento da considerare è se la porta che ci separa dal corridoio è chiusa o aperta. Se è aperta, significa che il fumo si propagherà nel corridoio quasi subito, quindi i tempi di là sarebbero ridotti. Se è chiusa, l'incendio si generalizzerà all'interno, brucerà quella porta e quindi si propagherà nel corridoio. Sembra una banalità ma già questi due scenari comportano tempi diversi.

Questo esempio può rendere l'idea di quello che dovremo fare per il Moby Prince nel momento in cui parleremo di scenari. Auspichiamo di avere indirizzi precisi rispetto agli scenari che vorrete sviluppare, perché

di dinamiche dell'incendio se ne sono sentite tantissime; io stesso ne aggrungerò qualcuna che si sommerà alle altre, ma oggi la notizia è questa: noi abbiamo ricostruito la nave sul *computer*, più tardi l'ingegner Gissi vi farà vedere il lavoro immane che è stato fatto.

Ebbene, secondo i programmi più accreditati al livello internazionale, siamo in grado di sapere, con una certa attendibilità – comunque elevata perché si tratta di programmi già altamente qualificati – come si muove il fumo.

Ciò significa che, se lo vorrete, saremo in grado di dirvi cosa accade se un incendio si produce in un punto preciso; vi diremo cosa succede in tutti gli ambienti del traghetto, a partire da quel punto, però dovremo valutare se una determinata porta era aperta o meno. Su quello vi guideremo anche noi, essendo vostri collaboratori, e vi daremo una mano a sviluppare le vostre idee.

Cosa stiamo facendo? Stiamo esaminando gli atti giudiziari, consultando la letteratura internazionale accavallatasi in questi ultimi anni. Stiamo cercando di concentrarci sulle emissioni: si dice fumo, monossido di carbonio, ma ci siamo mai chiesti quanto monossido di carbonio si libera da un chilo di petrolio o quando acido cianidrico si libera se, per esempio, brucia un arredo, una poltrona? Stiamo cercando di capirlo e faremo tutto alla luce delle conoscenze che attualmente si hanno. Cosa stiamo utilizzando? Innanzi tutto, abbiamo frequenti contatti con i professori ordinari dell'università di Parma su tematiche di trasmissione del calore. Abbiamo contatti quasi quotidiani con il consorzio interuniversitario Cineca di Bologna, primo centro di calcolo in Italia, al quale tutte le università consorziate – circa una quarantina – si rivolgono per farsi fare calcoli particolari. Il Cineca, infatti, ha un supercomputer con una potenza di calcolo tale da essere il migliore in Italia.

Posso dirvi che attualmente stanno lavorando, per darvi un ordine di grandezza, otto *computer* in parallelo, e per fare una simulazione di due minuti di quanto accaduto a bordo del Moby Prince è necessaria una settimana di elaborazione. Questo per farvi capire la complessità del modello che più tardi l'ingegner Gissi vi farà vedere.

Il *software* che utilizziamo è il *Fire dynamics simulator*, sviluppato dal Dipartimento del commercio degli Stati Uniti d'America, che è il più riconosciuto a livello internazionale per quanto concerne la simulazione del movimento del fumo.

Abbiamo letto gli atti: non c'è uno straccio di analisi quantitativa. Tutti si sono guardati bene dal dare numeri, e qualche numero che c'è è sbagliato, e non di uno, ma di due ordini di grandezza: mi riferisco alla sentenza di primo grado dove si parla di flussi termici di 14.000 kilowatt al metro quadro.

Pensate che la norma italiana, il decreto del Ministro dell'interno del 3 agosto 2015, e le norme internazionali indicano come limite di sicurezza per le persone 2,5 kilowatt al metro quadro. Tutte le misure internazionali fatte su incendi, sulle fiamme, parlano di 100, 130, al massimo 140 kilowatt al metro quadro. Qui ho letto 7.000, 14.000: ho pensato a qualche

errore di battuta. Qual è il problema? Questi trenta minuti come sono venuti fuori? Da quale calcolo, da quale valutazione o ragionamento?

Il ragionamento è qualitativo: si dice che l'incendio si è sviluppato rapidamente, dove è arrivato, ma nessuno si è mai azzardato a dare numeri precisi.

Ebbene, vogliamo essere presuntuosi e qualche numero lo daremo noi, con tutti i *distinguo* del caso, ma almeno indicheremo il percorso, diremo quale è il ragionamento fatto, in modo che chi vorrà giudicarci *a posteriori* potrà farlo su basi oggettive.

Oggi, infatti, dopo quasi ventisei anni, brancoliamo ancora nel buio perché non abbiamo un elemento da criticare: manca una valutazione; sappiamo solo che qualcuno – non si capisce sulla base di quali elementi – ha detto che tutti sono sopravvissuti al massimo trenta minuti. Noi vogliamo invece dare una sorta di dinamica dell'incidente sulla base – spero – di dati che siano quanto più condivisibili.

Anch'io farò delle ipotesi, che magari si aggiungeranno alle decine che avete già sentito, e poi ne discuteremo insieme.

Il dato è che il traghetto Moby Prince urta la petroliera Agip Abruzzo e rimane incagliato per un intervallo di tempo variabile da un minimo di qualche minuto ad un massimo di circa dieci minuti; nessuno sa con esattezza quanto è durato. Una cosa è certa: è rimasto incagliato per un certo intervallo di tempo (poi vedremo che tutto ciò si riflette sugli scenari).

Una certa quantità di petrolio «Iranian light» si riversa in mare, un'altra quantità sul ponte di coperta e un po' nel ponte *garage*. Presumibilmente, sul ponte di coperta e nel garage, a mio parere, sarà arrivato molto meno petrolio di quello che si è riversato in acqua; ma per ora diciamo che questi sono i tre ambienti che, verificatosi l'impatto, presumibilmente sono stati interessati dal greggio. Quest'ultimo si è infiammato e dopo un intervallo di tempo che varia, da un minimo di qualche minuto ad un massimo di dieci o quindici, vengono praticamente inviluppate le pareti laterali della nave: il greggio si libera ed è tangente alle pareti perimetrali.

Quanto all'altezza delle fiamme, vi faccio rilevare che nelle perizie si parla di fiamme alte oltre 40 metri. In seguito l'ingegner Gissi vi farà vedere l'incendio che si è verificato il giorno dopo nel porto di Arenzano (a Genova), quello della petroliera Haven, in cui la quantità di petrolio sversato fu molto superiore a quella dell'Agip Abruzzo. In quel caso, effettivamente le fiamme erano di 40 metri, mentre in questo caso potrebbero essere state alte 5, 10 o 15 metri; l'ordine di grandezza è questo. Sono comunque fiamme che arrivano all'altezza dei vetri.

Se io ho una fiamma e un gas che fuoriescono, subito dopo la lingua di fuoco raggiunge circa 700, 800, 900 gradi. Man mano che si alza di un metro, cominciano a diventare 600 gradi, ma sono comunque fiamme di temperatura parecchio elevata. Dentro la fiamma ovviamente la temperatura è maggiore.

Il petrolio va in questi tre ambienti e si riversa poi nel mare e, dopo un tempo variabile (da qualche minuto a un quarto d'ora al massimo), avvolge la nave. Vengono quindi liberati, sia negli ambienti esterni così

come in quelli interni alla nave, fumo e gas di combustione, e ovviamente fiamme.

Quando parlo in generale di prodotti della combustione vorrei precisare che faccio una differenza tra prodotti della combustione e fumo e gas di combustione: nei prodotti della combustione comprendo anche le fiamme e calore, oltre al fumo. Quando si parla di fumo, si intende il calore del fumo e il fumo in sé, ma non si intendono le fiamme. Quindi, con l'espressione «prodotti della combustione» si intende in generale tutto ciò che si produce da un incendio. Negli ambienti esterni ed interni si producono fumo e fiamme, e del fumo viene trasportato anche all'interno dove c'è un impianto di condizionamento di ventilazione che funziona; pertanto del fumo potrebbe essere stato trasportato.

Per capire ciò che è successo dobbiamo definire tre elementi, che sono fondamentali, perché dall'intreccio di queste tre situazioni spuntano fuori decine di scenari; e se ogni scenario ha bisogno di una settimana di studio, vi lascio immaginare il tempo che occorre per esaminarli tutti.

Il primo elemento è lo scenario di incendio, e bisogna chiedersi qual è l'incendio che si è prodotto. È bruciata una sedia? Sono bruciati 50 metri di pelo libero di petrolio in un ponte? Sono bruciati 300 metri quadri di mare che avvolge la nave e quindi l'attacca dall'esterno? Oppure, come magari è più probabile, è bruciata sia la parte interna che quella esterna? Dovremo stabilire che tipo di incendio è e che estensione ha. Stabilito ciò, cominciano ad esserci le prime variabili.

Il secondo elemento dipende necessariamente dalle situazioni dello stato dei luoghi. Come vi dicevo prima, se si produce un incendio in un posto, occorre considerare ad esempio se una porta è aperta o chiusa, perché dalla risposta cambiano le situazioni, e la propagazione varia.

Il terzo elemento è un altro parametro importante: il comportamento delle varie persone. Noi presumibilmente potremmo intuire qual era la posizione iniziale e per certo sappiamo la posizione finale di quei poveretti; ma tutto il tragitto che hanno fatto e gli ambienti che hanno respirato a diverse concentrazioni non lo conosciamo. Su questo dovremo riflettere.

Abbiamo però degli elementi incontrovertibili. I componenti della squadra antincendio sono stati trovati tutti morti a poppa; chi aveva il 39 per cento, chi il 46 per cento, chi il 41 per cento di carbossiemoglobina nel sangue: avevano pressappoco tutti lo stesso valore. Questo ci fa capire che sono morti quasi contemporaneamente nel ponte imbarcazioni, a poppa. Questo ci dà l'idea che probabilmente la nave, quando si è disincagliata, andava all'indietro, altrimenti non si spiega come mai, se la nave urta a prua, muore la persona che sta a poppa, dall'altra parte. Saranno incappati in una considerevole estensione di liquido infiammabile con fiamme elevate e sono morti tutti. Questo è un dato incontrovertibile, così come incontrovertibile è il dato delle persone che abbiamo trovato nel salone Deluxe.

FILIPPI (PD). Può cortesemente ripetere quest'ultimo passaggio? Perché lei dice che incontrovertibilmente la nave andava all'indietro?

LA MALFA. Perché abbiamo trovato delle persone morte nel ponte imbarcazione, a poppa: si tratta delle persone della squadra antincendio, ossia coloro che per primi, secondo il piano di emergenza, erano deputati ad andare sul luogo dell'incendio. Noi possiamo immaginare che c'era un incendio a prua, ma lì si saranno accorti che c'era ben poco da fare. Finché il traghetto era incagliato, bruciava molto a prua e lentamente cominciava a bruciare sui lati man mano che il petrolio procedeva. Poi, quando il traghetto si è mosso all'indietro, anche la parte di poppa è stata coinvolta e la squadra antincendio si è recata lì, presumibilmente per spegnerlo. Questo potrebbe essere uno dei tanti ragionamenti da fare.

Abbiamo un altro dato incontrovertibile e molto affidabile per l'analisi dei tempi di sopravvivenza. Mi riferisco al dato dell'austriaco Baldauf, che è stato trovato in sala macchine con il 61-69 per cento di carbossiemoglobina. Questa persona ha vissuto «parecchio». Ma ciò che è interessante sapere è che non gli hanno trovato acido cianidrico nel sangue, il che ci fa capire che questa persona non ha respirato fumo di sostanze plastiche, di imbottiti, di arredo; questa persona probabilmente non si è mossa verso i piani di sopra, dove c'era il fumo degli arredi, ma sarà rimasto sotto. E siccome la sala macchine è stata poco toccata dalle fiamme (direi nient'affatto toccata dalle fiamme) ma solo dal fumo, se noi riuscissimo a ricostruire come l'impianto di ventilazione ha portato lì il fumo, ne ricaveremmo dei dati importanti.

Possiamo dire che questa persona che stava lì dentro è morta solo per il fumo che è arrivato attraverso l'impianto di condizionamento, contrariamente agli altri.

Se gli altri hanno inalato acido cianidrico, quest'ultimo è stato prodotto da tutto il materiale poliuretano, cioè dagli arredi e dagli imbottiti. Quali sono gli ulteriori elementi oggettivi desunti?

Quella riportata sullo schermo è la fiancata, vedete che non c'è vetro sia nei finestrini che danno nelle cabine, sia negli oblò che danno sul garage; quindi sono bruciati (poi magari potremo disquisire su chi li ha rotti).

Questa è la piattaforma del ponte di coperta. Qui presumibilmente, quando ha impattato la nave con tutto il petrolio bruciato, questi finestrini saranno bruciati immediatamente, nel giro di qualche minuto. Questo ci porta ad un ragionamento che svilupperò fra qualche minuto. La nave è stata colpita ai fianchi.

Per quanto riguarda gli ambienti di vivibilità, ho preso un'immagine dalla trasmissione «Le Iene», che penso abbiamo visto tutti quanti. Questo ambiente era sotto il ponte garage; ovviamente il calore va verso l'alto e, così com'è stata risparmiata la sala macchine, anche quest'ambiente era vivibile.

Quindi, alla domanda se c'erano ambienti di vivibilità nel traghetto, la risposta è «sì». Mi riferisco agli ambienti che si trovavano in basso, perché il fumo va verso l'alto; se alle persone che si trovavano in basso non fosse arrivato qualcosa dell'impianto di condizionamento e di ventilazione, teoricamente sarebbero stati lì per ore e ore. Purtroppo è arrivato il

fumo dall'impianto di condizionamento; adesso vedremo quanto ce n'è andato e faremo delle ipotesi. Nell'immagine si vede la testina dell'impianto *sprinkler*, che è integra.

Adesso analizziamo la situazione che più sta a cuore a tutti da 25 anni: andiamo sul ponte di coperta e vediamo il famoso salone Deluxe. Il salone Deluxe è quello indicato in blu.

Quando ero a Genova e facevo il comandante provinciale, con l'ausilio fondamentale dell'ingegner Gissi, sono andato al RINA (Registro italiano navale).

Perché in una nave il fumo va via subito? Perché c'è il metallo. Allora il problema è dov'era il metallo nella nave. Tutto è metallico, ma dov'era il ferro? In particolare, la compartimentazione antincendio dov'era? Questo è importante.

La compartimentazione antincendio, per capirci, è quella che in gergo si chiama parete tagliafuoco, solaio tagliafuoco, ponte tagliafuoco o porta tagliafuoco. Nel gergo civile viene definito REI, dove «R» sta per stabilità, «E» per tenuta dei fumi e «I» isolamento. Nel gergo navale invece del REI c'è la A, ma il concetto è sempre quello: impedire la propagazione dei prodotti della combustione (fuoco, fiamme e fumo).

Noi qui abbiamo delle compartimentazioni, sia a livello di sviluppo verticale (i ponti, che sono resistenti al fuoco), sia a livello di diffusione orizzontale (le pareti tagliafuoco, che evitano che il fumo e le fiamme vadano da sinistra verso destra sul piano orizzontale, quindi da un ambiente all'altro). Adesso vi faccio vedere quali erano perché questo ci aiuta nella ricostruzione della dinamica e anche nella ricostruzione degli scenari.

Sullo schermo potete vedere il ponte di coperta, il salone Deluxe, le cabine 100 di seconda classe, le cabine di lusso, il *duty free shop*. Dove sono le compartimentazioni? Eccole qua, nessuno ve le ha fatte ancora mai vedere. Analizziamole.

L'incendio che si sviluppa nella famosa sala poltrone non può arrivare nel salone Deluxe, perché ci sono le pareti tagliafuoco; queste pareti tagliafuoco sono A60, cioè sono in grado di resistere al fuoco per 60 minuti. Mi riferisco a un fuoco nominale, cioè a un fuoco che arriva a 1.100 gradi. Le prove sui solai vengono fatte al massimo fuoco ottenibile; per cui, se il fuoco che si era sviluppato era più blando, la resistenza sarà durata sicuramente più di 60 minuti, sarà durata 80 o 90 minuti e così via. Quindi il limite di 60 minuti non è categorico. Questo è il salone Deluxe. Qui c'è un piccolo errore: la porta centrale non è una porta tagliafuoco, ma è una porta normale. In ogni caso, a parte questa porta, il salone Deluxe si difendeva bene da un incendio, anche da un incendio verso prua: guardate quante pareti tagliafuoco ci sono.

La nave deve essere stata attaccata ai fianchi, se l'incendio fosse arrivato da qui o da lì, siamo in un cavedio, il *core*; il salone Deluxe è un nucleo di vivibilità forte.

Il problema è che il fuoco ha attaccato i fianchi. Se disgraziatamente prende fuoco, attraverso il vetro, dalla parte del *duty free shop*, il fuoco se ne va addirittura più avanti perché le fiamme avanzano in questa direzione

(lato mare) e lo stesso accade se prende le cabine Deluxe. Questo secondo me è quello che ha portato principalmente il fumo nel salone Deluxe.

Adesso vi farò vedere cosa sarebbe successo se l'incendio fosse venuto dal basso. Perché poteva venire dal basso? Le fiamme che stavano nel garage potevano impattare sul ponte e scaldarlo; la temperatura metallica sarebbe arrivata alla temperatura di accensione e avrebbe bruciato il pavimento, che è fatto di materie plastiche (laminati), e poi avrebbe bruciato i rivestimenti, gli arredi e così via. Però quella è una via più lenta. Questa di prima ci dice quali sono le barriere per un incendio che si propaga all'interno del piano, quindi in orizzontale nel piano.

Quella che faccio vedere adesso mostra invece la barriera rispetto a un eventuale incendio che fosse arrivato dal garage. Il salone Deluxe era protetto A60; tutta questa parte di colore più scuro è A60 (il pavimento). Invece la parte che stava sotto il *duty free shop* e sotto le cabine è A15. Siamo riusciti a capire qualcosa della protezione che aveva quel solaio: qui ci sono 5 centimetri di marinite, mentre qui ci sono 1,5 centimetri di marinite. Però vi posso dire che la via per portare l'incendio nel salone Deluxe dal basso è più lenta rispetto a quella che proviene dal mare. Poi potremo sviluppare entrambi gli scenari.

Come dicevo prima, qui siamo liberi di sviluppare tutte le ipotesi che vogliamo. Adesso vi sto descrivendo com'è la cosa, poi l'ingegner Gissi vi farà vedere com'è la nave e poi decideremo insieme quello che vogliamo fare. Il salone De Luxe dal basso è protetto bene, mentre tutte queste parti che vi indico hanno una minore protezione; sul pavimento del garage erano posizionate le macchine che arrivavano all'incirca sotto al *duty-free shop*.

Rispetto alle tante ipotesi che avete sentito ne aggiungo qualcuna anche io: l'incendio nel garage porta il pavimento del salone De Luxe alla temperatura di ignizione, per cui può bruciare il *duty-free shop* o la cabina De Luxe. Questo è fondamentale e si riflette sullo scenario perché se l'incendio divampa nel *duty-free shop*, le fiamme si propagano liberamente nel salone De Luxe poiché non ci sono barriere tagliafuoco; se brucia la cabina De Luxe, è vero che il fuoco va sempre nel salone De Luxe, ma ci arriva con maggiore ritardo perché le cabine sono fatte di materiale metallico, mentre il *duty-free shop* in genere è un luogo aperto, non è come la cabina. Su questo stiamo ancora indagando anche per cercare di capire come erano fatte le pareti delle cabine che non sono tagliafuoco, per dare una tempistica. Se invece l'incendio avviene al *duty-free shop*, la via di propagazione è un po' più rapida.

L'altra ipotesi è che l'incendio parta dalla piattaforma di coperta perché sicuramente sappiamo che la piattaforma di coperta è stata investita (abbiamo visto che era tutto bruciato), però questa via mi sembra lenta perché con le pareti tagliafuoco deve passare parecchio tempo prima di arrivare al salone De Luxe.

Un'altra via, secondo noi la più probabile, è che l'incendio, con fiamme di notevole altezza, abbia colpito dal mare le finestre che si trovano in questa zona; dopo un certo tempo, i gas caldi di combustione –

non la fiamma, che difficilmente fa la curva dentro la cabina, che ci entrano con facilità hanno fatto infiammare gli arredi. Da lì brucia la cabina o il *duty-free shop* e l'incendio arriva nel salone De Luxe. Tutto dipende da come era conformato perché la stessa cosa potrebbe accadere nelle cabine di seconda classe però, se fosse capitato nelle cabine di seconda classe, avrebbe incontrato questa parete tagliafuoco, quindi se la nave avesse preso fuoco dalle finestre sarebbe stata la via più lenta di propagazione. Certo, tutto è possibile, ma la via più probabile potrebbe essere quella dell'attacco del vetro delle cabine.

Faccio ora un ragionamento che non ha nulla a che fare con l'ingegneria. Secondo alcune testimonianze, gli ormeggiatori hanno rotto i finestroni. La domanda è: ma li hanno rotti tutti? Guardate a quale altezza stanno: il baricentro di quelle finestre si trova a 8,90 metri dal livello del mare; mi riferisco a questi finestroni tutti rotti che vi sto indicando. La domanda che ci dobbiamo porre è se li hanno rotti tutti gli ormeggiatori; li hanno rotti con una precisione chirurgica tutti. Sarebbe stato certamente facile capirlo se fossimo stati lì perché il vetro, quando si rompe a seguito di un colpo, si rompe a spigoli vivi altrimenti, se si rompe con il calore, è a spigoli curvilinei. Quindi, bastava analizzarlo; oggi non possiamo dare questa risposta. Ad ogni modo – è una mia personale opinione – non vorrei passare da un eccesso all'altro, ma così come è un eccesso dire che sono morti tutti entro trenta minuti è altrettanto esagerato dire anche che sono stati gli ormeggiatori a rompere tutti i finestroni da una parte e dall'altra, perché significa che allora sono morti tutti dopo tre-quattro ore. Probabilmente la verità sta nel mezzo. Ribadisco, noi decideremo su quale scenario concentrare la nostra attenzione; li analizzeremo tutti.

A questo punto, descritto lo scenario che si ritiene più probabile per la rottura dei vetri dall'esterno, l'ingegner Gissi vi parlerà del lavoro che ci ha impegnato per tre mesi: vi farà vedere la nave come non l'avete mai vista. Una volta vista la nave, tenuto conto di tutto quello che avete ascoltato da un anno a questa parte, decideremo – se lo riterrete, vi daremo tutti i suggerimenti tecnici che possono esservi utili – quali sono gli scenari che vogliamo esplorare. Cedo la parola all'ingegner Gissi, direttore vice dirigente del comando provinciale dei Vigili del fuoco di Genova.

GISSI. Buongiorno a tutti, sono un funzionario dei Vigili del fuoco, dottore di ricerca in fisica tecnica e mi occupo di simulazione di incendio.

Il lavoro che è stato fatto, come diceva il direttore, è stata inizialmente la raccolta di dati: sono stati raccolti i dati geometrici della nave presso il Registro italiano navale e abbiamo la fortuna oggi di poter arrivare a risultati quantitativi perché abbiamo a disposizione strumenti nuovi rispetto a quelli in possesso dei colleghi negli anni Novanta.

Gli strumenti nuovi quantitativi che ci permettono, quindi, di lavorare un po' più su dati oggettivi sono i modelli di simulazione di fluidodinamica computazionale. Si tratta di una scienza che studia il movimento dei fluidi, quindi dell'aria, ma anche dei liquidi, dei fumi e dei calori dell'incendio, nel nostro caso, e, grazie alla risoluzione di equazioni matematiche, può immaginare che cosa accade all'interno di predefiniti scenari.

Oggi abbiamo a disposizione dei codici di calcolo, che sono estremamente potenti, come FDS (*Fire dynamics simulator*), che ha il vantaggio di essere un codice non solo gratuito ma anche completamente aperto, quindi aperto anche al *review* da parte degli scienziati di tutto il mondo. Usiamo questo codice perché veramente è la regola dell'arte nella simulazione di incendio internazionale.

Il lavoro è stato di raccogliere le informazioni geometriche sulla nave e di inserirle all'interno di un preprocessore grafico: questo significa che noi usiamo uno strumento che ci semplifica l'inserimento dei dati geometrici e dei materiali della nave – come vi mostrerò tra poco – dopodiché tutti questi dati possono essere utilizzati per simulare la dinamica dell'incendio all'interno dell'edificio-nave.

Quella che vi sto mostrando è una sezione verticale della nave, presa da disegni della Rina, dopodiché abbiamo referenziato le planimetrie originali della nave risalenti agli anni Novanta. Grazie a questo lavoro è stato possibile – vi mostro il modello 3D della nave – ricostruirla partendo dai ponti inferiori fino ad ottenere tutto il modello della nave.

Nel punto che sto indicando avete, ad esempio, una visione del *garage* (come vedete, è un vero modello tridimensionale della nave); i colori sono dei falsi colori, ma rappresentano per noi tecnici, che eseguiamo le simulazioni, le cosiddette condizioni al contorno del dominio fluido, che sono come delle vernici che diamo alle pareti e rappresentano i materiali e il comportamento termico e all'incendio di quel tipo di superficie. Tutte queste informazioni sono state estratte direttamente o indirettamente dai dati fornitici dalla Rina, pertanto rappresentano la migliore approssimazione possibile della nave, com'era allora.

All'interno del ponte *garage*, abbiamo inserito i veicoli e ad ognuno di essi e alle caratteristiche di parete abbiamo dato delle caratteristiche di risposta termica, di propagazione dell'incendio; qualora innescate, quegli oggetti fanno come comportarsi, quanto calore e quanto fumo rilasciare. Se proseguo nella costruzione di questo «edificio», siamo all'altezza del ponte di coperta e il varco che vi sto indicando è il salone Deluxe.

Come avrete capito, il computer non ha ad oggi nessuna intelligenza autonoma, ma è soltanto una potentissima calcolatrice: dobbiamo inserire noi i dati così come dobbiamo inserire le logiche. In questo tipo di strumenti, il dato fondamentale che dobbiamo inserire è lo scenario d'incendio, che non parla solo di fuoco, ma anche di edificio (in questo caso è una nave), ossia come si comporta la nave sia dal punto di vista fisico dei materiali ma anche da quello dei funzionamenti, ossia come gli impianti di condizionamento distribuiscono i fumi e se le porte sono aperte oppure no (perché, come diceva il direttore La Malfa, se le porte sono aperte i fumi possono girare all'interno degli edifici).

Il secondo elemento è il fuoco, il tipo di incendio che ci attendiamo e con quali caratteristiche, mentre il terzo elemento sono gli occupanti (il numero e i loro comportamenti), ossia come le persone si sono comportate all'interno dell'«edificio», in che posto stavano. Potremmo poi calcolare che tipi di fumo stavano respirando e andare ad indurre direttamente quali

saranno le concentrazioni che ci attendiamo di misurare all'interno del loro sangue.

Capite bene che si tratta di un lavoro estremamente complicato. Questi sono strumenti che nascono per la progettazione antincendio, quindi per la progettazione della sicurezza, mentre in questo caso li stiamo utilizzando in un modo inverso: per investigare degli eventi accaduti. Potrei descrivervi per alcune ore come, dal punto di vista matematico, il problema inverso è N volte più complesso di quello diretto della progettazione: da una soluzione finale, ossia la nave bruciata, possiamo avere tante condizioni iniziali che ci portano al risultato finale; non può essere un lavoro di mero calcolo, ma deve essere di *intelligence*, ossia di confrontare le informazioni e i dati concreti che abbiamo con le risultanze del nostro modello.

Come vi diceva il direttore – ed io sono in grado di mostrarvelo concretamente – le ipotesi che si stanno valutando sono quelle della presenza di persone all'interno del salone Deluxe: sappiamo che probabilmente una buona quantità di persone è rimasta ferma all'interno del salone Deluxe in attesa di soccorsi, ed è importante il fatto che noi possiamo presupporre che queste persone siano rimaste lì, perché le possiamo confrontare con un'atmosfera che dovremmo essere ragionevolmente in grado di calcolare. Circa le persone che invece si sono mosse all'interno della nave e delle quali non conosciamo le traiettorie (e mai le conosceremo con certezza), sarebbe per noi impossibile confrontarci con dei dati di simulazione sulle concentrazioni di fumi tossici che loro hanno incontrato.

Quindi l'ipotesi che si sta esplorando è andare ad investigare sul tipo di ambiente che è stato trovato delle persone all'interno del salone Deluxe. Per fare questo, devono essere predisposti degli scenari di incendio: da dove è passato il fuoco? Come vedete, il colore delle pareti del pavimento indica la protezione che questi ambienti davano alle persone che stavano lì. Come avrete già sentito varie volte da vari consulenti, la nave non è mai progettata per uno scenario come quello che – ahimè – ha incontrato la Moby Prince, ma è progettata per la protezione dall'incendio interno. Non solo, le navi hanno anche la necessità di essere leggere per poter portare carico utile, quindi non hanno protezioni infinite o sovrabbondanti, ma hanno protezioni calibrate per il tipo di rischio che c'è a bordo. Chi costruisce le navi dà delle protezioni differenziate a seconda del tipo di rischio che c'è a bordo.

Come diceva il direttore La Malfa, si stanno esplorando varie ipotesi. Voi avete visto che nella ricostruzione possiamo levare un ponte ed andare a vedere ciò c'era sotto per vedere cosa brucia, e far esplorare al codice di calcolo le varie rapidità di propagazione di fumi e di calore. Attualmente le strade principali sono quelle dell'incendio esterno o interno. L'incendio esterno è quello dovuto al greggio sparso sulla superficie del mare che rompe le aperture vetrate laterali e da lì innesca gli ambienti interni prospicienti il salone Deluxe.

La seconda ipotesi è quella che il calore si propaghi tramite la fasciame della nave (quindi le strutture metalliche), e quando la superficie

interna diventa molto calda e innesca i combustibili presenti. Ad esempio, c'era la sala del *duty free* con una serie di prodotti combustibili o le cabine lusso, che sono come una stanza d'albergo con delle suppellettili che possono facilmente incendiarsi.

Un'altra ipotesi sulla quale in questi giorni stiamo lavorando è quella degli impianti di condizionamento. Come voi sapete, a seguito dell'incidente, probabilmente il personale di bordo della Moby Prince non ha avuto il tempo di disattivare gli impianti di condizionamento. Gli impianti sono fatti di due porzioni: una di immissione aria, ovviamente dopo trattamento (raffrescamento o riscaldamento), e una parte di estrazione aria (tutto ciò che si immette, deve poter essere espulso dalla nave).

Siamo risaliti a dove fossero le prese esterne di questi impianti, quindi la nostra simulazione è stata in grado di dire qual è la qualità dei fumi che questi impianti prendevano dall'esterno della nave e distribuivano all'interno dei locali. Quindi ci sono varie ipotesi in competizione e il codice ci dirà quale è più veloce, quale ha più effetto, se hanno effetto sinergico tra loro; alla fine queste persone respireranno, o fumi esterni dall'incendio o fumi generati all'interno degli stessi ponti, o fumi portati dentro dagli impianti di condizionamento.

Il lavoro è ancora in corso. Stiamo usando il centro di calcolo del Cinea, che è il settimo centro di calcolo al mondo; questo per farvi capire qual è la potenza di calcolo che stiamo utilizzando. Vorrei farvi vedere alcuni piccoli risultati che già abbiamo raggiunto, anche se ovviamente non sono conclusivi. Questa è tutta la nave, da cui ora estrarrò soltanto delle piccole porzioni; quando estraggo una piccola porzione della nave, i computer sono meno sovraccarichi e ci danno prima la risposta. Poi su questi calcoli più rapidi noi testiamo le nostre ipotesi. Questa è una porzione di nave estratta (l'ho orientata come il precedente modello). Questa è la nave completa: estraiamo soltanto la porzione che riguarda il salone Deluxe, che ritrovate ricostruita qui. Vedete che è un dominio di calcolo molto più piccolo. In questo piccolo dominio di calcolo noi stiamo testando cosa succede quando un elemento combustibile all'interno degli ambienti limitrofi al salone Deluxe prende fuoco. Questo piccolo modello non sa perché prende fuoco; noi imponiamo che questo cubo rosso, che rappresenta un qualsiasi elemento combustibile all'interno della stanza (un letto, un sofà, una sedia, eccetera), prenda fuoco e distribuisca il fumo all'interno degli ambienti. Le pareti rosse sono le pareti che hanno una resistenza al fuoco secondo la famosa classe A60. Anche il pavimento è rosso, perché c'è una protezione verso la piattaforma e il garage sottostanti. Le altre pareti sono dei wafer sui quali stiamo ancora indagando, probabilmente erano fatte di laminato e di sostanze plastiche, che quindi non danno alcuna protezione dall'incendio. Gli elementi verdi sono delle chiusure; questa è la chiusura principale del salone Deluxe. Buona parte delle persone decedute saranno trovate lungo questo corridoio, che dà nelle cabine di seconda classe, e poco qui fuori questo portone aperto, soltanto di 60 centimetri. Ora vi faccio vedere un risultato, cioè come questo incendio distribuisce il fumo all'interno dei locali del salone Deluxe. Il

tempo è accelerato, quaggiù vedete il tempo in secondi; siamo a circa 300 secondi (5 minuti). Questa è la qualità dei fumi che presumibilmente sarebbero prodotti dagli elementi all'interno della nave, che determinano una caduta della tenibilità molto rapida per gli occupanti che si trovano all'interno di quel locale. Vedete com'è fondamentale andare indietro nel tempo e trovare il momento cui questo, che abbiamo qui evidenziato come un cubo rosso e che è un elemento combustibile, si innesca a causa delle temperature che arrivano attraverso il fasciame. Quando riusciamo a stabilire il momento in cui quel cubo si accende, sappiamo calcolare quanto tempo dopo perdiamo le condizioni di tenibilità all'interno del salone Deluxe.

Rammento rapidamente che, quando si perdono le condizioni di tenibilità, le persone non sono più in grado di prendere azioni protettive. L'elemento combustibile l'abbiamo messo in una cabina lusso, ma avremmo potuto metterlo in una qualsiasi delle altre cabine lusso, nella sala dei giochi elettronici o nella sala del *duty-free shop*; i risultati non sarebbero stati molto diversi. Vi ho fatto vedere una rappresentazione grafica del fumo molto appariscente, ma poco significativa dal punto di vista fisico; i dati su cui noi lavoriamo sono lievemente diversi.

Questa è una sezione delle temperature. Vedete che il fumo si diffonde. Le temperature all'interno degli ambienti a causa di quell'incendio non sono elevatissime e non determinerebbero di per sé la perdita di tenibilità. Quello che determina la perdita di tenibilità è in primo luogo la mancanza di visibilità; potete immaginare che non sia una bella esperienza trovarsi all'interno di un ambiente e non vedere più niente. Questa è la prima causa, nel 99 per cento degli incendi, per cui le persone perdono la capacità di mettersi in salvo da sole. Un altro dato fondamentale è quello tossicologico. Ve lo faccio vedere, sempre a mo' di esempio: questa è la frazione di monossido di carbonio, questo è un piano orizzontale e i colori rappresentano le diverse concentrazioni di monossido di carbonio. Il piano orizzontale è messo all'altezza del naso di coloro che occupano quegli ambienti. Grazie a simulazioni come queste siamo in grado di sapere dopo quanto tempo le persone all'interno di quell'ambiente perdono conoscenza e perdono comunque la capacità di mettersi in salvo da sole, a causa delle concentrazioni di monossido di carbonio.

LA MALFA. Qui avete visto una simulazione che riguarda questo ambiente; ma potremmo anche fissare la nostra attenzione altrove, decidendo ad esempio di far bruciare il garage e di aspettare che il fumo si diffonda nei vari ambienti. In questo momento state vedendo il fumo e l'incendio nello stesso ambiente. Ma noi potremmo decidere di far scoppiare l'incendio nella sala macchine e di andare a vedere cosa succede sul ponte di coperta; basta aspettare e il fumo arriverà attraverso le vie di comunicazione. In sostanza noi abbiamo tutta la nave sul *computer* e possiamo decidere in quale ambiente il fuoco ha origine, osservando poi cosa succede negli altri ambienti. Avete visto le scale e i vestiboli di seconda classe; magari possiamo decidere che prende fuoco il salone Deluxe e osservare

cosa succede nei vestiboli di seconda classe e in quanto tempo arriva il fumo. Non si vede contemporaneamente solo il fumo e la fiamma, ma si può vedere l'incendio da una parte e il fumo da un'altra (dipende dall'ambiente). Posso decidere che prende fuoco il garage e osservare dopo quanto tempo l'incendio arriva nel salone Deluxe.

L'ingegner Gissi vi sta facendo vedere un modello di quello che potrebbe succedere, ad esempio, quando prende fuoco la prua. Lì c'è la rottura. Ecco, lo vedete, fuoco e fiamme; queste sono le temperature. Giusto per darvi un'idea della potenzialità di quello che abbiamo. Noi abbiamo una Ferrari e dobbiamo decidere come farla viaggiare, con la frizione schiacciata o senza frizione schiacciata.

Infine, siamo in grado di sapere dove va il fumo, in quanto tempo ci va, qual è la qualità del fumo e la sua concentrazione; siamo in grado quindi di ricostruire le condizioni ambientali all'interno della nave, per qualunque ambiente. Poi che ce ne facciamo di questi dati? E soprattutto la domanda è: qual è il tempo di sopravvivenza?

Vi fornisco alcuni dati perché voglio che siano consultati dai tossicologi, che sono molto più preparati di me.

Non sono un medico ma cito la letteratura internazionale, secondo la quale la dose mortale da monossido di carbonio ha all'incirca un valore di 110.000 ppm per minuto, mentre il risultato di un'esposizione ad una concentrazione di 35.000 ppm è l'incapacitazione. Questo significa che se si respirano 2.000 ppm, ovvero lo 0,2 per cento di concentrazione di monossido di carbonio, per 17,5 minuti si è incapaci di agire. Si arriverà alla morte con una concentrazione media di 110.000 ppm per minuto. Il 30-40 per cento di carbossemoglobina nel sangue sono i valori che una persona incapace mediamente; valori dal 50 al 70 danno la morte. Questo discorso vale se il monossido di carbonio agisce da solo. Il problema è che nell'incendio il monossido di carbonio non è mai solo perché ci sono talune sostanze, come l'acido cianidrico, che danno sinergie. Ciò significa che si può morire con molto meno perché l'acido cianidrico è mortale.

L'intervallo di tempo è fondamentale quando si parla di vivibilità: noi vi daremo i tempi di incapacitazione, ma tra questa e la morte c'è un intervallo di tempo che, come vi ho detto, dipende da ciò che si respira: se nell'ambiente in cui mi trovo la concentrazione è molto alta morirò prima, altrimenti dopo.

La formula, universalmente accettata, nota come equazione di Stewart permette di passare dalla concentrazione in ppm alla concentrazione nel sangue. Se, quindi, io respiro una certa concentrazione in ppm di monossido di carbonio con un certo ritmo respiratorio – l'attività respiratoria *standard* è di circa 22,2 metri cubi al giorno (circa 15,4 l/min), ma è suscettibile di aumentare in stato di concitazione – la formula dice quanto tempo ci vuole per raggiungere quella concentrazione nel sangue.

Per quanto concerne l'acido cianidrico, devo dirvi cose che finora non vi hanno detto: l'acido cianidrico è pazzesco perché non si comporta come il monossido di carbonio che segue la regola di Haber, secondo la

quale quantitativi della stessa dose danno gli stessi danni, indipendentemente dai valori della concentrazione. Tuttavia, sul monossido di carbonio c'è da disquisire perché se si respirano 5000 o 7000 ppm per minuto c'è addirittura il decesso istantaneo, quindi la regola di Haber è da prendere un po' con le pinze.

L'acido cianidrico, invece, non rispetta questa regola, nel senso che non è detto che gli stessi valori diano gli stessi danni perché più la concentrazione è elevata, minore è il tempo per produrre la incapacitazione. Infatti, secondo la letteratura internazionale, se nell'aria inalata ho 100 ppm di acido cianidrico, dopo 20 minuti ho raggiunto i 2000 ppm per minuto che sarebbe la dose di incapacitazione, ma se la concentrazione aumenta a 200 ppm non ci vogliono più 10 minuti, ne bastano due. Quindi, l'acido cianidrico è maledetto: più alta è la concentrazione, maggiore è il danno, ma non varia linearmente come il monossido di carbonio. Dopodiché, consentitemi questa considerazione.

La letteratura internazionale parla di due milligrammi al litro nel sangue come valore che produce l'incapacitazione di una persona; 3 milligrammi al litro è il valore che comporta la morte. Ebbene, la formula di Levin è $HbCO\%/50$ perché hanno supposto che con il 50 per cento di carbossiemoglobina nel sangue si muore. Dopodiché hanno presunto che cinque milligrammi al litro (voi vedrete che sono 500 mg/100 ml) danno la morte da acido cianidrico.

Ebbene, siccome i dati non quadravano, nella sentenza si è modificata la formula e quel 5 è diventato 1. Ebbene, questa formula non è individuabile nelle norme di regola d'arte internazionali, che danno la *Fractional effective dose* (FED), quella universalmente riconosciuta, recepita anche con decreto del Ministro dell'interno (la norma ISO 13571:2012). Noi cercheremo di utilizzare questa perché, vedete, i valori di concentrazione sono gli stessi, l'incendio è sempre quello; si tratta di applicare la formula più attendibile. In essa si tiene conto dell'effetto sinergico dell'acido cianidrico e del monossido di carbonio, ma si tiene parimenti conto dell'effetto di dispnea, iperventilazione polmonare, dell'anidride carbonica perché al 3 per cento di inalazione di anidride carbonica c'è il raddoppio del ritmo respiratorio; il che significa un'intossicazione più rapida. È vero che non si muore per anidride carbonica, che non dà un danno diretto come intossicazione, ma contribuisce ad accelerare la morte perché, con l'aumento del ritmo respiratorio, si ingurgitano maggiori quantità di monossido di carbonio e acido cianidrico.

A questo punto ritorniamo alla domanda iniziale: quali scenari vogliamo esplorare? Noi siamo in grado di fare tutto, possiamo darvi tutti i consigli che vorrete, ma ditemi quale, secondo voi, è lo scenario su cui vogliamo concentrarci.

Dopo quasi ventisei anni, abbiamo la possibilità di tirar fuori un numero, che poi sarà criticato nei prossimi decenni, ma almeno diremo come lo abbiamo ottenuto: non diremo, a caso, che sono morti tutti entro trenta minuti perché ormai è palese che sicuramente diverse persone hanno vissuto di più.

PRESIDENTE. Colleghi, mettiamo un po' in ordine le idee, se siamo d'accordo. Penso di poter dire alcune cose che ci aiutano magari a ragionare e a fare sintesi, riconoscendo anche taluni elementi che l'ingegner La Malfa e il suo collaboratore ci hanno rappresentato.

Mi sembra che l'ingegner La Malfa abbia affermato che alcuni elementi non sono stati valutati con precisione. La diversa applicazione della formula di Levin, per esempio, era già emersa; lui lo conferma, così come la quantificazione del calore. Per noi è sicuramente molto importante che, attraverso una nuova perizia e la ricostruzione di quanto avvenuto, siano stati confermati elementi di errore già emersi e identificabili.

Per quanto riguarda invece il tema indirizzi e suggerimenti, proviamo a capire se dell'idea che la Commissione si è fatta in questi mesi di lavoro possiamo dare un indirizzo di massima, sapendo, come ha detto l'ingegnere, che c'è un tema fondamentale. Noi possiamo valutare decine di variabili e decine di scenari, ma ogni scenario ha bisogno, anche soltanto per due minuti di ricostruzione, di diversi giorni di elaborazione.

Il punto principale per noi è il seguente: tener conto della posizione finale in cui sono state trovate le persone e le condizioni delle persone, considerato che in alcuni casi sappiamo anche il punto di partenza. Noi sappiamo, ad esempio, che i coniugi Canu prima dell'impatto hanno registrato una presenza dentro la loro cabina; sappiamo pertanto che, se erano dentro la cabina prima dell'impatto, per raggiungere il ponte Deluxe, rivestendosi e quant'altro, devono essere stati in condizioni di raggiungerlo in un tempo che non può essere di qualche minuto.

Quindi ci sono alcuni eventi che riguardano le persone e le loro condizioni (ad esempio, la squadra antincendio a poppa) che configurano il fatto che in tutta quella fase l'incendio non può avere attraversato le zone in cui queste persone stavano. Si tratta di capire se siamo in grado di quantificare determinate variabili soltanto con il nostro lavoro almeno approssimativamente, oppure se serve l'aiuto di altri, però ci sono variabili precise che riguardano sia la posizione iniziale sia quella finale delle persone, e i tempi che necessariamente devono aver avuto.

A me ha molto impressionato un fatto: basta che abbia preso fuoco un pezzo vicino al salone Deluxe per riempirlo di fumo in cinque minuti. Il tema vero è calcolare quando ha preso fuoco, e mi sembra che dobbiamo riempire quel tempo per capire quanti eventi ci sono stati prima di arrivare al momento in cui è stato coinvolto il salone Deluxe.

Secondo tema. Le riprese al mattino dei Vigili del fuoco confermano che ci sono zone che non sono state toccate dal fuoco, zone che sono state toccate relativamente dal fuoco (mi riferisco al legno che non è stato consumato) e zone che sono state bruciate dal fuoco.

Si rileva, come avete detto voi nel ponte del *garage*, ma anche nelle porte di entrata con alcune cabine.

Quel dato a noi servirebbe per capire non soltanto la dinamica del fuoco; una fotografia ponte per ponte, ricostruita: sullo schermo potete vedere che fino a qui è arrivato il fuoco con un certo calore; fino a qui non è arrivato il fuoco oppure è stato molto più leggero. Probabilmente il fatto

che alcune zone siano state toccate dal fuoco ed altre no, ci dice anche che intensità aveva il fuoco e quanto tempo è durato.

Detto questo, sul tema persone e luoghi a me vengono in mente due possibili scenari. Coloro che hanno detto di aver rotto gli oblò possono anche non averli rotti tutti, ma hanno detto con chiarezza che a una certa ora sono arrivati ed hanno cercato di rompere i finestrini. Quindi fino a quel momento alcuni finestrini integri c'erano. Noi sappiamo pertanto che il calore a quei finestrini potrebbe non essere arrivato fino al momento in cui coloro che sono arrivati hanno rotto alcuni finestrini. Anche questa è una dinamica temporale che ci dice che da un determinato momento in poi il calore può essere entrato, mentre prima di quel momento non è entrato.

Io proverei a considerare due ipotesi di lavoro.

La prima: facendo partire il fuoco da prua, con una nave in movimento all'indietro (che quindi tiene il fuoco lontano dalla poppa), i finestrini hanno causato l'entrata del fumo nel salone Deluxe, e quindi la reazione di apertura è avvenuta quando sono arrivati gli ormeggiatori (considerando quello come il momento in cui fumo arriva).

La seconda è quella di un meccanismo di calcolo che accerti che i finestrini sono scoppiati insieme a quelli rotti dagli ormeggiatori; il che vuol dire che era stata raggiunta una temperatura già molto precisa.

Queste due variabili ci consentono di capire se il calore poteva coincidere a quell'ora e che quindi è stata quella l'ora in cui il fumo è entrato dentro, generando la fuga delle persone e quindi l'apertura del salone; oppure, invece, se ciò è avvenuto molto tempo prima e allora quello che hanno fatto gli ormeggiatori poteva riguardare un lato della nave piuttosto che l'altro lato.

Le due variabili possono essere le seguenti: il fumo arriva e parte nel momento in cui gli ormeggiatori rompono i finestrini; oppure i finestrini si sono rotti naturalmente per il calore e allora si tratta di capire quanto tempo prima il fuoco che è partito dalla prua può essersi propagato tanto da generare un calore che abbia provocato la rottura a una certa ora. A mio parere queste sono le due variabili possibili.

Mi pare che rispetto a quello che noi fino a questo momento abbiamo esaminato, il dato principale che l'ingegnere La Malfa ci riferisce è che soltanto attraverso una fonte di calore esterna il salone Deluxe poteva essere attaccato, perché da fonti di calore interne a poppa o a prua non poteva essere ragionevolmente attaccato.

Sapere e calcolare quanto tempo ci volesse da un passaggio interno può essere un elemento.

Stiamo andando di fatto in una direzione di marcia che dice che c'è un momento nel quale qualcosa ha preso fuoco nelle cabine Deluxe oppure nel *duty free*, generando quei cinque minuti di fumo che hanno costretto coloro che erano lì dentro ad uscire fuori.

Stiamo altresì dicendo che era ragionevole che quelle persone fossero dentro. Stiamo confermando cioè diverse cose che fino a questo momento sono delle ipotesi e che stanno in qualche modo iniziando a confermarsi.

Poi sappiamo che quando arriva il fumo, in cinque minuti finisce tutto: c'è il panico e si capisce perché hanno fatto soltanto due, quattro metri. Il tema è: dal momento in cui c'è l'impatto al momento in cui quel fumo li costringe ad uscire, quanto tempo è passato? Questa è la dimensione su cui provare a lavorare.

LA MALFA. Signor Presidente, noi lavoreremo su entrambe le ipotesi. Una cosa è rompere il finestrone dalle cabine, perché si incontrano sempre le pareti delle cabine e ci vuole un certo tempo prima di arrivarci, ed un'altra cosa è che si rompe al *duty-free shop*.

Inoltre, vorrei dirvi di non lasciarvi condizionare dal fumo, perché dipende dalla sua concentrazione.

Contatterò l'università perché bisognerà fare un'ipotesi di attacco ed andremo ad indagare su queste cabine ai cantieri navali di Genova per capire com'erano fatte. La prima ipotesi è che prende fuoco da questo punto che vedete sullo schermo e se ne va qui; la seconda è che prende fuoco in quest'altro punto, ma deve rompere le pareti delle cabine per andare dall'altra parte.

PRESIDENTE. Occorre considerare due articolazioni. Mentre un punto di partenza certo è l'orario in cui gli ormeggiatori rompono le finestre, un secondo punto di partenza è un fuoco che si trasmette sotto il *duty-free*. Mi sembra che sia il pavimento del *duty-free* il punto debole, poiché è quello che non ha una copertura ignifuga. Quel pezzo di pavimento può aver generato la partenza di fumo, se non sono stati gli ormeggiatori.

LA MALFA. A proposito dei rimorchiatori, che tempo consideriamo di ritardo? Ho sentito che ci sono orari diversi.

A che punto collochiamo l'istante zero dall'impatto, quando l'ormeggiatore rompe e mi fa entrare?

PRESIDENTE. Lo verificheremo con precisione. Sicuramente, in base alla deposizione di Veneruso, ciò avviene dopo che è stato recuperato Bertrand, il quale è stato recuperato a mezzanotte meno qualche minuto.

LA MALFA. Quindi stabiliamo intorno a mezzanotte.

PRESIDENTE. Anche mezzanotte e mezza. Comunque lo verificheremo e vi forniremo il dato esatto.

CAPPELLETTI (M5S). Signor Presidente, questa ipotesi sarebbe veramente eclatante, per cui ben venga una verifica.

La mia considerazione è questa: non trovo razionale che i rimorchiatori procedano alla rottura di un finestrino o di un oblò, se ci sono altri oblò già rotti a causa dall'incendio.

Mi ha colpito inoltre il fatto che il pavimento del salone Deluxe non fosse completamente a tenuta di incendio, ma che ci fossero le aree della sala *videogames* e del *duty-free shop* e anche quelle delle cabine. Credo che su questo punto forse dovrebbe essere fatta una riflessione aggiuntiva, cioè sui tempi di innesco delle *moquette* e del materiale infiammabile a contatto con il pavimento.

MUSSINI (*Misto*). Signor Presidente, vorrei osservare una cosa a proposito della simulazione. Noi non abbiamo ancora sciolto il nodo della direzione di marcia della nave, ma abbiamo ancora delle perplessità sul fatto che la nave marciasse in una direzione o in un'altra. Credo che questo sia un elemento non indifferente per la simulazione.

Per quanto riguarda invece la possibilità che il fuoco sia arrivato attraverso le pareti della nave, ricordo che c'è una parte della nave che è bruciata, mentre l'altra parte non è bruciata. Quindi i due lati della nave non sono stati sottoposti alla stessa sollecitazione da parte delle fiamme; evidentemente, anche se si tratta di fiamme che vengono dal mare, la nave non si è mossa all'interno di un unico e indifferente lago di combustibile infiammato.

Il risultato è che un fianco è stato esposto ad un tipo di combustione diversa rispetto all'altro fianco. Il che può essere messo in combinazione anche con lo stato delle cabine, perché poi ci saranno delle cabine che sono state più aggredite e altre che lo sono state meno. La stessa cosa evidentemente vale per quanto riguarda i due spazi del *duty-free shop* e della sala *videogames*.

C'è una differenza tra un lato e l'altro della nave; comunque, nell'ambito dello scenario che dobbiamo scegliere, dobbiamo anche prendere una decisione rispetto ad alcune cose, cioè dobbiamo immaginare, allo stato attuale, che la nave potesse andare in una direzione, ma anche nell'altra direzione.

GISSI. Di scelte come queste ce ne sono da fare tante, senatrice Musini. Il principio che stiamo utilizzando, nelle scelte meno eclatanti, è quello di prendere sempre la via meno conservativa, cioè di fare in modo che il nostro calcolo vada a ridurre sempre e comunque i tempi di tenibilità. In questo modo, il numero che vi daremo sarà sempre la coda inferiore di tutti quelli possibili. Alla fine dello studio noi dovremmo poter dire, con ragionevole certezza, che il tempo è sicuramente superiore rispetto a quello che abbiamo calcolato, in modo che, se riusciamo a dimostrare che questo tempo è pari a 31 minuti, sicuramente sarà stato più di 31 minuti. Non potremo mai dire con esattezza che esso è pari, ad esempio, a 37 o a 46 minuti, perché si tratta di un lavoro statistico.

FLORIS (*FI-PdL XVII*). Voi quindi ci indicherete il tempo minimo possibile, non il massimo.

GISSI. Noi indicheremo il tempo minimo di tenibilità, con le ipotesi più restrittive che via via incontriamo. Altrimenti, l'albero delle possibilità sarebbe così vasto che non ci basterebbe una vita.

MUSSINI (Misto). Però, a seconda se la nave andava in una direzione o in un'altra, le cose potrebbero cambiare in modo radicale.

FLORIS (FI-PdL XVII). Indicherete il tempo minimo per ogni sezione della nave oppure il minimo in generale?

GISSI. Potenzialmente ciascun punto della nave avrà il suo tempo; quindi dovremo anche qui decidere alcuni aspetti più interessanti. In prima approssimazione, abbiamo ritenuto che il salone Deluxe fosse sicuramente un punto di attenzione fondamentale, come pure la sala macchine, dove abbiamo il macchinista, che sicuramente è rimasto in macchina e che è un altro elemento semplice da analizzare rispetto alla complessità spaventosa del modello.

LA MALFA. In sostanza, se facciamo delle ipotesi peggiorative e arriviamo alla conclusione che le persone erano incapaci di agire, ad esempio, dopo 50 minuti, ciò significa che nella realtà le persone sono diventate incapaci di agire sicuramente in un tempo superiore a 50 minuti. Da lì a dire che sono morte, poi, si deve aggiungere anche il tempo che va dall'incapacità al decesso. Finora ci è stato detto che l'incendio è stato spaventoso, che si è propagato rapidamente e che tutti sono morti entro 30 minuti. Poniamo questa ipotesi spaventosa di cui si parla e vediamo cosa emerge.

PRESIDENTE. Abbiamo ragionato su quali sono gli scenari e mi sembra che ci siano due grandi variabili: il movimento della nave da una parte o dall'altra (ovviamente il fatto che un lato fosse più bruciato dell'altro si giustifica con la rotazione che la nave di sicuro aveva) e l'ipotesi di rottura esterna o invece calore dall'interno come combustione. Con questo ci limitiamo a una scelta molto precisa.

Ringrazio l'ingegner La Malfa e l'ingegner Gissi per il contributo fornito ai lavori della Commissione dichiarato concluso lo svolgimento della relazione all'ordine del giorno.

I lavori terminano alle ore 13,45.

