

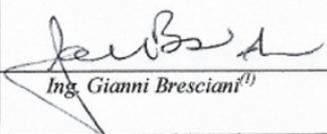
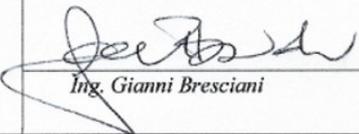
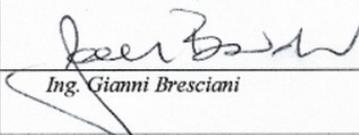
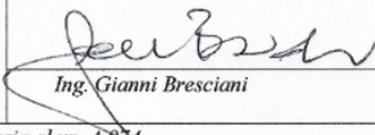
 <b>AGENZIA BALISTICA ITALIANA</b>	Analisi dell'evento esplosivo verificatosi a bordo della Nave Moby Prince			Codice: <b>ABI 2021-29-A</b>
	Ediz.: 1	Revisione 0	Data 15-07-2022	

**CAMERA DEI DEPUTATI****COMMISSIONE PARLAMENTARE DI INCHIESTA  
SULLE CAUSE DEL DISASTRO DELLA NAVE "MOBY PRINCE"****ANALISI DELL'EVENTO ESPLOSIVO  
VERIFICATOSI A BORDO DELLA NAVE MOBY PRINCE**

redatta dall'Ing. Gianni BRESCIANI

 <b>AGENZIA BALISTICA ITALIANA</b>	Analisi dell'evento esplosivo verificatosi a bordo della Nave Moby Prince			Codice: <b>ABI                  2021-29-A</b>
	Ediz.: 1	Revisione 0	Data 15-07-2022	

*VISTI ED APPROVAZIONI*

<b>Compilato</b>	 Ing. Gianni Bresciani <sup>(1)</sup>
<b>Controllato</b>	 Ing. Gianni Bresciani
<b>Approvato</b>	 Ing. Gianni Bresciani
<b>Autorizzato</b>	 Ing. Gianni Bresciani

<sup>(1)</sup> Iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Spezia al nr. A 974

 <b>AGENZIA BALISTICA ITALIANA</b>	Analisi dell'evento esplosivo verificatosi a bordo della Nave Moby Prince			Codice: <b>ABI 2021-29-A</b>
	Ediz.: 1	Revisione 0	Data 15-07-2022	

## REVISIONI

<i>Data</i>	<i>Ediz. /Revisione</i>	<i>Descrizione</i>
15/07/2022	0	Emissione

	Analisi dell'evento esplosivo verificatosi a bordo della Nave Moby Prince			Codice: <b>ABI 2021-29-A</b>
	Ediz.: 1	Revisione 0	Data 15-07-2022	

## Sommario

1. <b>PREMESSA</b> .....	5
2. <b>ACRONIMI E DEFINIZIONI</b> .....	5
3. <b>IL FATTO IN SINTESI</b> .....	5
4. <b>METODOLOGIA ADOTTATA PER LA RICOSTRUZIONE DELL'EVENTO</b> .....	6
5. <b>DOCUMENTAZIONE CONSULTATA</b> .....	6
5.1. <b>Cronologia eventi e documenti agli Atti</b> .....	6
6. <b>ANALISI E RICOSTRUZIONE</b> .....	8
6.1. <b>Analisi dell'evento</b> .....	8
6.2. <b>Dati disponibili per la ricostruzione del sinistro</b> .....	11
6.3. <b>Ipotesi di esplosione da sostanze esplodenti</b> .....	14
6.3.1. <b>Caratteristiche delle esplosioni da sostanze esplodenti</b> .....	14
6.3.2. <b>Coerenza tra i danni osservati e una esplosione da sostanze esplodenti</b> .....	18
6.3.3. <b>Compatibilità con i danni osservati e stima della carica esplosiva</b> .....	21
6.4. <b>Ipotesi di esplosione da atmosfera esplosiva</b> .....	28
6.4.1. <b>Caratteristiche delle esplosioni da atmosfera esplosiva</b> .....	28
6.4.2. <b>Analisi sulle possibilità di formazione di una atmosfera esplosiva</b> .....	30
6.4.2.1. <b>Gas proveniente dall'esterno</b> .....	30
6.4.2.2. <b>Ipotesi di gas combustibile già presente all'interno del tragheto</b> .....	36
6.4.3. <b>Analisi sulla disponibilità di sorgenti di innesco efficaci</b> .....	39
6.4.3.1. <b>Coerenza e compatibilità tra sovrappressione e danni</b> .....	41
6.4.3.2. <b>Stima della sovrappressione</b> .....	41
6.4.3.3. <b>Coerenza e Compatibilità con i danni</b> .....	42
6.5. <b>Considerazioni conclusive</b> .....	43
7. <b>OSSERVAZIONI SULLE RELAZIONI STORICHE PRESENTI AGLI ATTI</b> .....	44
7.1. <b>Rilievi Tecnici effettuati dalla Polizia Scientifica (citati in rife [2])</b> .....	44
7.2. <b>Analisi chimiche sui reperti prelevati nel locale motore elica di manovra (Relazioni del CTU Massari citate in rife [3], [5] e [10])</b> .....	45
7.3. <b>Analisi chimiche sui reperti prelevati in locali vari (Relazione del CTU Massari citata in rife [15])</b> .....	46
7.4. <b>Valutazioni esplosivistiche in ambito Consulenza Tecnica (Relazione del CTU Massari citata in rife [15])</b> .....	47
7.5. <b>Valutazioni esplosivistiche di Mariperman (Relazione citata in rife [20])</b> .....	50
7.6. <b>Relazione citata in rife [21] (F.S. Romolo e I. Cullis)</b> .....	51
7.7. <b>Relazione citata in rife [22] (F.S. Romolo)</b> .....	51
7.8. <b>Relazione citata in rife [23] (P. Minervini)</b> .....	51
8. <b>ANALISI CHIMICHE EFFETTUATE DAL RACIS NEL 2022</b> .....	52
9. <b>CONCLUSIONI</b> .....	55

 <b>AGENZIA BALISTICA ITALIANA</b>	Analisi dell'evento esplosivo verificatosi a bordo della Nave Moby Prince			Codice: <b>ABI 2021-29-A</b>
	Ediz.: 1	Revisione 0	Data 15-07-2022	

## 1. PREMESSA

Lo Scrivente Gianni Bresciani<sup>1</sup>, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Spezia, è stato chiamato a collaborare con la Commissione Parlamentare di Inchiesta sulle cause del disastro della Nave "Moby Prince" sugli aspetti esplosivistici del caso.

Lo Scrivente opera con certificazione ISO9001-2015 – BSI nr. 560799 "Progettazioni, studi, consulenze, corsi di formazione, valutazione dei rischi e d'impatto ambientale nel campo della Balistica (Sistemi d'Arma, munizioni, razzi e missili). Consulenze Tecniche giudiziarie d'Ufficio (CTU) e di Parte (CTP)."

## 2. ACRONIMI E DEFINIZIONI

BSI	British Standard Institution
CPI	Commissione Parlamentare di Inchiesta
RDX	Royal Demolition eXplosive
HMX	High Melting eXplosive
Mariperman	Commissione Permanente per gli Esperimenti del Materiale da Guerra
PETN	Pentrite
TNT	Trinitrotoluene
Z	Distanza Ridotta

## 3. IL FATTO IN SINTESI

La sera del 10 aprile 1991, il traghetto Moby Prince salpa da Livorno diretto a Olbia. Dopo circa 15 minuti, intorno alle 22:25, entra in collisione con la petroliera Agip Abruzzo, alla fonda in rada. L'impatto avviene tra la prua del Moby Prince e la zona centro-poppiera dell'Agip Abruzzo, lato dritto. La prua del traghetto penetra nella petroliera, sfonda la tanca nr. 7 contenente petrolio greggio e, successivamente, ne fuoriesce.

In conseguenza e per effetto della collisione, si è sprigionato un incendio che ha interamente avvolgato il Moby Prince con esito fatale per 140 persone.

La presente Relazione analizza l'evento esplosivo avvenuto a prora della Nave Moby Prince.

<sup>1</sup> - iscritto all'Albo dei Consulenti Tecnici di Ufficio del Tribunale della Spezia  
 - iscritto all'Albo dei Periti Penali del Tribunale della Spezia  
 - iscritto nell'elenco del Ministero dell'Interno dei professionisti abilitati di cui alla Legge 7 dicembre 1984 n. 818 al codice SP00974I00128 (Prevenzione Incendio)  
 - abilitato al maneggio ed uso di esplosivi con licenza da Fochino  
 - redattore di studi di balistica, detonica e impatto ambientale per le Forze Armate Italiane e l'Industria della Difesa nazionale ed estera relativamente a munizionamento, razzi, missili ed artifici  
 - redattore di studi di valutazione del rischio di esplosione per linee di lavorazione di sostanze esplodenti con correlate problematiche per la salute e sicurezza dei luoghi di lavoro  
 - membro di collegi peritali chiamati ad operare per la ricostruzione di incidenti, esplosioni comprese

	Analisi dell'evento esplosivo verificatosi a bordo della Nave Moby Prince			Codice: <b>ABI 2021-29-A</b>
	Ediz.: 1	Revisione 0	Data 15-07-2022	

#### 4. METODOLOGIA ADOTTATA PER LA RICOSTRUZIONE DELL'EVENTO

L'evento esplosivo è stato esaminato e ricostruito, per quanto possibile, seguendo il percorso logico di seguito indicato:

- esame di tutta la documentazione presente agli Atti;
- esame critico delle consulenze esplosivistiche rilasciate nel tempo;
- esame della documentazione fotografica disponibile;
- analisi della tipologia dei danni occorsi (non dal vero ma su base fotografica);
- analisi della compatibilità dei danni occorsi con l'evento esplosivo;
- definizione della tipologia di esplosione;
- valutazioni sulla disponibilità di condizioni fisico-chimiche atte a generare una esplosione;
- analisi dell'evento ipotizzandolo causato dallo scoppio di sostanze esplodenti;
- analisi dell'evento ipotizzandolo causato dalla combustione di una atmosfera esplosiva aria/gas;
- valutazione dei risultati delle analisi chimiche effettuate nell'ambito della presente indagine;
- considerazioni finali.

#### 5. DOCUMENTAZIONE CONSULTATA

##### 5.1. Cronologia eventi e documenti agli Atti

La documentazione consultata proviene dalle indagini effettuate nell'ambito dei procedimenti penali che si sono susseguiti negli anni e nel corso dei lavori della Commissione Parlamentare di Inchiesta sulle cause del disastro della Nave "Moby Prince" della XVII Legislatura.

Nella Tabella 1 sono stati elencati i documenti di interesse tecnico esplosivistico; nel testo si farà loro riferimento richiamando il numero indicato nella prima colonna.

Tabella 1 – Documenti agli atti di interesse tecnico e date di rilievo

Rife	DATA	OGGETTO
1.	10/04/1991	Giorno del sinistro
2.	senza data	Rilievi Tecnici dell'11/04/1991 vol. 1 e 2, Questura di Livorno
3.	12/11/1991	Primo sopralluogo a cura del CTU A. Massari con prelievo di campioni dal locale motore elica di manovra per analisi chimiche atte a ricercare la presenza di residui di esplosivo
4.	18/11/1991	Inizio operazioni peritali con successive analisi chimiche dei campioni presso Polizia Scientifica di Roma nel periodo 10÷13 gennaio 1992
5.	20/01/1992	Secondo sopralluogo a cura del CTU A. Massari con prelievo di campioni dal locale motore elica di manovra e ponte garage per analisi chimiche atte a ricercare la presenza di residui di esplosivo

	Analisi dell'evento esplosivo verificatosi a bordo della Nave Moby Prince			Codice: <b>ABI</b> <b>2021-29-A</b>
	Ediz.: 1	Revisione 0	Data 15-07-2022	

Rife	DATA	OGGETTO
6.	21/01/1992	Inizio operazioni peritali presso Polizia Scientifica di Roma con descrizione dei reperti
7.	10/02/1992	Proseguimento analisi chimiche presso l'ENEA
8.	26/02/1992	Il CTU Massari presenta la relazione di fine incarico nella quale afferma di aver trovato tracce di sostanze esplodenti all'interno del locale motore elica di manovra ma che, in relazione al loro quantitativo inferiore ai limiti strumentali, non sia stato possibile discernere da quale reperto provenissero (chiusura primo incarico ambito proc. pen. RG 542/91 presso il Tribunale di Livorno).
9.	30/03/1992	Risposte del CTU Massari a varie richieste di chiarimento presentate da alcuni Consulenti di Parte.
10.	20/05/1992	In seguito a nuovo incarico di consulenza, il CTU Massari effettua un terzo sopralluogo a bordo del Moby Prince con: - prelievo dal locale motore elica di manovra di melme (7 campioni), allo scopo di trovare oggetti riconducibili ad un dispositivo di innesco - prelievo di campioni da sottoporre ad analisi chimiche per ricerca esplosivi. I campioni sono però rimasti inutilizzati e ritrovati tal quali nell'archivio del Tribunale di Livorno ( <i>sono i reperti analizzati nel 2022 nell'ambito della presente ricostruzione dell'evento</i> ); - prelievo in locali vari della nave (diversi dal locale motore elica di manovra) di 20 campioni da sottoporre ad analisi chimiche per ricerca esplosivi.
11.	21/05/1992	Lavaggio delle melme sotto acqua corrente con setacciamento dei frammenti di maggior taglia/interesse presso locali Soc. Labromare di Livorno
12.	08/06/1992	Esame visivo dei frammenti repertati presso la Polizia Scientifica di Roma
13.	29/06/1992	Iniziano le analisi chimiche sui reperti raccolti in locali vari della nave per ricercare residui di esplosivo
14.	28/09/1992	Si concludono le analisi chimiche sui reperti raccolti in locali vari della nave per ricercare residui di esplosivo
15.	21/11/1992	Presentazione della Relazione di Consulenza Tecnica chimico-esplosivistica (a chiusura del secondo incarico ambito proc. pen. RG 542/91 presso il Tribunale di Livorno). Il CTU conclude che nei reperti prelevati in locali diversi dal locale motore elica di manovra non sono state riscontrate tracce di sostanze esplodenti. I frammenti raccolti nelle melme del locale motore elica di manovra non sono stati riconosciuti come parti di dispositivi di innesco. Infine, argomenta escludendo che l'esplosione sia avvenuta in seguito all'innesco di una atmosfera esplosiva.
16.	09/05/1992	Primo sopralluogo a bordo a cura di Mariperman ambito indagine tecnica richiesta dal Ministro della Marina Mercantile.
17.	05/06/1992	Secondo sopralluogo a bordo a cura di Mariperman.

 <b>AGENZIA BALISTICA ITALIANA</b>	Analisi dell'evento esplosivo verificatosi a bordo della Nave Moby Prince			Codice: <b>ABI 2021-29-A</b>
	Ediz.: 1	Revisione 0	Data 15-07-2022	

Rife	DATA	OGGETTO
18.	02/07/1992	Terzo sopralluogo a bordo a cura di Mariperman.
19.	14/07/1992	Quarto sopralluogo a bordo a cura di Mariperman.
20.	26/10/1992	Relazione 7895 di Mariperman in cui si conclude che le tracce di esplosivo rilevate nel corso della prima CTU non sono correlabili all'avvenuta esplosione e che questa, invece, sia da ricondurre ad una deflagrazione di atmosfera esplosiva aria/gas.
21.	11/03/2009	Relazione di Consulenza Tecnica d'Ufficio di F.S. Romolo e I. Cullis (ambito proc. pen. RG 9627/06 presso il Tribunale di Livorno), in cui si criticano le conclusioni cui è giunto il CTU Massari sulla base dei risultati delle analisi chimiche e dove si concorda con l'ipotesi formulata da Mariperman di una esplosione da correlare a deflagrazione di atmosfera esplosiva aria/gas
22.	14/12/2017	Relazione per la CPI della XVII Legislatura di F.S. Romolo con la quale ribadisce le proprie conclusioni già prodotte nell'ambito del precedente incarico
23.	18/12/2017	Consulenza Esplosivistica, P. Minervini (ambito CPI della XVII Legislatura) in cui si riassumono le Relazioni dei precedenti consulenti e si propone di effettuare la ricerca di residui di esplosivi, con tecnologia nuova rispetto a quella disponibile nel 1992, sui residui di incendio ed altri oggetti disponibili presso il Tribunale di Livorno.
24.	08/07/2022	Relazione Tecnica RM_21_2621/21-I.T. del RACIS sulle analisi chimiche condotte nel 2022 sui campioni prelevati sul Moby Prince nel 1992

## 6. ANALISI E RICOSTRUZIONE

### 6.1. Analisi dell'evento

L'analisi inizia dall'osservazione della Immagine 1 che ritrae la zona di prua del Moby Prince dove è stata rilevata, sul ponte di coperta, una lacerazione all'interno della boccaporta con morfologia da correlare ad un effetto di una spinta ricevuta dal basso verso l'alto.

 AGENZIA BALISTICA ITALIANA	Analisi dell'evento esplosivo verificatosi a bordo della Nave Moby Prince			Codice: <b>ABI 2021-29-A</b>
	Ediz.: 1	Revisione 0	Data 15-07-2022	



Immagine 1: lacerazione presente sul ponte di coperta

Al ponte inferiore, garage, in corrispondenza verticale è presente una seconda boccaporta. Ancora inferiormente è presente il locale motore elica di manovra.

Nella Immagine 2 si osserva:

- che il piano di calpestio del ponte garage intorno alla boccaporta è bombato verso l'alto;
- che la boccaporta del ponte garage è stata strappata dalla sua sede e sollevata verso l'alto, con essa l'autocarro che vi era posizionato sopra;
- la cabina dell'autocarro risulta completamente schiacciata per effetto di una compressione tra boccaporta sollevata e cielo del garage.

 AGENZIA BALISTICA ITALIANA	Analisi dell'evento esplosivo verificatosi a bordo della Nave Moby Prince			Codice: <b>ABI 2021-29-A</b>
	Ediz.: 1	Revisione 0	Data 15-07-2022	

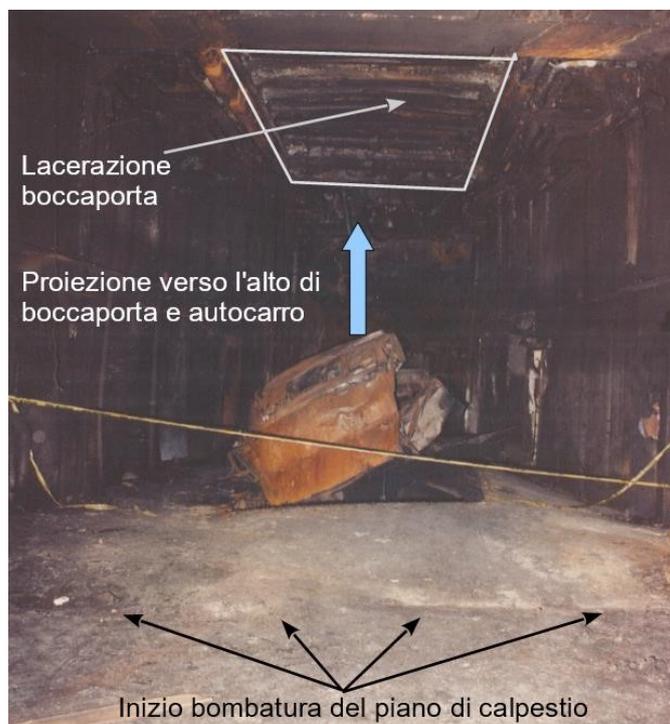


Immagine 2: boccaporta divelta e autocarro

Gli effetti sopra riportati si possono giustificare esclusivamente con una esplosione avvenuta sotto la boccaporta del ponte garage, quindi all'interno del locale motore elica di manovra. Non sono ipotizzabili altri fenomeni fisici tali da causare l'evento che si osserva nelle immagini, né si può correlare alle forze generate dall'impatto tra le due navi che sono prevalentemente orizzontali.

Pertanto, è necessario considerare l'esplosione come un evento certo.

 <b>AGENZIA BALISTICA ITALIANA</b>	Analisi dell'evento esplosivo verificatosi a bordo della Nave Moby Prince			Codice: <b>ABI 2021-29-A</b>
	Ediz.: 1	Revisione 0	Data 15-07-2022	



Immagine 3: posizione del locale motore elica di manovra e autocarro

L'analisi prosegue per capire come si può giustificare un evento esplosivo nel locale motore elica di manovra.

In generale, le esplosioni si possono ricondurre a tre casi:

- esplosione fisica pneumatica;
- esplosione di una atmosfera esplosiva;
- esplosione di sostanze esplodenti.

Non risulta che all'interno del locale motore elica di manovra fossero presenti serbatoi in pressione né altri impianti/systemi in grado di generare pressioni rilevanti. Pertanto, l'esplosione di tipo pneumatica viene esclusa.

Per definire se l'esplosione avvenuta all'interno del locale motore elica di manovra sia da ricondurre a detonazione di sostanze esplodenti o a deflagrazione di atmosfera esplosiva, è necessario esaminare le caratteristiche specifiche dei due casi e definire uno scenario caratterizzato da un set di variabili che siano tra loro tutte coerenti. Se solo una variabile non fosse coerente si avrebbero molteplici soluzioni apparentemente soddisfacenti ma nessuna tecnicamente sostenibile.

## 6.2. Dati disponibili per la ricostruzione del sinistro

Dai sopralluoghi, indagini e prove sperimentali svolte in passato è emerso quanto segue:

- nel locale sono state rilevate tracce di esplosivi ma solo in via qualitativa e senza correlazione con il punto di prelievo dei campioni (Relazione citata in rife [8]). I risultati analitici sono stati criticati con le Relazioni citate in rife [21] e in rife [22]. Per le considerazioni dello Scrivente su questo tema specifico si rimanda al § 8.

 <b>AGENZIA BALISTICA ITALIANA</b>	Analisi dell'evento esplosivo verificatosi a bordo della Nave Moby Prince			Codice: <b>ABI 2021-29-A</b>
	Ediz.: 1	Revisione 0	Data 15-07-2022	

- la rottura di viti e perni che mantenevano in posizione la boccaporta del locale motore elica di manovra si giustifica con una sollecitazione riconducibile ad una sovrappressione di 7÷8,7 bar, stimata da Mariperman mediante prove sperimentali e con considerazioni conservative (Relazione citata in rife [20]).
- la resistenza meccanica dei tubi al neon, sopravvissuti all'esplosione, è stata stimata da Mariperman mediante prove sperimentali in circa 10 bar (Relazione citata in rife [20]).
- In allegato alla Relazione citata in rife [15] sono disponibili i rilievi tecnici effettuati da Tommaso Montano e Figli S.r.l. con misurazione delle deformazioni plastiche subite dalle strutture nave nel locale motore elica di manovra di prua e soprastante ponte garage (Allegato 38 e 39, disegni 10/92/10-11). Sono anche disponibili i volumi e le dimensioni del locale motore elica di manovra di prua (Allegato 36): volume lordo di circa 125 m<sup>3</sup>.
- In Allegato 40 alla Relazione citata in rife [15] è descritto il sistema di ventilazione forzata del locale motore elica di manovra.
- Sono disponibili diverse immagini fotografiche del locale post esplosione. Da queste, si osserva:
  - o la completa assenza di zone, seppur limitate, caratterizzate da distruzione di materiale; la lacerazione presente sul ponte di coperta e su componenti dell'autocarro sono attribuibili a fenomeni di impatto.
  - o la completa assenza di segni da proiezione di schegge;
  - o la completa assenza di zone con residui carboniosi sulle superfici con direzioni radiali rispetto ad un ipotetico centro di esplosione da sostanze esplodenti;
  - o la presenza di deformazioni plastiche con andamento cilindrico regolare sulle pareti del locale motore elica di manovra come da Immagine 2, Immagine 4, Immagine 5 e Immagine 6.



Immagine 4: bombatura delle paratie con cedimento lungo la saldatura e completa assenza di segni da proiezione di schegge/fragmenti

 <p>ITALIAN AGENCY <b>BALLISTICS</b> www.agenziaabi.it <b>AGENZIA BALISTICA ITALIANA</b></p>	Analisi dell'evento esplosivo verificatosi a bordo della Nave Moby Prince			Codice: <b>ABI 2021-29-A</b>
	Ediz.: 1	Revisione 0	Data 15-07-2022	

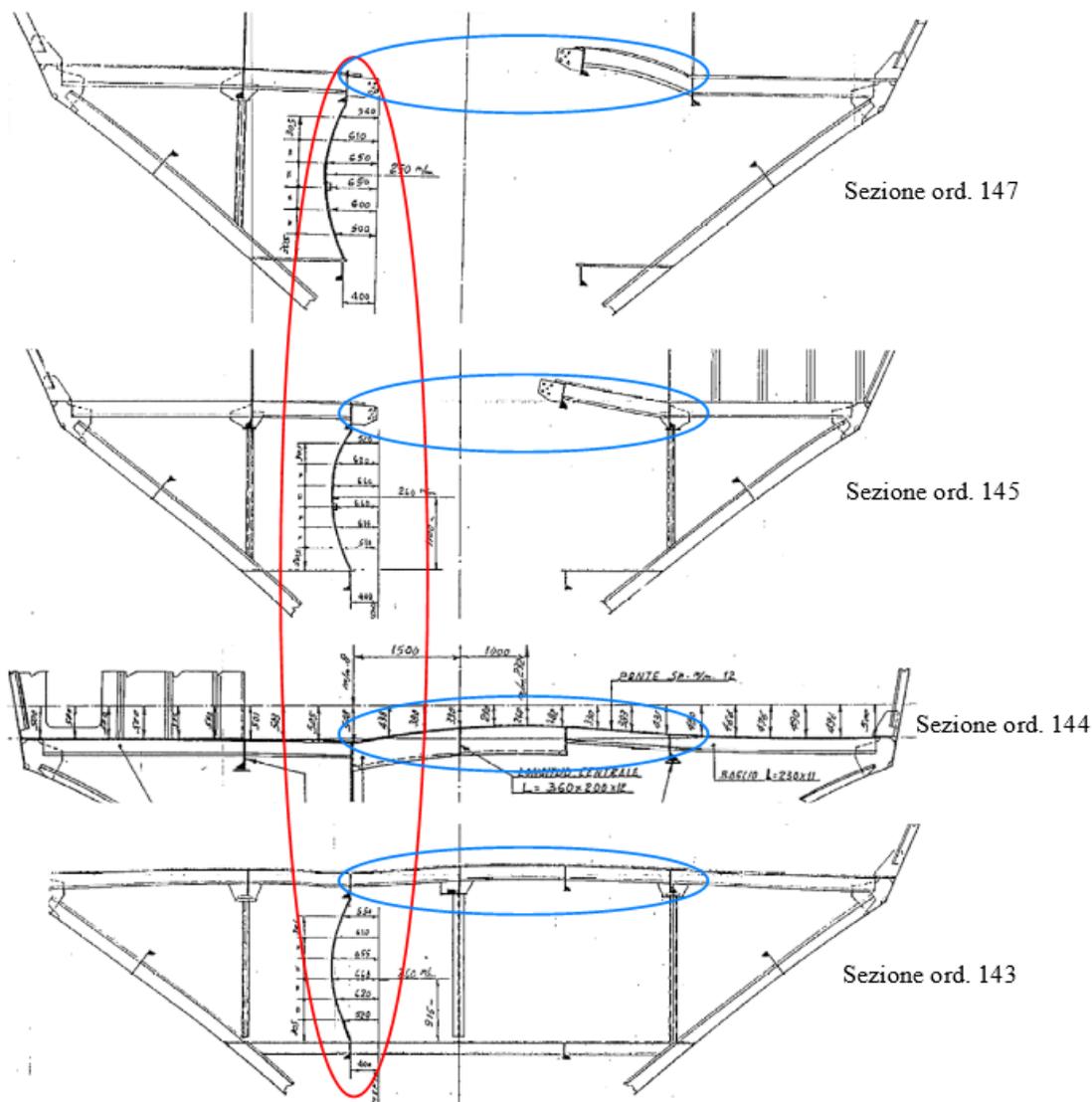


Immagine 5: deformazione regolare cilindrica della paratia di sinistra nelle sezioni trasversali corrispondenti alle ordinate 143, 145 e 147 (linea rossa) e bombatura subita dal cielo del locale (linea azzurra)

 <b>AGENZIA BALISTICA ITALIANA</b>	Analisi dell'evento esplosivo verificatosi a bordo della Nave Moby Prince			Codice: <b>ABI 2021-29-A</b>
	Ediz.: 1	Revisione 0	Data 15-07-2022	

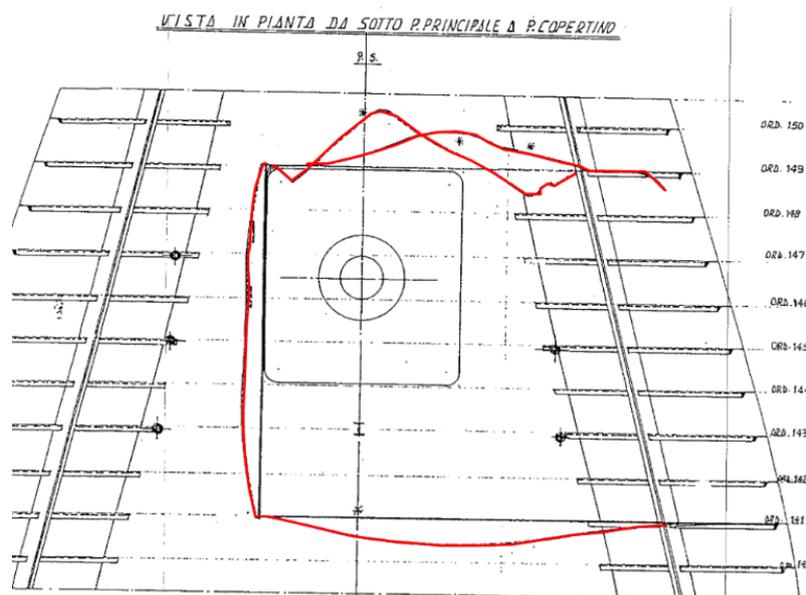


Immagine 6: vista in pianta della bombatura subita dal locale motore elica di manovra

### 6.3. Ipotesi di esplosione da sostanze esplodenti

In virtù del fatto che la Relazione del CTU Massari riporta la presenza di residui di sostanze esplodenti nel locale motore elica di manovra, si ipotizza in questo paragrafo che sia avvenuta una esplosione generata da una carica esplosiva e se ne analizza lo scenario allo scopo di verificare se quanto si osserva nel luogo dell'esplosione sia coerente e compatibile con detta tipologia di esplosione.

#### 6.3.1. Caratteristiche delle esplosioni da sostanze esplodenti

Di seguito si riportano le caratteristiche generali delle esplosioni da sostanza esplodente detonante che sono di interesse per il presente studio:

- Dopo l'esplosione il locale si presenta sporco anche se non ne è seguito un incendio per la presenza di residui carboniosi e sottoprodotti di combustione.
- Generalmente, i residui carboniosi sono maggiori nell'intorno della zona dove era posizionata la carica esplosiva e, laddove siano presenti superfici, vengono visualizzati da striature che si allontanano radialmente.
- In tutto l'intorno della carica esplosiva vengono applicate sovrappressioni di valore molto elevato e per tempi ridotti che tendono a lacerare i materiali più che a deformarli. Si verifica un effetto breccia con lacerazioni più che un effetto di spinta con deformazioni, in quanto l'alta velocità di applicazione delle forze determina una rottura fragile dei materiali.

Nella Immagine 7 è visibile il tipico effetto dello scoppio di una carica esplosiva posizionata vicino ad una struttura piana. La lastra di acciaio rappresentata nella

 <b>AGENZIA BALISTICA ITALIANA</b>	Analisi dell'evento esplosivo verificatosi a bordo della Nave Moby Prince			Codice: <b>ABI 2021-29-A</b>
	Ediz.: 1	Revisione 0	Data 15-07-2022	

immagine ha uno spessore di 10 mm, molto prossimo allo spessore di 8 mm delle paratie del locale motore elica di manovra. È verosimile che la stessa carica avrebbe causato sulle paratie del Moby Prince un effetto breccia ancor più spiccato. Aumentando il peso di carica il materiale distrutto e/o lacerato o strappato dalla piastra aumenta di conseguenza. Infatti, se si osserva l'Immagine 8 si vede come, mantenendo quasi inalterate le distanze tra carica e piastra e lo spessore della piastra, all'aumentare della carica esplosiva aumenta il danno e la grandezza del foro che si viene a creare. L'effetto è innegabile e l'osservazione appare quasi banale ma è necessario darne evidenza in quanto le affermazioni del CTU Massari del 1992, riconfermate nella audizione alla Camera dei Deputati del 21-12-2021 (vds § 7.4), inducono il lettore a pensare che sia possibile far scoppiare una carica esplosiva di qualche kg in prossimità di una lamiera di acciaio senza che questa ne subisca gli effetti.



Immagine 7<sup>2</sup>: effetto di una carica di 1 kg di TNT equivalente posizionata a 11 cm da una lastra di acciaio dello spessore di 1 cm.

<sup>2</sup> immagine tratta da Experimental Investigation of Response of Steel Plates due to Close-in Blast Loading from Spherical Liquid Explosive, 2015, A.M. Remennikov et al.

 <b>AGENZIA BALISTICA ITALIANA</b>	Analisi dell'evento esplosivo verificatosi a bordo della Nave Moby Prince			Codice: <b>ABI 2021-29-A</b>
	Ediz.: 1	Revisione 0	Data 15-07-2022	



Immagine 8<sup>3</sup>: effetto di una carica di circa 2,5 kg di TNT equivalente posizionata a 9,5 cm da una lastra di acciaio dello spessore di 0,95 cm.

Per ottenere un effetto di spinta senza lacerazioni è necessario disporre di grandi quantitativi di esplosivo ed allontanare il punto di innesco dal punto di applicazione sul bersaglio dell'onda d'urto per consentire a questa di diminuire il suo raggio di curvatura e presentarsi all'impatto il più piana possibile in modo da sollecitare contemporaneamente un'ampia superficie e generare una forza rilevante.

- La carica esplosiva (solida o liquida) occupa lo spazio fisico che gli è proprio e, a meno che non sia appesa ad un filo o proveniente dall'esterno come nel caso di una bomba o di un proietto, è poggiata su un piano orizzontale per semplice gravità o su un piano verticale con idonei fissaggi meccanici o magnetici. In corrispondenza della sua posizione si hanno sempre, inequivocabilmente, i maggiori effetti con distruzione dei materiali adiacenti, generazione di schegge e loro proiezione nell'intorno.
- Nei casi in cui la carica esplosiva non sia provvista di contenimento (per esempio avvolta in carta) non si ha proiezione in tutto l'intorno di schegge direttamente prodotte ma sarà il materiale distrutto/frammentato che causerà perforazioni/impatti su altre strutture investite. In ogni caso, la presenza di perforazioni/ammaccature, grandi o piccole che siano, è una caratteristica che accompagna sempre le detonazioni che avvengono in un luogo confinato.
- Come già accennato, i valori massimi di sovrappressione si manifestano in prossimità della superficie esterna della carica esplosiva al termine della sua trasformazione in gas. Dopo di che, l'onda d'urto tende a propagarsi sfericamente, semisfericamente o secondo altri settori angolari in relazione alla geometria resistente presente nell'intorno. I valori pressori decrescono molto rapidamente con l'aumentare della distanza percorsa dall'onda d'urto. Questo significa che, nel caso di detonazione di esplosivo, per applicare una sovrappressione ad una superficie posta ad una certa distanza dalla carica si genereranno in

<sup>3</sup> immagine tratta da An Overview of High-Explosive (HE) Blast Damage Mechanisms and Vulnerability Prediction Methods, 1997, A.R. Kiwan, ARL-TR-1468