

The background of the slide is a photograph of the Costa Concordia cruise ship, a large white vessel with a prominent yellow funnel, sailing on the water. The ship is viewed from a distance, and the background shows a hazy coastline with buildings and hills.

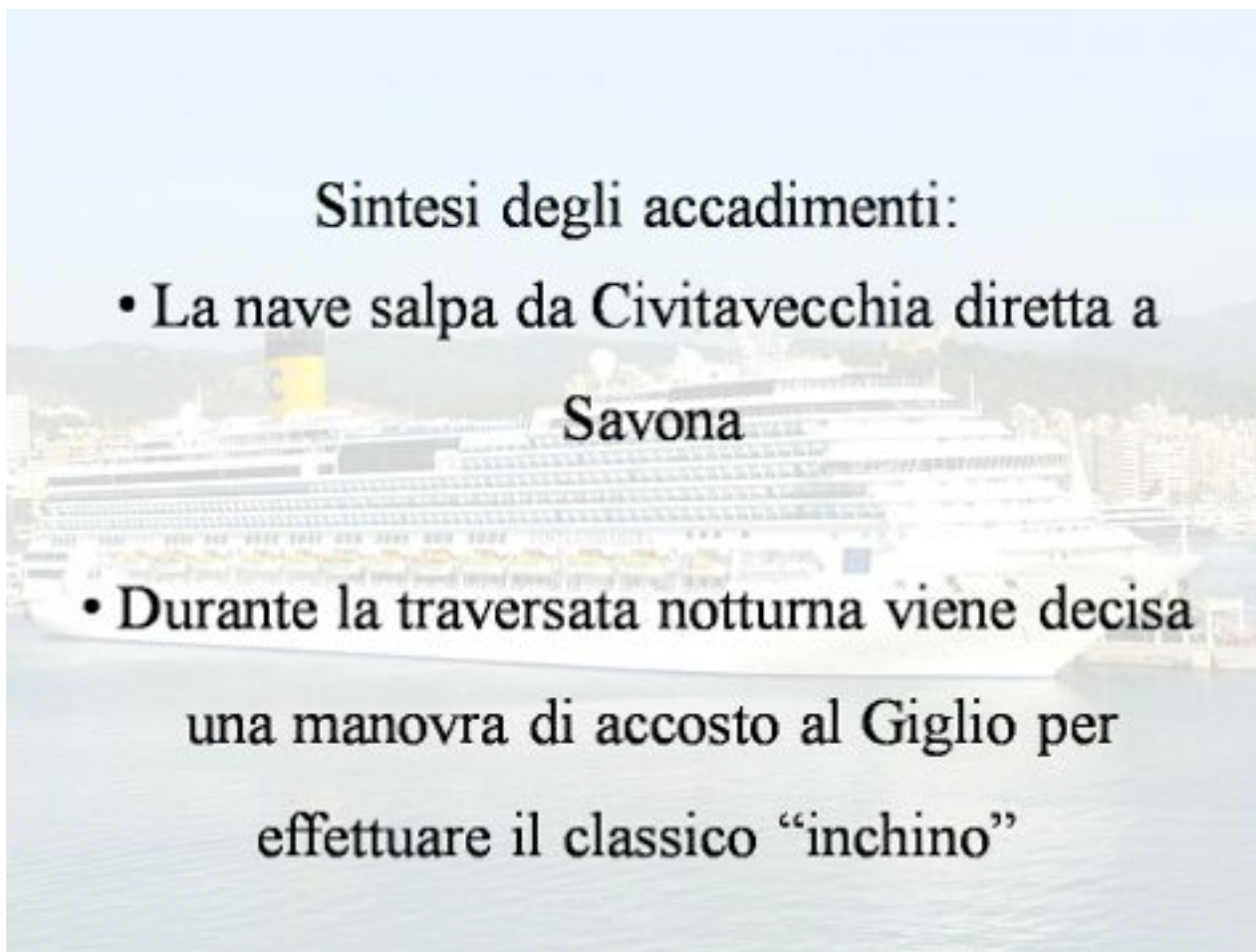
**Studio metodologico di sollevamento
per il recupero di relitti in mare**

*Una applicazione nel particolare
caso della “Costa Concordia”*

Progetto di Ermanno Mancini

Sintesi degli accadimenti:

- La nave salpa da Civitavecchia diretta a Savona
- Durante la traversata notturna viene decisa una manovra di accosto al Giglio per effettuare il classico “inchino”



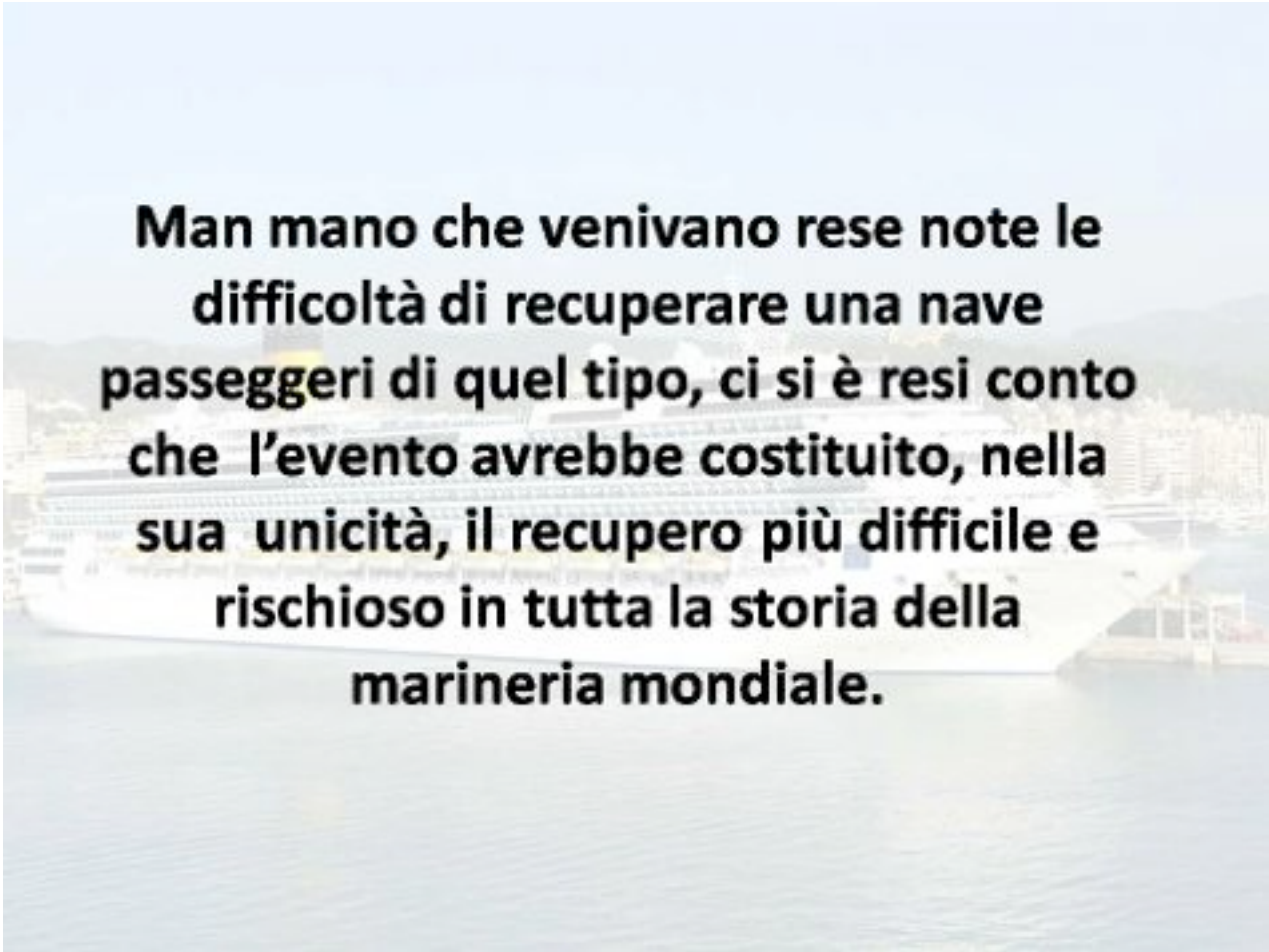
- La manovra si risolve con l'urto contro uno scoglio semi sommerso che causa una apertura sullo scafo di circa 50 metri appena sotto il galleggiamento tale da inondare rapidamente numerosi compartimenti stagni

A seguito di questo evento la nave compie una serie di manovre incontrollate e termina la sua corsa arenandosi a poca distanza dal Porto in località “Punta Gabbianara” naufragando su un fondale di circa 30/ 40 metri sul lato di dritta con un angolo di giacitura finale di circa 65° a destra



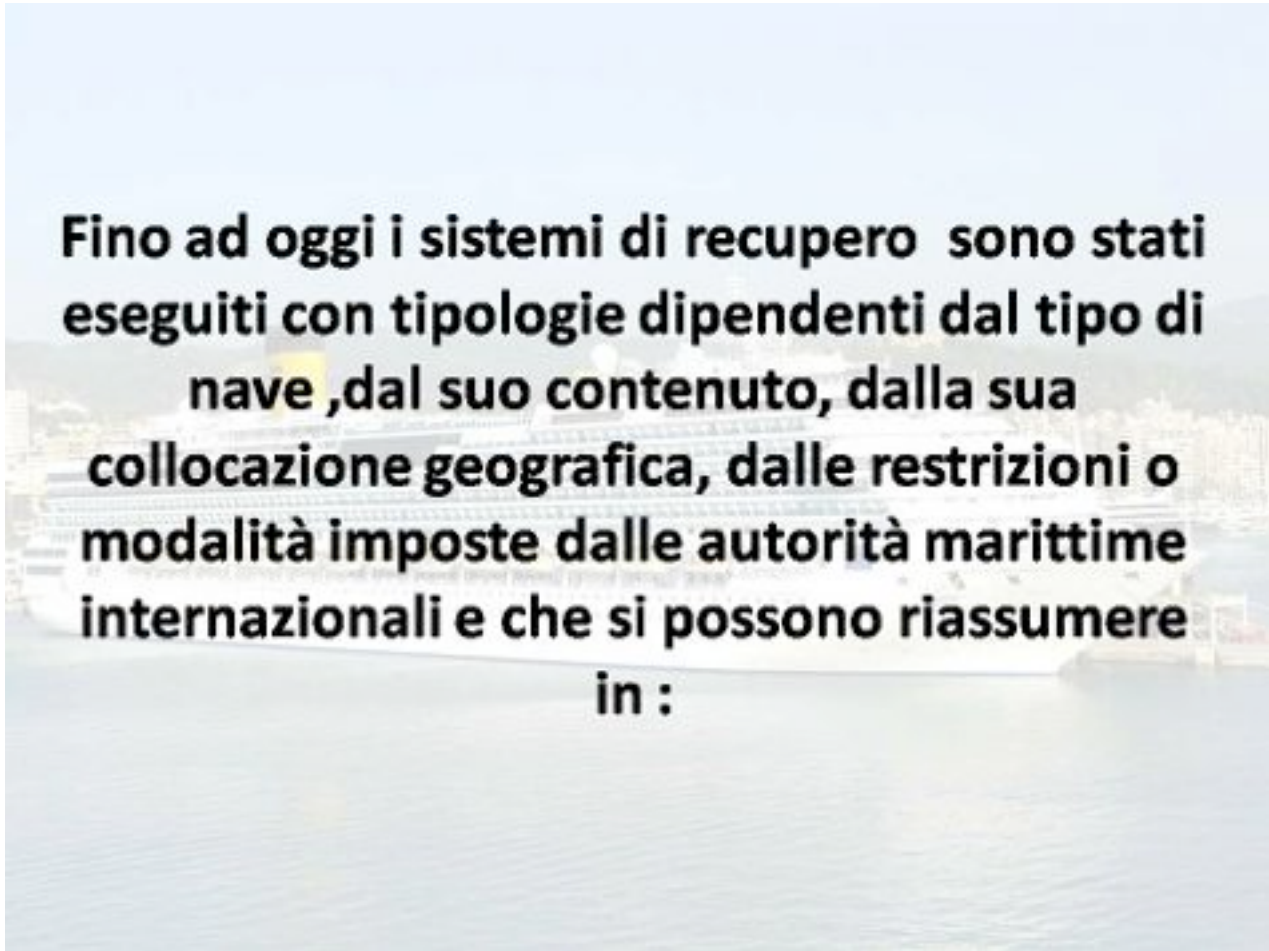







Man mano che venivano rese note le difficoltà di recuperare una nave passeggeri di quel tipo, ci si è resi conto che l'evento avrebbe costituito, nella sua unicità, il recupero più difficile e rischioso in tutta la storia della marineria mondiale.

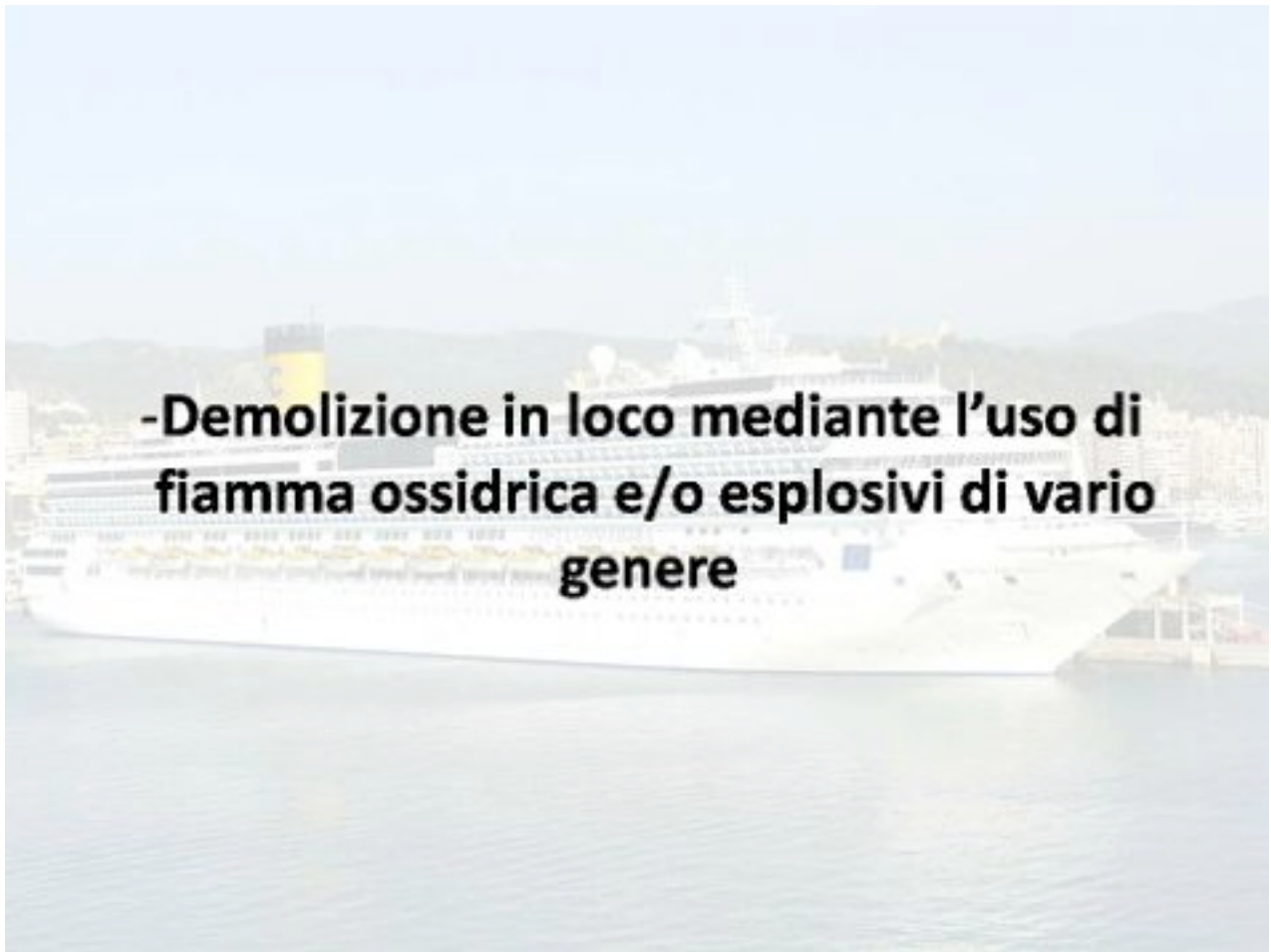
A fronte di queste difficoltà si è iniziato ad elaborare un procedimento che potesse essere in qualche modo utile allo scopo e che fosse del tutto innovativo rispetto ai tradizionali sistemi di recupero che, pur nella loro molteplicità e storicità, mal si sarebbero adattati ad uno scafo di dimensioni eccezionali , con pesi eccezionali.



Fino ad oggi i sistemi di recupero sono stati eseguiti con tipologie dipendenti dal tipo di nave ,dal suo contenuto, dalla sua collocazione geografica, dalle restrizioni o modalità imposte dalle autorità marittime internazionali e che si possono riassumere in :



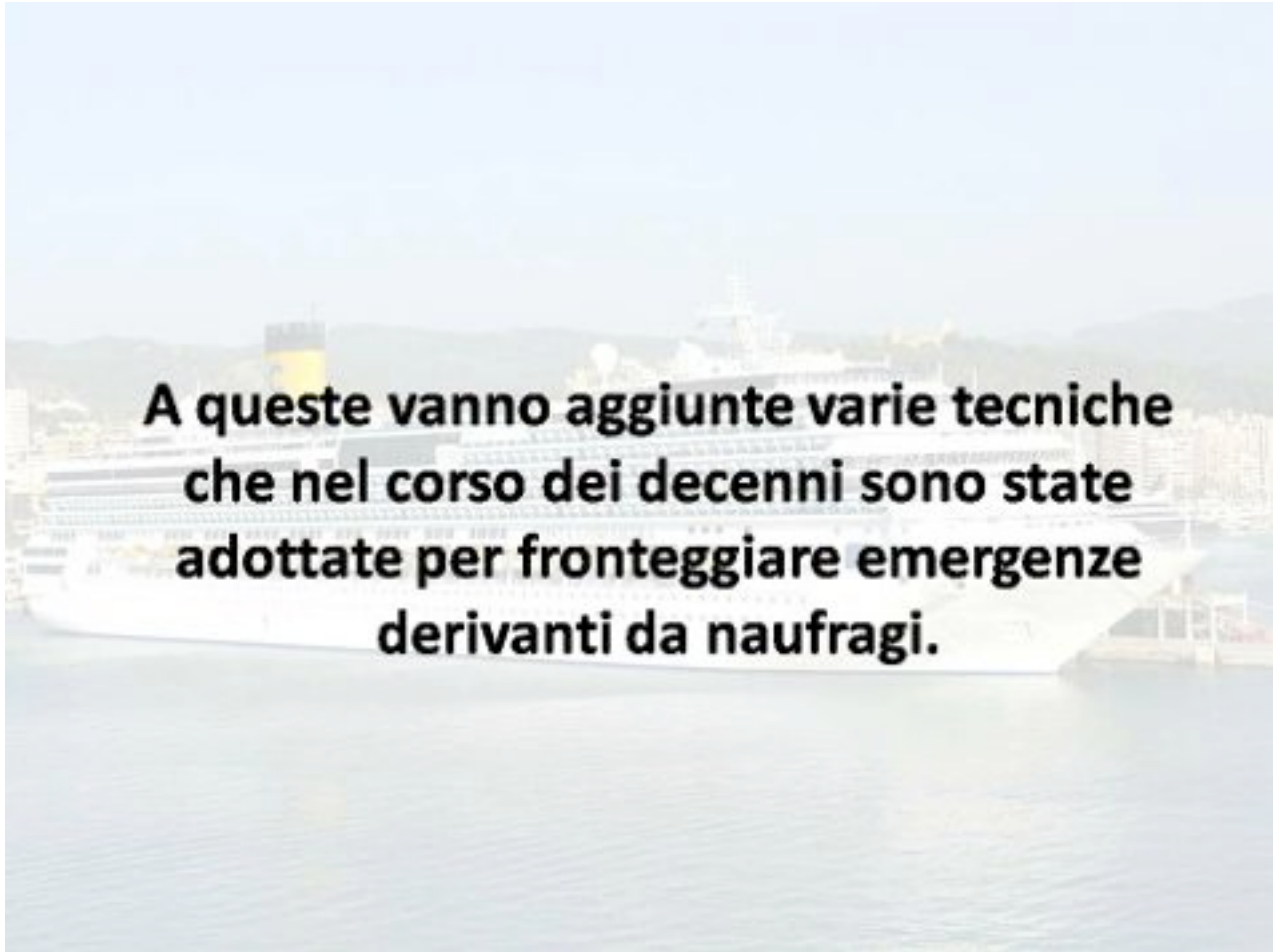
**- Demolizione in loco previa rimozione di
materiali inquinanti eseguita con mezzi
da taglio a filo**



**-Demolizione in loco mediante l'uso di
fiamma ossidrica e/o esplosivi di vario
genere**

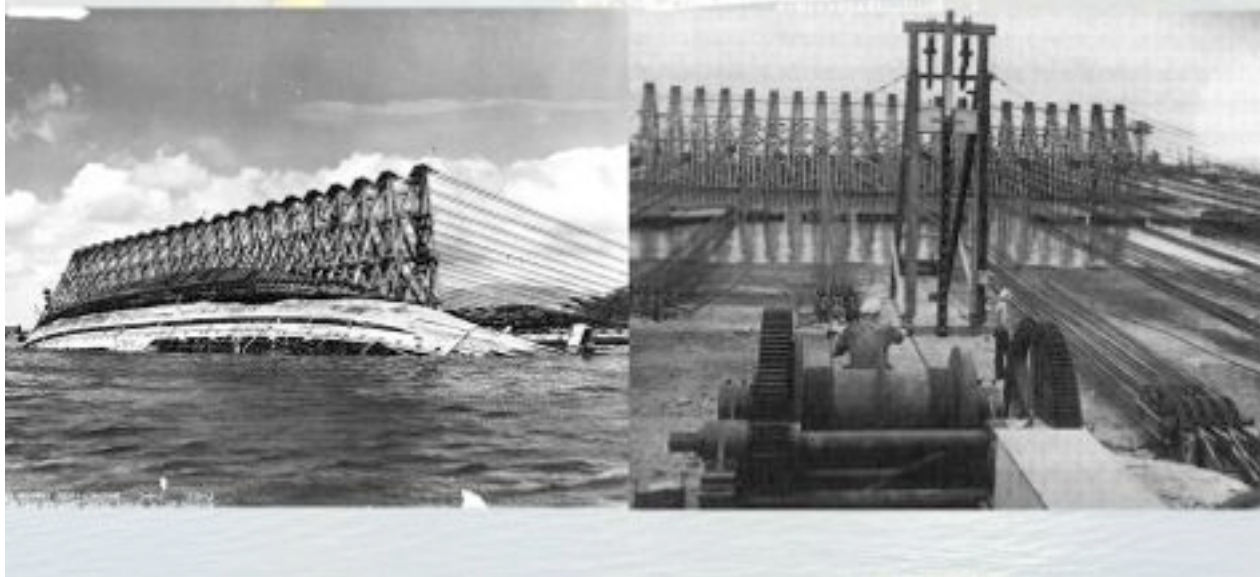
**-Taglio in profondità e sollevamento per
elementi integri parte dell'intero scafo.**



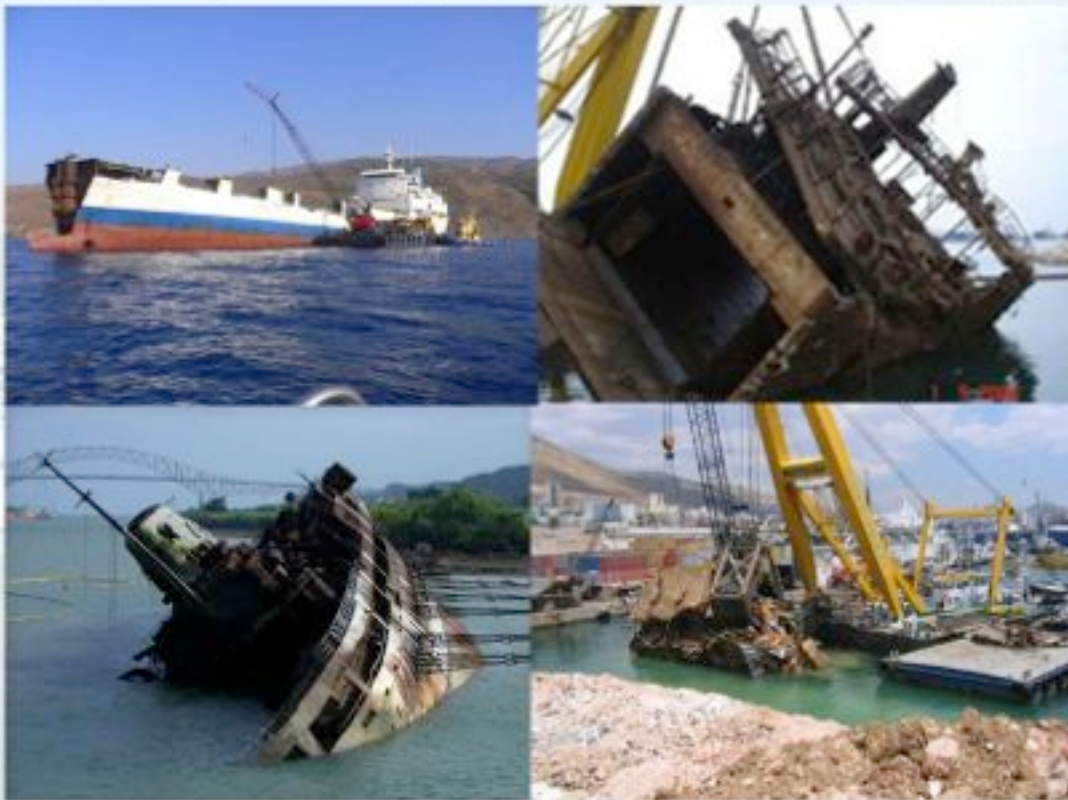
A large cruise ship is docked at a pier. The ship is white with a yellow funnel. In the background, there are mountains and a city with buildings. The water is calm and reflects the ship and the sky.

**A queste vanno aggiunte varie tecniche
che nel corso dei decenni sono state
adottate per fronteggiare emergenze
derivanti da naufragi.**

Rotazione eseguita nel 1943 per il recupero della USS Oklahoma affondata dai giapponesi a Pearl Harbor e successivamente inabissatasi durante il trasferimento verso le isole Hawaii

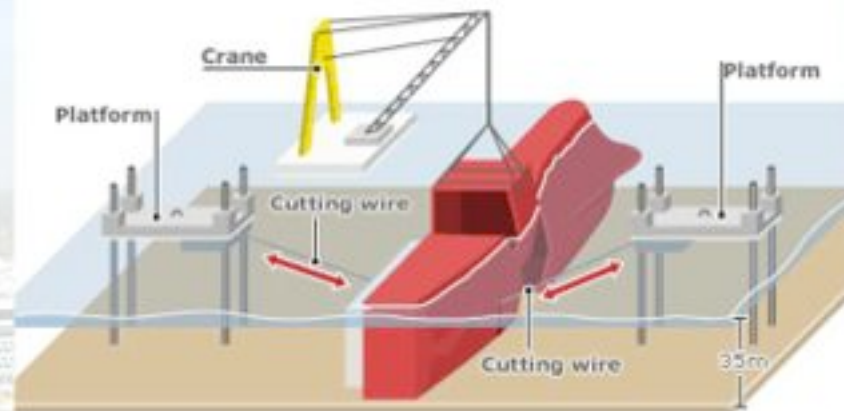


Alcuni esempi di diverse giaciture dei relitti e modalità di recupero



RAISING THE TRICOLOR

The 190-metre long vessel will be cut into segments by a special cutting wire running below the ship.



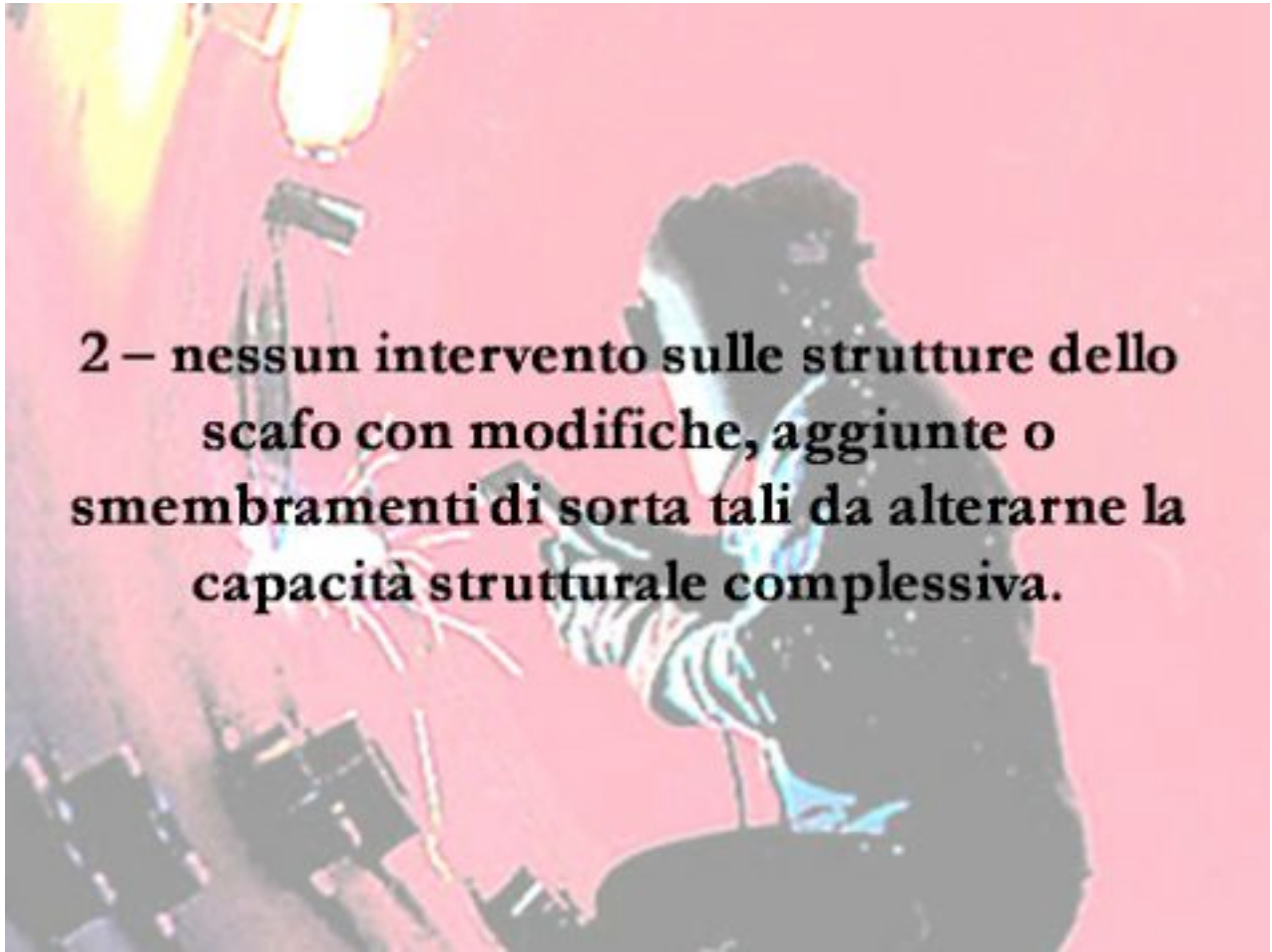
Con queste premesse si è dato
inizio allo studio di un progetto che
tenesse conto di queste

enormi limitazioni

e che avesse tutte le caratteristiche
non presenti nei sistemi tradizionali

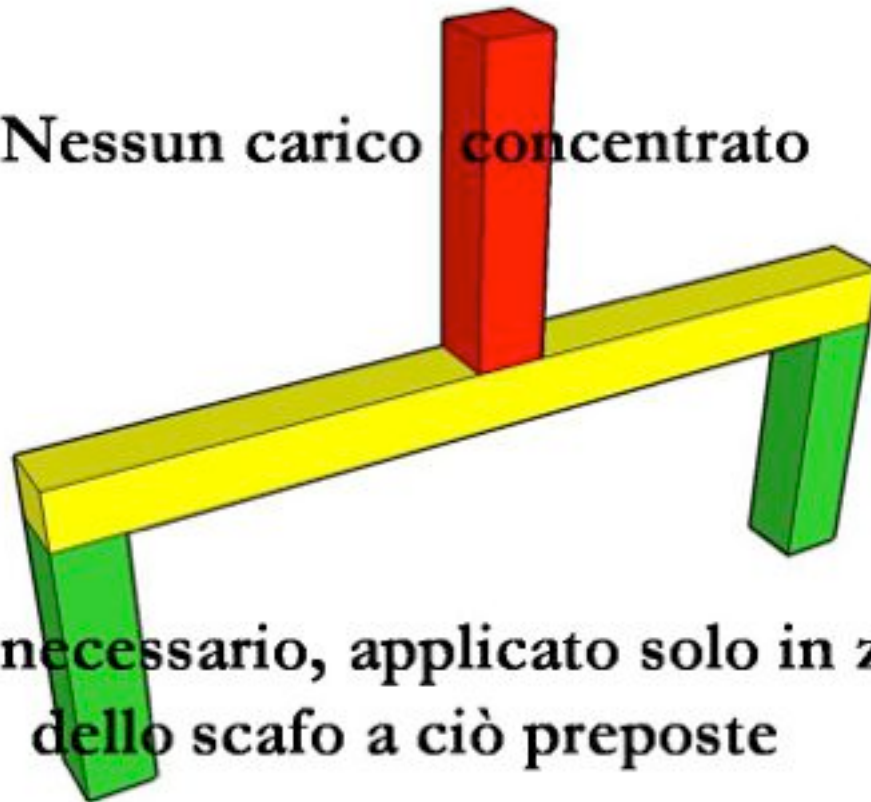


1 - nessuna interferenza con
l'ecosistema marino;



2 – nessun intervento sulle strutture dello scafo con modifiche, aggiunte o smembramenti di sorta tali da alterarne la capacità strutturale complessiva.

Nessun carico concentrato



e, ove necessario, applicato solo in zone dello scafo a ciò preposte

Coefficiente di sicurezza



maggiore di 1,5

Progetto di massima per il recupero della nave “Costa Concordia ®**



Progettista : Ermanno Mancini

** Costa Concordia è un marchio registrato Costa Carnival Corporation USA*

Dati costruttivi principali dello scafo

Comment : 290.20 x 35.50 x 8.20 m, 51.180 t

Design length : 290.20m

Midship location : 184.51m

Length over all : 290.86 m

Relative water density : 1.025 t/mc

Design beam : 35.500 m

Beam over all : 35.761 m

Design draft : 8.200 m





Volume properties , Waterplane properties

Displaced volume : 54.623 m³

Length on waterline : 284.44 m

Displacement : 55.989 tonnes

Beam on waterline : 35.753 m

Total length of submerged body : 288.99 m

Waterplane area : 8.417 m²

Block coefficient 0.6447

Waterplane coefficient : 0.8146



Prismatic coefficient: 0,7070

Water plane center of floatation: 128,68m

Vert. prismatic coefficient: 0,7914

Entrance angle: 36°,633 Degr.

Wetted surface area: 11.336 m²

Transverse moment of inertia: 791.539 m⁴

Longitudinal center of buoyancy: 139,98 m

Longitudinal moment of inertia: 41.332.672 m⁴

Vertical center of buoyancy: 4,530m

Midship properties Initial stability

Midship section area: 267,4 m²

Transverse metacentric height: 19,21 m

Midship coefficient: 0,119

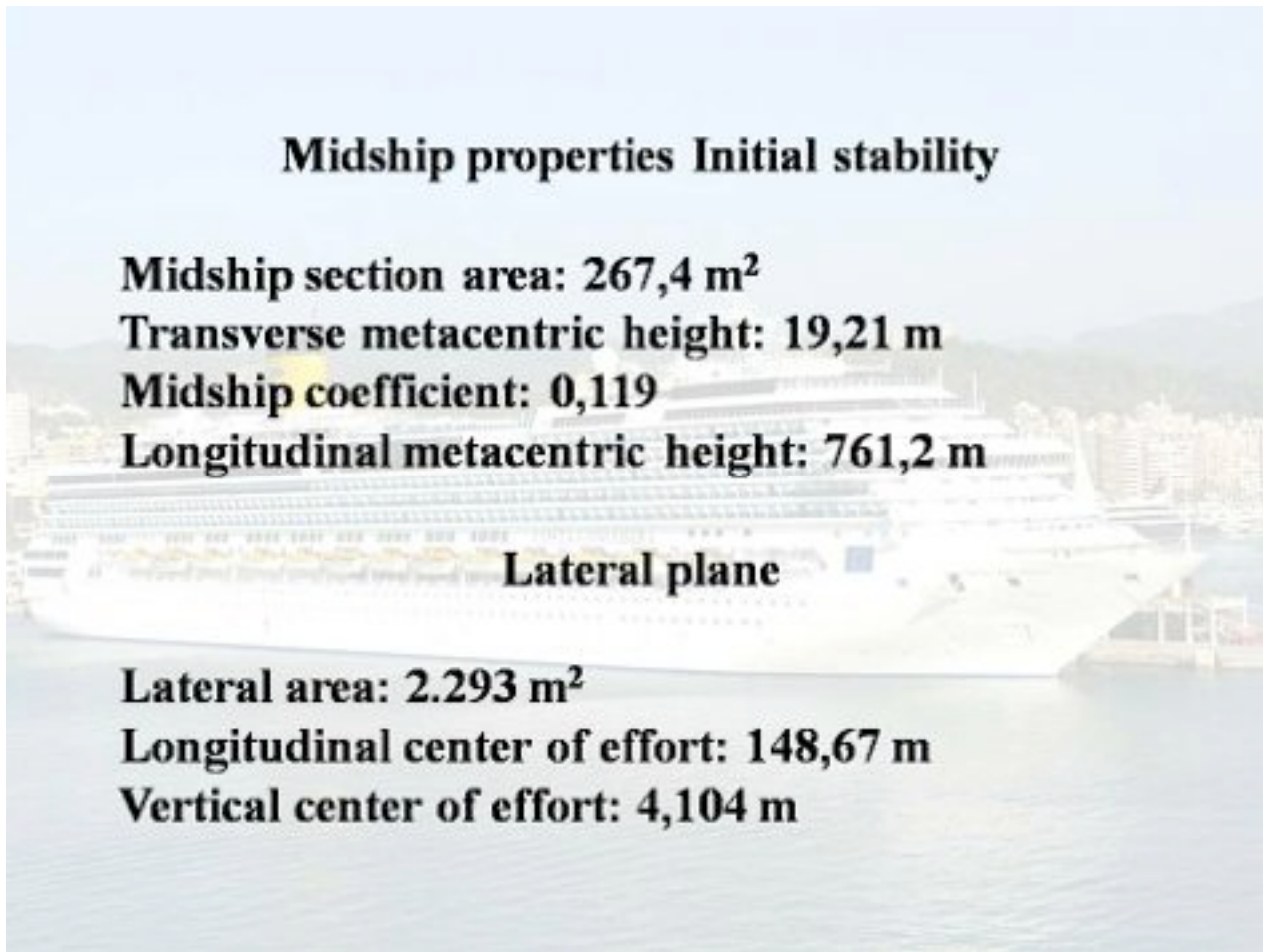
Longitudinal metacentric height: 761,2 m

Lateral plane

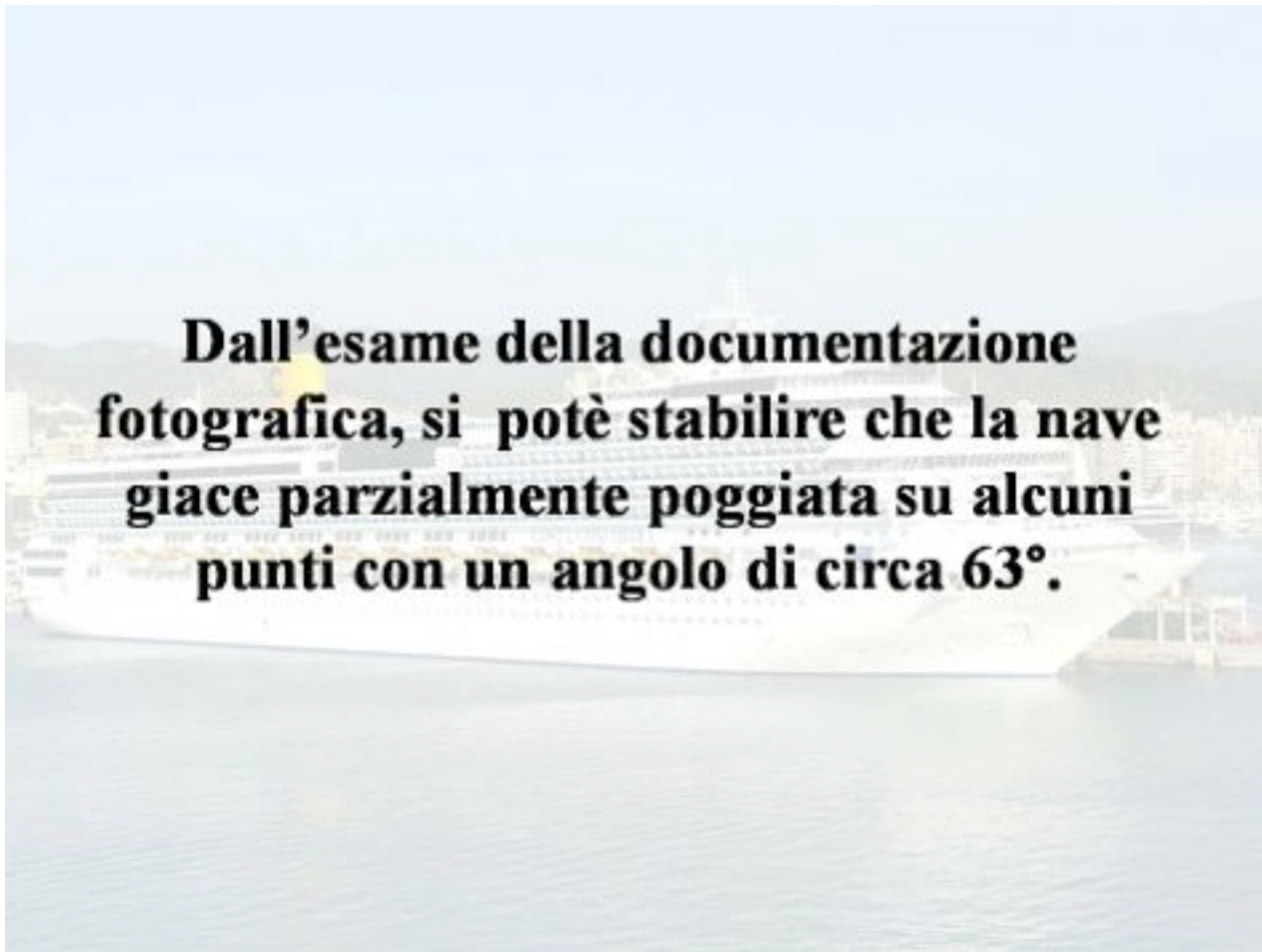
Lateral area: 2.293 m²

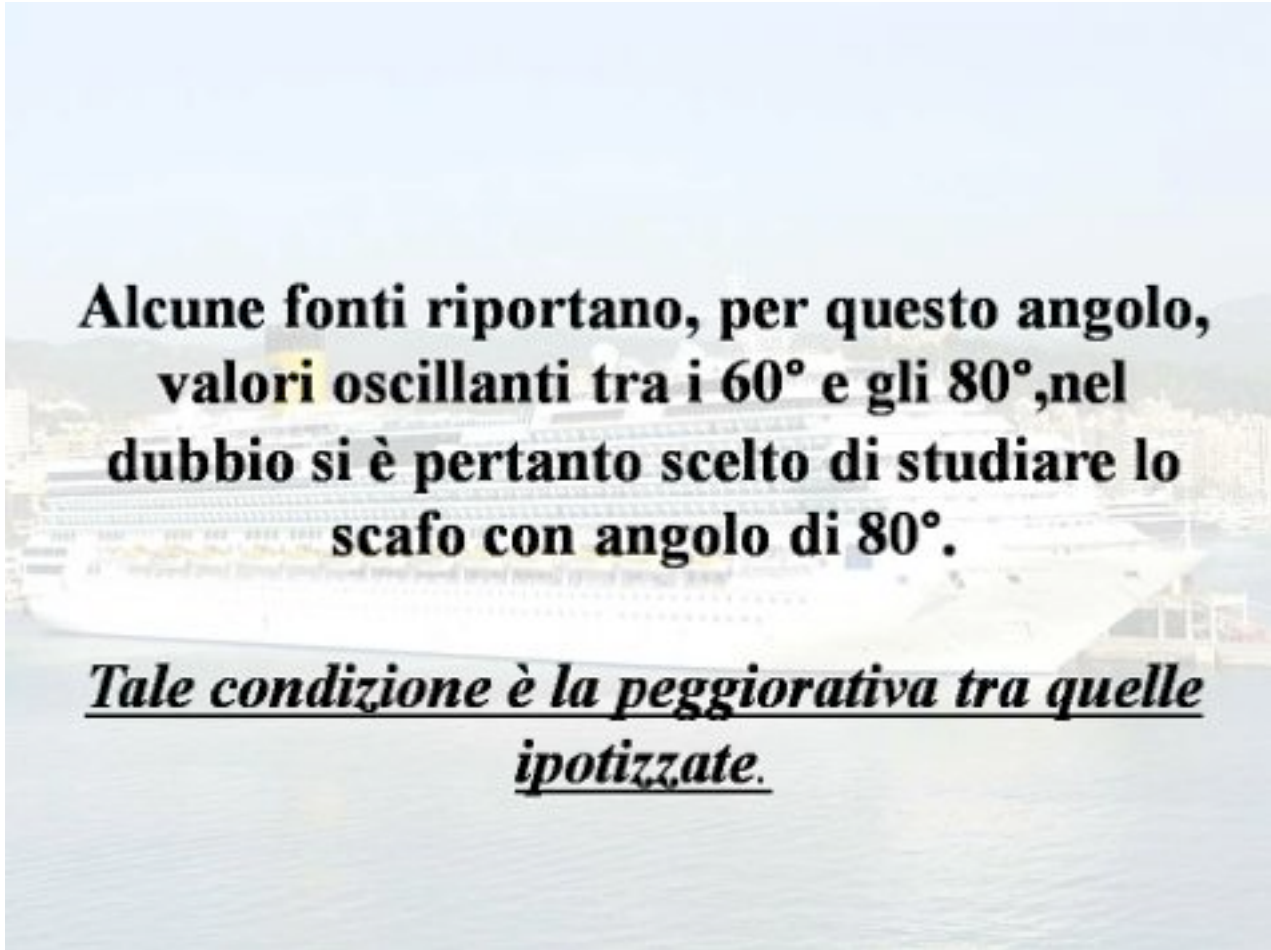
Longitudinal center of effort: 148,67 m

Vertical center of effort: 4,104 m



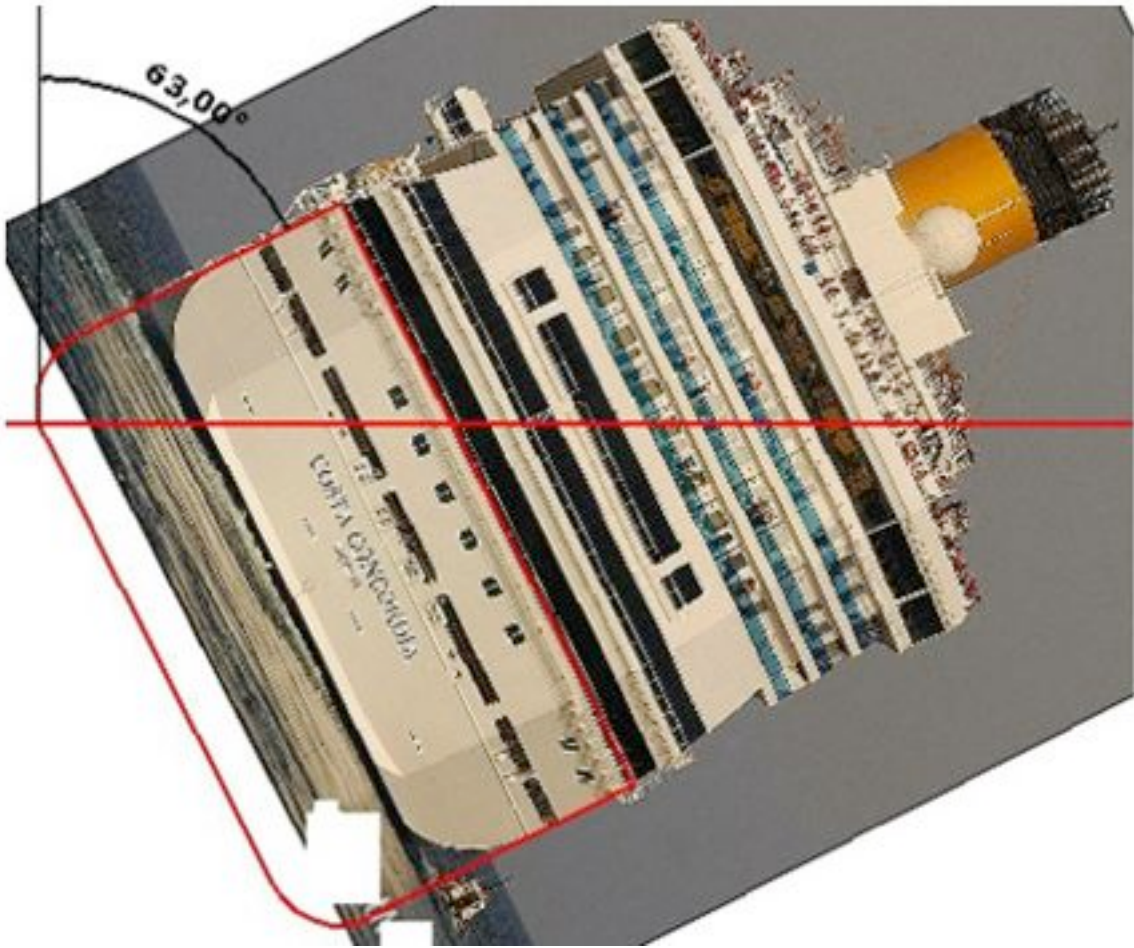
Dall'esame della documentazione fotografica, si potè stabilire che la nave giace parzialmente poggiata su alcuni punti con un angolo di circa 63°.





Alcune fonti riportano, per questo angolo, valori oscillanti tra i 60° e gli 80°, nel dubbio si è pertanto scelto di studiare lo scafo con angolo di 80°.

Tale condizione è la peggiorativa tra quelle ipotizzate.



Per meglio dar conto delle premesse progettuali assunte è necessario fare alcune considerazioni di carattere generale :


- la posizione attuale dello scafo non è quella propria di una nave;**
- in tale posizione il comportamento strutturale della nave non può quindi essere assunto come quello ottimale;**

Coefficiente di sicurezza



maggiore di 1,5

**•Si è scelto di non attribuire sforzi
puntuali ai singoli elementi strutturali della
nave, che potessero
modificarne la funzione statica di
progetto.**

A large white cruise ship is docked at a pier. The ship has multiple decks and a prominent yellow funnel. In the background, a cityscape with buildings is visible under a clear sky. The water in the foreground is calm and reflects the ship.



**Si è orientata la filosofia progettuale sul
concetto di “massima ripartizione” delle
forze, sulle strutture interne
dello scafo.**

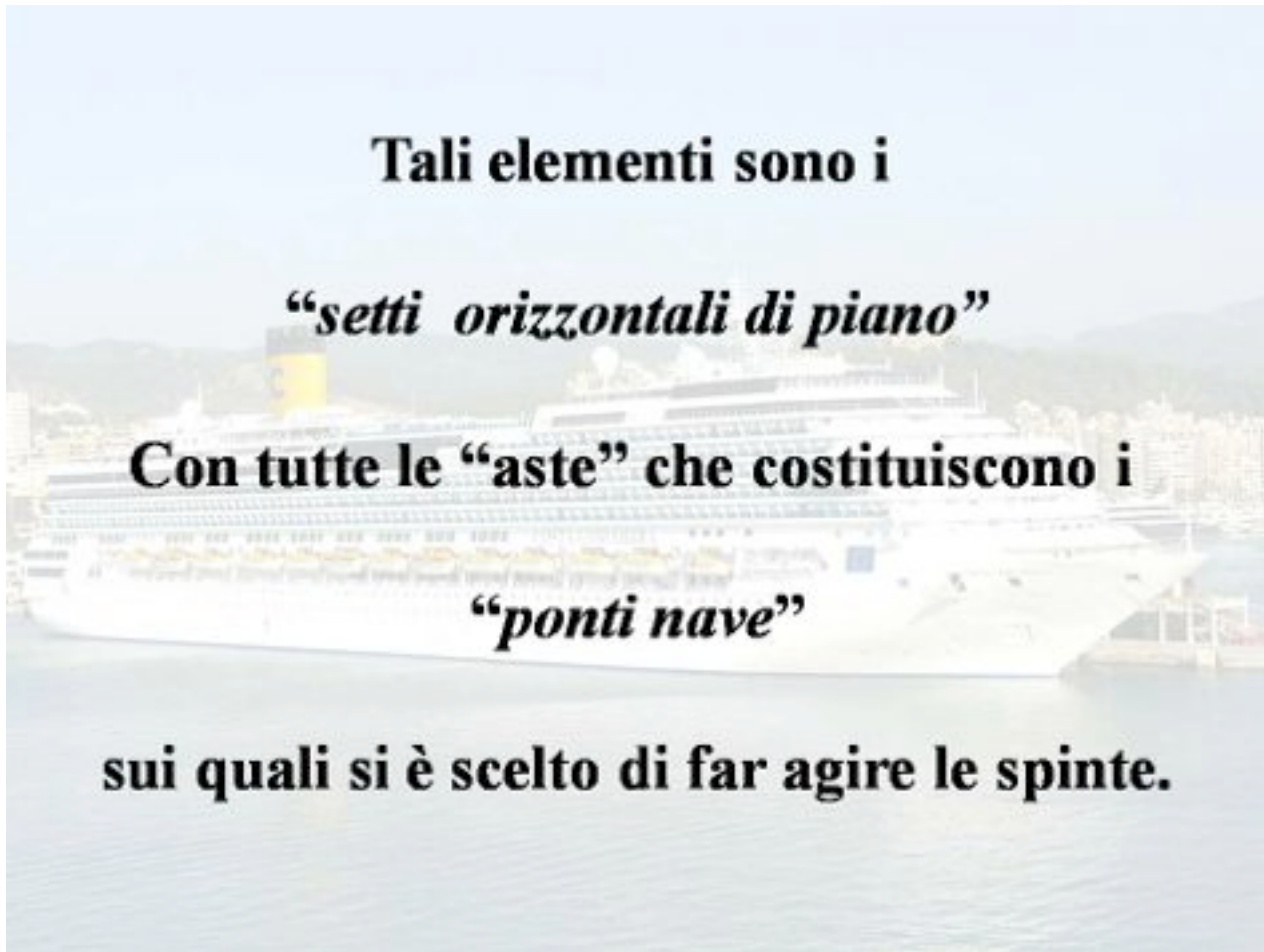
Tali elementi sono i

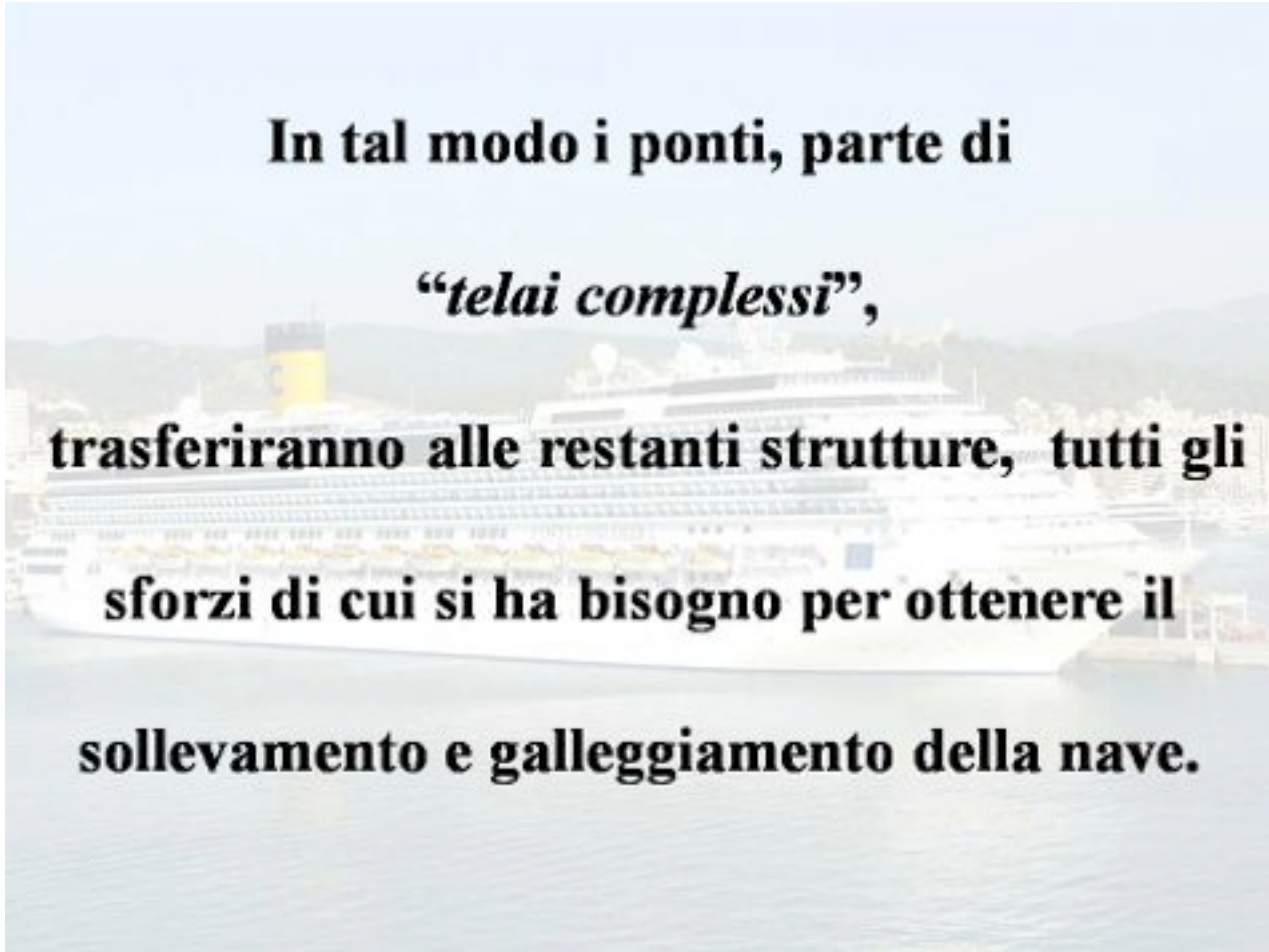
“setti orizzontali di piano”

Con tutte le “aste” che costituiscono i

“ponti nave”

sui quali si è scelto di far agire le spinte.





In tal modo i ponti, parte di
“telai complessi”,
trasferiranno alle restanti strutture, tutti gli
effort di cui si ha bisogno per ottenere il
sollevamento e galleggiamento della nave.

Nessun elemento avrà pertanto


“sollecitazioni”

di particolare entità

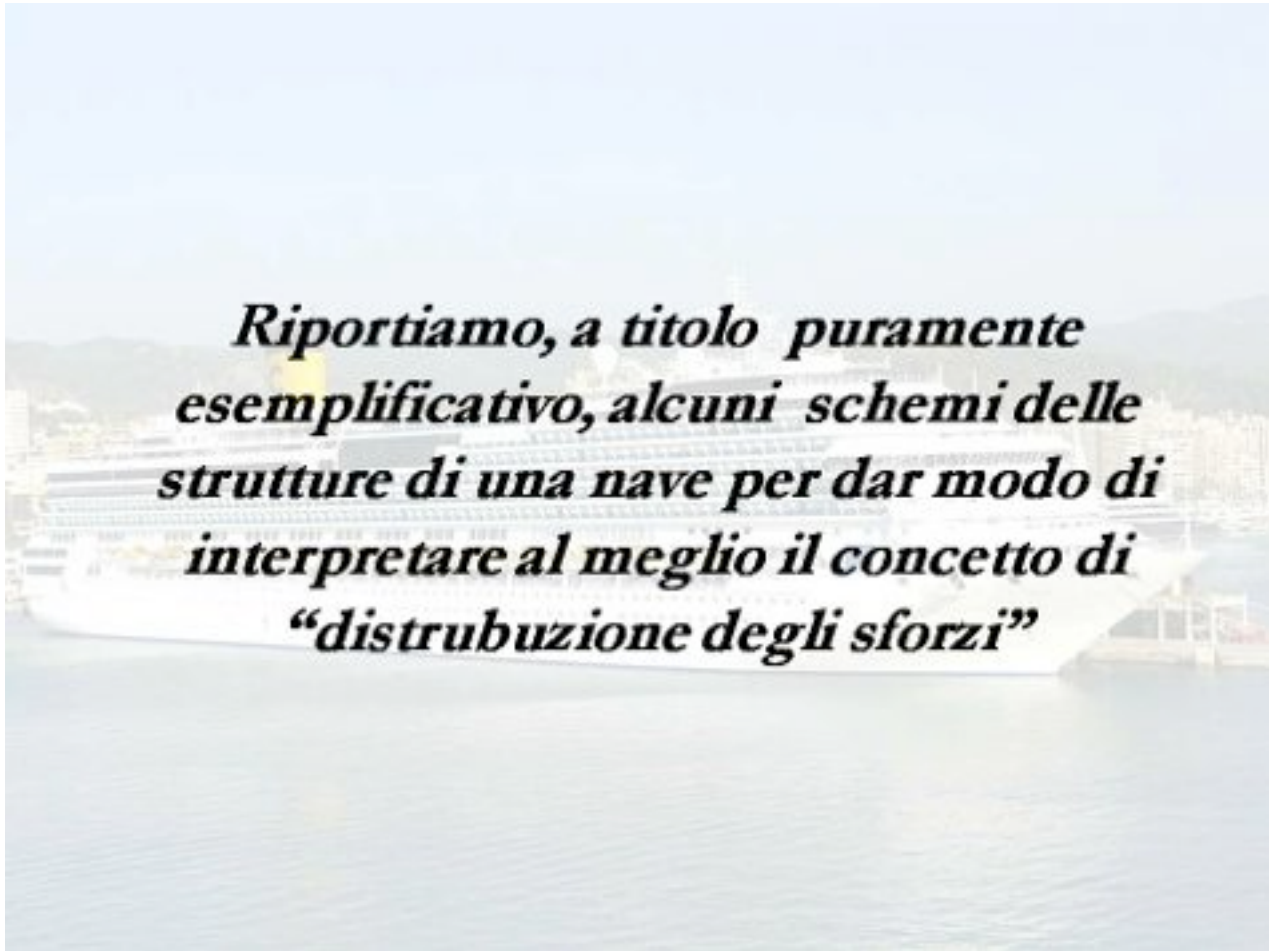
e diverse da quelle

loro assegnate in fase di costruzione.

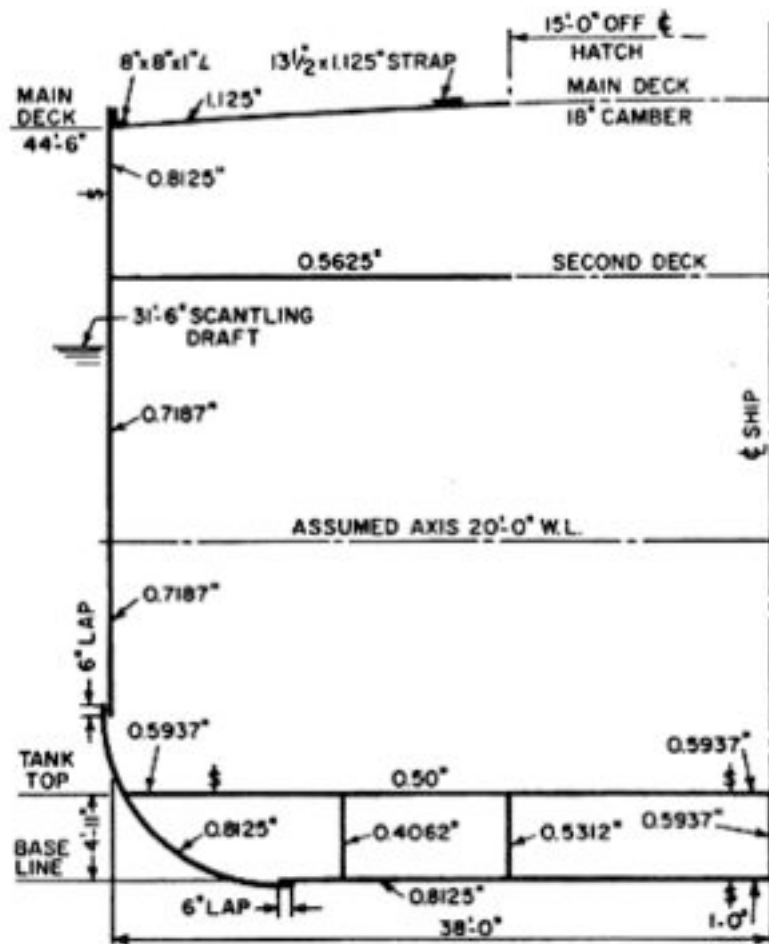


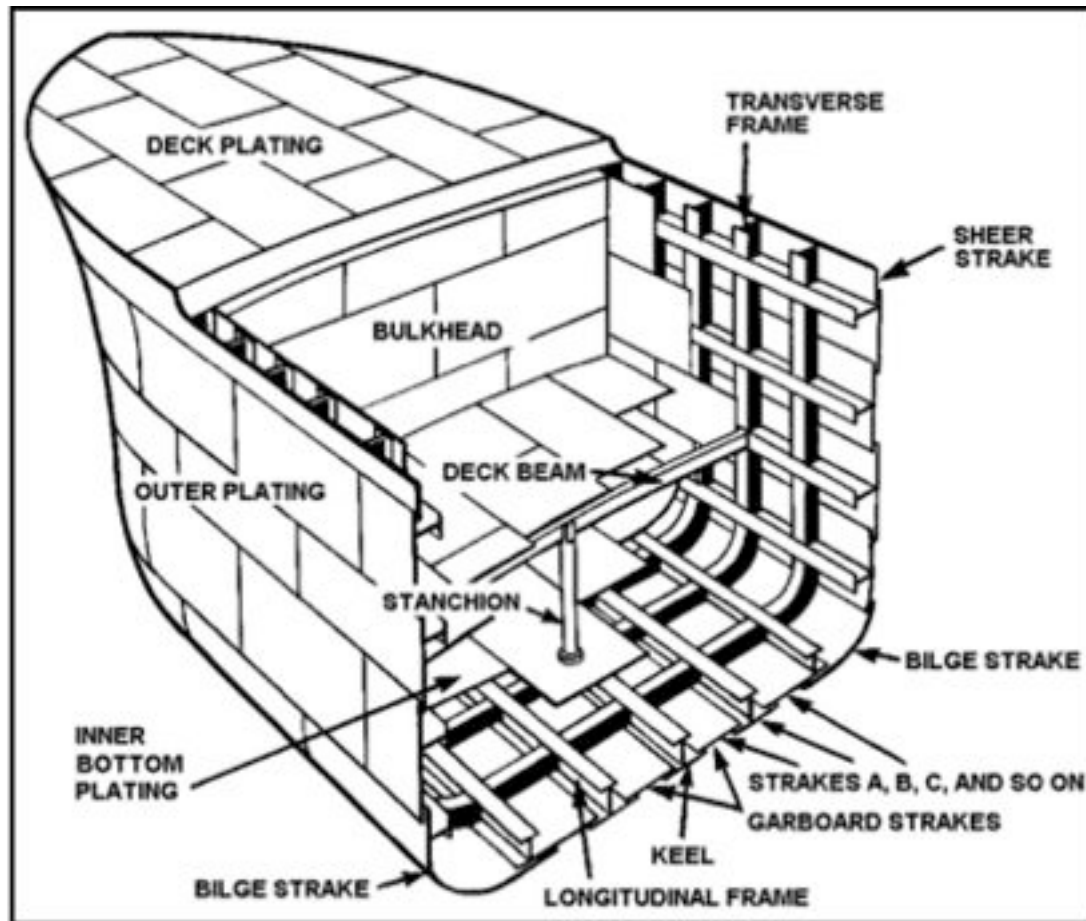


Ogni struttura resistente dello scafo
collabora con le altre ad essa connesse
provvedendo alla
“distribuzione degli sforzi applicati”.

A large cruise ship is docked at a pier, with a cityscape and mountains visible in the background. The ship is white with a yellow stripe and is positioned in the center of the frame. The text is overlaid on the ship's hull.

*Riportiamo, a titolo puramente
esemplificativo, alcuni schemi delle
strutture di una nave per dar modo di
interpretare al meglio il concetto di
“distribuzione degli sforzi”*







Nave in bacino di carenaggio per le operazioni di manutenzione periodica

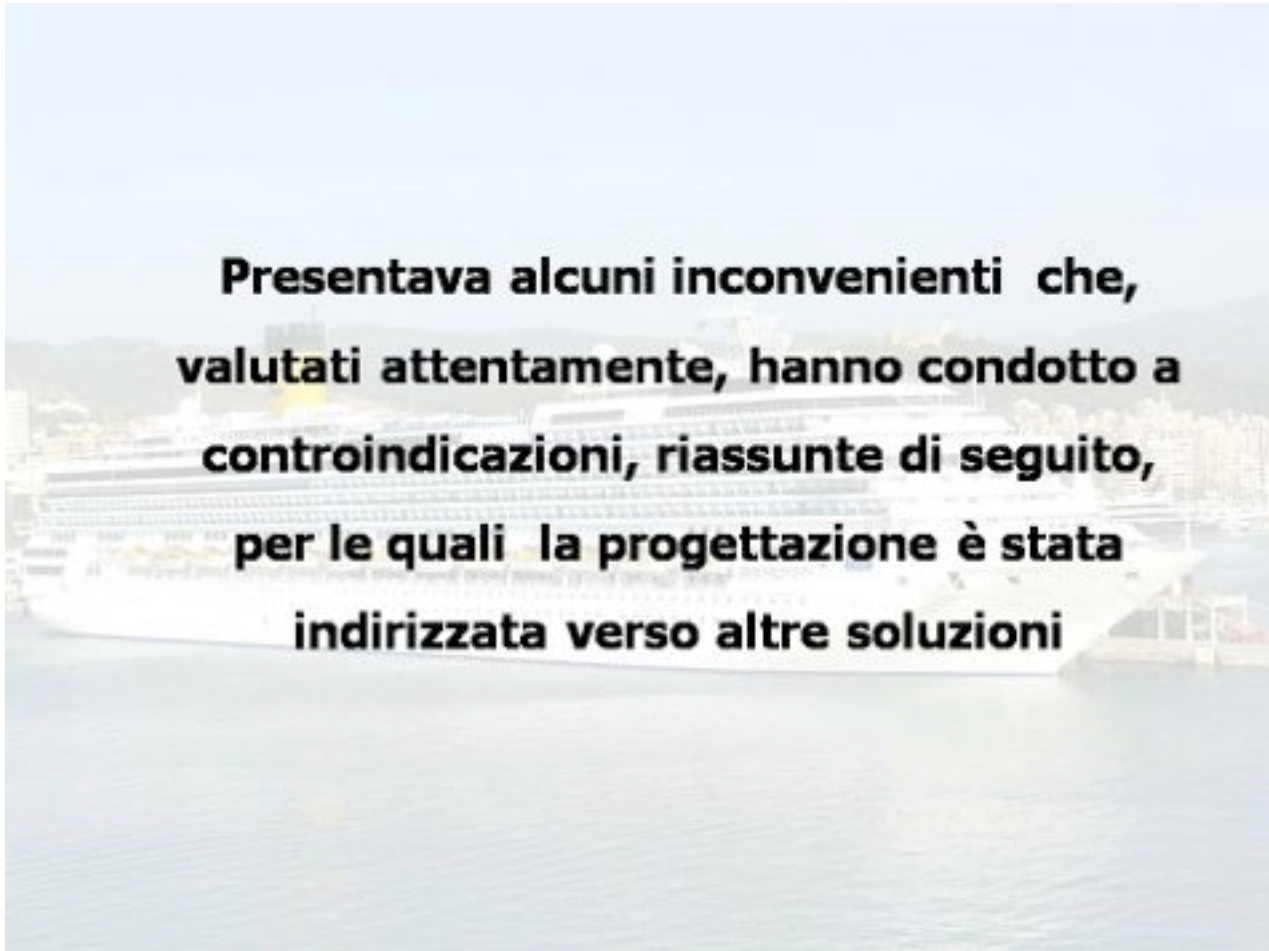


Sezione della nave in fase di armamento in bacino

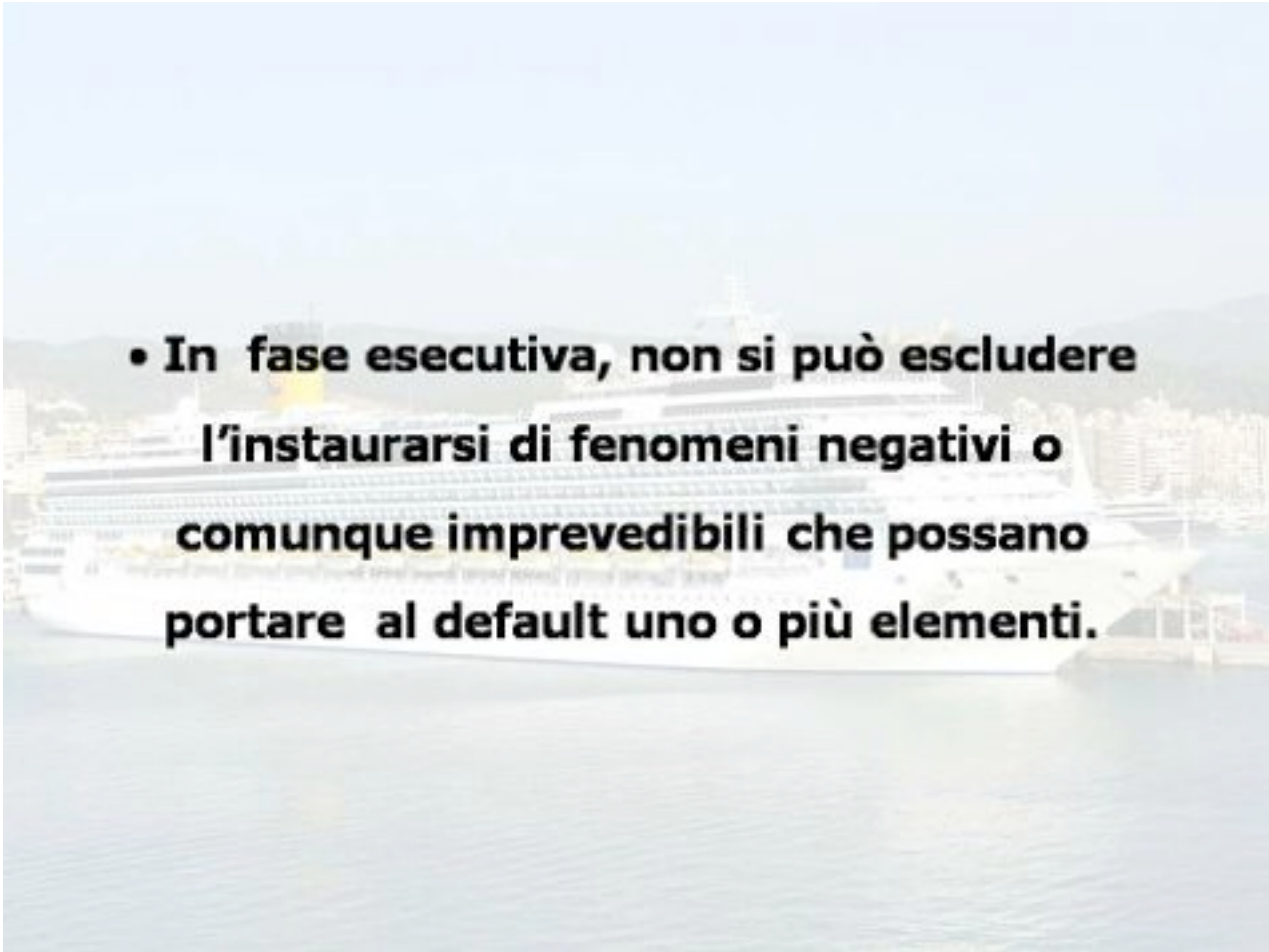


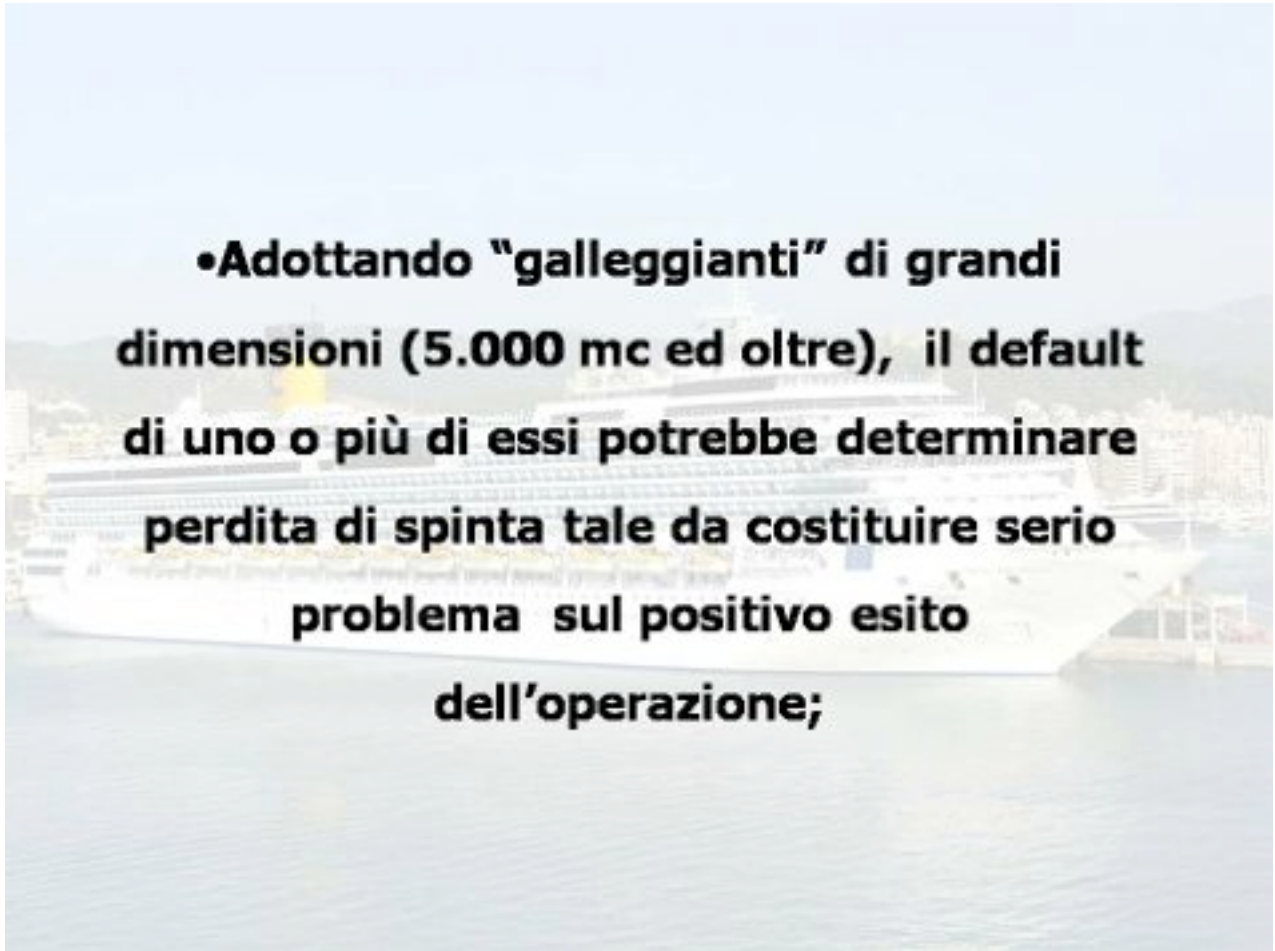
TECNICHE DI "MASSIMA DISTRIBUZIONE"

La scelta di elementi di sollevamento di dimensioni ragguardevoli, sarebbe stata la più immediata e semplice da perseguire in quanto, avrebbe consentito l'impiego di un numero **MINIMO di essi.**



Presentava alcuni inconvenienti che, valutati attentamente, hanno condotto a controindicazioni, riassunte di seguito, per le quali la progettazione è stata indirizzata verso altre soluzioni

- 
- **In fase esecutiva, non si può escludere l'instaurarsi di fenomeni negativi o comunque imprevedibili che possano portare al default uno o più elementi.**




•Adottando "galleggianti" di grandi dimensioni (5.000 mc ed oltre), il default di uno o più di essi potrebbe determinare perdita di spinta tale da costituire serio problema sul positivo esito dell'operazione;



Si potrebbero infatti verificare cedimenti :

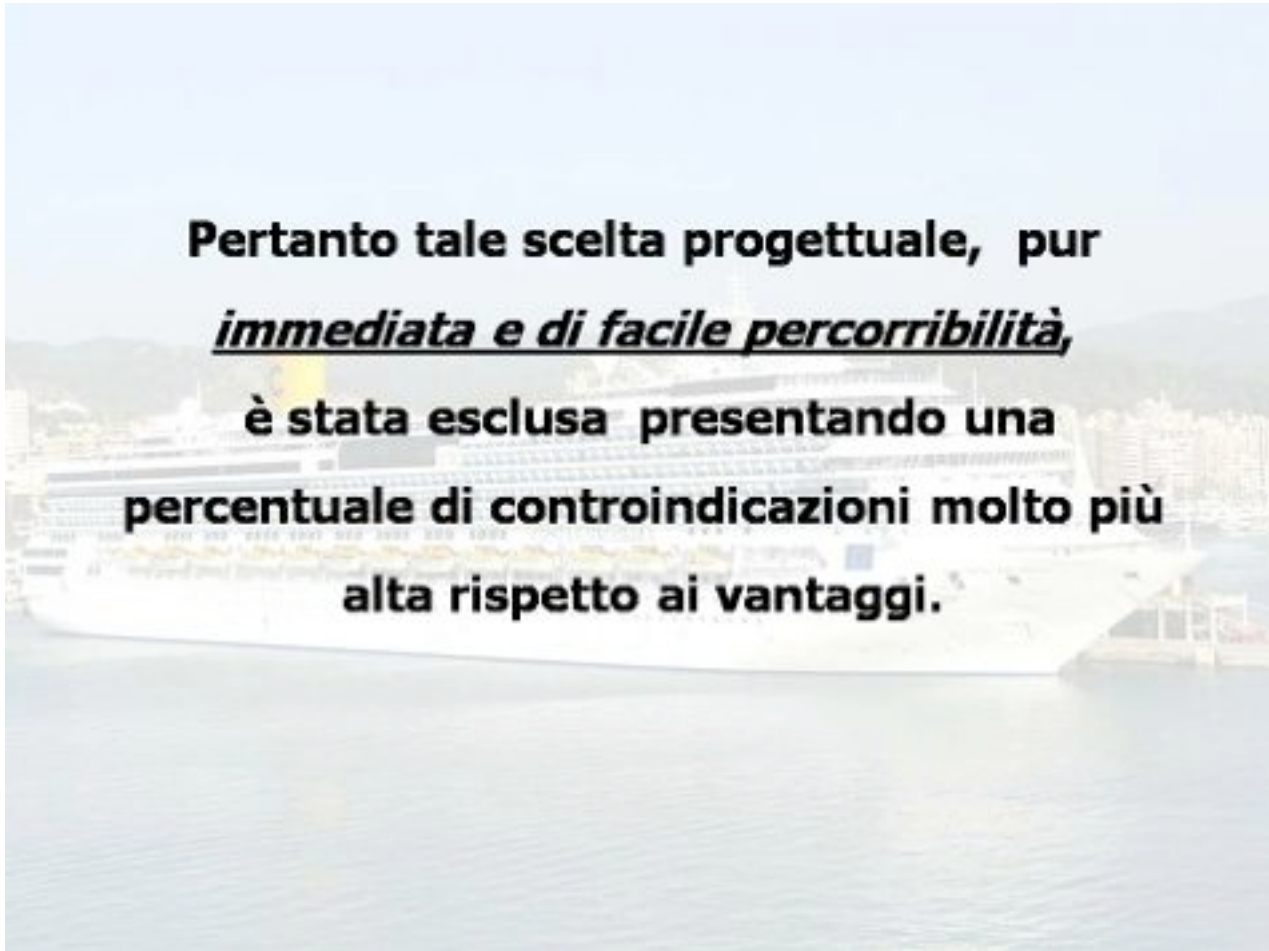
- strutturali degli ancoraggi;**
- di qualche saldatura;**
- di elementi strutturali della nave;**
- di cavi, martinetti, impianto idraulico**



Vanificando l'apporto cui l'elemento era destinato causando il collasso dello scafo, parti di esso o del sistema nel suo complesso. Questa è un'altra delle ragioni che hanno escluso l'impiego di tale metodologia di recupero.

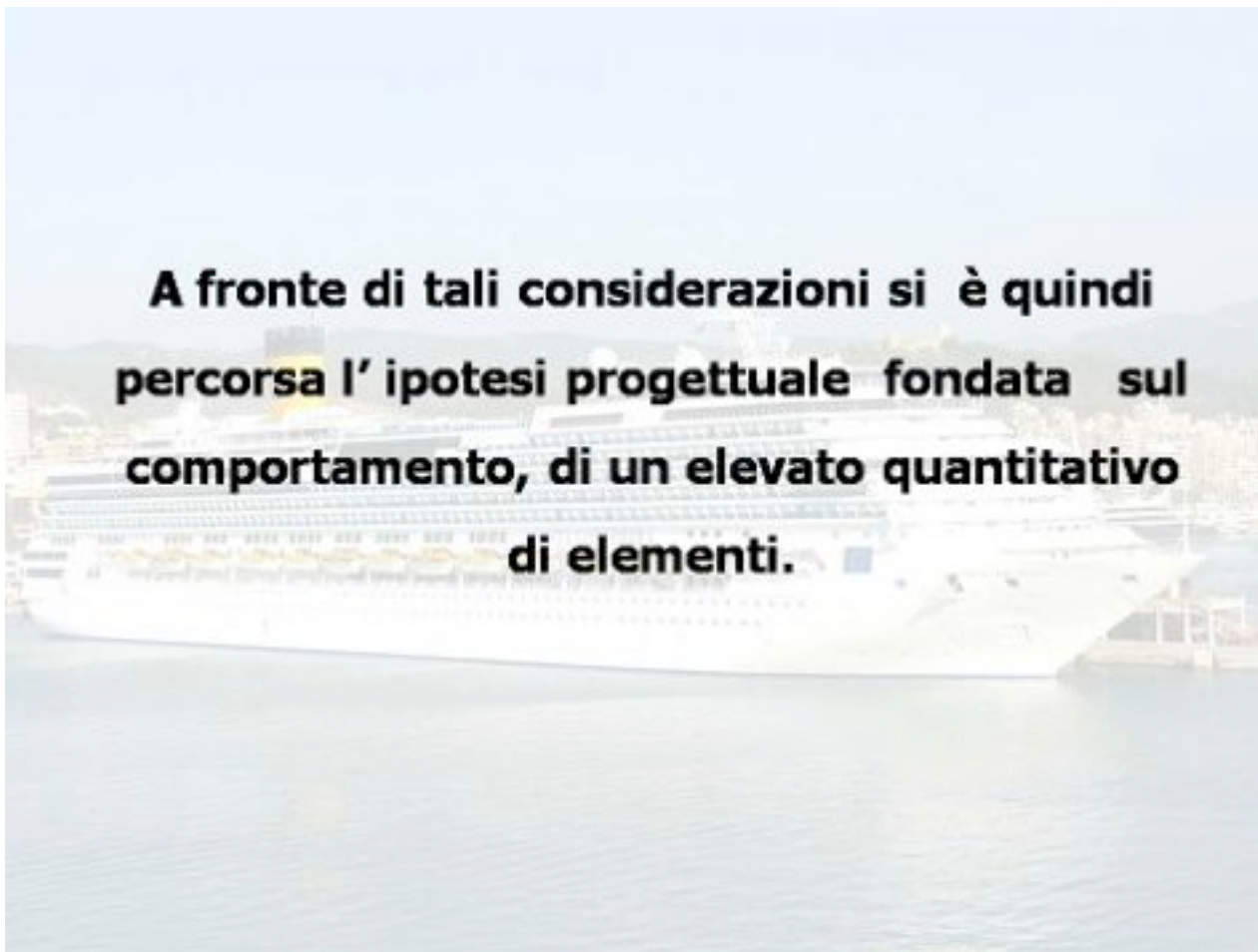
- **L'impiego di elementi di grandi dimensioni, per loro stessa natura geometrica, non consente di controllare l'equilibratura dello scafo, così come è necessario ed auspicabile ottenere, in ogni fase del sollevamento e della rotazione.**

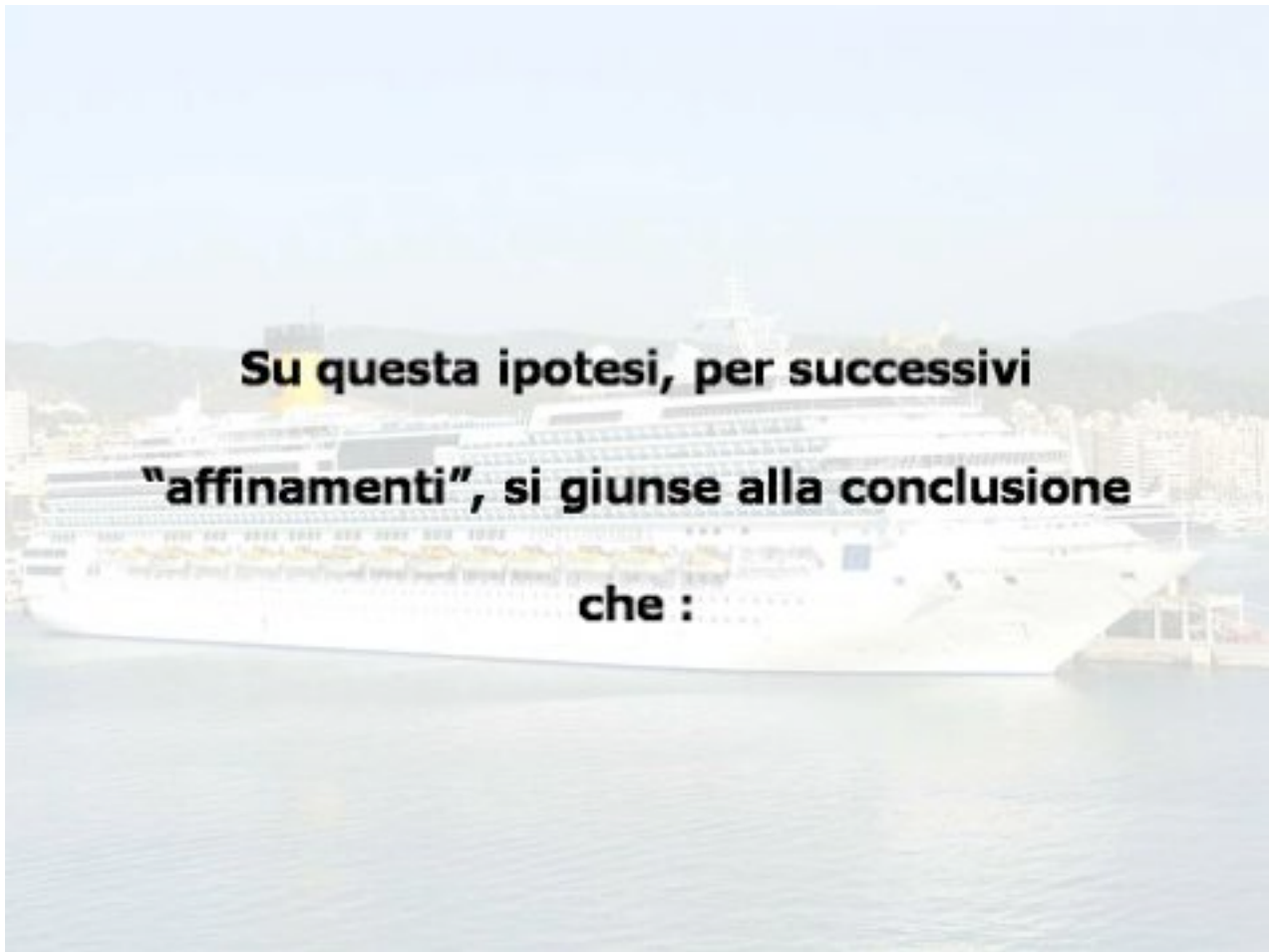




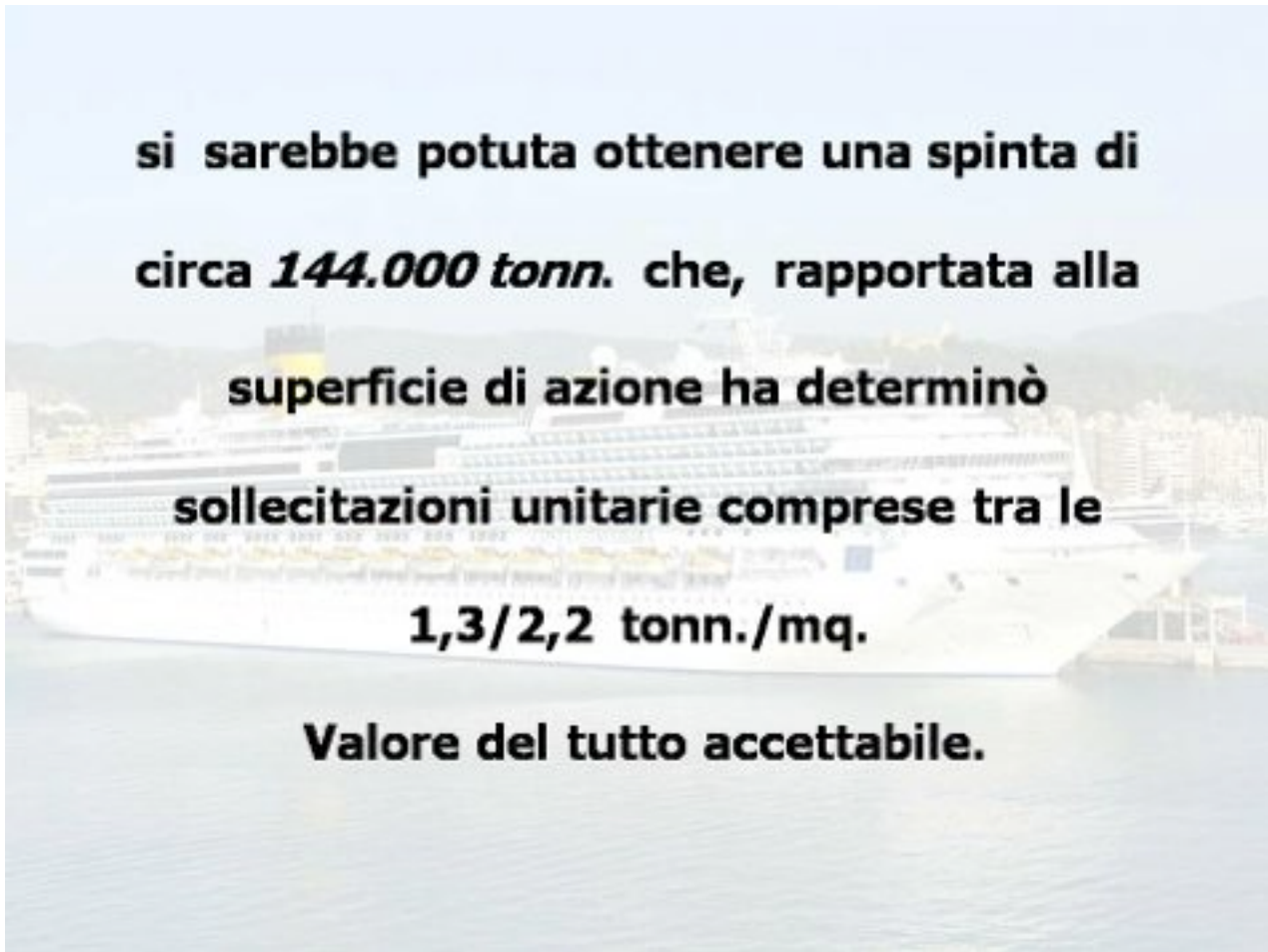
Pertanto tale scelta progettuale, pur
immediata e di facile percorribilità,
è stata esclusa presentando una
percentuale di controindicazioni molto più
alta rispetto ai vantaggi.

**A fronte di tali considerazioni si è quindi
percorsa l'ipotesi progettuale fondata sul
comportamento, di un elevato quantitativo
di elementi.**





**Su questa ipotesi, per successivi
"affinamenti", si giunse alla conclusione
che :**

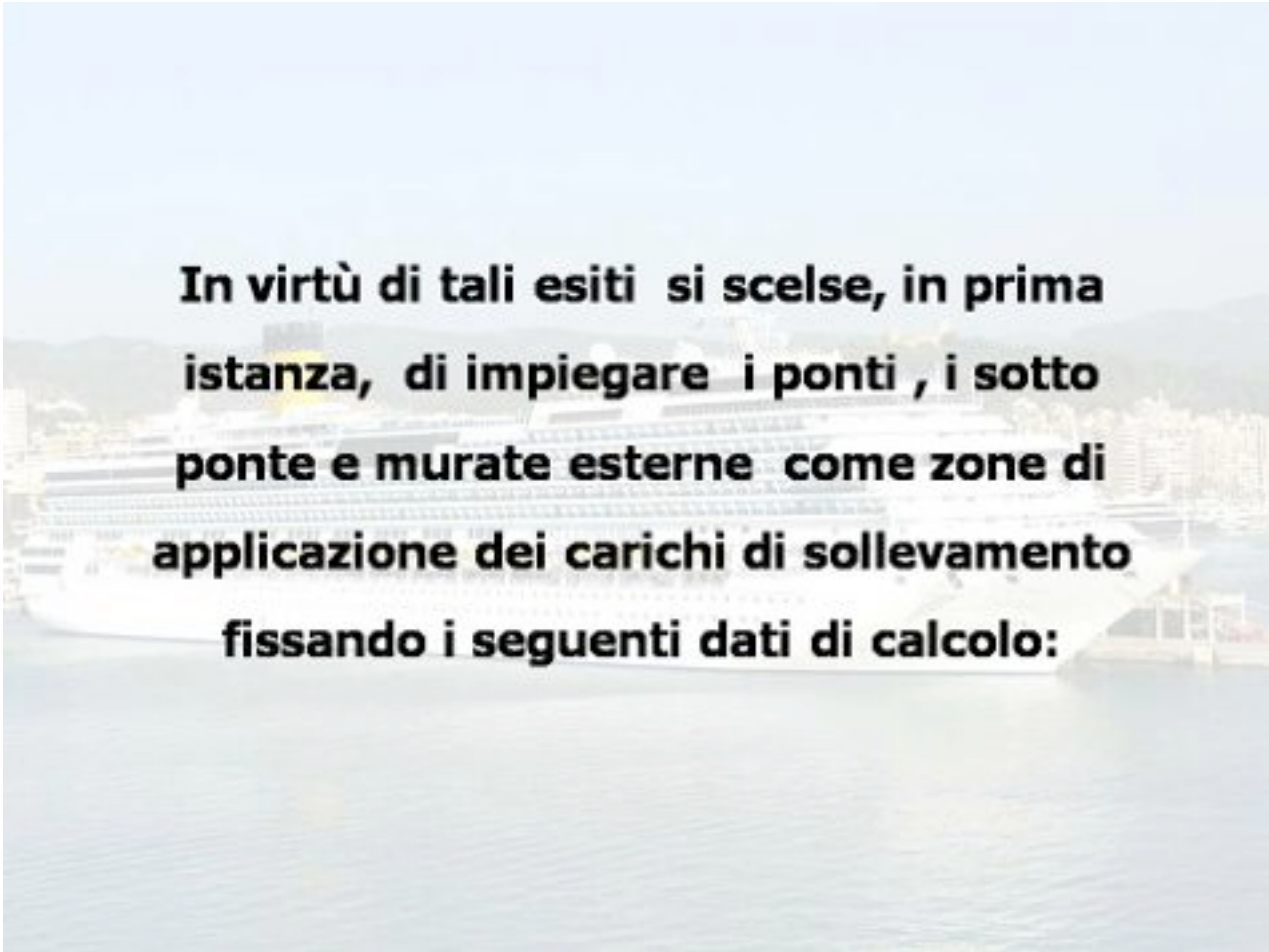


**si sarebbe potuta ottenere una spinta di
circa *144.000 tonn.* che, rapportata alla
superficie di azione ha determinò
sollecitazioni unitarie comprese tra le
1,3/2,2 tonn./mq.**

Valore del tutto accettabile.

Questo risultato confortante, suggerì che la
voluta ripartizione dei carichi

**"si sarebbe dovuta attuare su tutte
strutture della nave nel loro
complesso, e non in zone limitate o
punti singolari".**



In virtù di tali esiti si scelse, in prima istanza, di impiegare i ponti , i sotto ponte e murate esterne come zone di applicazione dei carichi di sollevamento fissando i seguenti dati di calcolo:



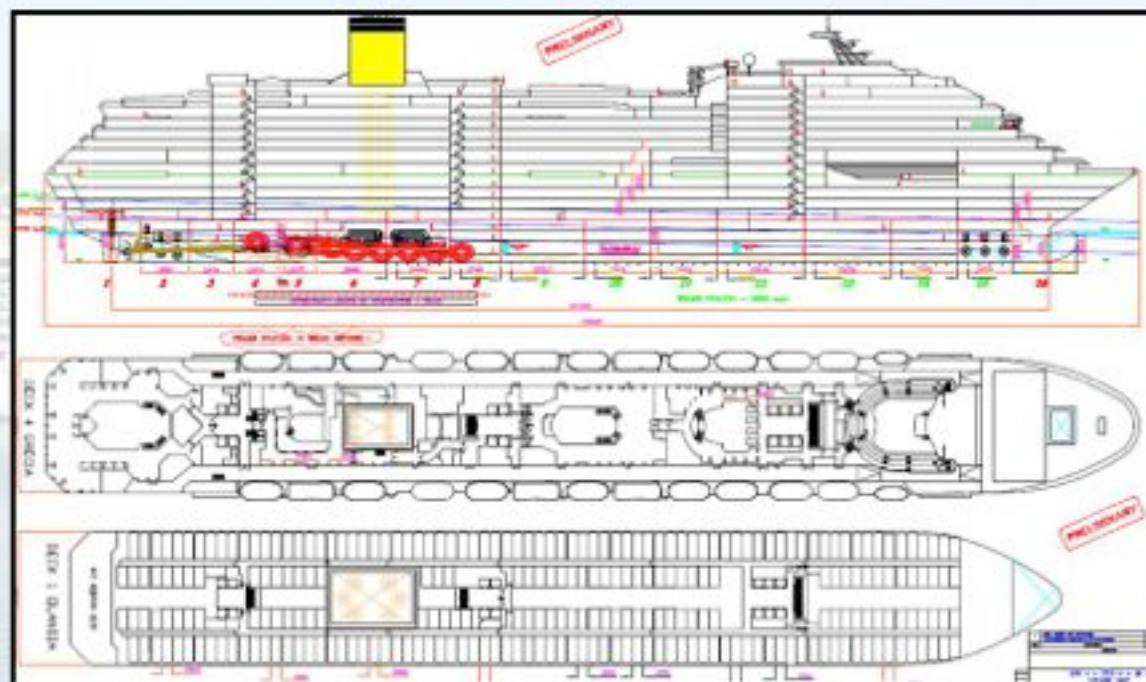
lunghezza di progetto : 200,00 mt;

altezza di progetto murate : 20,00 mt;

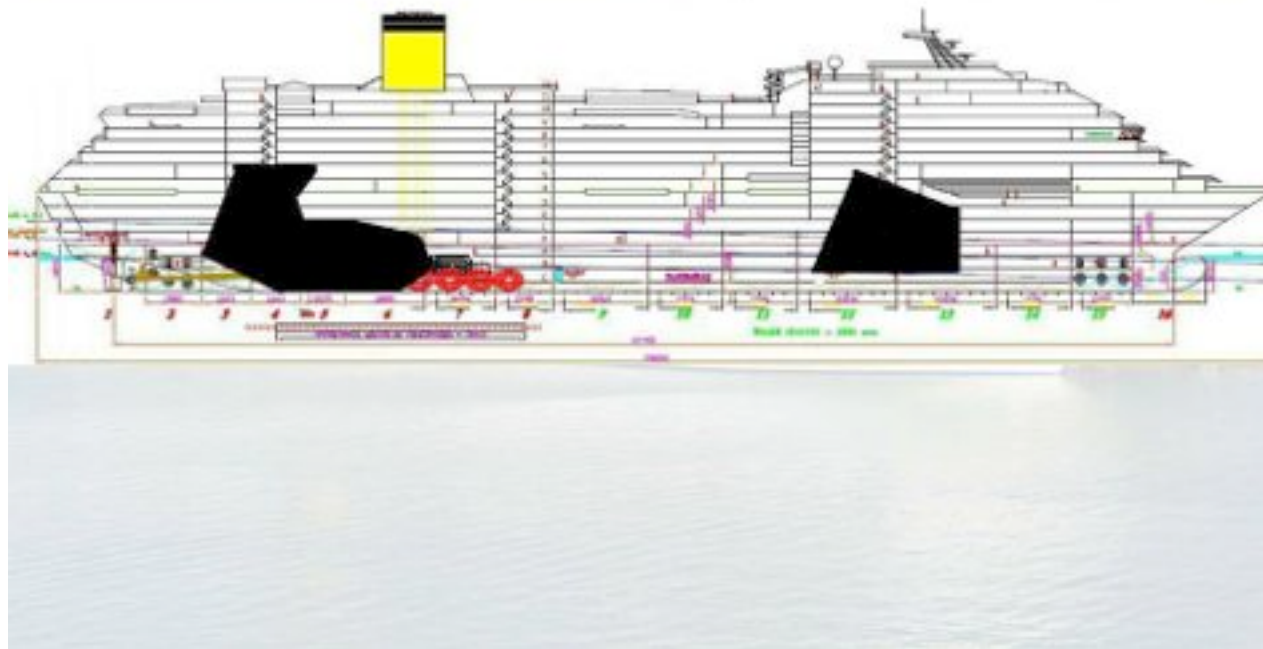
larghezza fondo carena : 35.50 mt.;

p.s. acqua marina : 1,025 tonn/mc.

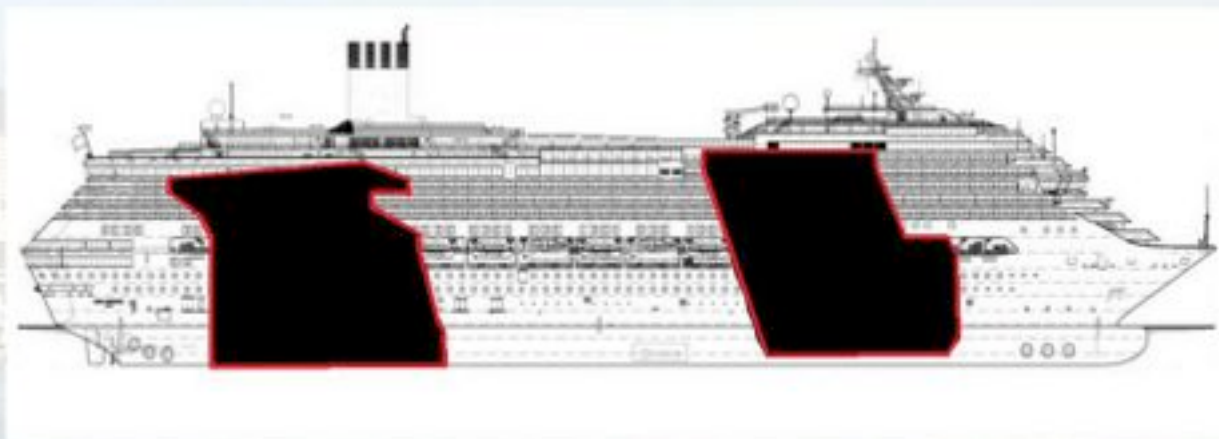
Schema longitudinale e planimetriche dei ponti 1 e 4 con relative zone danneggiate



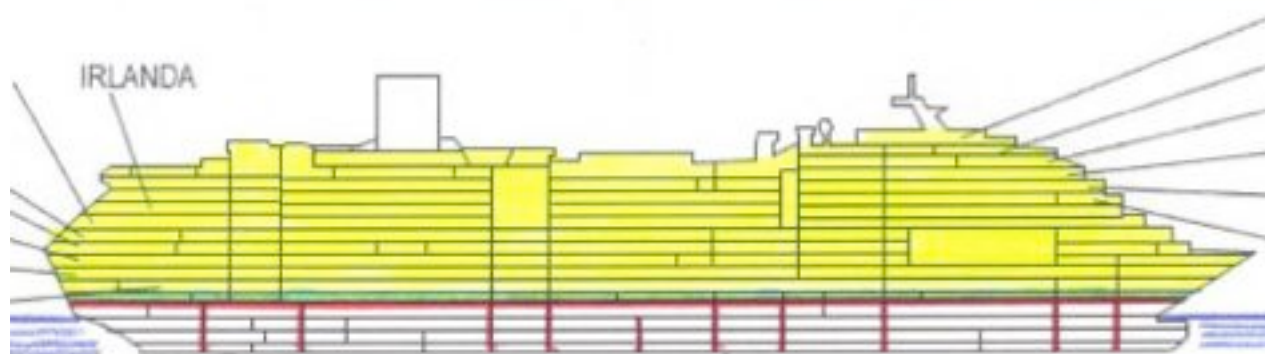
Schema dei danni rilevati in aprile/maggio 2012 e zone di contatto presunte



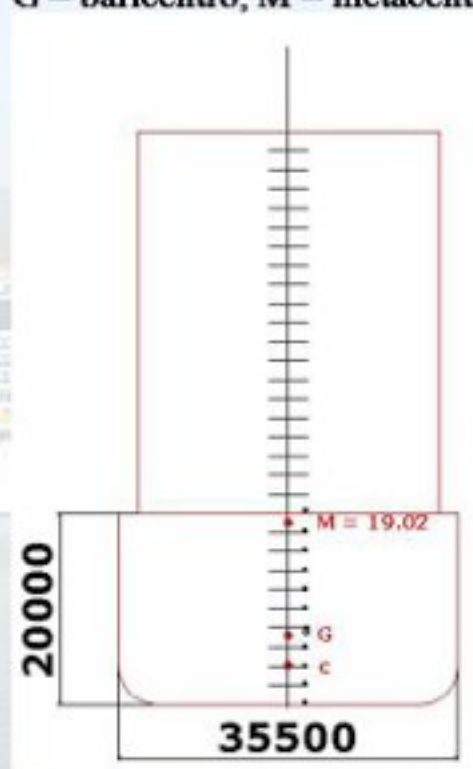
Schema presunto dei punti di contatto a gennaio 2013

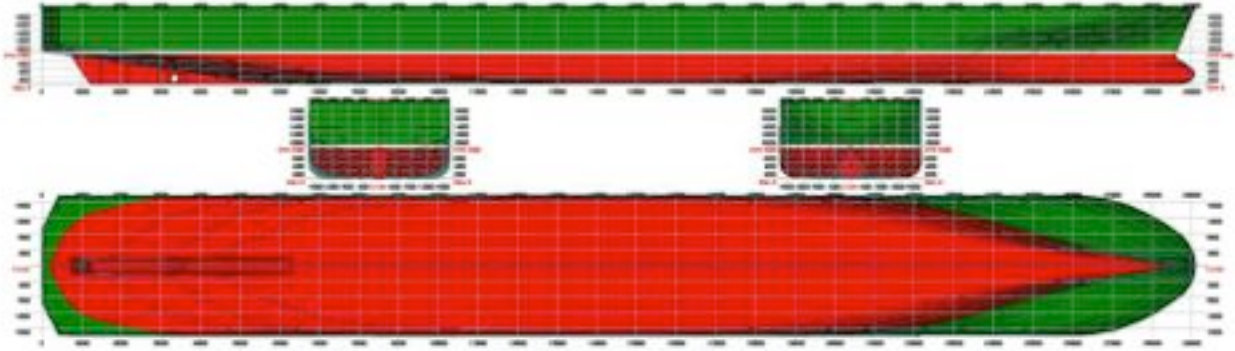
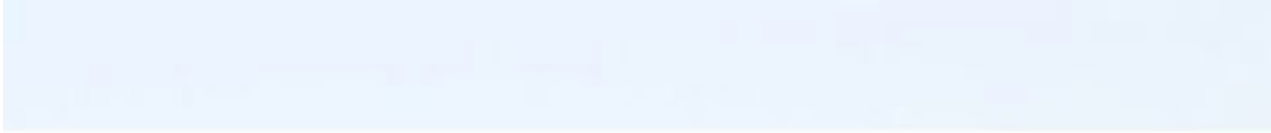


Schema delle compartimentazioni dal piano di costruzione al Ponte "0"



Posizione originaria dei punti notevoli: C = centro di carena,
G = baricentro, M = metacentro



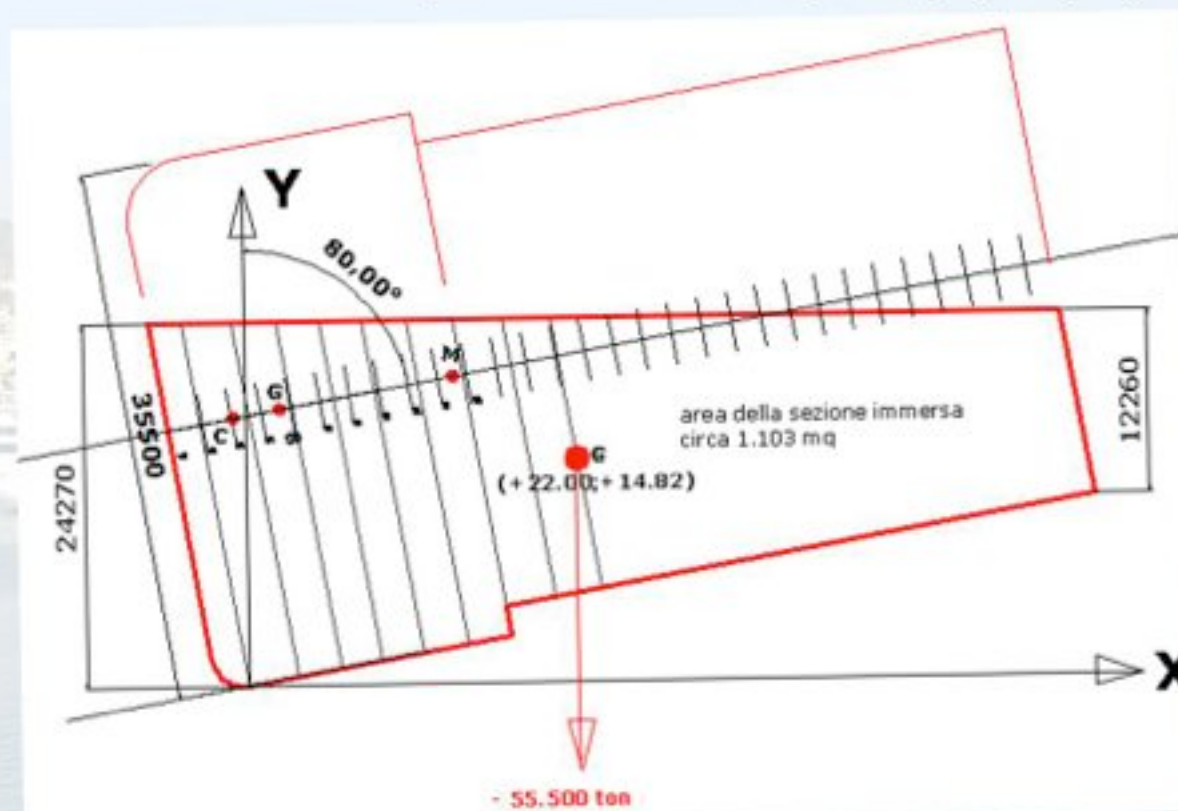


Metodologia e funzionamento del sistema

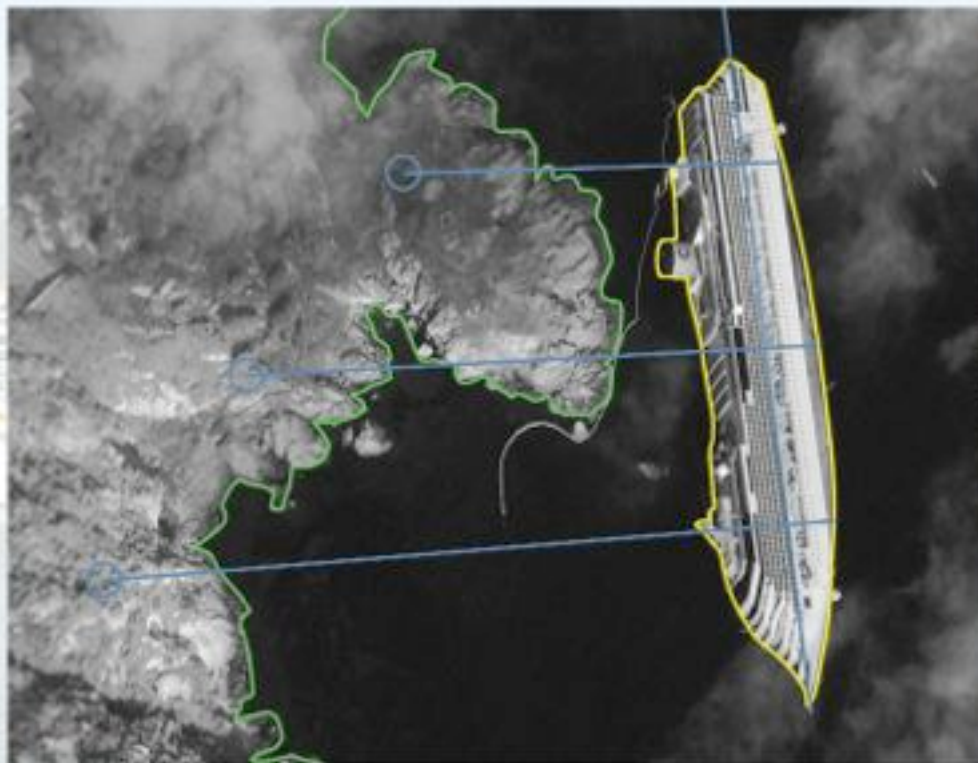


Mediante l'impiego di elementi pneumatici inseriti in compositi (FRC) ad alta resistenza, controllati univocamente con la metodologia a matrice spaziale

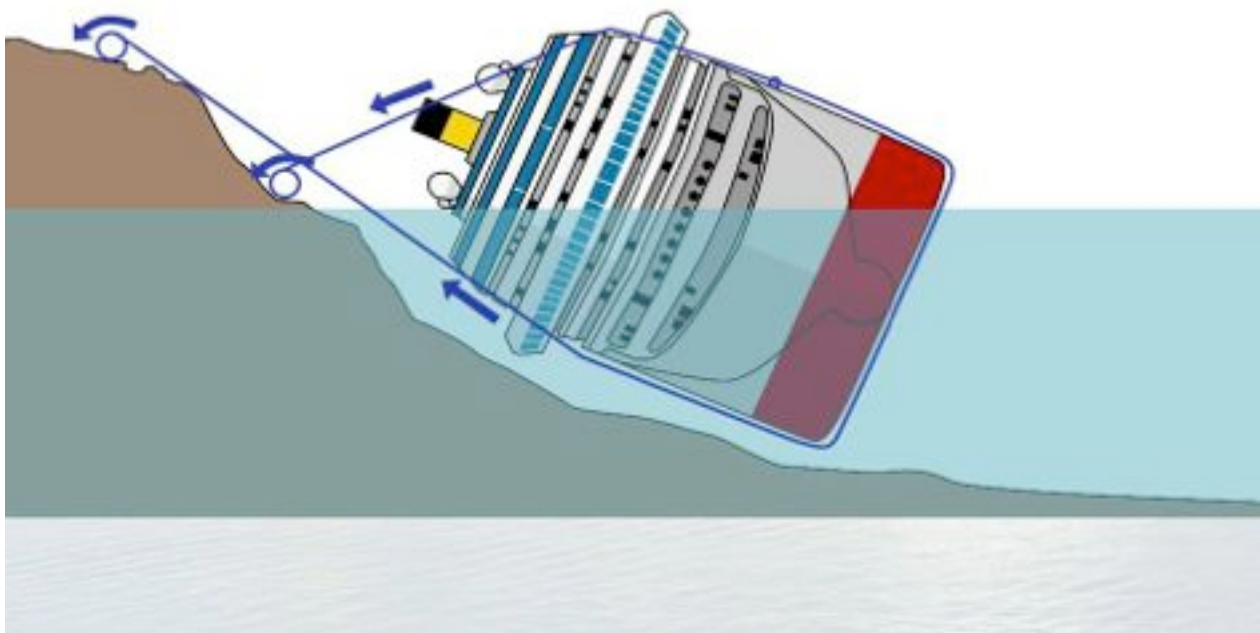
Posizione del baricentro, sezione immersa all'angolo di progetto (80°)



Schema planimetrico del sistema di trattenuta attuato interamente a terra



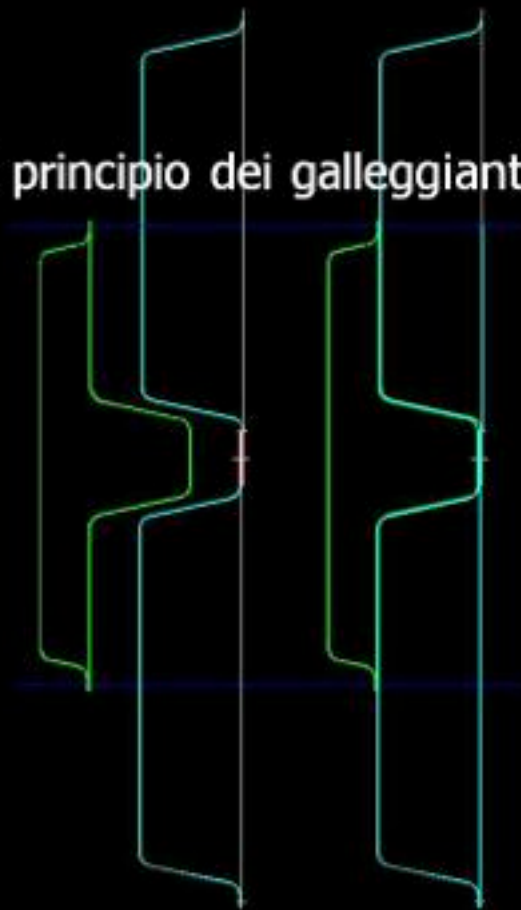
Schema statico risultante del sistema di trattenuta della nave realizzato in cordame RFC inguainato messo in tensione da argani collocati sulla terra ferma

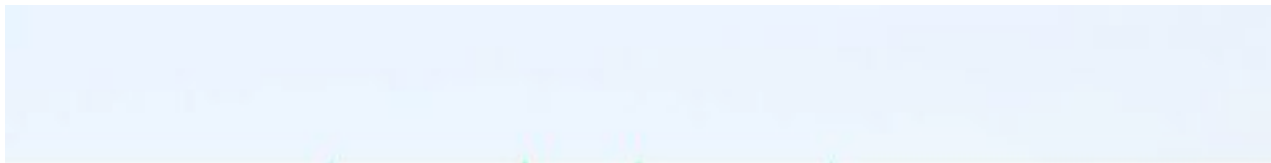


Schema sistemazione elementi di carena collegati trasversalmente attraverso il ponte imbarco

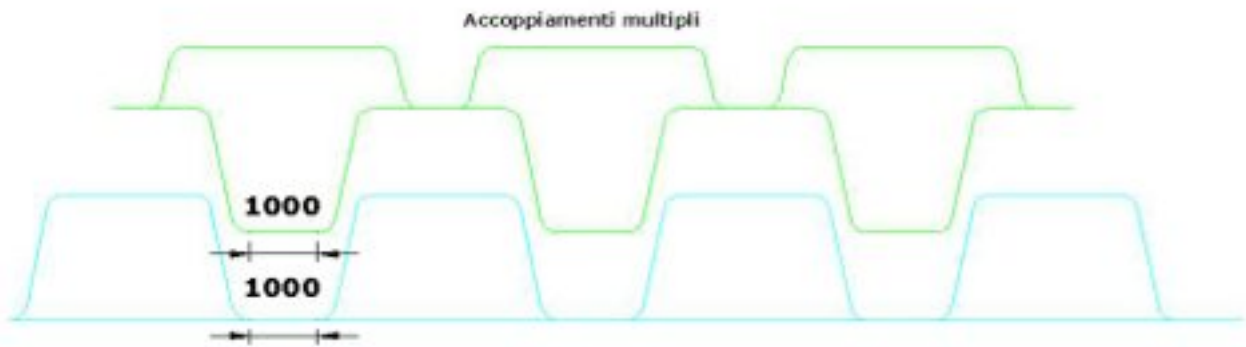


Schema di principio dei galleggianti contro carena





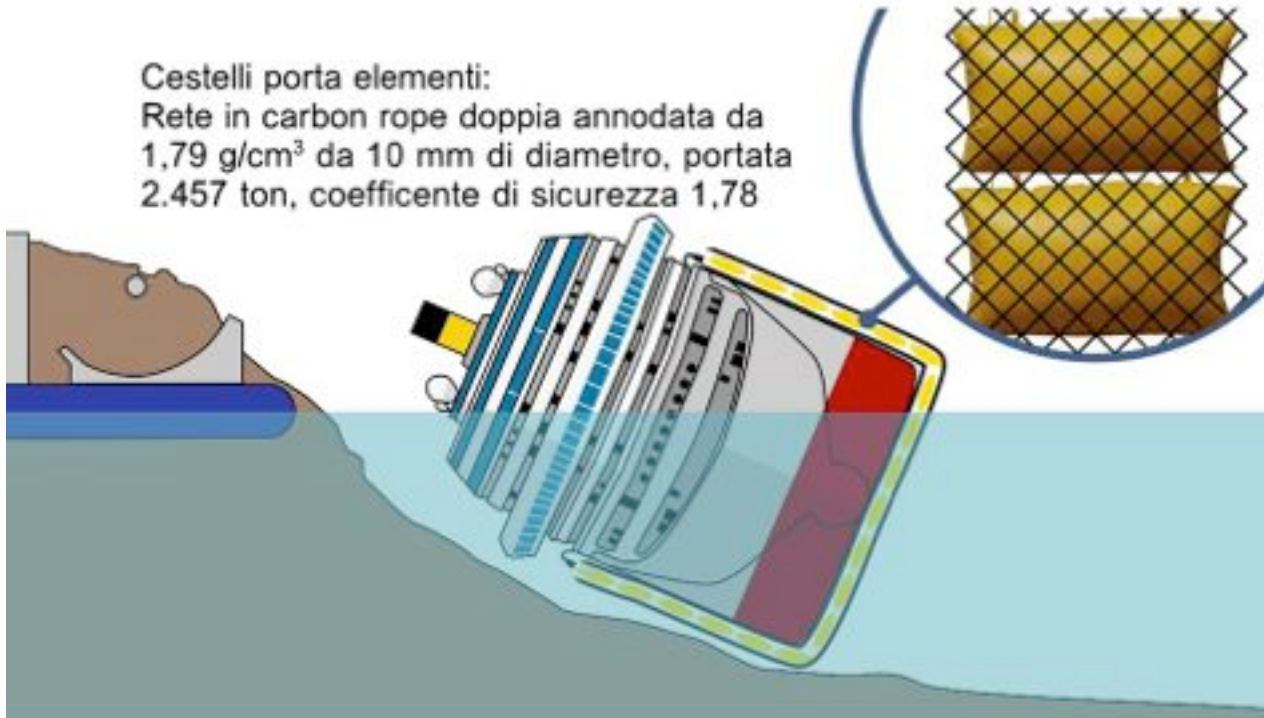
"mariovane" di
sovrapposizione



Prototipo elemento di sollevamento in tessuto armato con materiale sintetico ad alta resistenza e relative valvole di sovrappressione esterne.



Cestelli porta elementi:
Rete in carbon rope doppia annodata da
 $1,79 \text{ g/cm}^3$ da 10 mm di diametro, portata
2.457 ton, coefficiente di sicurezza 1,78



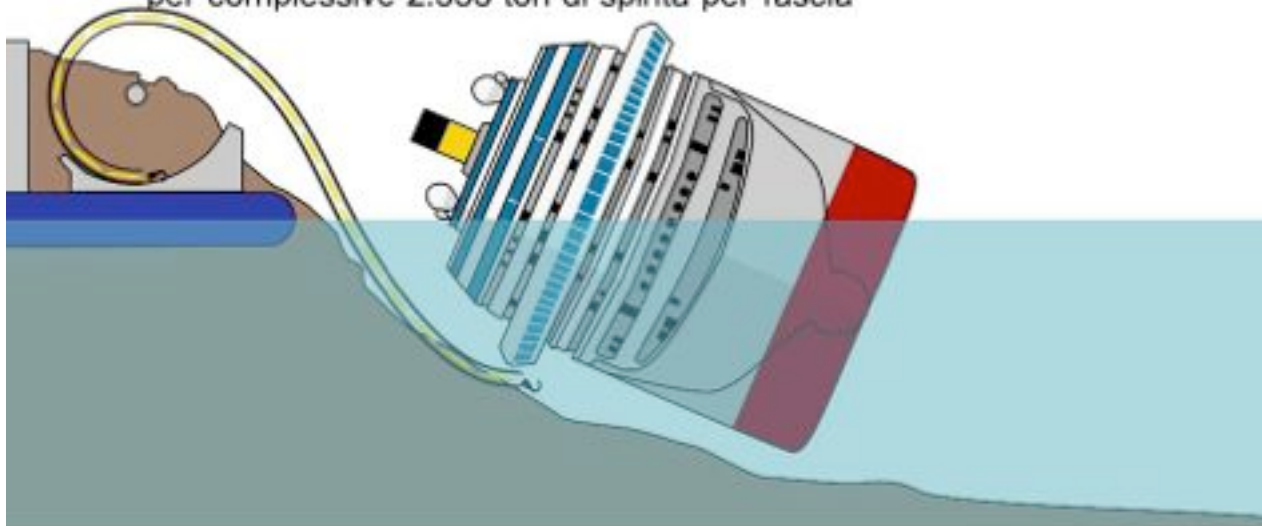
Cordame in FRC impiegato per la realizzazione dei cestelli porta elementi annodato da 10 mm portata massima di lavoro a trazione 394 tonn.



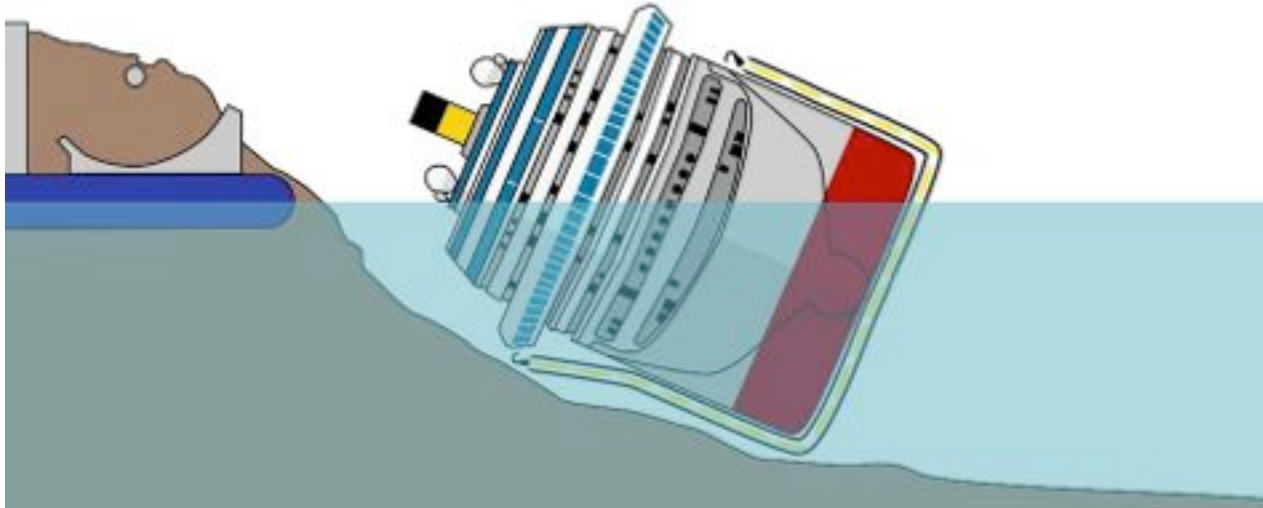
Caratteristiche fisico-meccaniche del cordame

Items		Values
Bulk Density (g/cm ³)		1.74~1.79
Carbon Content (%)		>99.5
Thermal conductivity (1050°C) (W/m · k)		0.10-0.14
Resistance (Ω · mm ²)/m		20~25
Tensile strength (Mpa)		450~500
Elongation (%)		1.0
Ash Content (%)		<1.0
Diameter (mm)		Φ2, Φ3, Φ4, Φ6 or on request
Processing Temperature (°C)		1800
Working Temperature	Air	300°C
	Vacuum	2200°C
	Protective atmosphere	3200°C

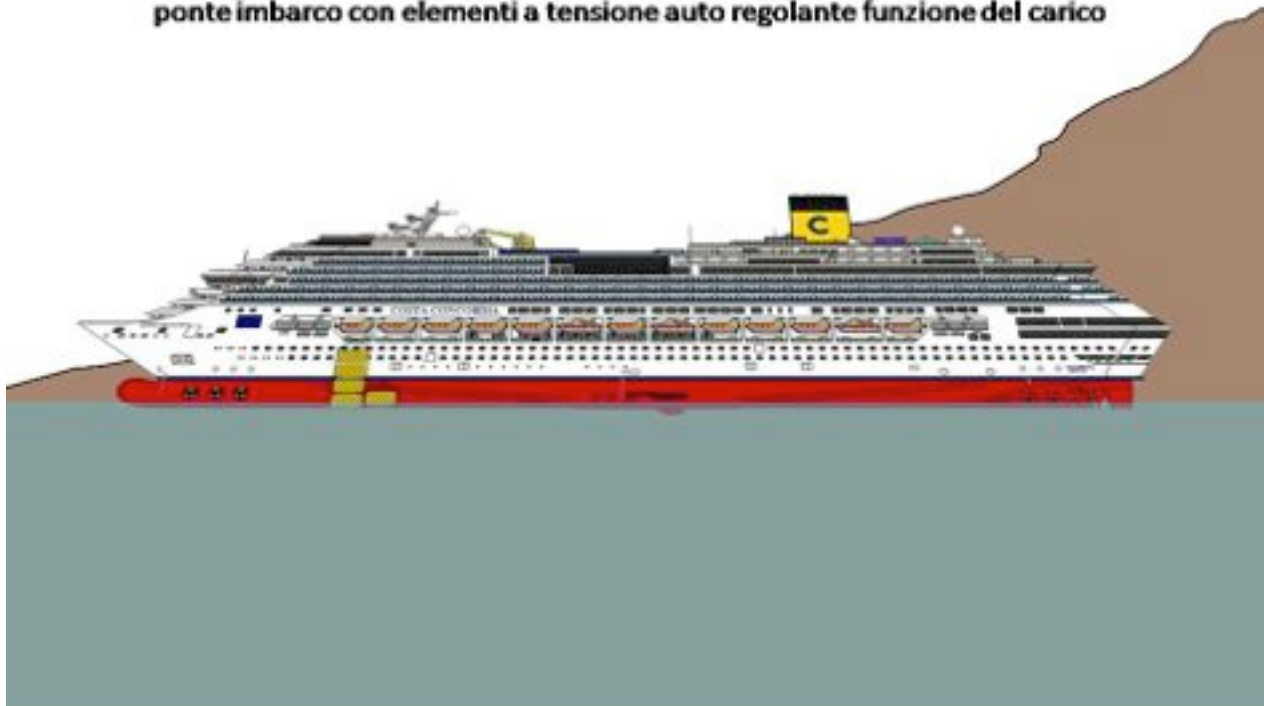
Varo degli elementi di sollevamento:
Rotoli preassemblati in fabbrica in fasce da 20 e 17 elementi
per complessive 2.553 ton di spinta per fascia



Varo degli elementi di sollevamento:
Rotoli preassemblati in fabbrica in fasce da 20 e 17 elementi
per complessive 2.553 ton di spinta per fascia

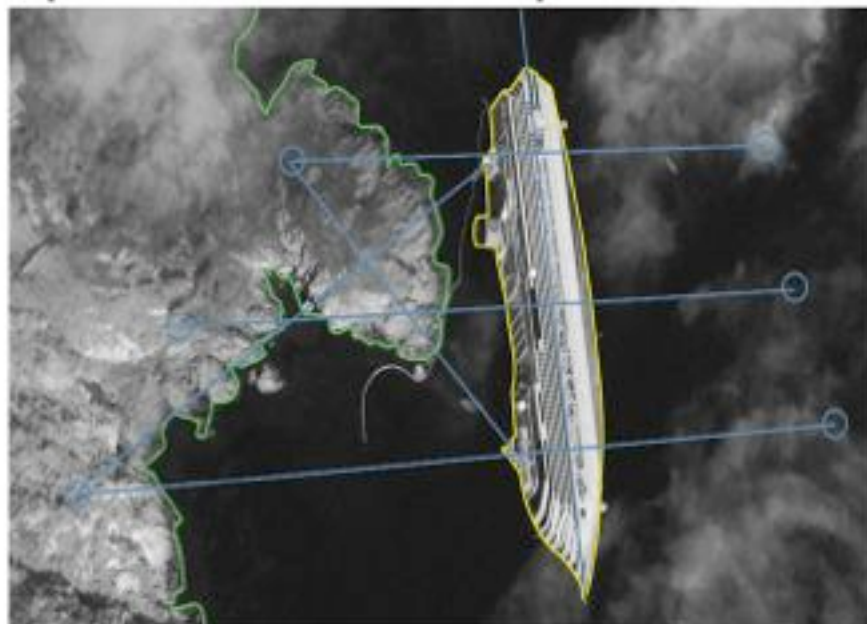


Recupero a sinistra delle fasce, ancoraggio e collegamento a dritta attraverso il ponte imbarco con elementi a tensione auto regolante funzione del carico



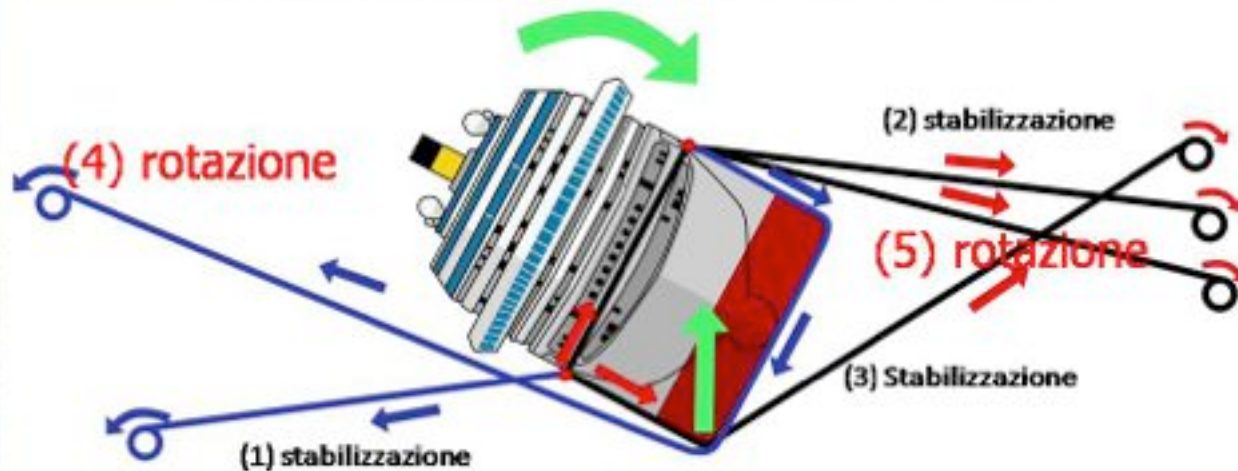


Schema di trattenuta dello scafo,realizzato impiegando gli stessi punti a terra ed aggiungendo punti fissi a mare materializzati da pontoni ancorati e dotati di argani.



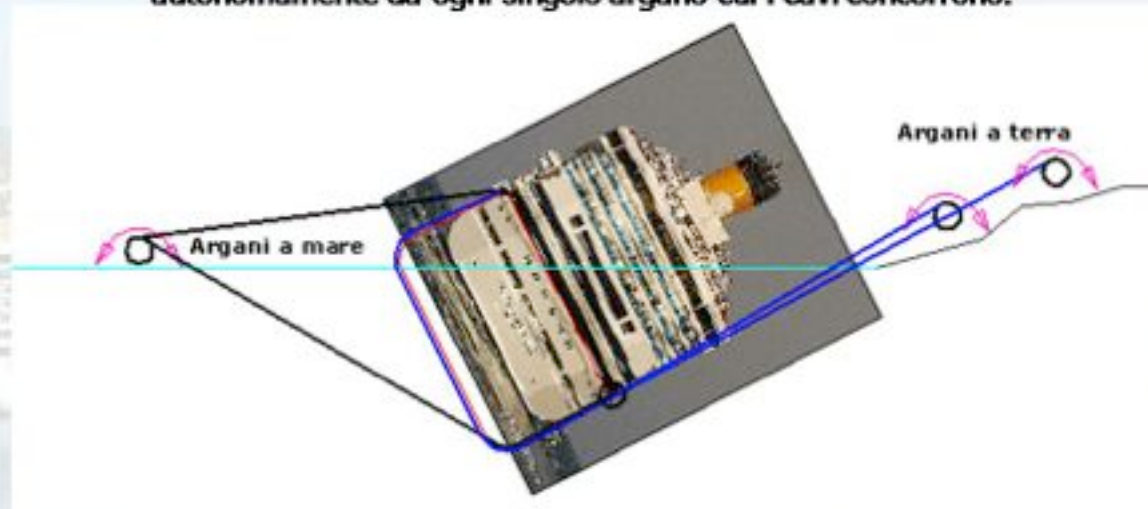
Tale schema consente di impedire spostamenti longitudinali dello scafo e permetterà di regolare ogni movimento indotto e non che lo scafo dovesse attuare nelle varie fasi del recupero

Schema statico trasversale risultante concorrente alla gestione dello scafo durante le fasi di sollevamento e di rotazione spontanea. Alcune sovrapposizioni sono graficamente apparenti, in realtà ogni singola azione viene gestita autonomamente da ogni singolo argano cui i cavi fanno capo.

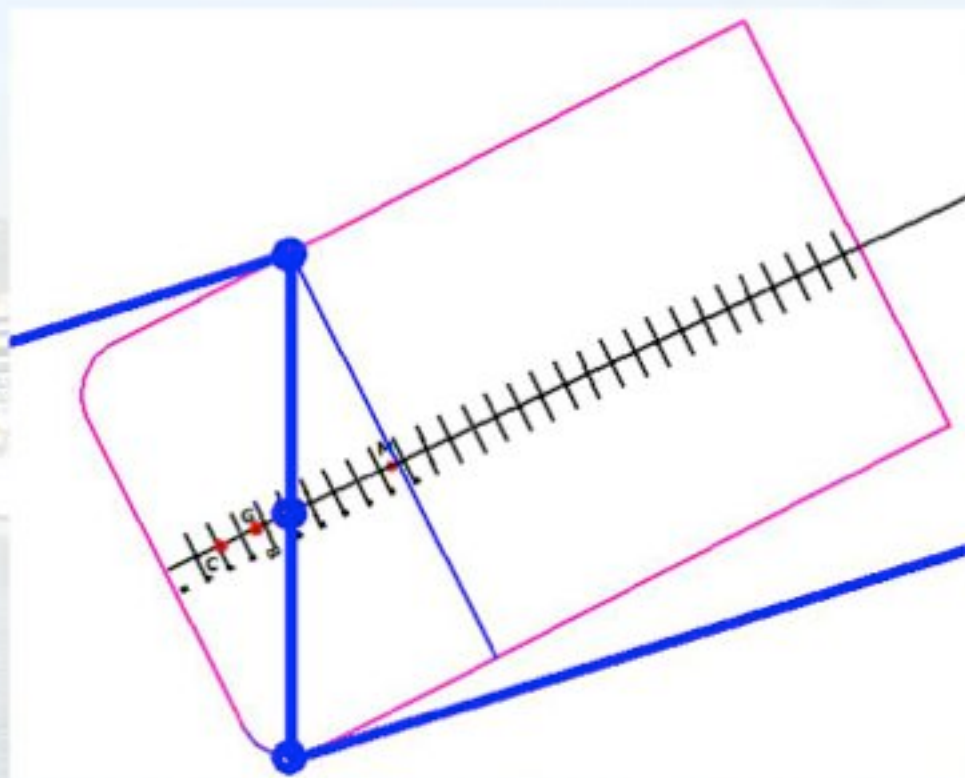


Tutti i punti di ancoraggio sullo scafo sono materializzati nelle zone normalmente impiegate per le operazioni di attracco della nave in banchina.

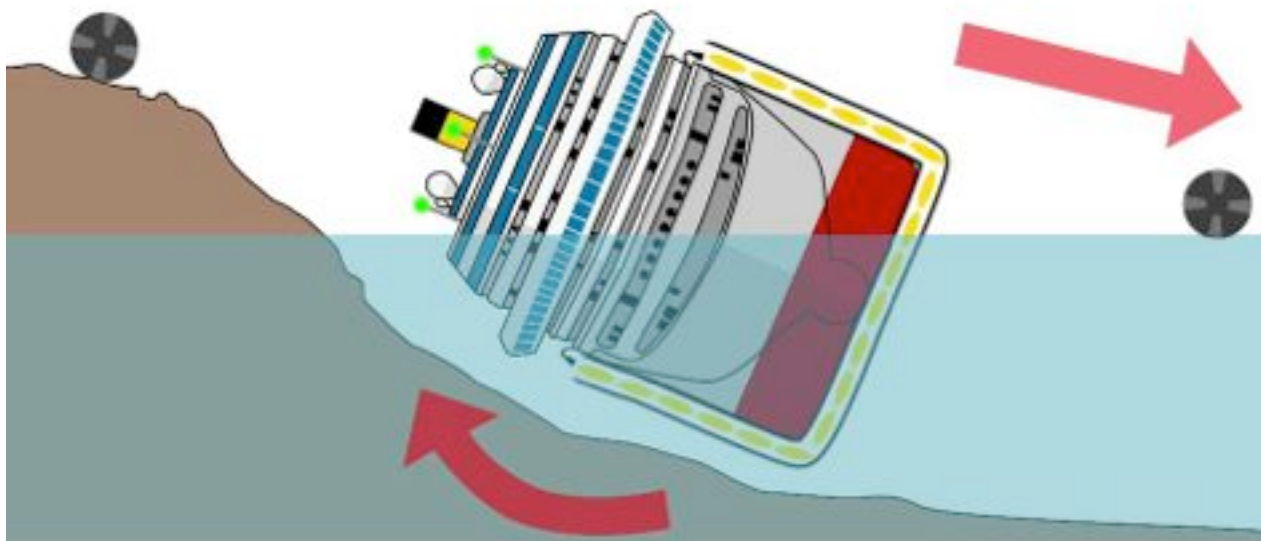
Schema statico trasversale risultante concorrente alla gestione dello scafo durante le fasi di sollevamento e di rotazione spontanea. Alcune sovrapposizioni sono graficamente apparenti, in realtà ogni singola azione viene gestita autonomamente da ogni singolo argano cui i cavi concorrono.



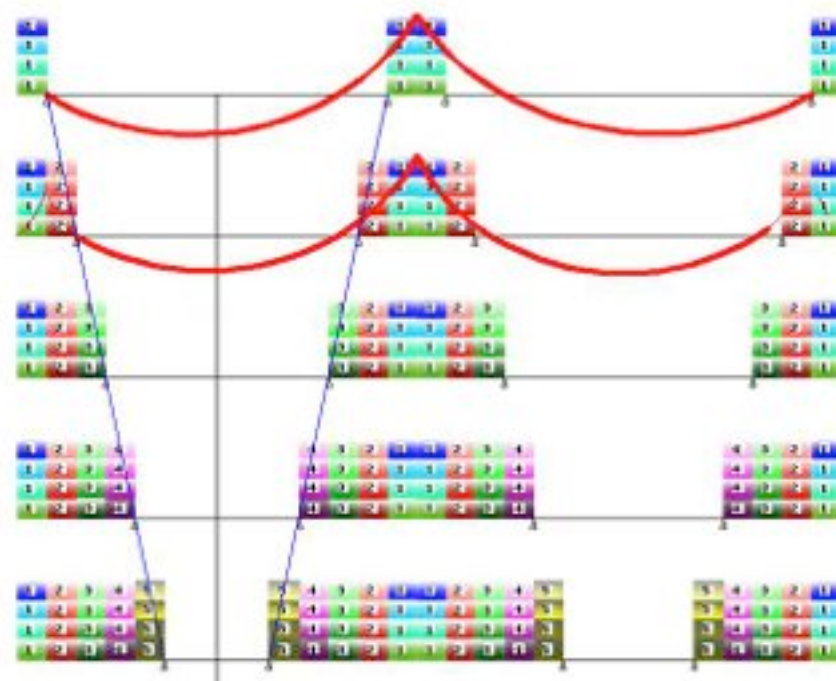
Sistema statico risultante



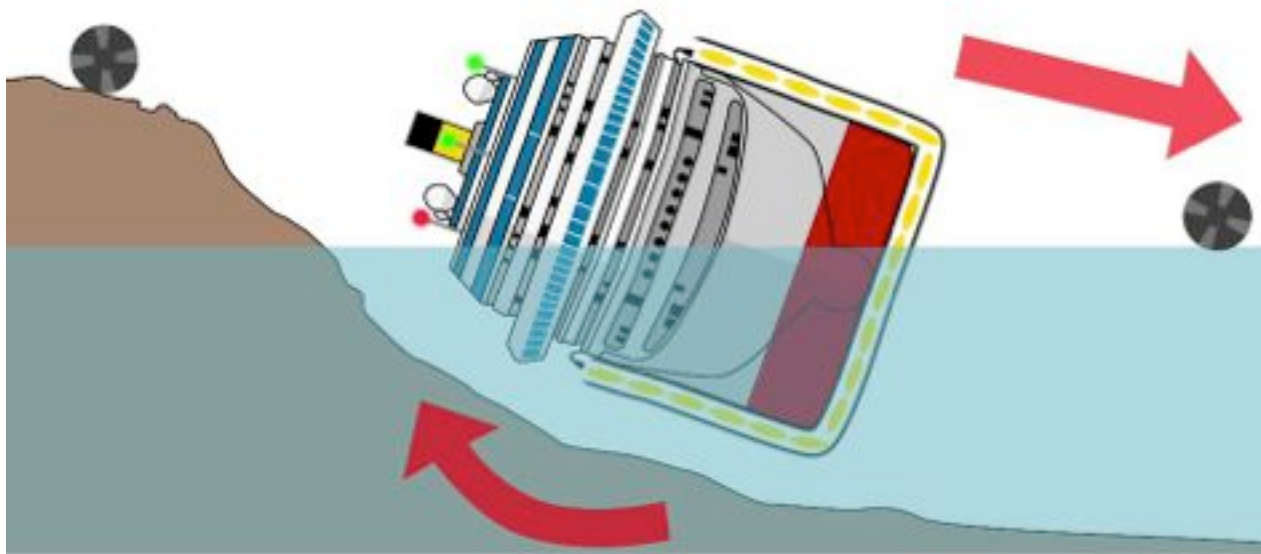
Inizio fasi di sollevamento verticale dello scafo per i distacco dal fondo



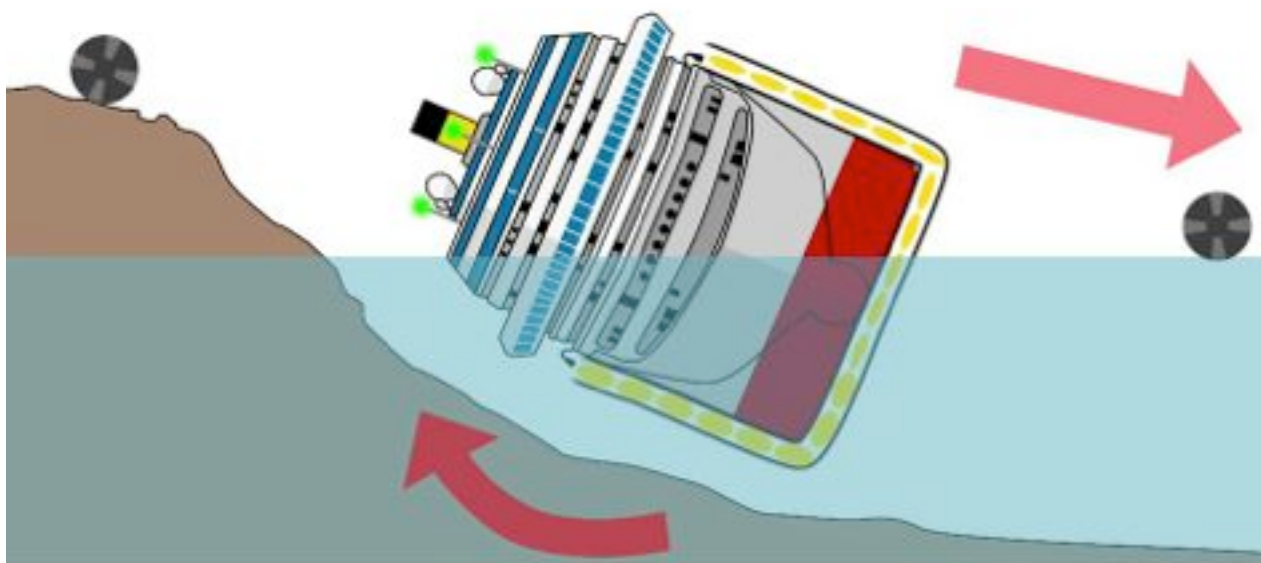
Schema statico generato dal sistema di attivazione degli elementi di sollevamento con la sequenza indicata dalla numerazione a matrice di ogni singolo elemento su ciascun lato e sul fondo della nave, mappati nella sala controllo attivazione



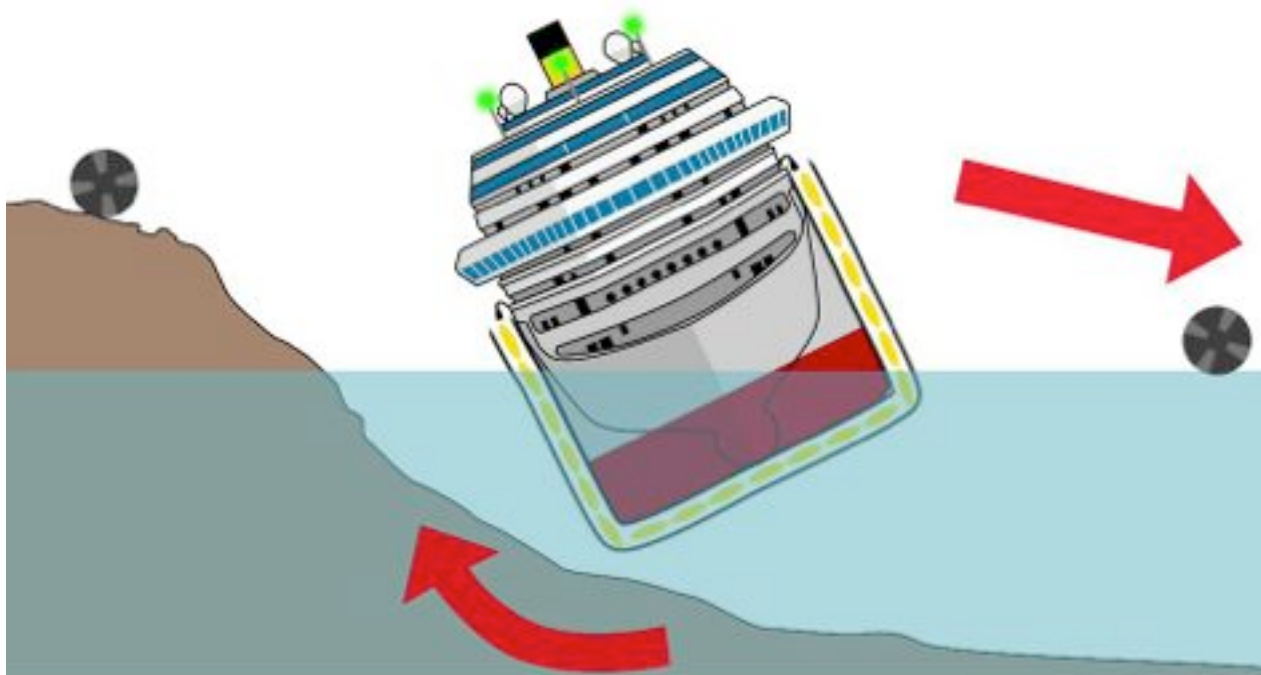
Inclinazione anomala, tendenza al capovolgimento a dritta segnalata dagli accelerometri di bordo



Correzione del fenomeno con aumento di portanza a dritta ed aumento di tensione cavi lato mare



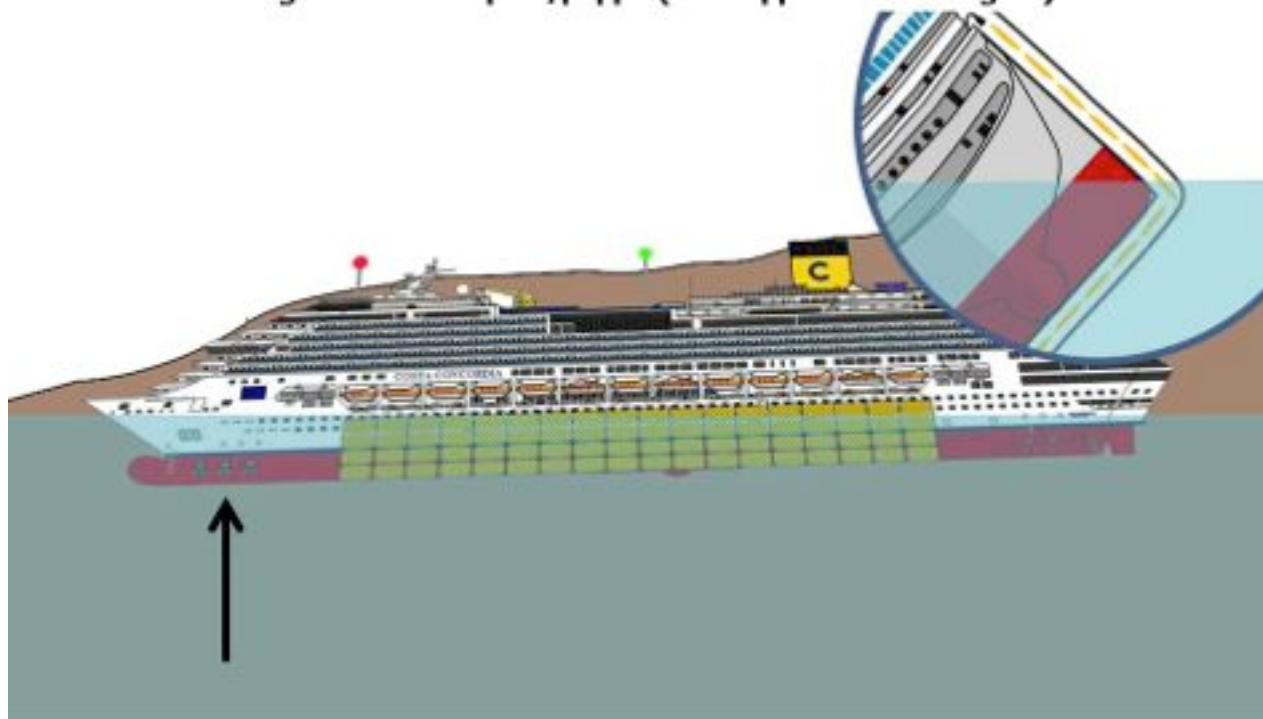
Fenomeno controllato e corretto

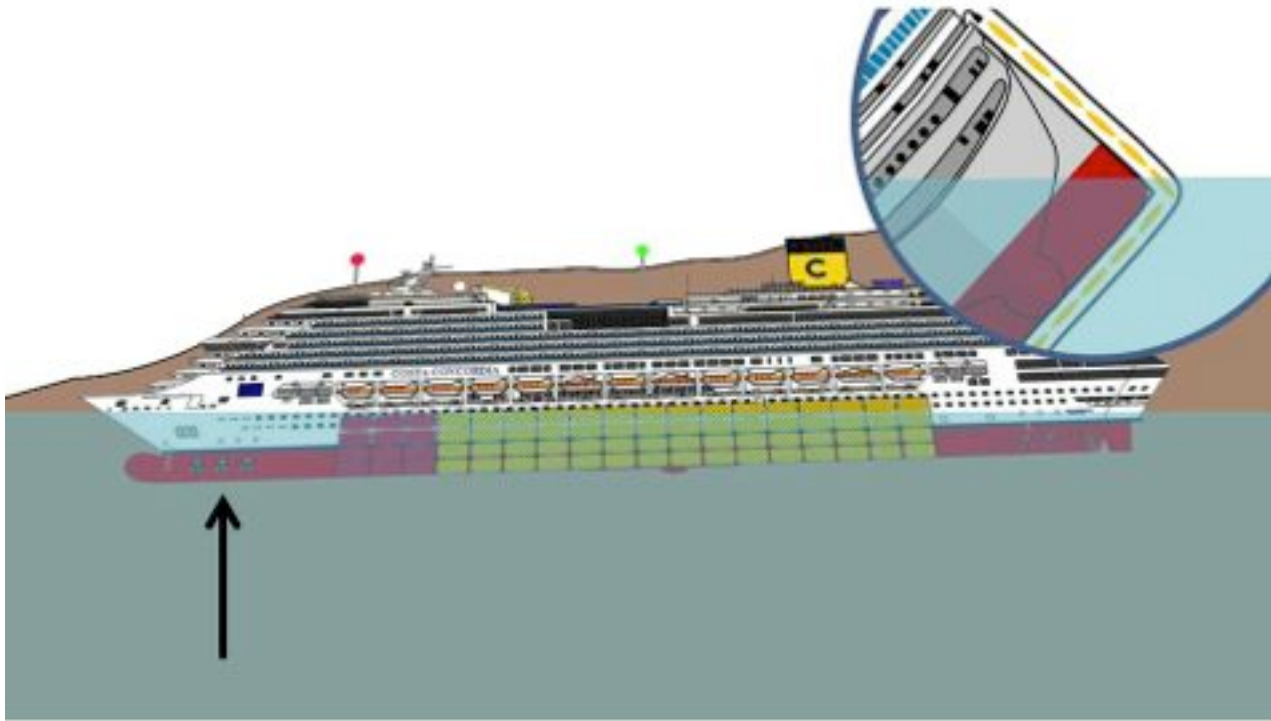


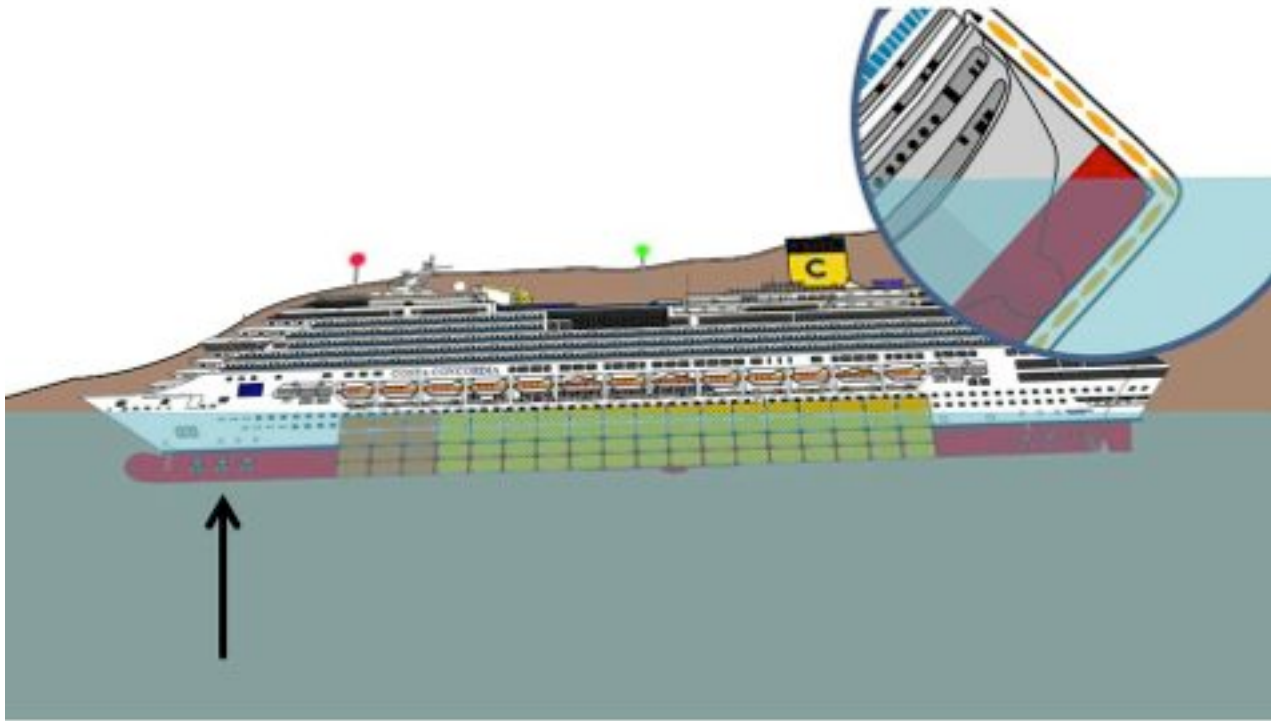
Inclinazione anomala, tendenza di appruamento/appoppamento dello scafo, segnalata dagli accelerometri di bordo

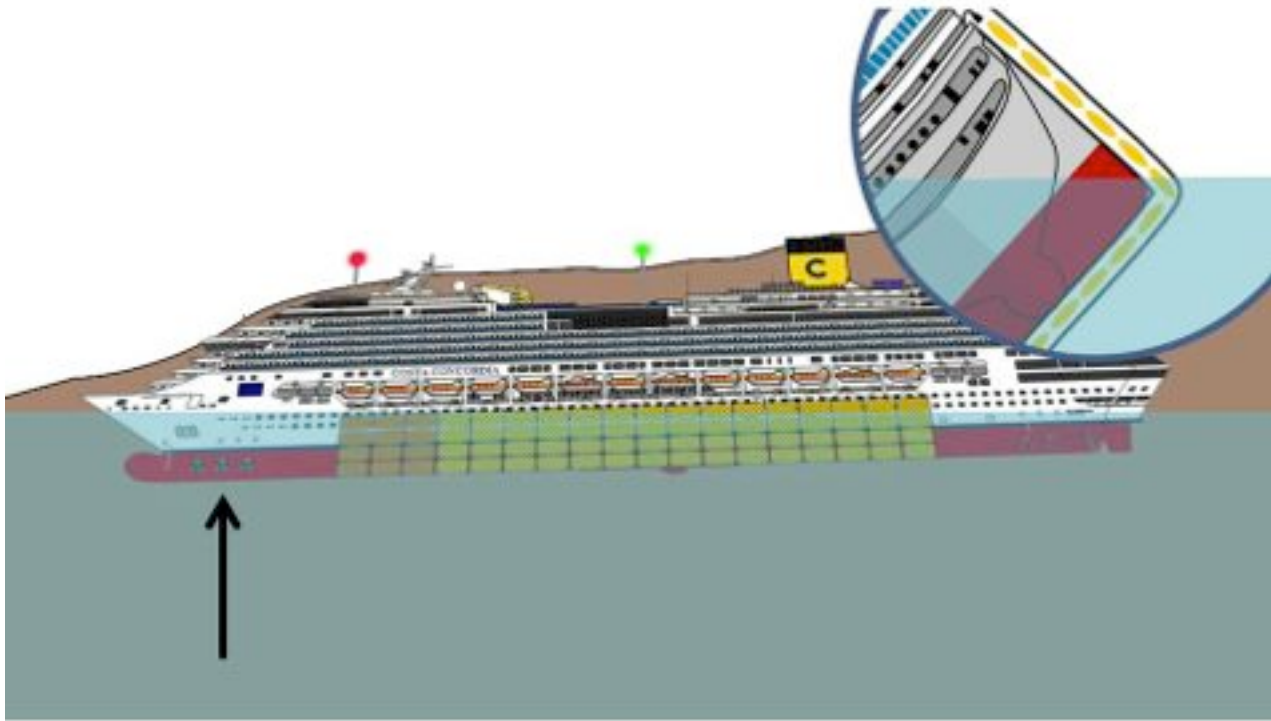


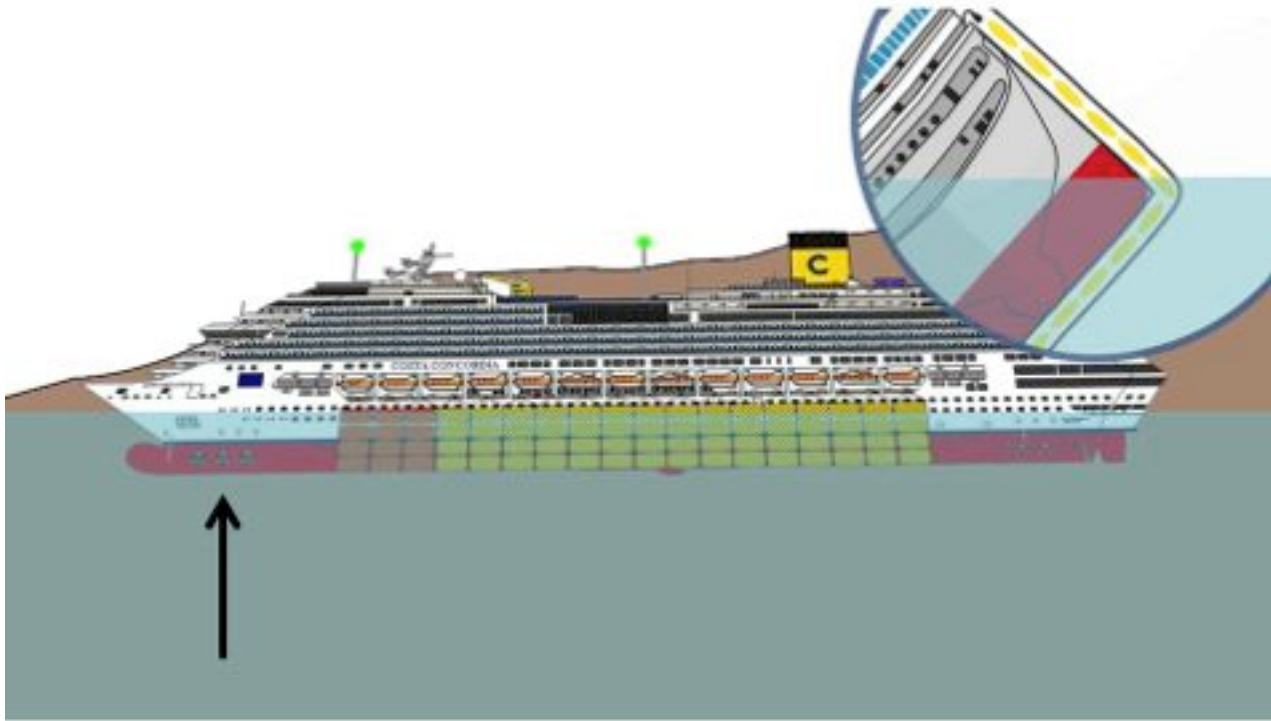
Correzione del fenomeno con l'aumento di pressione degli elementi di prua/poppa (non rappresentati in figura)



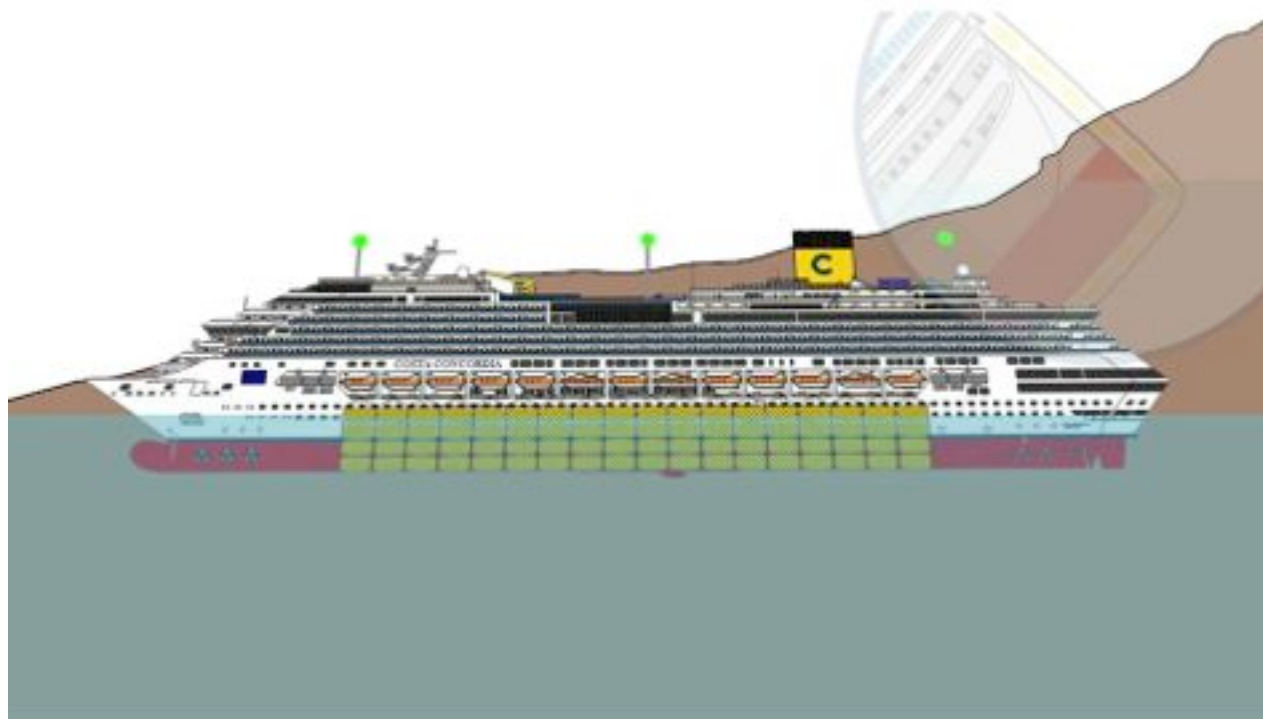








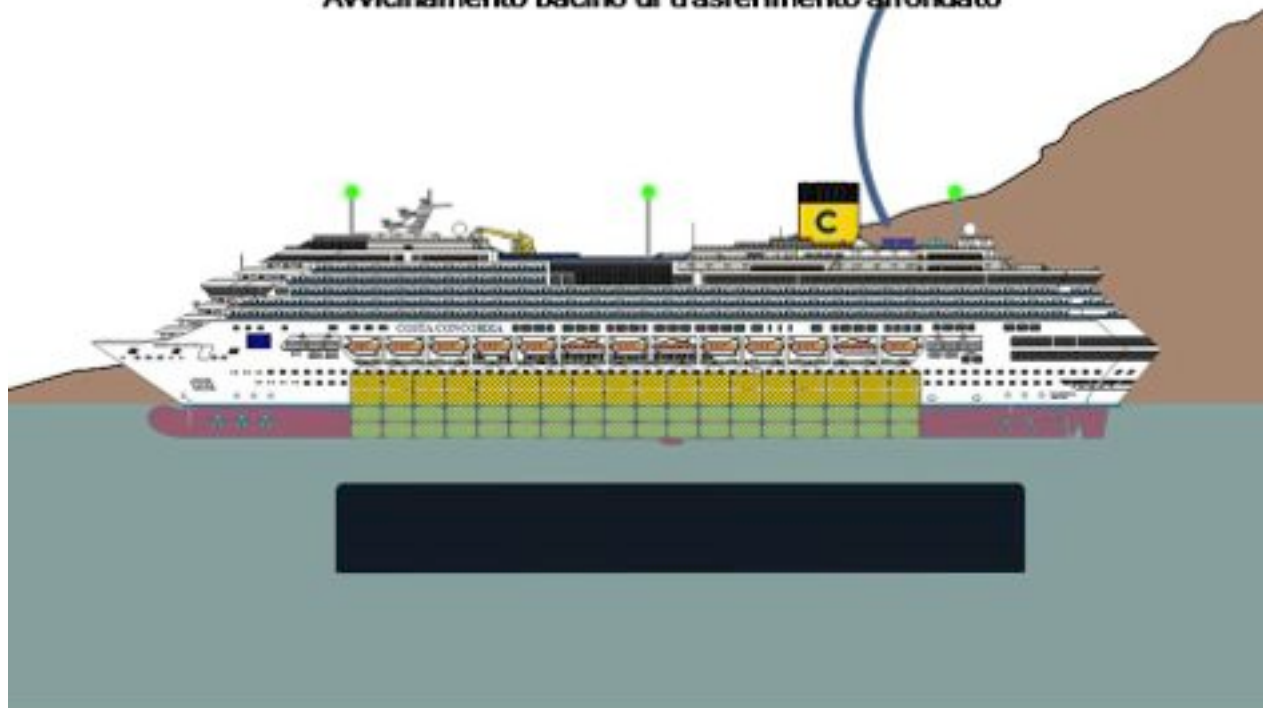
Fenomeno corretto, scafo stabile, si riprende la rotazione verso dritta



Scafo sollevato e raddrizzato interamente sostenuto dagli elementi in attesa di essere esaurito dalle acque interne.



Avvicinamento bacino di trasferimento affondato



Inserimento bacino. Le dimensioni trasversali del bacino sono tali da "schiacciare" parzialmente gli elementi pneumatici provocando l'intervento delle valvole di sovrappressione degli elementi sgonfiandoli automaticamente ed agevolando il graduale inserimento dello scafo nel bacino stesso.



In tal modo si otterrà un convoglio in grado di navigare con un pescaggio di circa 8,00 metri ed una larghezza totale di circa 45,50 metri



Bacino sommergibile alveolare:

Lunghezza 210 ml, altezza 25 ml, spessore 5 ml; volume lordo
85.500 m³; peso 1.400 ton; DWL max 8,70 ml



Bacino sommergibile alveolare:

Lunghezza 210 ml, altezza 25 ml, spessore 5 ml; volume lordo
85.500 m³; peso 1.400 ton; DWL max 8,70 ml



Grazie per l'attenzione
Ermanno Mancini