

Report n. 13894

Rev. 00

Simulazioni di manovra per il Porto di Piombino

Autori / Authors: M. Peverero, L. Gennaro

Data emissione / Issue date: 01/10/2020

Pagina intenzionalmente bianca / *This page intentionally left blank*

Report n. 13894	Rev. 00	Data emissione / Issue date 01/10/2020
Titolo / Title Simulazioni di manovra per il Porto di Piombino		
Autori / Authors M. Peverero, L. Gennaro		
Sommario / Abstract Il presente rapporto è finalizzato alla presentazione dei risultati delle simulazioni di manovra Real Time, svolte per conto dell'Autorità Portuale del Mar Tirreno Settentrionale da parte di CETENA S.p.A. Le simulazioni hanno avuto come ambito d'indagine il Porto di Piombino, considerato nella configurazione relativa agli interventi di adeguamento tecnico funzionale. Le simulazioni eseguite hanno investigato la fattibilità alla manovra di quattro navi Bulk Carrier, aventi le seguenti dimensioni: Bulk Carrier LOA 300m x B 45m x T 18m; Bulk Carrier LOA 150m x B 18m x T 11m; Bulk Carrier LOA 240m x B 31m x T 12m; Bulk Carrier LOA 220m x B 30m x T 9.8m. Tutte le navi sono monoelica e sprovviste di thrusters di manovra. Le manovre, svolte con l'assistenza di due o tre rimorchiatori, sono state realizzate sia in condizioni di calma di vento che in presenza di vento proveniente dai quadranti meridionali (SE e S) con intensità variabili tra 15 e 25 nodi.		
Autori / Authors 	Verificato / Verified 	Approvato / Approved 
Circolazione / Circulation Interna / Internal Only Libera / Free ☒ Riservata Industriale / Commercial in confidence Classificata / Classified	Codici di distribuzione / Distribution codes Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale	
Pagine / Sheets 61	Commessa / Job 69160720185	Note / Notes

Questo Documento è di proprietà di CETENA S.p.A. Non può essere riprodotto, trasmesso con qualsiasi mezzo, inserito in altri documenti, svelato ad altri o comunque usato per qualsiasi scopo diverso da quello per il quale è stato prodotto, senza esplicita autorizzazione scritta di CETENA S.p.A. L'utente del documento ha l'onere di verificare di essere in possesso dell'edizione corrente.

This document is the property of CETENA S.p.A. It may not be reproduced, transmitted by any means, inserted into other documents, disclosed to others or otherwise used for any purpose other than for which it was produced without the express written permission of CETENA S.p.A. The user of the document has the responsibility of verifying of being in possession of the current edition.

Revisioni Precedenti / Previous Revisions

Rev.	Data / Date	Contenuto della Revisione / Revision Content	Autori / Authors

Contenuto della revisione corrente / Current revision content

INDICE

INTRODUZIONE	6
1 SCOPO E IMPOSTAZIONE DEL LAVORO	9
2 DESCRIZIONE DEL SIMULATORE DI MANOVRA.....	11
3 CONFIGURAZIONI PORTUALI	15
3.1 Layout portuale	15
4 DATI DI INPUT DELLE SIMULAZIONI	19
4.1 Caratteristiche principali della Bulk Carrier (LOA = 300 m)	20
4.2 Caratteristiche principali della Bulk Carrier (LOA= 150 m)	21
4.3 Caratteristiche principali della Bulk Carrier (LOA = 240 m)	22
4.4 Caratteristiche principali della Bulk Carrier (LOA = 220 m)	23
5 CONDIZIONI METEOMARINE	24
6 OUTPUT ED ESECUZIONE DELLE SIMULAZIONI	25
6.1 Totale delle manovre eseguite al simulatore	25
6.2 Sintesi dei risultati delle manovre eseguite al simulatore.....	28
7 CONCLUSIONI.....	31
7.1 In sintesi	40
APPENDICE	44
ALLEGATI	60

INTRODUZIONE

Il presente rapporto tecnico è finalizzato alla presentazione dei risultati delle simulazioni di manovra Real Time svolte da parte di CETENA S.p.A. per conto dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale.



Fig. 1 Simulazioni di manovra nel Porto di Piombino

In particolare, è stata studiata la fattibilità delle manovre con le seguenti unità navali:

- **Bulk Carrier**, monoelica a propulsione tradizionale della lunghezza fuori tutto di **300m**;
- **Bulk Carrier**, monoelica a propulsione tradizionale della lunghezza fuori tutto di **150m**;
- **Bulk Carrier**, monoelica a propulsione tradizionale della lunghezza fuori tutto di **240m**;
- **Bulk Carrier**, monoelica a propulsione tradizionale della lunghezza fuori tutto di **220m**.

Le simulazioni sono state svolte investigando l'agibilità nautica nel nuovo layout portuale per il Porto di Piombino, simulando le suddette unità in manovra al variare delle condizioni meteomarine di maggiore interesse e severità.

Le simulazioni di manovra sono state svolte nei giorni **29 – 30 – 31 luglio 2020**

Le manovre sono state eseguite dai Piloti di Piombino (CLC Capo Pilota Igor Bazzano e CLC Pilota R. Rocchi), coadiuvati da un esperto esecutore messo a disposizione da CETENA, ex-Capo dei Piloti del Porto di Genova (Com. Giovanni Lettich) ed affiancati da personale CETENA. Durante le giornate di simulazione, oltre al Cliente, ha partecipato anche la Capitaneria di Porto di Piombino tramite collegamento remoto.



Fig. 2 Simulatore di manovra real-time 3D

Riportiamo qui di seguito la lista dei presenti alle varie giornate di lavoro al simulatore:

Partecipanti	Ente / Società di appartenenza	Note
Com. G. Lettich	Ex Capo del Corpo Piloti del Porto di Genova	Esperto messo a disposizione da CETENA.
CLC Capo Pilota I. Bazzano	Corporazione Piloti	Supervisione alle prove – Corporazione Piloti
CLC R. Rocchi	Corporazione Piloti	Supervisione alle prove – Corporazione Piloti

CLC A.D. Enrico Mucci	Rimorchiatori	Supervisione alle prove - Rimorchiatori
M.Ilo R: Giannoccaro	Capitaneria di Porto di Piombino	Supervisione alle prove – Autorità Marittima
Ing. Sandra Muccetti	Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale	Supervisione alle prove – Cliente
Ing. Barbara Bottoni		
Ing. Giorgio Mainardi		
Ing. Francesca Cavallini		
Ing. M. Tartaglini	MODIMAR s.r.l	Supervisione alle prove – Studio di ingegneria
Ing. M. Peverero	CETENA S.p.A.	Preparazione del modello delle unità navali, degli scenari e setup delle funzionalità del simulatore. Post-processing dei risultati. Redazione del rapporto tecnico finale
Dott.ssa L. Gennaro		Redazione del rapporto tecnico finale, supporto alla gestione e coordinamento durante le giornate al simulatore

Tab. 1 Lista dei partecipanti alle simulazioni

1 SCOPO E IMPOSTAZIONE DEL LAVORO

Il presente rapporto tecnico è finalizzato alla presentazione dei risultati delle simulazioni di manovra Real Time, svolte da parte di CETENA S.p.A. per conto dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale, nel corso delle sessioni di lavoro del 29 - 30 - 31 luglio 2020.

Lo studio di manovrabilità è stato eseguito allo scopo di valutare la fattibilità delle manovre da parte di diverse unità navali Bulk Carrier, all'interno del progetto di adeguamento tecnico funzionale per il Porto di Piombino.

Qui di seguito le caratteristiche principali delle 4 unità navali impiegate durante il lavoro al simulatore.

Tipo unità	LOA [m]	B [m]	T [m]
Bulk Carrier	300.0	45	18
Bulk Carrier	150.0	18	11
Bulk Carrier	240.0	31	12
Bulk Carrier	220.0	30	9.8

Tab. 2 Caratteristiche principali delle unità simulate

Durante le simulazioni, sono stati considerati i venti provenienti da SE (**Scirocco** – 135°N) e S (**Ostro** – 180°N) di intensità variabile tra i **15 kn** e **25 kn** (Fig. 3). Per ogni condizione meteo schematizzata negli scenari meteomarini al simulatore di manovra, è stata considerata anche la formazione ondosa coerente al vento e la relativa mappa di corrente.

Tali scenari rappresentano le condizioni meteomarine con effetti più significativi all'interno del porto.

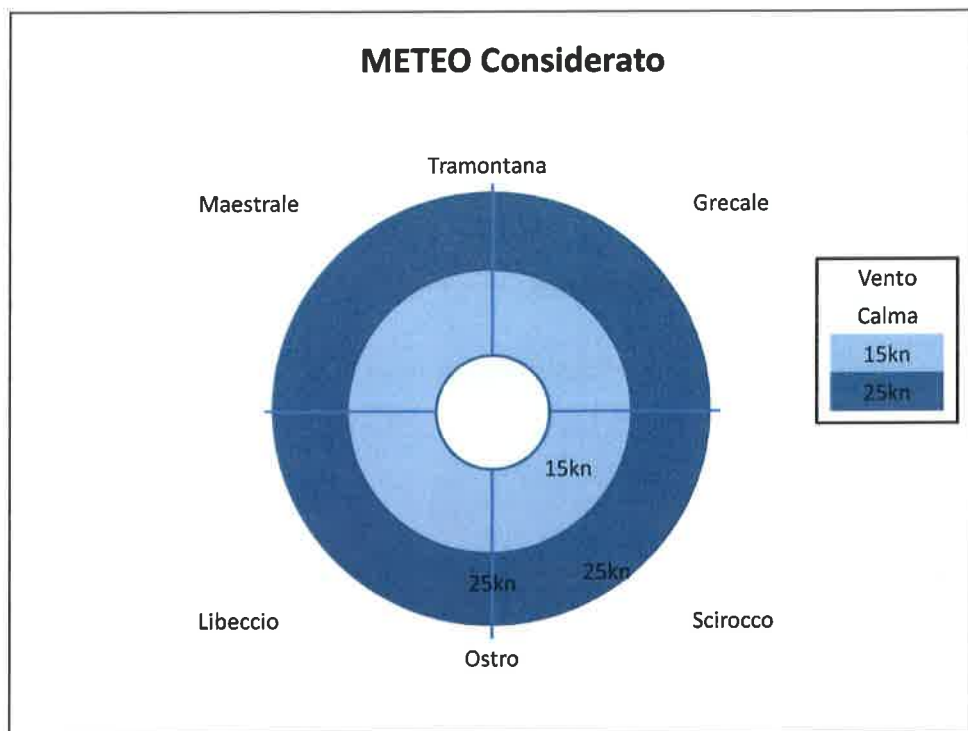


Fig. 3 Venti ed intensità considerati durante le manovre

Nella Fig. 4 è sintetizzato il numero delle manovre eseguite, correlate alle diverse tipologie di vento e intensità.

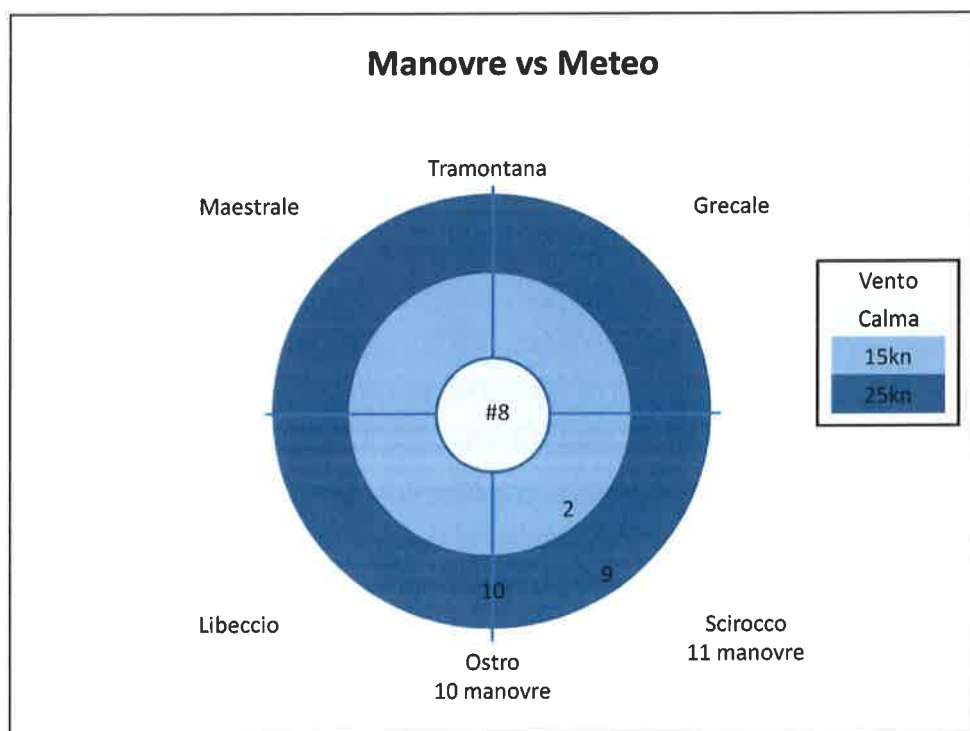


Fig. 4 Numero di manovre associate a tipo e intensità di vento

2 DESCRIZIONE DEL SIMULATORE DI MANOVRA

Il **simulatore di manovra** implementa un modello matematico della manovrabilità della nave, interamente sviluppato da **CETENA S.p.A.**, di cui verranno qui di seguito richiamate le caratteristiche generali.

La nave in esame viene configurata in maniera dettagliata, inserendo nel sistema numerosi parametri, raggruppati secondo la struttura del modello stesso:

- ❖ Dati dello scafo
- ❖ Propulsione principale
- ❖ Apparato motore
- ❖ Appendici di carena
- ❖ Eliche di manovra
- ❖ Timone
- ❖ Aree esposte al vento

Nella Fig. 5 sottostante è rappresentato in maniera schematica l'insieme dei blocchi che costituiscono la struttura del modello CETENA.



Fig. 5 Principali blocchi del modello matematico del simulatore

Il simulatore integra dentro di sé, oltre agli aspetti propri della nave (geometria dello scafo, apparati di propulsione, appendici) anche il contesto in cui la simulazione ha luogo, costituito dallo stato di mare, dalla corrente, dal vento ("condizioni meteomarine"), dagli eventuali rimorchiatori

utilizzati in manovra, dalla mappa del porto ("layout"), dagli effetti specifici legati alla posizione della nave (banchina, profondità dei fondali, ecc).

Infatti, un ruolo fondamentale nell'esecuzione della simulazione è giocato dall'interazione fra la nave e l'ambiente esterno riprodotto in realtà virtuale. Esso è realizzato introducendo nel modello della nave i seguenti parametri, generati in tempo reale dal simulatore:

- parametri ambientali (vento, corrente, onde del mare)
- effetti specifici relativi al porto considerato
- modelli di calcolo per acque ristrette
- shallow waters

In particolare, il simulatore è in grado di prevedere, come nel caso in studio in cui i fondali sono bassi in relazione all'immersione della nave in transito, il cosiddetto "*effetto squat*".

Inoltre, il sistema può accettare forze esterne in input, permettendo l'esecuzione di una classe di operazioni che includono la presenza di altre entità fisiche, e quindi di interazioni dinamiche fra la nave e ciò che la circonda, quali ad esempio i *rimorchiatori portuali*.

E' inoltre possibile simulare in tempo reale condizioni di emergenza dovute ad improvvise avarie (es. avaria dell'apparato motore e dei mezzi di governo) e conseguentemente valutare gli effetti sulla traiettoria simulata della nave a seguito dell'utilizzo, ad esempio, di ancore e catene.



Fig. 6 Simulatore di manovra – Allestimento attuale del laboratorio VISLAB

Per quanto riguarda la parte grafica, il laboratorio VISLAB del CETENA, recentemente rinnovato e in via di sviluppo di ulteriori dotazioni, è stato attrezzato con un sistema di schermi che consentono la visualizzazione tridimensionale dello scenario portuale, della nave in simulazione e degli eventuali rimorchiatori in ausilio alla nave (v. Fig. 6).

Inoltre, una postazione laterale consente la visione (tramite visore HMD 3D stereoscopico tipo **Oculus Rift**) dello stesso scenario 3D dal punto di vista esterno, ad esempio posto su un'aletta della nave. Si veda la seguente Fig. 7.



Fig. 7 Simulatore di manovra – Postazione con visore HMD 3D dedicato alla visuale dalle alette

In Fig. 9 vi è una fotografia scattata durante le simulazioni, in cui è possibile apprezzare le viste esterne in 3D realizzate per lo studio nel Porto di Piombino.



Fig. 8 Simulatore di manovra – Scenario 3D



Fig. 9 Simulatore di manovra – Scenario 3D del Porto di Piombino

3 CONFIGURAZIONI PORTUALI

3.1 Layout portuale

Il layout considerato per il presente studio di manovrabilità è quello previsto dalla configurazione di adeguamento tecnico funzionale per il Porto di Piombino (Fig. 10).

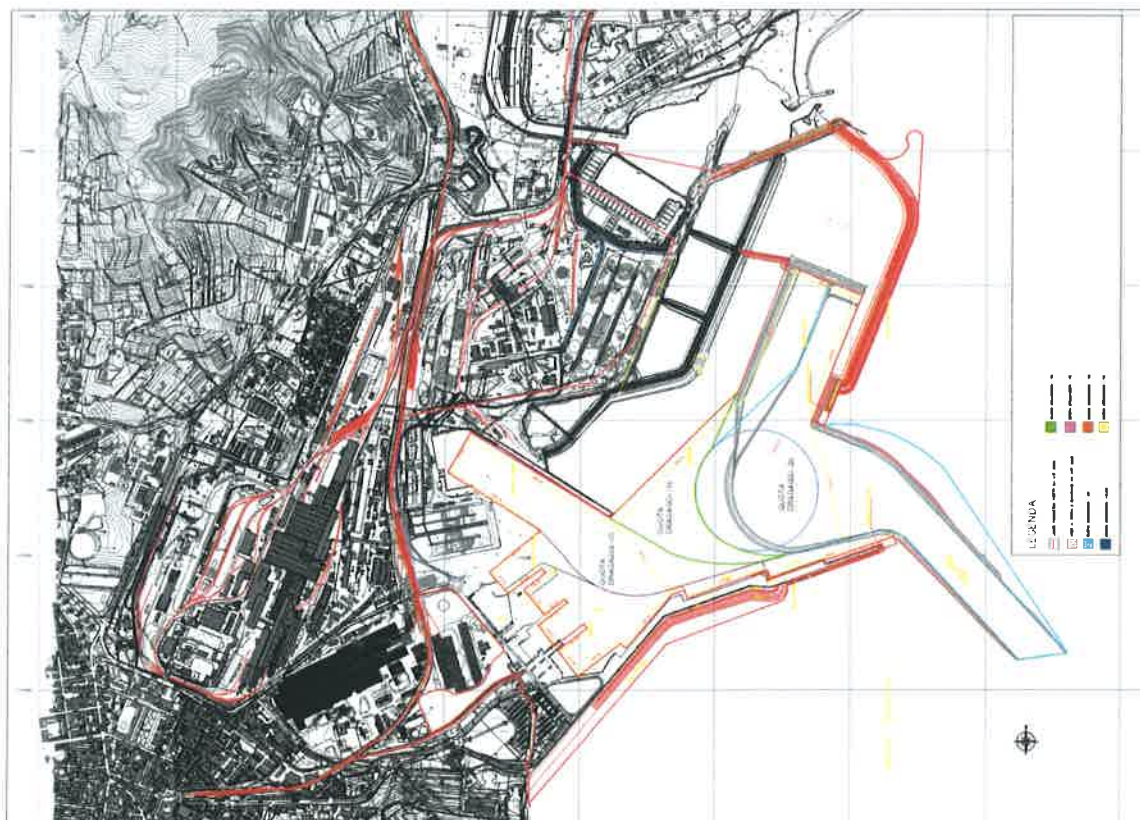


Fig. 10 Porto di Piombino – Layout

Il layout di Fig. 10 è stato importato all'interno dell'ambiente di simulazione, e integrato della presenza di alcune navi ormeggiate, in modo da poter eseguire lo studio di manovra nella configurazione più gravosa dal punto di vista dello spazio a disposizione per la navigazione.

Nella figura seguente (Fig. 11), vi è il layout 2D importato al simulatore.

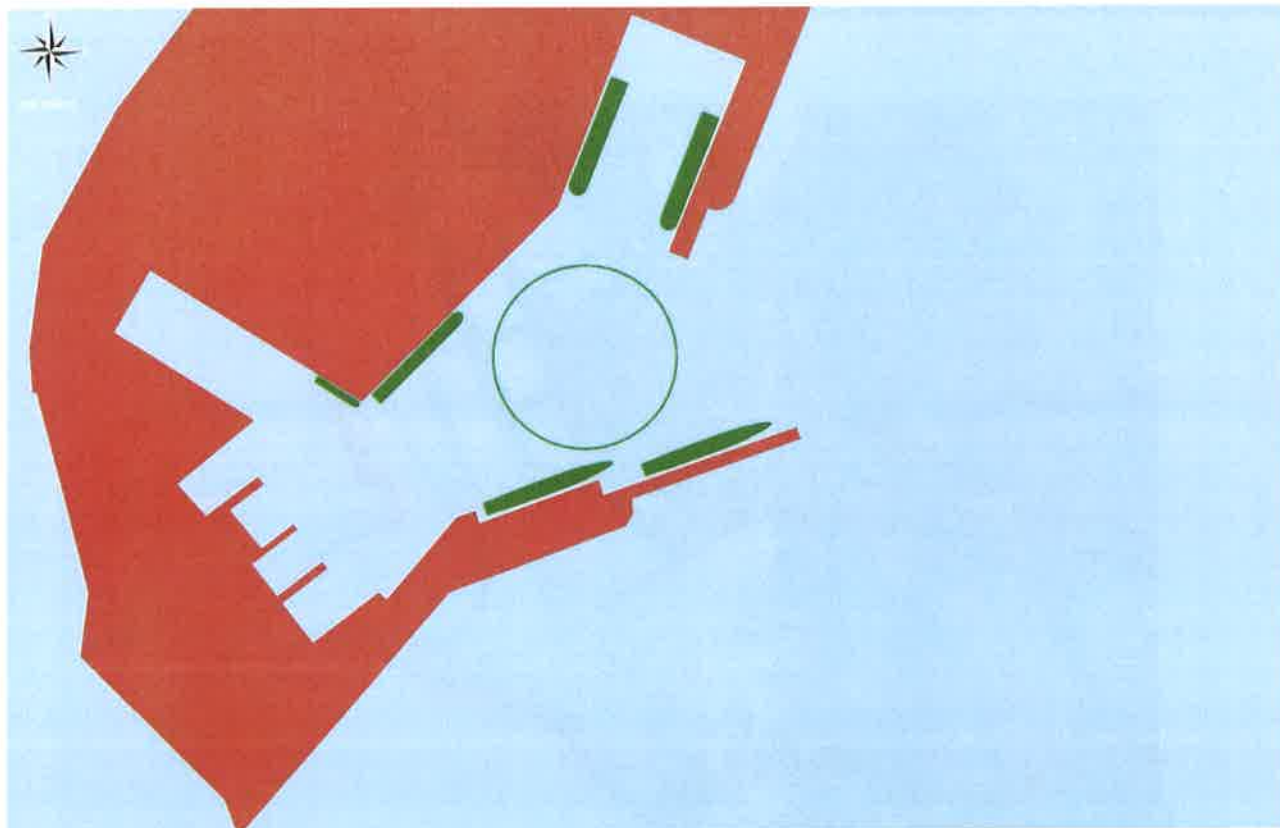


Fig. 11 – Layout 2D del Porto di Piombino

In Fig. 11, in colore marrone è rappresentato il layout come da adeguamento tecnico funzionale, ed in verde le navi “ingombro” ormeggiate.

- Bulk 300m x 45m su banchina est
- Bulk 300m x 45m su banchina ovest
- Cruise 330m x 38m su banchina Pecoraro interna
- Cruise 330m x 38m su banchina Pecoraro esterna
- Bulk 294m x 32m su banchina ovest 2
- Bulk 123m x 19m su banchina Lusid

Inoltre in colore verde vi è la rappresentazione del cerchio di evoluzione (450m di diametro).

La distanza tra le murate delle due navi Bulk ormeggiate sulle banchine est ed ovest è di 190m.

La distanza misurata tra la poppa della nave Bulk ormeggiata in banchina est e la banchina nord è 160m.

Il presente layout di Fig. 11 è stato impiegato per le manovre dalla M01 alla M23.

Durante lo svolgimento delle simulazioni, relativamente alle prime manovre di accosto in banchina Tabani, a seguito di alcune osservazioni fatte dal Corpo Piloti, è stato eseguito un taglio dello spigolo della banchina Lusid di 30m x 30m, dando luogo al layout di Fig. 12.

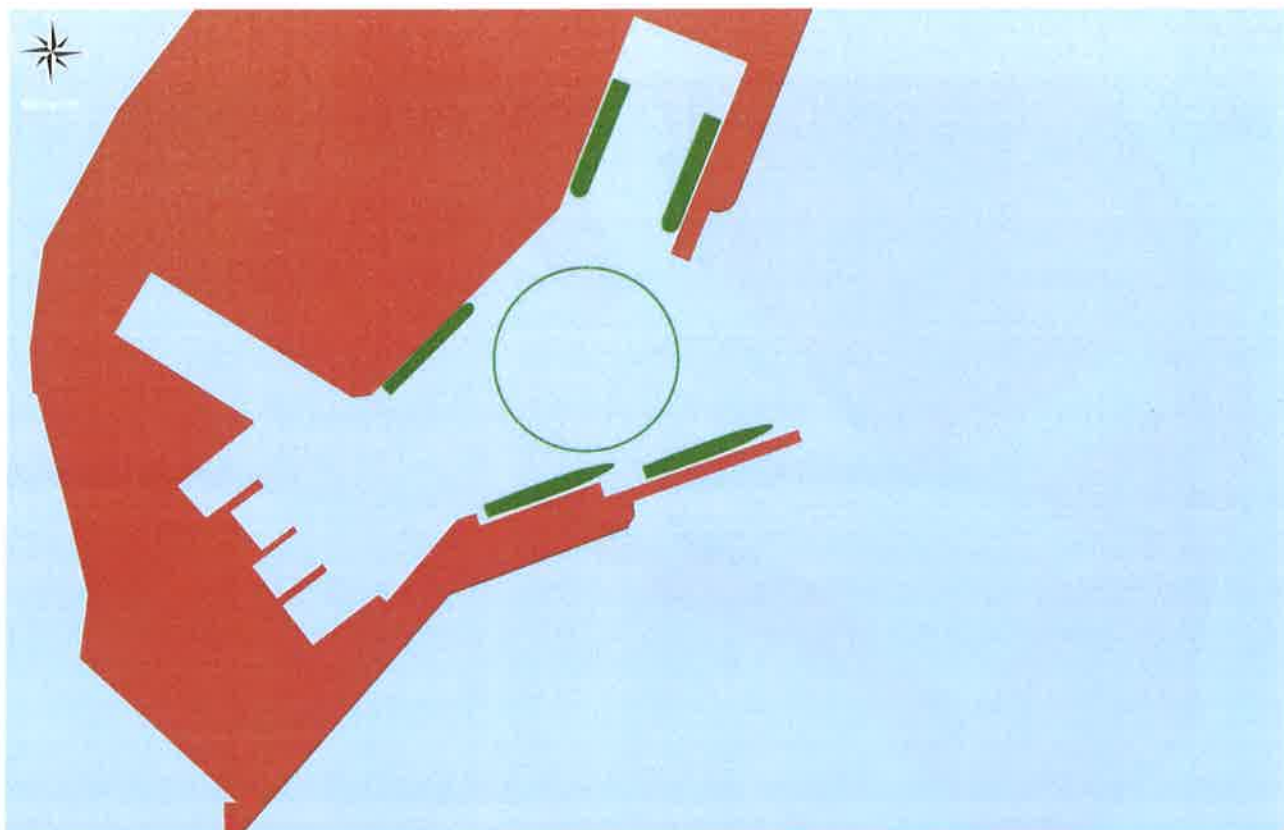


Fig. 12 - Layout 2D del Porto di Piombino con taglio dello spigolo Lusid di 30m x 30m

Il presente layout, che contiene un taglio dello spigolo Lusid di 30m x 30m, è stato impiegato per le manovre M24 ed M25.

In questa configurazione, la nave Bulk da 294m è ormeggiata in modo da lasciare una larghezza nave tra la poppa ed il primo spigolo del taglio.

A seguito delle due manovre effettuate sul presente layout è stato deciso di spostare avanti l'ormeggio della nave Bulk da 294m di una ulteriore larghezza nave, dando origine al layout di Fig. 13.

Nella seguente Fig. 13, vi è la terza configurazione di layout studiato nel presente studio di simulazione. Tale configurazione è stata impiegata nelle simulazioni dalla M25 alla M29 (simulazioni di accosto e partenza dalla banchina Tabani).

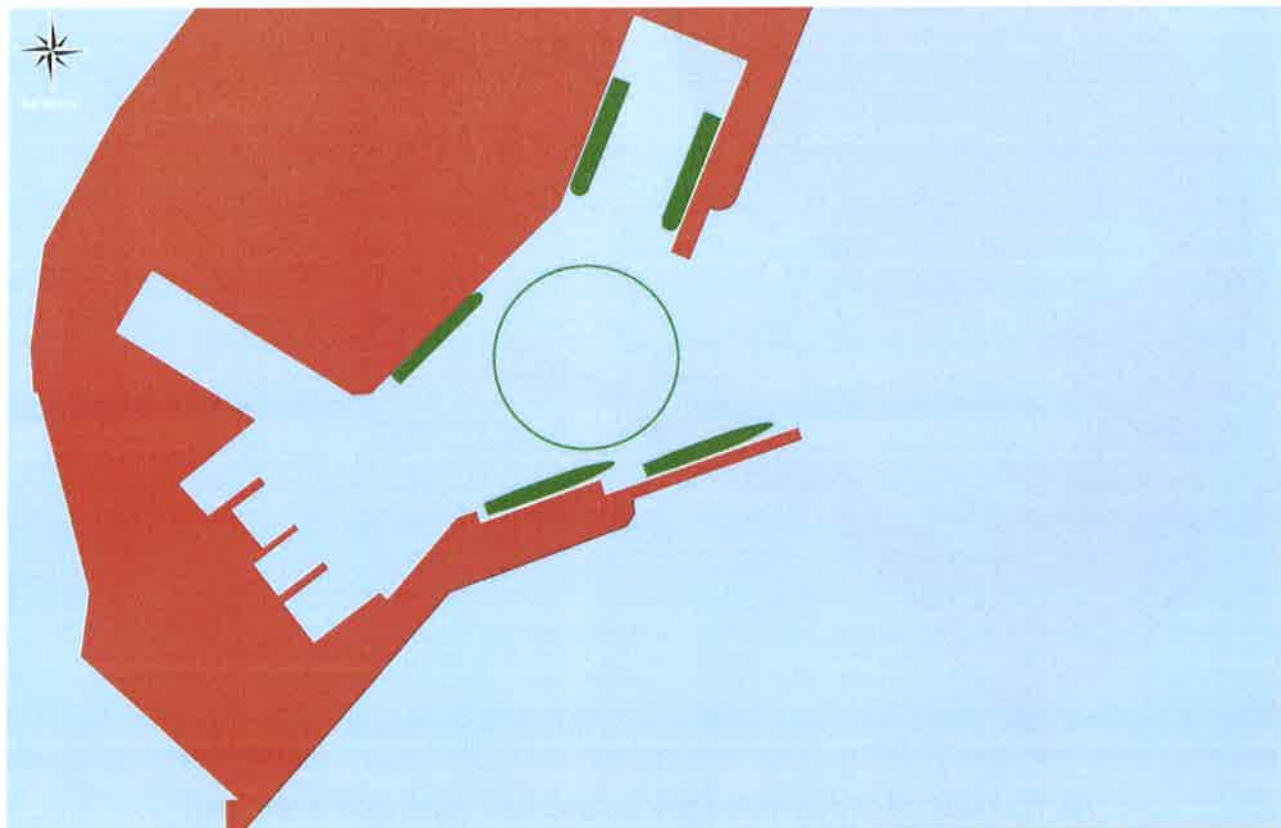


Fig. 13 - Layout 2D del Porto di Piombino con taglio dello spigolo Lusid di 30m x 30m e nave Bulk ormeggiata più avanti

Rispetto al layout precedente, in questa configurazione, la nave Bulk da 294m è ormeggiata a due larghezze nave dal primo spigolo del taglio Lusid.

4 DATI DI INPUT DELLE SIMULAZIONI

Di seguito vengono illustrate le caratteristiche principali delle unità prese in considerazione per questo studio di manovrabilità. Il *modello manovriero delle unità* è stato definito inizialmente accedendo al database dei dati reali misurati da CETENA su unità della tipologia più simile a quella richiesta dal Cliente per l'esecuzione dello studio, e tarando i **coefficienti idrodinamici** delle equazioni del moto caratterizzati grazie ai modelli di manovrabilità a disposizione nella libreria del simulatore. Al **simulatore di manovra** (Fig. 14) è stato quindi testato il modello che rappresenta al meglio la famiglia di navi della tipologia richiesta.



Fig. 14 Simulazioni di manovra – Esecuzione delle manovre

Le *caratteristiche manovriere di ciascuna nave*, ovvero la tempistica e le modalità di reazione ai comandi impartiti dalla plancia del simulatore, sono state verificate positivamente durante l'esecuzione delle manovre da parte del Pilota. Ciò significa che il grado di approssimazione del modello di nave testato al simulatore è tale da consentire di raggiungere gli scopi dello studio di manovrabilità.

Tutte le manovre sono state svolte con l'utilizzo dei mezzi di propulsione e governo delle navi e, laddove necessario, mediante l'ausilio dei rimorchiatori.

4.1 Caratteristiche principali della Bulk Carrier (LOA = 300 m)

Le caratteristiche principali della Bulk Carrier da 300 m di lunghezza fuori tutto sono riassunte in Tab. 3. La nave è un monoelica, propulsa da un apparato motore che sviluppa 19650 kW e ha una velocità massima di 12 nodi. L'unità non è munita di thrusters.

		
Ship main data		
Max speed	12	knots
Length between perpendiculars		m
Length over all	300	m
Beam	45	m
Draught	18	m
Displacement	223740	t
Frontal wind area	1120	m2
Lateral wind area	4740	m2
Propeller data		
Propeller number	1	Fixed
Blades number		
Diameter		
Propeller revolutions	90	RPM
Engine data		
Engine power	19650	kW
Transverse thrusters		
Bow thruster	-	

Tab. 3 Caratteristiche principali della Bulk Carrier - LOA = 300 m

4.2 Caratteristiche principali della Bulk Carrier (LOA= 150 m)

Le caratteristiche principali della Bulk Carrier da 150 m di lunghezza fuori tutto sono riassunte in Tab. 4. La nave è un monoelica, propulsa da un apparato motore che sviluppa 7000 kW e ha una velocità massima di 15 nodi. L'unità non è munita di thrusters.

		
Ship main data		
Max speed	15	knots
Length between perpendiculars	145	M
Length over all	150	m
Beam	18	m
Draught	11	m
Displacement	22670	t
Frontal wind area	500	m2
Lateral wind area	2523	m2
Propeller data		
Propeller number	1	Fixed
Blades number		
Diameter		m
Propeller revolutions	124	RPM
Engine data		
Engine power	7000	kW
Transverse thrusters		
Bow thruster	-	

Tab. 4 Caratteristiche principali della Bulk Carrier - LOA = 150 m

4.3 Caratteristiche principali della Bulk Carrier (LOA = 240 m)

Le caratteristiche principali della Bulk Carrier da 240 m di lunghezza fuori tutto sono riassunte in Tab. 5. La nave è un monoelica, propulsa da un apparato motore che sviluppa 8100 kW e ha una velocità massima di 14 nodi. L'unità non è munita di thrusters.

		
Ship main data		
Max speed	14	knots
Length between perpendiculars	230	m
Length over all	240	m
Beam	31	m
Draught	12	m
Displacement	73000	t
Frontal wind area	540	m ²
Lateral wind area	2620	m ²
Propeller data		
Propeller number	1	Fixed
Blades number		
Diameter		
Propeller revolutions	95	RPM
Engine data		
Engine power	8100	kW
Transverse thrusters		
Bow thruster	-	

Tab. 5 Caratteristiche principali della Bulk Carrier - LOA = 240 m

4.4 Caratteristiche principali della Bulk Carrier (LOA = 220 m)

Le caratteristiche principali della Bulk Carrier da 220 m di lunghezza fuori tutto sono riassunte in Tab. 6. La nave è un monoelica, propulsa da un apparato motore che sviluppa 8100 kW e ha una velocità massima di 14 nodi. L'unità non è munita di thrusters.

		
Ship main data		
Max speed	14	knots
Length between perpendiculars	210	m
Length over all	220	m
Beam	30	m
Draught	9.8	m
Displacement	51000	t
Frontal wind area	500	m ²
Lateral wind area	2400	m ²
Propeller data		
Propeller number	1	Fixed
Blades number		
Diameter		m
Propeller revolutions	95	RPM
Engine data		
Engine power	8100	kW
Transverse thrusters		
Bow thruster	-	

Tab. 6 Caratteristiche principali della Bulk Carrier – LOA = 220 m

5 CONDIZIONI METEOMARINE

Le condizioni meteo marine (Tab. 7) scelte per le simulazioni sono basate sulle indicazioni fornite a CETENA dal Cliente, dallo studio di ingegneria MODIMAR e dal Corpo Piloti. Per le manovre svolte nelle tre giornate sono state impiegate pertanto le seguenti condizioni meteo:

Vento	Onda				Vento	
	H _s [m]	T _p [s]	MWD [from °N]	Tempo di ritorno	Direzione [from °N]	Intensità [kn]
Scirocco SE (135°N)	3.5	6	135	1 anno	135	15
	3.5	6	135	1 anno	135	25
	4.9	8	135	50 anni	135	25
Ostro S (180°N)	3.5	6	180	1 anno	180	25

Tab. 7 Condizioni meteomarine

6 OUTPUT ED ESECUZIONE DELLE SIMULAZIONI

Una volta definiti i singoli aspetti delle simulazioni (schematizzazione del layout portuale, fondali, caratteristiche principali delle unità navali e scenari legati alle condizioni meteomarine), CETENA ha messo a disposizione del Cliente e di tutti gli operatori invitati, il simulatore per lo svolgimento delle simulazioni di manovra.

I principali aspetti ed i punti di miglioramento al progetto, sono stati discussi tra tutti i presenti già in corso d'opera e comunque condivisi al termine di ogni giornata di lavoro.

L'insieme di tutti i commenti e le osservazioni scaturite da questo studio al simulatore è riportato nelle conclusioni al termine del presente rapporto tecnico (v. Cap 7).

6.1 Totale delle manovre eseguite al simulatore

Di seguito una schematizzazione delle manovre eseguite al simulatore per le diverse unità coinvolte:

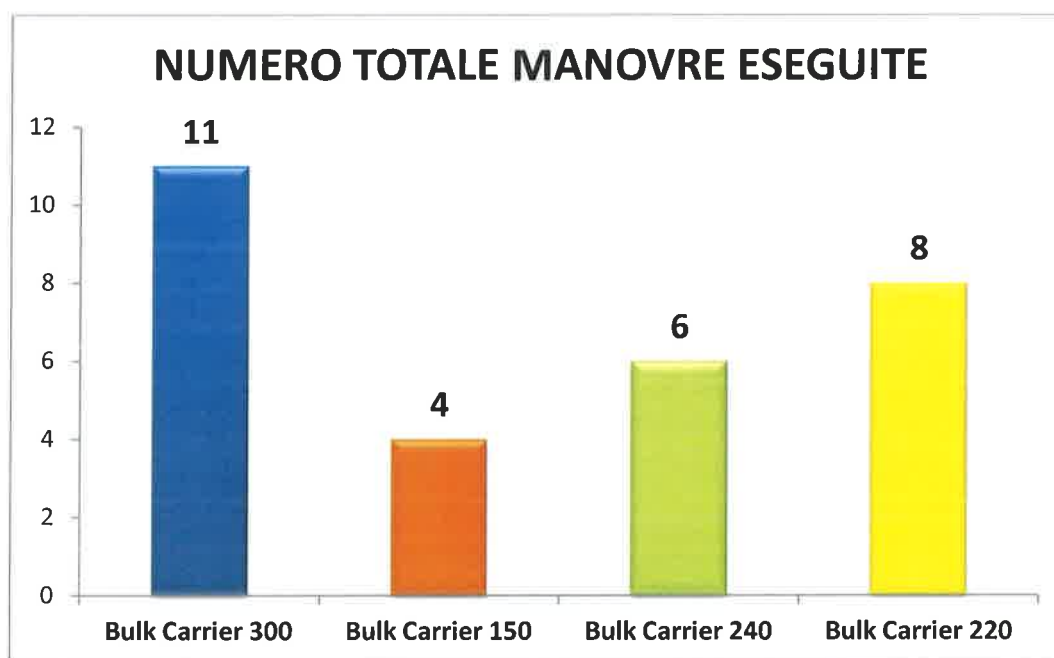


Fig. 15 Numero manovre per ciascuna nave

Inoltre, a seguire una schematizzazione delle manovre di ingresso e d'uscita effettuate con le diverse navi:



Fig. 16 Manovre Bulk Carrier 300

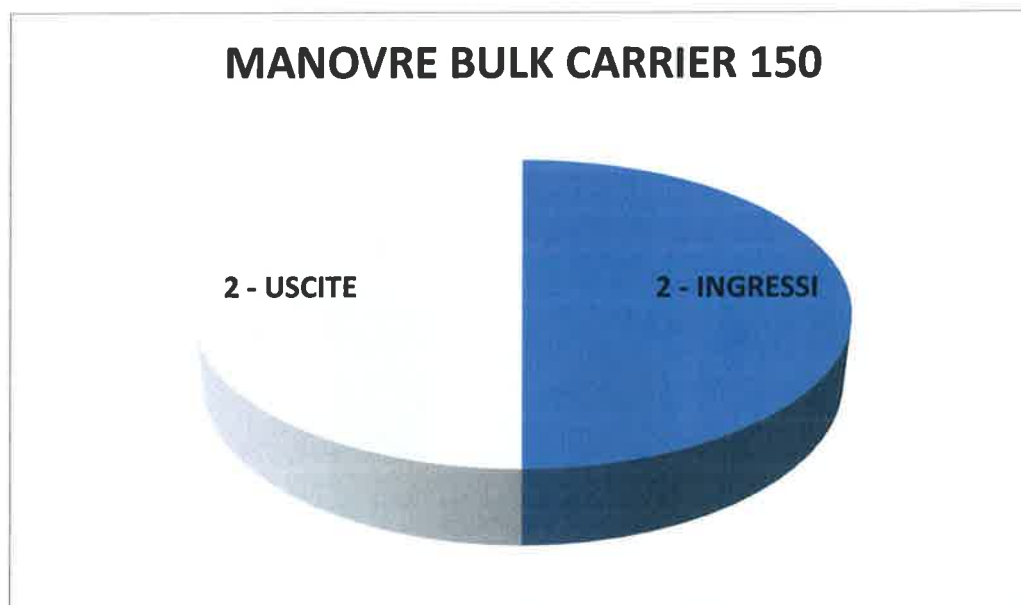


Fig. 17 Manovre Bulk Carrier 150

MANOVRE BULK CARRIER 240

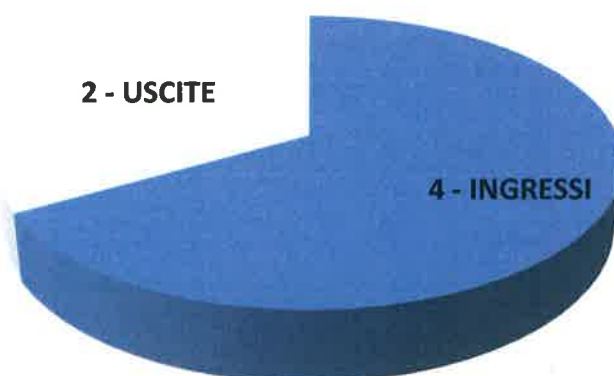


Fig. 18 Manovre Bulk Carrier 240

MANOVRE BULK CARRIER 220

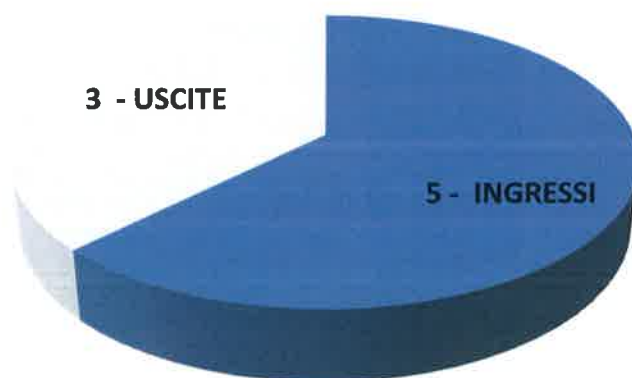


Fig. 19 Manovre Bulk Carrier 220

6.2 Sintesi dei risultati delle manovre eseguite al simulatore

Di seguito una sintesi delle manovre effettuate con la **Bulk Carrier 300m**. In verde sono evidenziate le “manovre riuscite”, in giallo le “manovre riuscite al limite” e in rosso le “manovre non riuscite” (Tab. 8).

SIMULAZIONI DI MANOVRA PORTO DI PIOMBINO - Simulazioni 29-30-31 LUGLIO 2020											
ID MANOVRA	NAVE	CONDIZIONI METEOMARINE					TIPO MANOVRA	INGOMBRO	ACCOSTO	TUGS e POTENZA	ESITO AL SIMULATORE
		VENTO		MARE							
		Dir.	Vel.	Dir.	Alt.	Periodo					
		[°N]	[kn]	[°N]	[m]	[s]					
M01 [49 min]	BULK 300	0	0	0	0	0	I	BULK-EST	OVEST	3X45t	MANOVRA RIUSCITA 3 tug, 2 a prora e 1 a poppa
M02 [24 min]	BULK 300	0	0	0	0	0	U	BULK-EST	OVEST	3X45t	MANOVRA RIUSCITA 3 tug, 2 a prora e 1 a poppa, hanno lavorato al 70%
M03 [43 min]	BULK 300	135	15	135	3.5	6	I	BULK-EST	OVEST	3X45t	MANOVRA RIUSCITA 3 tug, 2 a prora e 1 a poppa. Vicino alla banchina si usano i tug al 100%, il vento spinge sulla murata con 16t di forza al traverso. Nella realtà è consigliato usare due tug a prora da 45t e uno a poppa da 70t
M04 [20 min]	BULK 300	135	15	135	3.5	6	U	BULK-EST	OVEST	3X45t	MANOVRA RIUSCITA 3 tug, 2 a prora e 1 a poppa, sono stati impiegati al 50% e 70%. Nella realtà è consigliato usare due tug a prora da 45t e uno a poppa da 70t
M05 [31 min]	BULK 300	135	25	135	4.9	8	I	BULK-EST	OVEST	2x45t; 1x60t	MANOVRA NON RIUSCITA 3 tug, 2 a prora da 45t e 1 a poppa da 60t
M06 [29 min]	BULK 300	135	25	135	4.9	8	I	BULK-EST	OVEST	2x45t; 1x70t	Ripetizione di M05 - MANOVRA NON RIUSCITA 3 tug, 2 a prora da 45t e 1 a poppa da 70t. È stata cambiata la strategia di manovra, un diverso allineamento. L'allineamento con la banchina ovest avviene solamente se la nave entra a fondo nel cerchio, portandosi al limite del fondale a -20m. Nota: non è facile gestire 2 tug a prora
M07 [29 min]	BULK 300	135	25	135	4.9	8	I	BULK-EST	OVEST	2x45t; 1x70t	Ripetizione di M05 e M06 - MANOVRA RIUSCITA AL LIMITE 3 tug, 2 a prora da 45t e 1 a poppa da 70t
M08 [24 min]	BULK 300	135	25	135	4.9	8	U	BULK-EST	OVEST	2x45t; 1x70t	MANOVRA RIUSCITA 3 tug, 2 a prora da 45t e 1 a poppa da 70t, sono impiegati al 100%. Le manovre dalla M05 alla M08 sono state eseguite con l'onda cinquantennale (Hs=4.9m), da ora in poi le manovre saranno eseguite con un meteo relativo a un anno
M09 [43 min]	BULK 300	135	25	135	3.5	6	I	BULK-OVEST	EST	2x45t; 1x70t	MANOVRA RIUSCITA Nella realtà è consigliato l'impiego di tre tug da 70t
M10 [18 min]	BULK 300	135	25	135	3.5	6	U	BULK-OVEST	EST	2x45t; 1x70t	MANOVRA RIUSCITA Non si riscontrano problemi
M11 [41 min]	BULK 300	135	25	135	3.5	6	I	BULK-EST	OVEST	2x45t; 1x70t	RIP M05- MANOVRA RIUSCITA E' stata ripetuta la M05, ma in condizioni meteo diverse (onda con tempo di ritorno di 1 anno).

Tab. 8 Sintesi delle manovre effettuate con la Bulk Carrier 300m (dalla M01 alla M11)

Di seguito una sintesi delle manovre effettuate con le **Bulk Carrier 150m e 240m**. La Tab. 9 mostra i risultati delle simulazioni effettuate con le due unità e inoltre le **manovre di avaria** realizzate con la **Bulk Carrier 240m**.

SIMULAZIONI DI MANOVRA PORTO DI PIOMBINO - Simulazioni 29-30-31 LUGLIO 2020											
ID MANOVRA	NAVE	CONDIZIONI METEOMARINE					TIPO MANOVRA	INGOMBRO	ACCOSTO	TUGS e POTENZA	ESITO AL SIMULATORE
		VENTO		MARE							
		Dir.	Vel.	Dir.	Alt.	Periodo					
		[°N]	[kn]	[°N]	[m]	[s]					
M12 [33 min]	BULK 150	0	0	0	0	0	I	BULK-EST- OVEST	NORD (Dritta in banchina)	2X45t	MANOVRA RIUSCITA Sono stati usati 1 tug a prua e 1 tug a poppa con cavo da 40m.
M13 [16 min]	BULK 150	0	0	0	0	0	U	BULK-EST- OVEST	NORD (Dritta in banchina)	2X45t	MANOVRA RIUSCITA Sono stati impiegati 1 tug a prua e 1 tug a poppa.
M14 [38 min]	BULK 240	0	0	0	0	0	I	BULK (123)- LUSID	LUSID	2X45t	MANOVRA RIUSCITA Sono stati impiegati 1 tug a prua e 1 tug a poppa. Durante il passaggio accanto allo spigolo della banchina LUSID è stata simulata un'avaria al rimorchiatore di prora che per diverso tempo non è stato operativo.
M15 [16 min]	BULK 240	0	0	0	0	0	U	BULK (123)- LUSID	LUSID	2X45t	MANOVRA RIUSCITA Sono stati impiegati 1 tug a prua e 1 tug a poppa, nessun problema riscontrato.
M16 [29 min]	BULK 150	180	25	180	3.5	6	I	BULK-EST- OVEST	NORD (DX in banchina)	2X45t	MANOVRA RIUSCITA Sono stati usati 1 tug a prora e 1 tug a poppa.
M17 [20 min]	BULK 150	180	25	180	3.5	6	U	BULK-EST- OVEST	NORD (DX in banchina)	2X45t	MANOVRA RIUSCITA Sono stati usati 1 tug a prora e 1 tug a poppa al 70-80% per scostarsi dalla banchina. La Bulk esce di poppa, questo tipo di manovra viene effettuata dai piloti nella realtà, poiché i fondali prossimi alla banchina oggi non risultano particolarmente profondi.
M18 [35 min]	BULK 240	180	25	180	3.5	6	I	BULK (123)- LUSID	LUSID	2X45t	MANOVRA CON AVARIA - NON RIUSCITA Sono stati usati 1 tug a prora e 1 a poppa, al minuto 1 si riscontra un'avaria sul tug di prua. Viene gestita l'avaria accostando a dritta, ma vicino allo spigolo della banchina LUSID si riscontrano molte difficoltà. Senza il rimorchiatore a prora non si riesce a giungere in banchina.
M19 [15 min]	BULK 240	180	25	180	3.5	6	I	BULK (123)- LUSID	LUSID	2X45t	RIP M18-MANOVRA NON RIUSCITA Si registra un'incaglio, l'evoluzione della nave viene eseguita al di fuori del cerchio di evoluzione.
M20 [30 min]	BULK 240	180	25	180	3.5	6	I	BULK (123)- LUSID	LUSID	2X45t	RIP M18-M19-MANOVRA RIUSCITA Sono stati impiegati un tug a prora e un tug a poppa, l'evoluzione della Bulk avviene al centro del cerchio di evoluzione con l'impegno dei tugs. Durante l'accosto si transita molto vicino alla nave ormeggiata in banchina LUSID. I piloti affermano che nella realtà non sarebbe accaduto.
M21 [22 min]	BULK 240	180	25	180	3.5	6	U	BULK (123)- LUSID	LUSID	2X45t	MANOVRA RIUSCITA Nessuna criticità evidenziata.

Tab. 9 Sintesi delle manovre effettuate con la Bulk Carrier 150m e 240m (dalla M12 alla M21)

Di seguito una sintesi delle manovre effettuate con la **Bulk Carrier 220m** comprensiva della **manovre di avaria** (Tab. 10).

SIMULAZIONI DI MANOVRA PORTO DI PIOMBINO - Simulazioni 29-30-31 LUGLIO 2020											
ID MANOVRA	NAVE	CONDIZIONI METEOMARINE					TIPO MANOVRA	INGOMBRO	ACCOSTO	TUGS e POTENZA	ESITO AL SIMULATORE
		VENTO		MARE							
		Dir. [°N]	Vel. [kn]	Dir. [°N]	Alt. [m]	Periodo [s]					
M22 [41 min]	BULK 220	0	0	0	0	0	I		TABANI	2X45t	MANOVRA RIUSCITA AL LIMITE Sono stati usati 1 tug a prua e 1 tug a poppa, si riscontrano problemi per il passaggio all'angolo della banchina LUSID, lo spigolo deve essere smussato. La Bulk 220 passa molto vicino alla Panamax ormeggiata (normalmente ormeggiata), ma è necessario per la manovra. Si consiglia di ormeggiare la Panamax più avanti.
M23 [15 min]	BULK 220	0	0	0	0	0	U		TABANI	2X45t	MANOVRA RIUSCITA Nessuna criticità evidenziata.
M24 [37 min]	BULK 220	180	25	180	3.5	6	I	BULK ANGOLO LUSID	TABANI	2x45t	MANOVRA NON RIUSCITA Viene cambiata la configurazione del layout dello spigolo della banchina LUSID, operando una taglio dello spigolo di 30m x 30m, inoltre viene spostata in avanti la Panamax. L'evoluzione della nave avviene all'interno del cerchio di evoluzione. Quando arriva la Bulk 220m non deve esserci altro ingombro su MAGONA. Avviene un contatto sullo spigolo della banchina TABANI.
M25 [20 min]	BULK 220	180	25	180	3.5	6	I	BULK ANGOLO LUSID	TABANI	2x45t	RIP M24 MANOVRA NON RIUSCITA Si suggerisce di ormeggiare la Panamax ancora più avanti di quanto non sia stato già fatto nella M24. Occorre provare con un tug più potente a prora.
M26 [23 min]	BULK 220	180	25	180	3.5	6	I	BULK ANGOLO LUSID	TABANI	1x45t 1x70t	RIP M24-M25 MANOVRA RIUSCITA Viene riprovata la M24-M25 con 1 tug a prora da 70t e uno a poppa da 45t. Si passa accanto allo spigolo tagliato della banchina a una distanza adeguata.
M27 [18 min]	BULK 220	180	25	180	3.5	6	U	BULK ANGOLO LUSID	TABANI	1x45t 1x70t	MANOVRA RIUSCITA Sono stati usati 1 tug a prora da 70t e 1 a poppa da 45t. Durante la manovra di uscita non dev'essere presente alcuna nave in Magona.
M28 [16 min]	BULK 220	135	25	135	3.5	6	I			1x45t 1x70t	MANOVRA CON AVARIA RIUSCITA- BLACKOUT Sono stati usati 1 tug a prora da 70t e un tug a poppa da 45t, si verifica un'avaria, un blackout al minuto 7. Si cerca di arrestare la nave all'interno del cerchio di evoluzione, e di mettere la Bulk prua al vento. L'avaria viene gestita correttamente.
M29 [16 min]	BULK 220	135	25	135	3.5	6	U			1x45t 1x70t	MANOVRA CON AVARIA RIUSCITA - BLACKOUT Sono stati usati 1 tug a prora da 70t e uno a poppa da 45t, si verifica un blackout al minuto 9. Si cerca di raggiungere il cerchio di evoluzione e di arrestare la nave, si gira la nave poppa al vento. L'avaria viene gestita correttamente.

Tab. 10 Sintesi delle manovre effettuate con la Bulk Carrier 220m (dalla M22 alla M29)

7 CONCLUSIONI

Nel presente documento sono stati presentati i risultati delle simulazioni di manovra svolte da parte di CETENA S.p.A. per conto dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale, nel corso di tre giornate 29-30-31 luglio 2020.

Lo studio di manovrabilità è stato eseguito al fine di verificare la fattibilità delle manovre da parte di diverse tipologie di Bulk Carrier al variare delle condizioni meteo marine all'interno del layout previsto dall'adeguamento tecnico funzionale per il Porto di Piombino.

Le manovre sono state eseguite al simulatore di manovra real-time dai Piloti del porto di Piombino coadiuvati da un consulente esperto messo a disposizione da CETENA, in presenza del Cliente e dell'Autorità Marittima (Capitaneria di Porto di Piombino tramite collegamento remoto).

Alla fine di ogni giornata di simulazioni, sono stati identificati diversi punti di miglioramento del progetto, e raccolte le indicazioni provenienti dal Corpo Piloti di Piombino.

Navi simulate nelle diverse sessioni di lavoro:

- Bulk Carrier (Loa = 300m, Beam = 45m, T = 18m)
- Bulk Carrier (Loa = 150m, Beam = 18m, T = 11m)
- Bulk Carrier (Loa = 240m, Beam = 31m, T = 12m)
- Bulk Carrier (Loa = 220m, Beam = 30m, T = 9.8m)

Accosti

- Bulk 300m banchina est ed ovest
- Bulk 150m su banchina nord
- Bulk 240m su banchina Lusid
- Bulk 220m su banchina Tabani

Layout studiati

Durante il lavoro di simulazione sono stati necessari alcuni interventi sul layout originale consegnato dal Cliente, tali interventi sono stati focalizzati sullo spigolo della banchina Lusid (operando un taglio da 30m x 30m) e spostando l'accosto della nave Bulk da 294m ormeggiata sulla banchina ovest 2.

Pertanto:

- A. Layout originale (Fig. 20)
- B. Layout con taglio dello spigolo (30m x 30m) della banchina Lusid (Fig. 21)
- C. Layout con taglio dello spigolo (30m x 30m) della banchina Lusid e ormeggio Bulk da 294m su banchina ovest 2, spostato in avanti (due larghezze nave dallo spigolo) (Fig. 22)

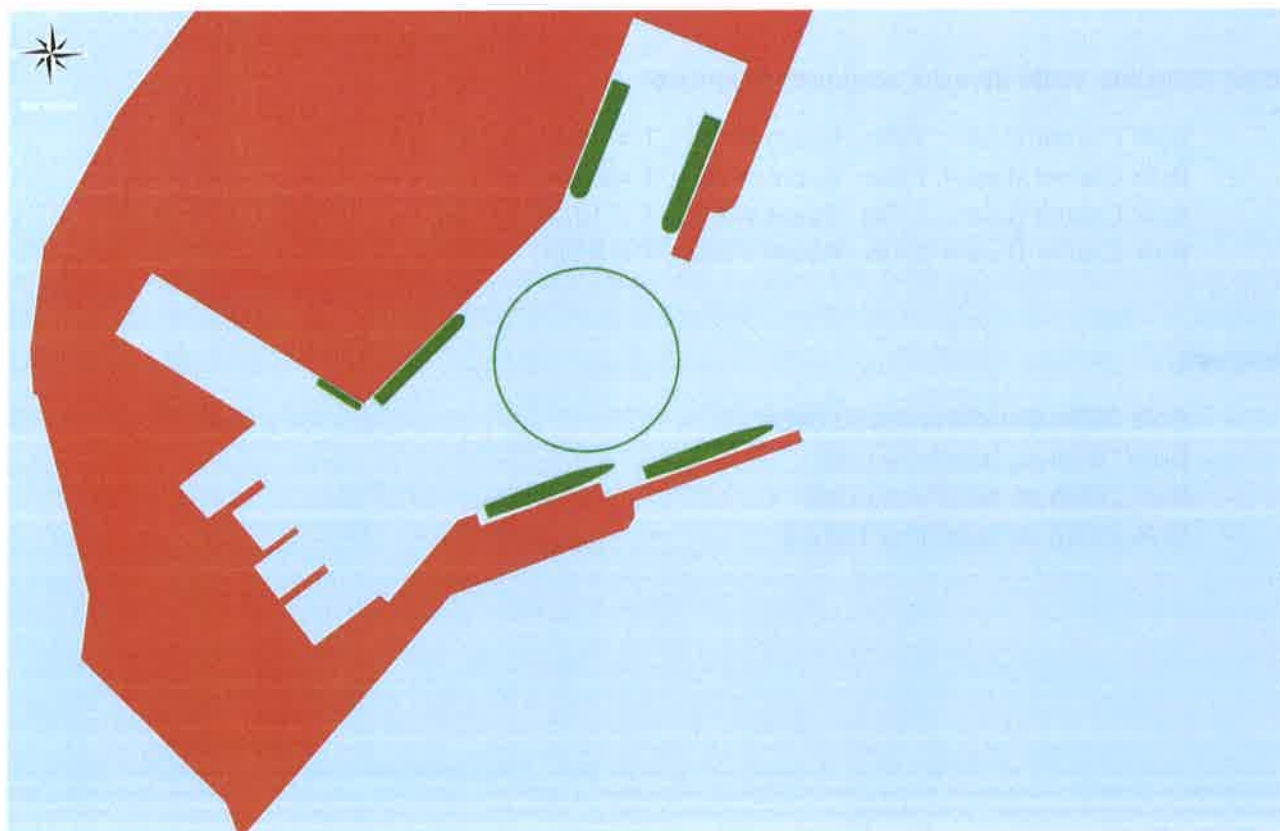


Fig. 20 – Layout originale

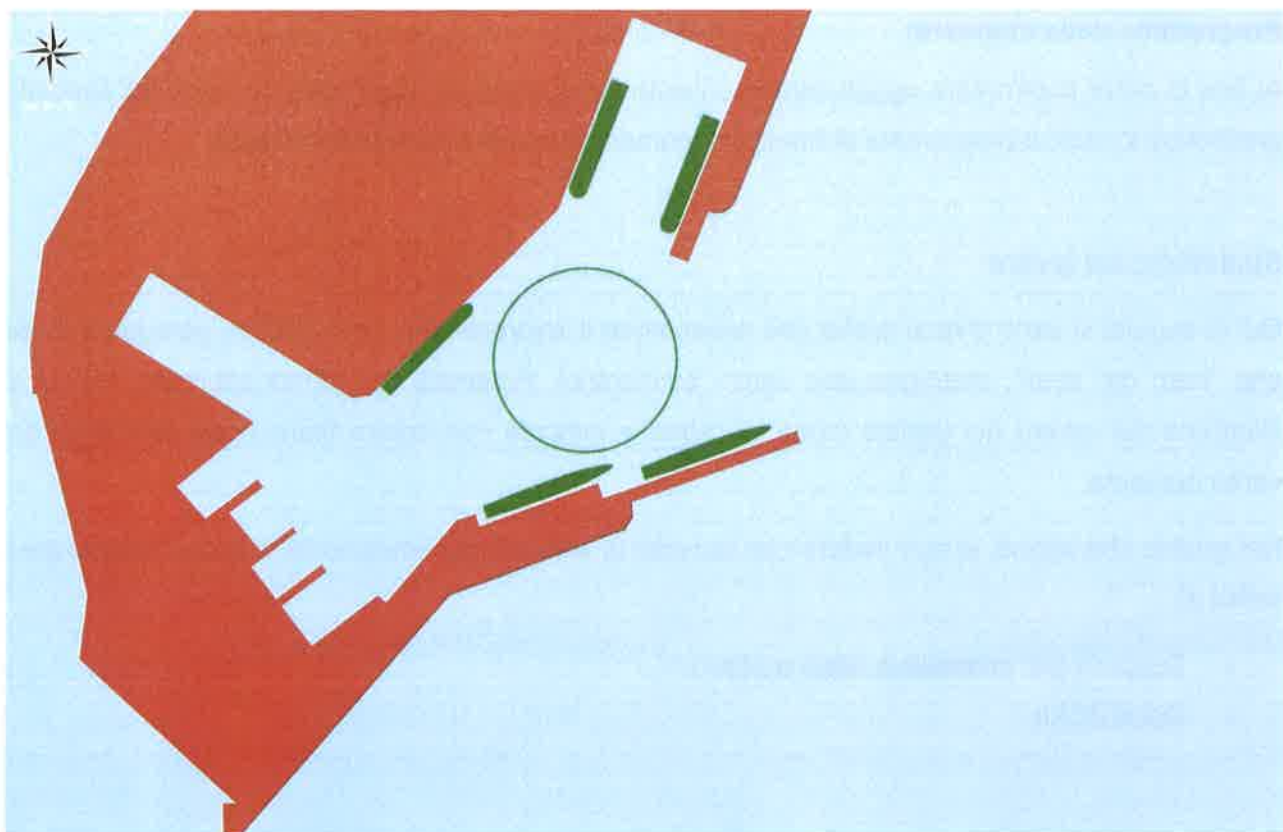


Fig. 21 - Layout con taglio dello spigolo Lusid di 30m x 30m

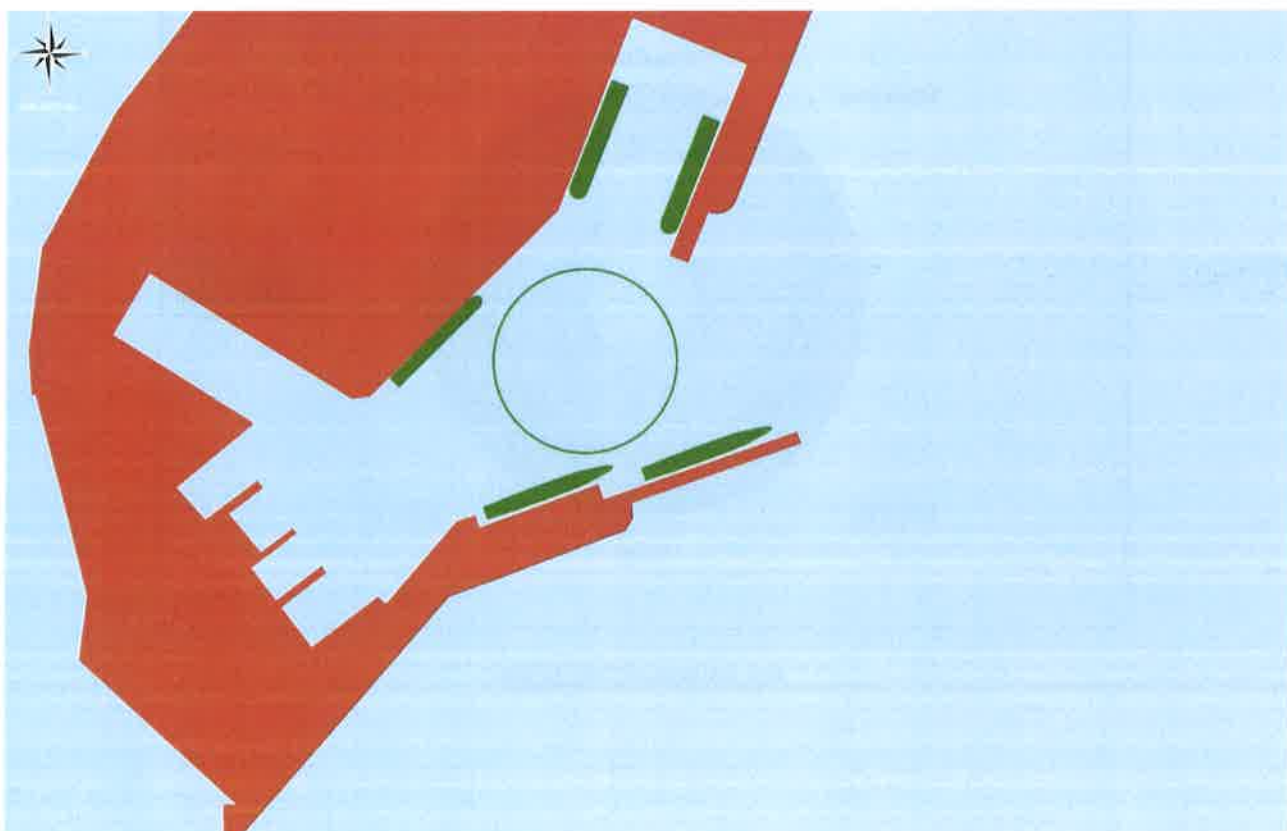


Fig. 22 - Layout con taglio dello spigolo Lusid di 30m x 30m e nave Bulk ormeggiata più avanti

Programma delle manovre:

Al fine di poter confrontare oggettivamente l'esito delle manovre, ogni nave simulata ha eseguito pressoché lo stesso programma di manovre (numero di accosti, condizioni meteo).

Statistiche del lavoro

Qui di seguito vi sono diversi grafici che riassumono il lavoro svolto. Ogni grafico, paragonabile ad una "rosa dei venti", distingue con cerchi concentrici, l'intensità del vento applicato. Più ci si allontana dal centro del grafico (zona di calma e indicata con colore bianco) più l'intensità del vento aumenta.

Nel grafico che segue, si può vedere che durante le sessioni di simulazione, è stato considerato il vento di:

- Scirocco per intensità di 15kn e 25kn
- Ostro 25 kn

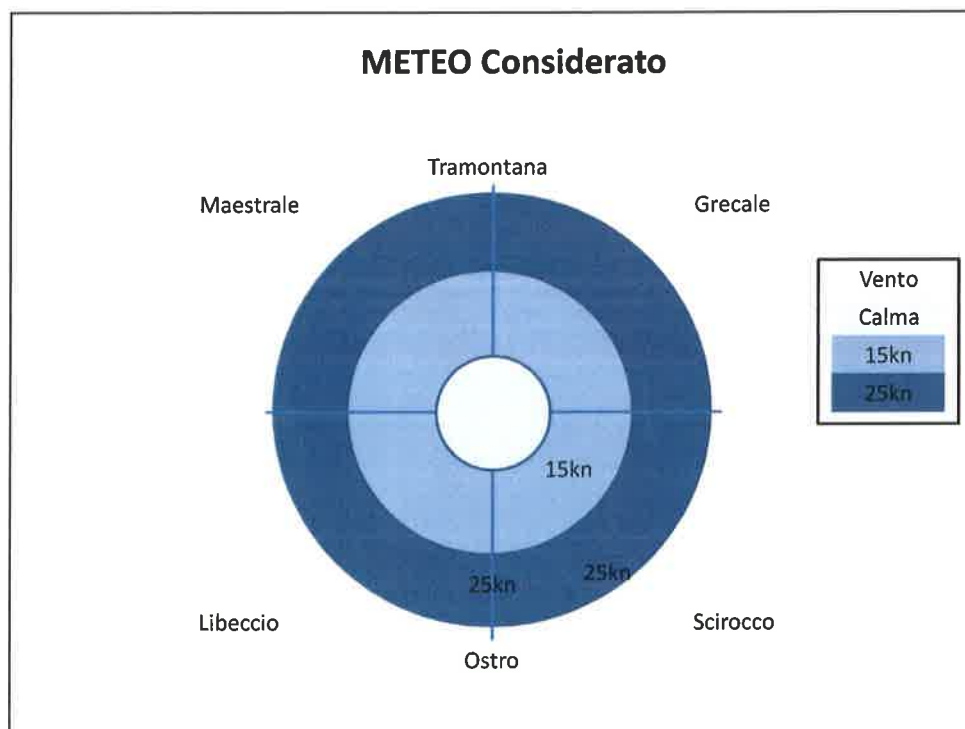


Fig. 23 Meteo Considerato

Raggruppando le manovre per caratteristiche del vento impiegato, si ottiene che sono state realizzate:

- 8 manovre in calma di vento
- 11 manovre con vento di Scirocco (9 con 25kn e 2 con 15kn)
- 10 manovre con vento di Ostro a 25kn

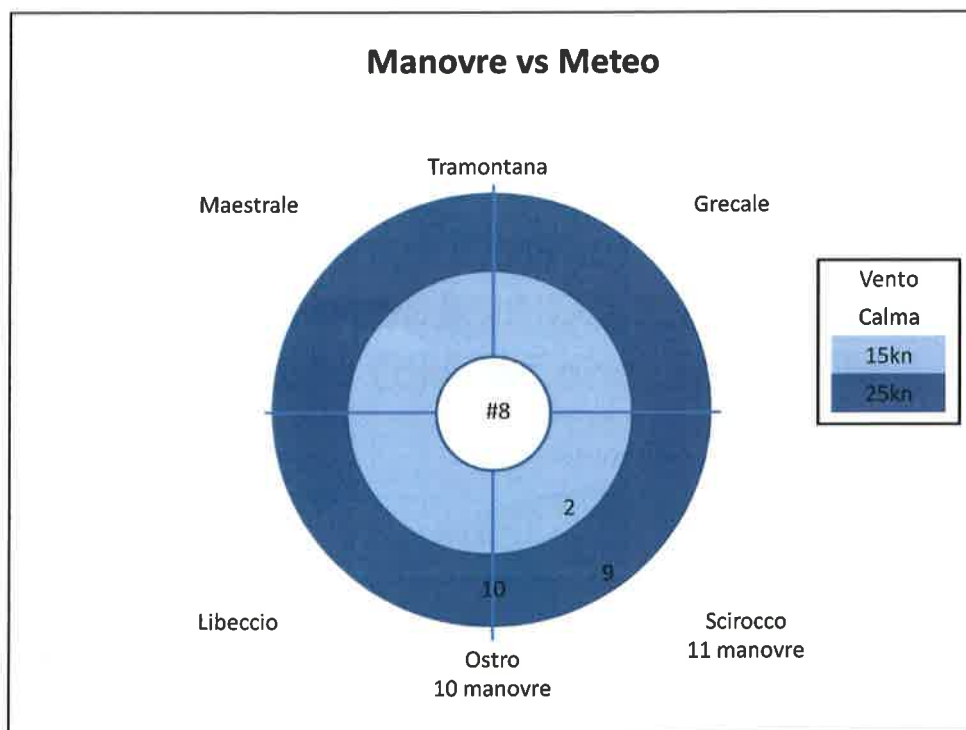


Fig. 24 Manovre vs vento

Relativamente alla nave **Bulk Carrier 300**, si propone il seguente grafico dove:

- il colore verde, giallo e rosso indicano se la manovra è riuscita, riuscita al limite, non riuscita
- con la lettera I ed U, si indica il tipo di manovra (Ingresso o Uscita)
- il numero indica il progressivo della manovra eseguita

Quindi ad esempio, l'indicazione **5-I** presente nel quadrante dello Scirocco significa che:

- la manovra di ingresso, avente numero 5 della serie, è stata eseguita con 25kn di vento proveniente da SE (Scirocco) ed è risultata *non riuscita*.

Analogamente, la manovra **9-I** è una manovra eseguita con 25kn di Scirocco, si tratta di un ingresso ed è identificata come *riuscita*.

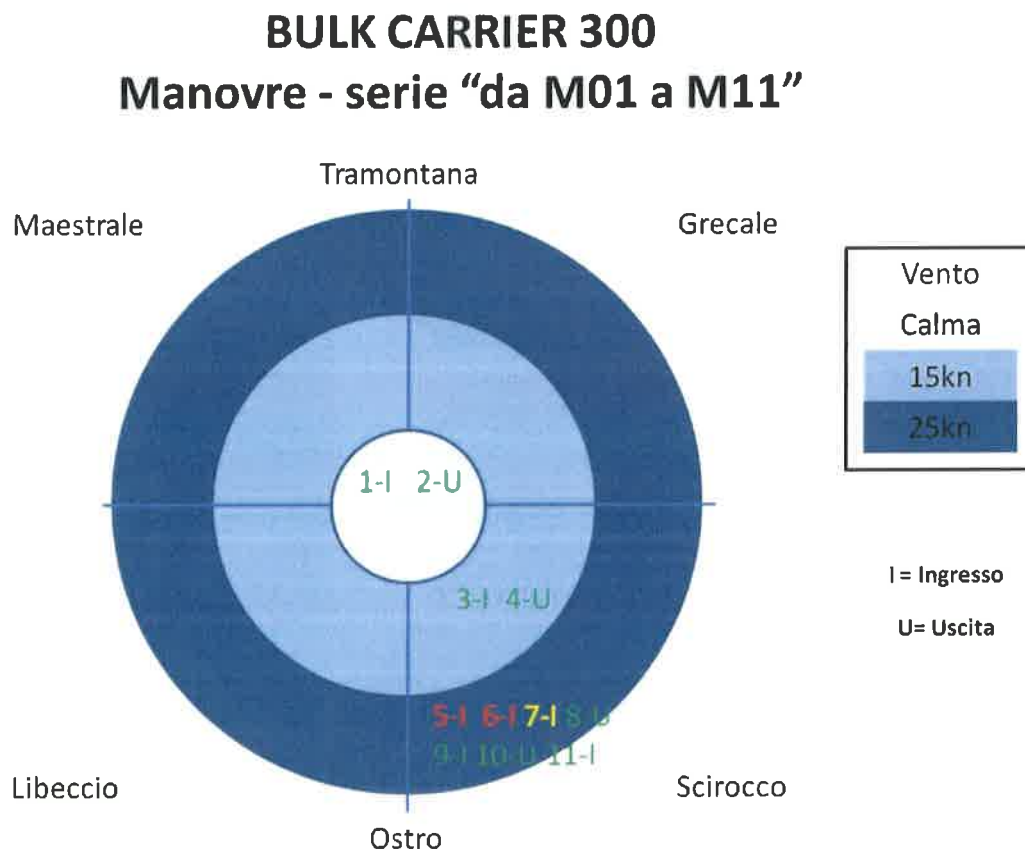


Fig. 25 Manovre Bulk Carrier 300

BULK CARRIER 150

Manovre - serie "M12-M13-M16-M17"

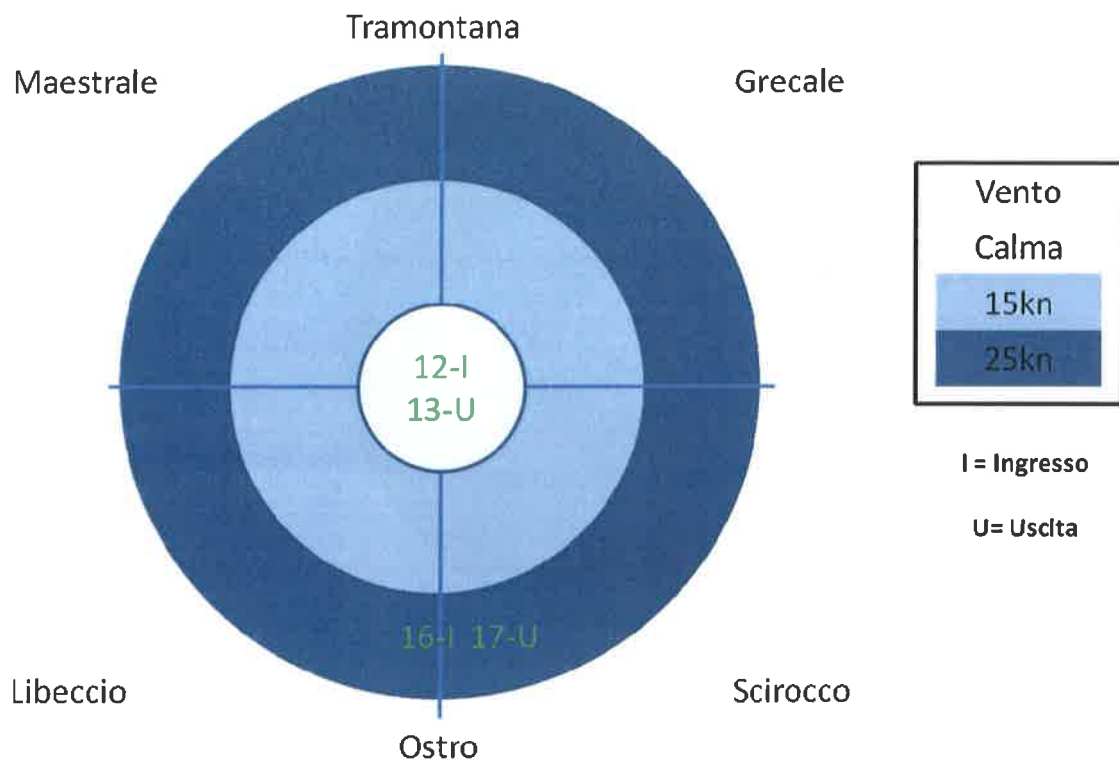


Fig. 26 Mannovre Bulk Carrier 150

BULK CARRIER 240

Manovre - serie "M14-M15 da M18 a M21"

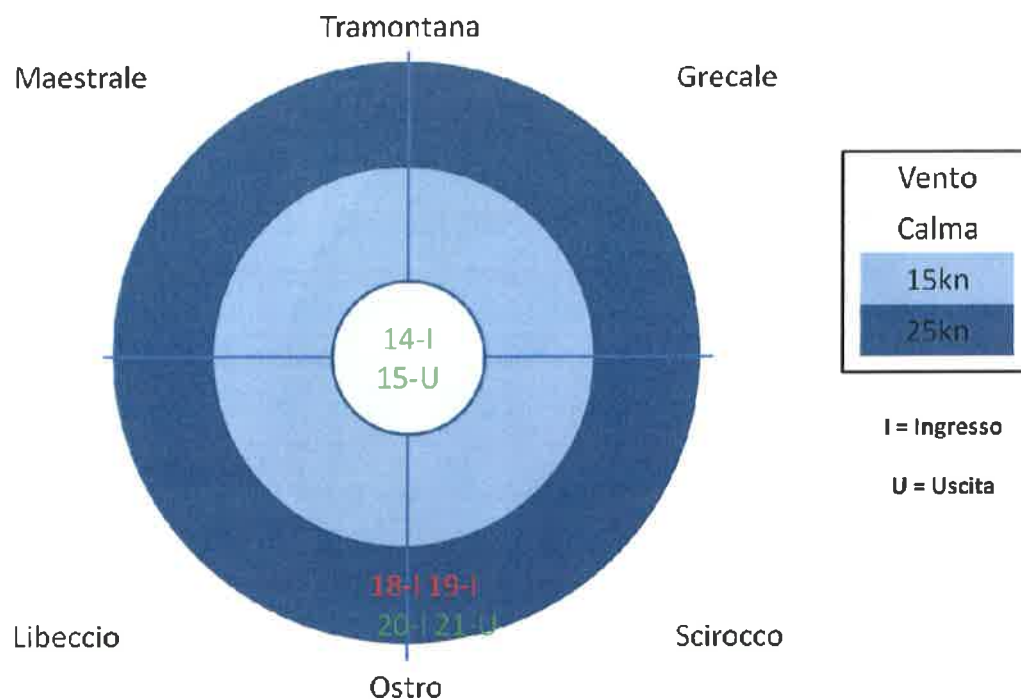


Fig. 27 Manovre Bulk Carrier 240

7.1 In sintesi

Batimetria

I fondali di progetto da -20m all'interno del porto e nel canale di accesso sono compatibili con navi aventi immersione fino a -18m.

Aree di manovra:

Il cerchio di evoluzione avente diametro pari a 450m e previsto inizialmente nell'adeguamento tecnico funzionale, per navi da LOA=300m, fornisce un rapporto diametro/LOA pari a 1,5.

Tuttavia analizzando il layout, lo spazio a disposizione è tale da ricavare un cerchio da 520m, senza interferenze con le strutture di progetto, che porterebbe il rapporto diametro/LOA ad un valore di 1,7.

In base alle indicazioni fornite dal PIANC, l'imboccatura del porto ha dimensioni compatibili con navi da LOA=300m.

Canale di accesso:

Attraverso lo studio delle manovre ed il contributo/esperienza messa in campo dal Corpo Piloti, si suggerisce di:

- svasare l'ingresso del canale in modo tale da poter eseguire una più sicura accostata e allineamento al canale;
- qualora non vi sia la possibilità di allargare il canale di accesso, è da preferirsi un intervento asimmetrico che privilegi la parte sinistra (est) del canale.

Accosti:

- Le banchine Est ed Ovest hanno dimensione pari a 500m, tale lunghezza consente di poter ampiamente ormeggiare navi da 300m e nel contempo lasciare spazio adeguato (160m) alla manovra delle navi che ormeggiano sulla banchina Nord.
- La banchina Nord, di lunghezza 300m, risulta compatibile per un ormeggio di navi da 150m, consentendo anche gli spazi di lavoro necessari a due rimorchiatori agganciati a filo di prora e filo di poppa.
- La banchina Lusid non evidenzia criticità nell'ormeggiare navi da 240m.
- La banchina Tabani, lunga 240m, può contare solo su 105m di spazio dal Pontile Magona, tale distanza risulta un limite per l'accosto delle navi, che con 30m di larghezza riescono ad ormeggiare e salpare, solamente se sul Pontile Magona non è presente nessuna nave all'ormeggio. Inoltre, durante le manovre al simulatore, è emerso come lo spigolo della banchina Lusid sia di intralcio alla manovra di allineamento alla banchina Tabani. Per tale

motivo sono state eseguite alcune manovra ipotizzando un taglio di 30m x 30m dello spigolo e spostando di due larghezze nave l'accosto della Panamax (LOA=294m) in banchina Ovest 2, concluse positivamente.

Rimorchiatori

Per la nave Bulk da 300m in accosto su banchina Est o Ovest, sono necessari:

- 3 rimorchiatori da 45t per intensità di vento fino a 15kn,
- 2 rimorchiatori da 45t ed 1 da 70t per venti fino a 25kn.

Per la nave Bulk da 150m in accosto su banchina Nord, sono necessari:

- 2 rimorchiatori da 45t per venti fino a 25kn.

Per la nave Bulk da 220m in accosto su banchina Tabani, sono necessari:

- 2 rimorchiatori da 45t per intensità di vento fino a 15kn,
- 1 rimorchiatori da 45t ed 1 da 70t per venti fino a 25kn.

Per la nave Bulk da 240m in accosto su banchina Lusid, sono necessari:

- 2 rimorchiatori da 45t per venti fino a 25kn.

Esito della manovra:

Per la nave Bulk da 300m in accosto su banchina Est o Ovest:

- Manovre di arrivo e partenza riuscite su entrambe le banchine con venti fino a 25kn S/SE e onda con tempo di ritorno di 1 anno ($H_s = 3.5m$).
- Manovre con esito negativo con venti da 25kn S/SE e onda con tempo di ritorno di 50 anni ($H_s=4.9m$).

Per la nave Bulk da 150m in accosto su banchina Nord:

- Manovre di arrivo e partenza riuscite con venti fino a 25kn da Sud e onda con tempo di ritorno di 1 anno ($H_s = 3.5m$).

Per la nave Bulk da 220m in accosto su banchina Tabani:

- Le manovre eseguite contano diversi fallimenti dovuti allo spigolo Lusid, una volta operato un taglio da 30m x 30m e fatto avanzare l'ormeggio della nave Panamax da 294m di due larghezze nave, le manovre di ingresso ed uscita con venti fino a 25kn da S/SE e onda con tempo di ritorno di 1 anno ($H_s = 3.5m$), hanno avuto esito positivo. Si ricorda che non deve essere presente nessuna nave all'ormeggio sul pontile Magona Nord.

Per la nave Bulk da 240m in accosto su banchina Lusid:

- Manovre di arrivo e partenza riuscite con calma di vento
- In presenza di venti con intensità pari a 25kn da Sud e onda con tempo di ritorno di 1 anno ($H_s = 3.5m$), la manovra risulta più complicata, essenzialmente per il transito ravvicinato che viene effettuato in prossimità dello spigolo Lusid e delle navi ormeggiate.
- Delle 4 manovre eseguite con 25kn e onda con tempo di ritorno di 1 anno ($H_s = 3.5m$), due sono riuscite, mentre nelle restanti è stato registrato un incaglio (evoluzione fuori dal cerchio) ed una manovra con avaria al tug di prua senza il quale non si riesce a giungere in banchina.

I piloti fanno notare che per gli accosti in banchina Tabani, il cerchio di evoluzione a -20 m risulta molto lontano, obbligando l'esecuzione di una marcia addietro particolarmente lunga nei tempi e nello spazio da percorrere, ma segnalano che abitualmente per tale manovra e tipologia di navi viene attualmente utilizzato il cerchio di evoluzione secondario compreso tra lo spigolo del Pontile Lusid e il Molo Batteria senza riscontrare problemi di sicurezza durante qualsiasi manovra e condizione meteomarina.

In conclusione AdSP MTS ha ritenuto opportuno apportare le seguenti modifiche al layout finale dell'adeguamento tecnico funzionale per rispondere al meglio alle specifiche esigenze scaturite a seguito delle prove di simulazione di manovra e dei contributi del Corpo Piloti:

- Cerchio di evoluzione di diametro pari a 520 m;
- Smussatura 30 x 30 m sullo spigolo del Pontile Lusid;
- Adeguamento del canale di ingresso/uscita prevedendo di allargare l'imboccatura a mare verso di circa 70 m e riallineamento dello stesso per poter eseguire le accostate più in sicurezza.



APPENDICE

TRACCIATI DELLE MANOVRE

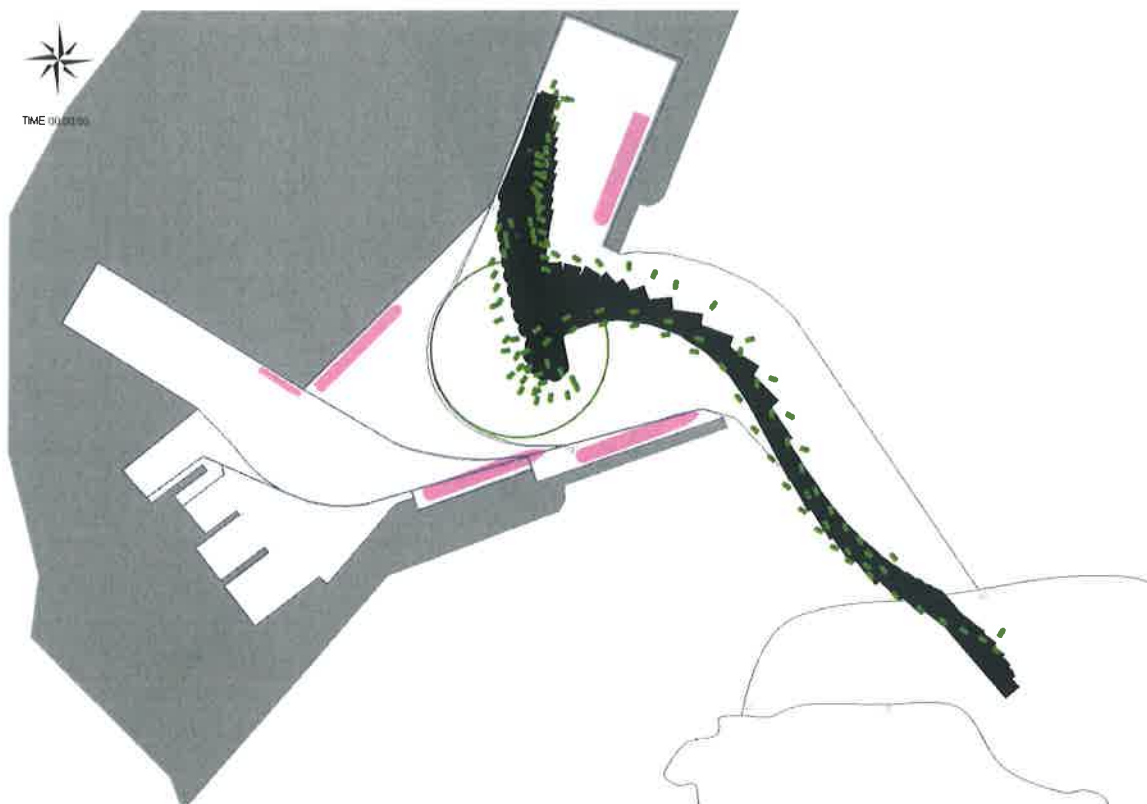


Fig. 29 Manovra 01 – Bulk Carrier 300

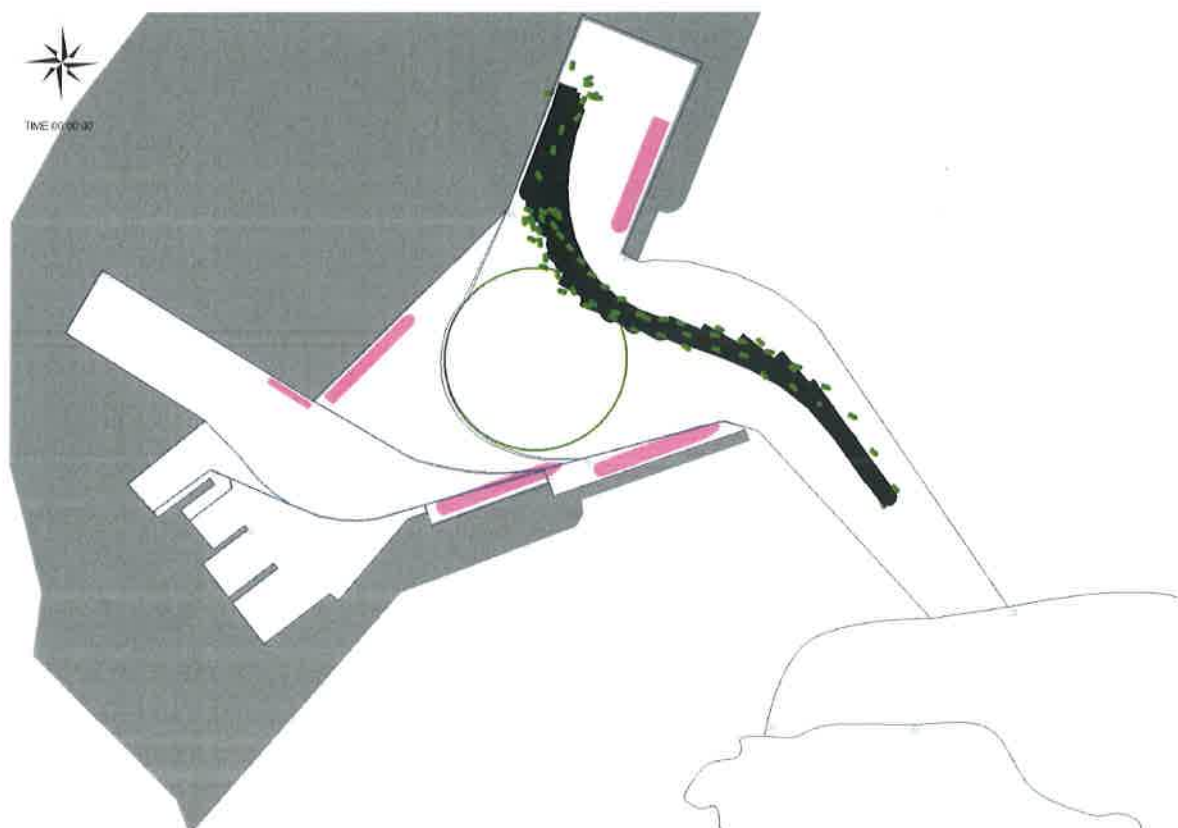


Fig. 30 Manovra 02 – Bulk Carrier 300

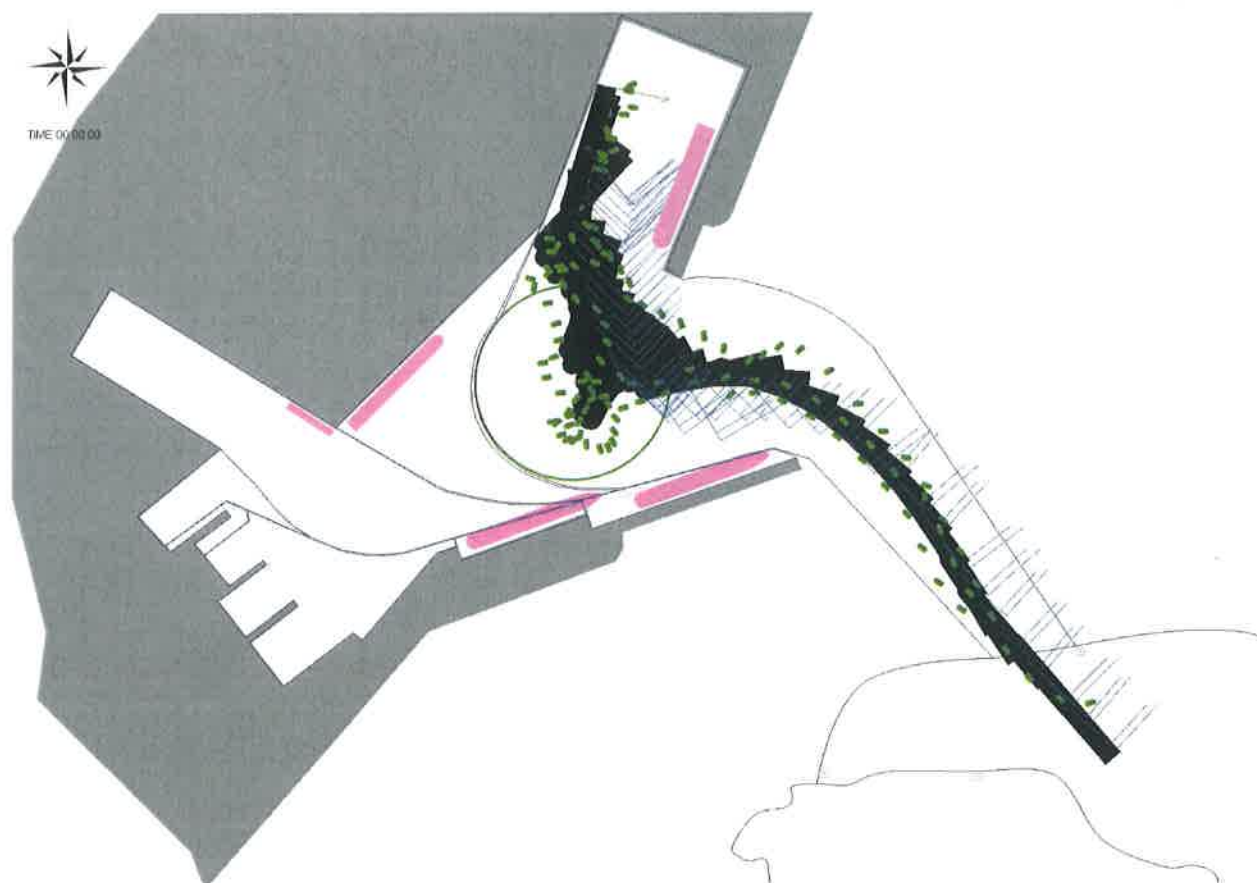


Fig. 31 Manovra 03 – Bulk Carrier 300

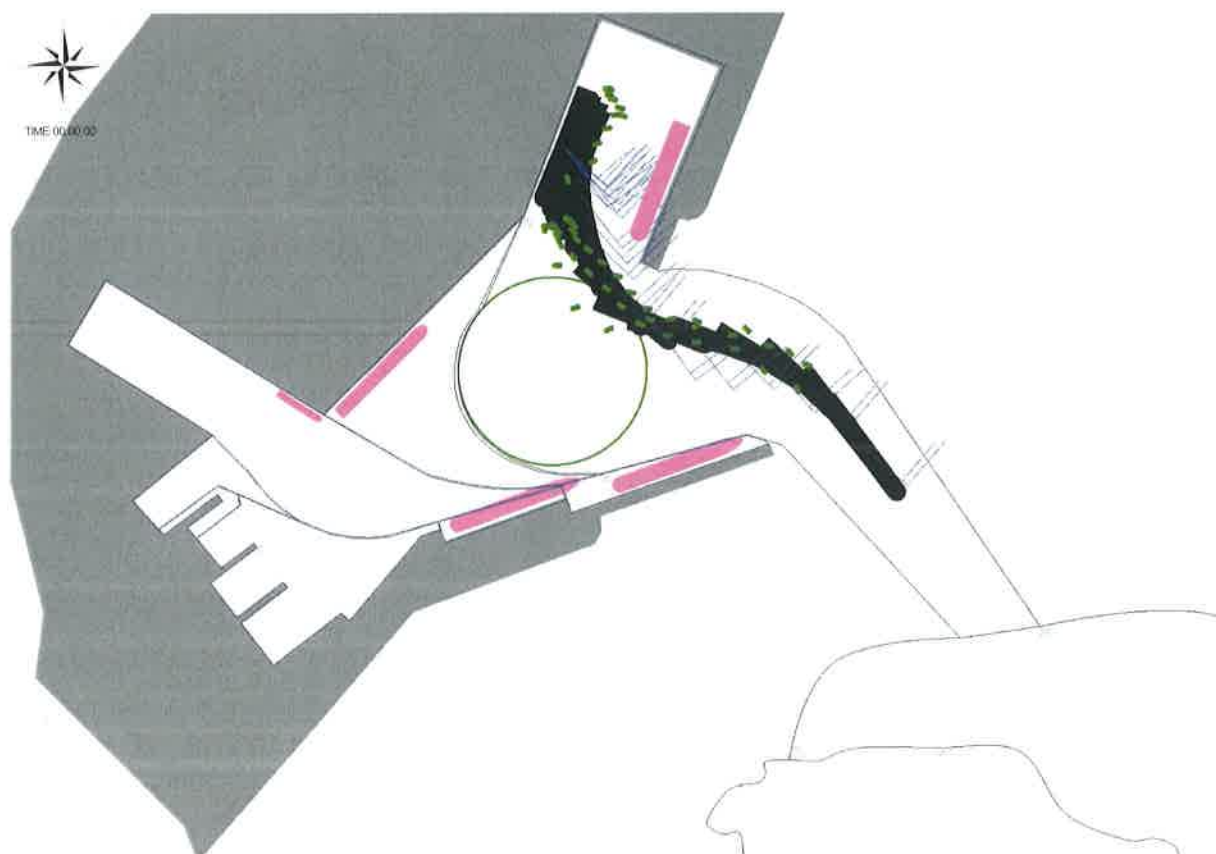


Fig. 32 Manovra 04 – Bulk Carrier 300

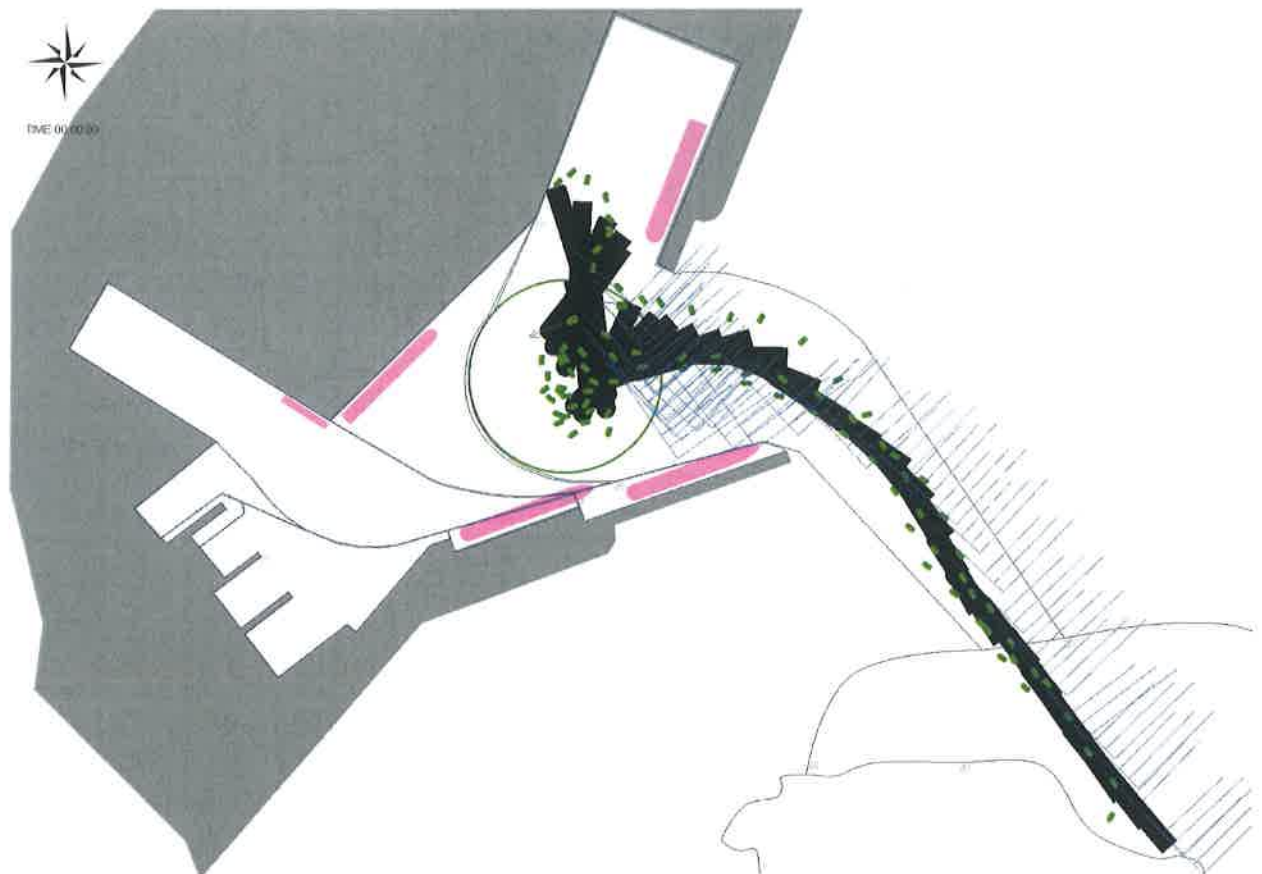


Fig. 33 Manovra 05 – Bulk Carrier 300

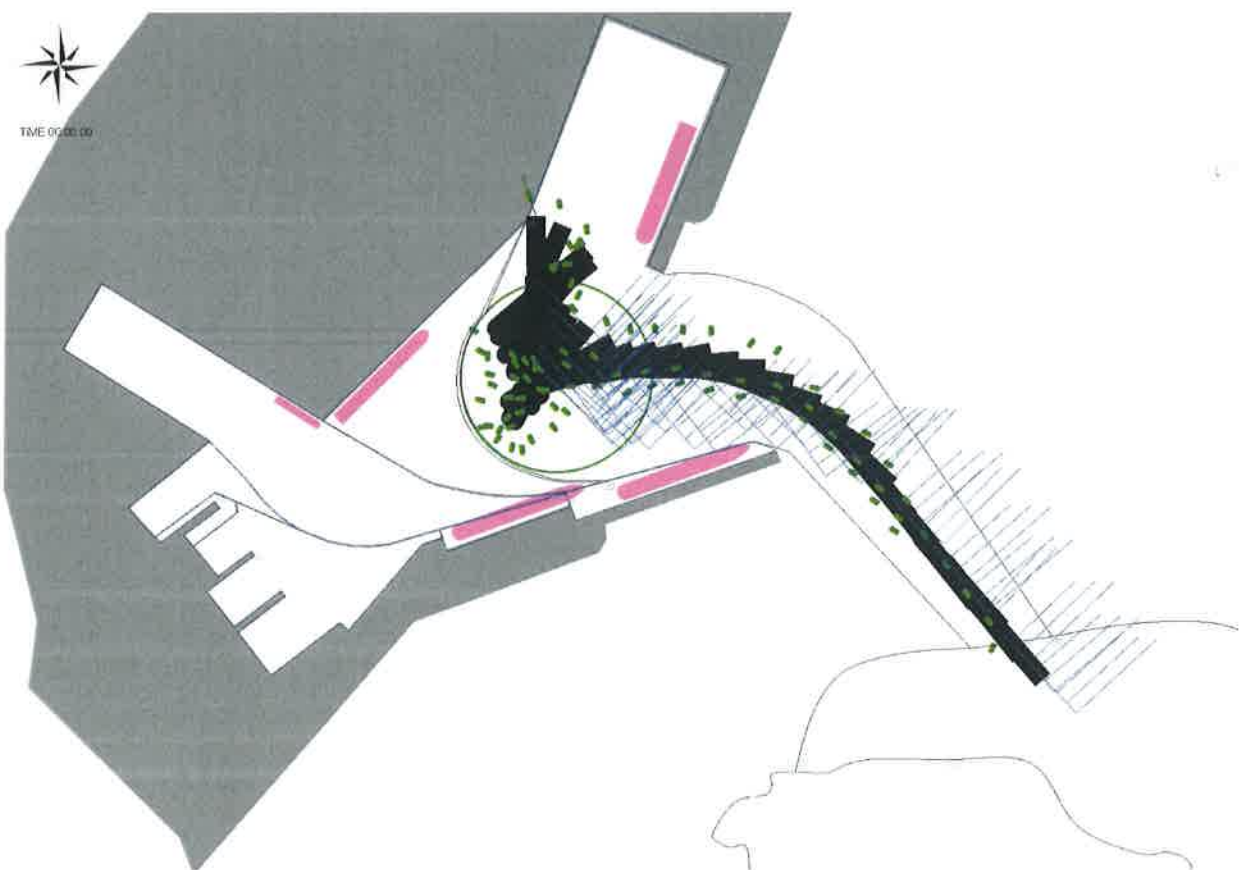


Fig. 34 Manovra 06 – Bulk Carrier 300

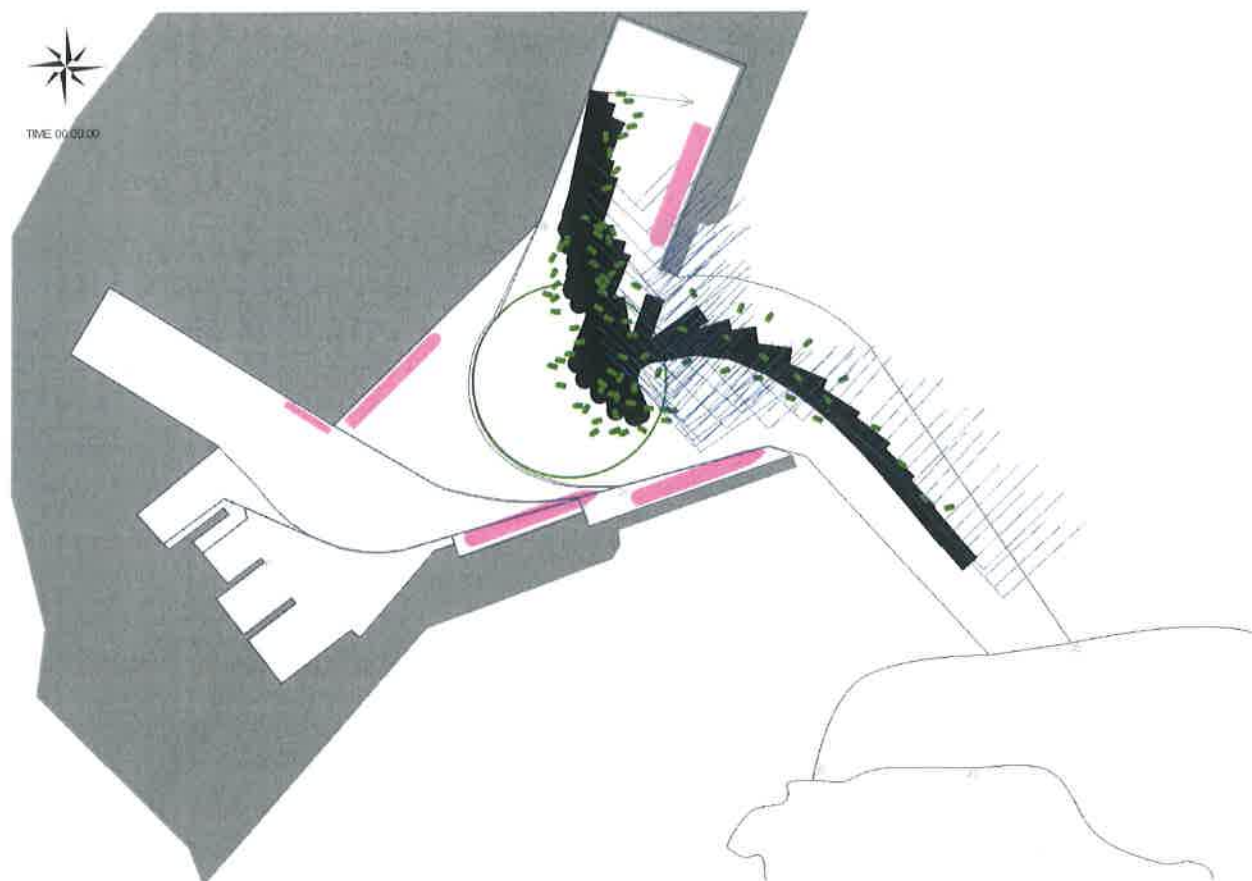


Fig. 35 Manovra 07 – Bulk Carrier 300

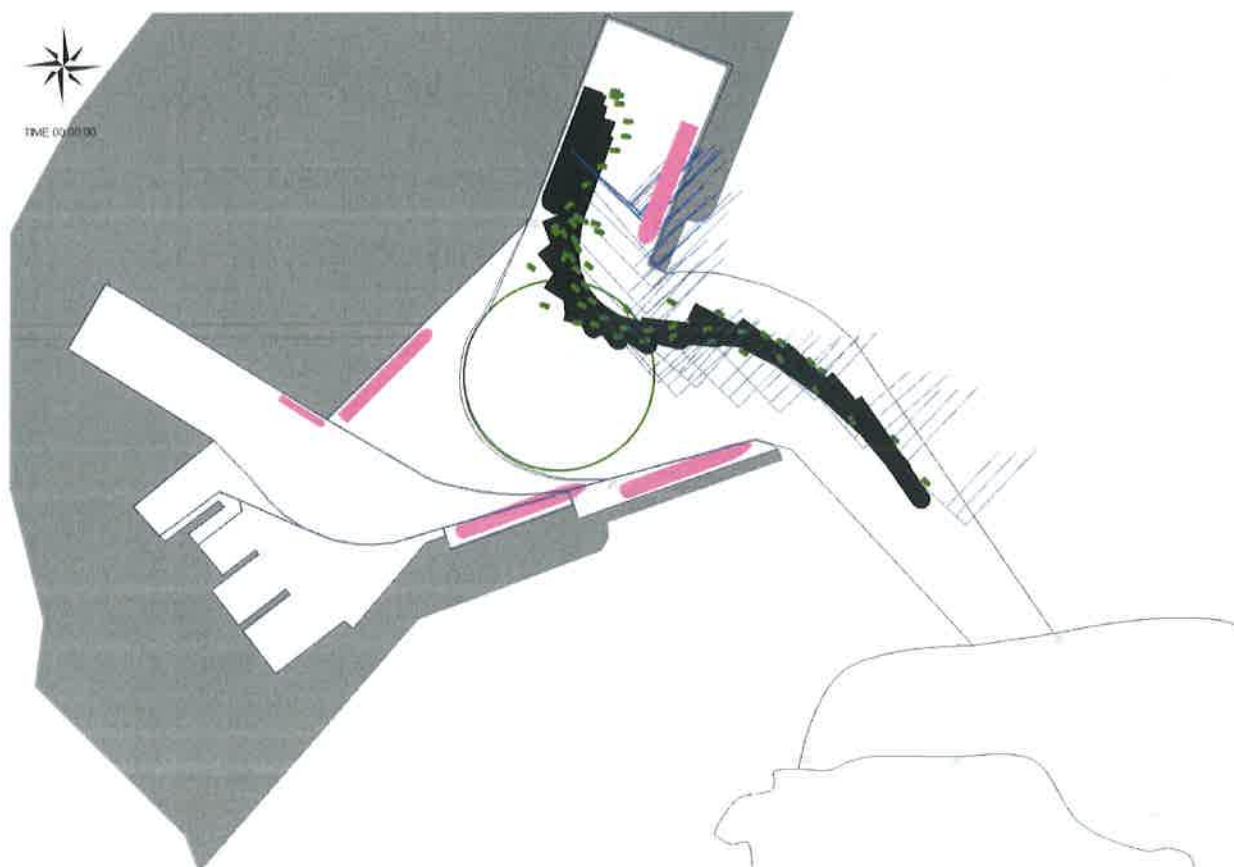


Fig. 36 Manovra 08 – Bulk Carrier 300

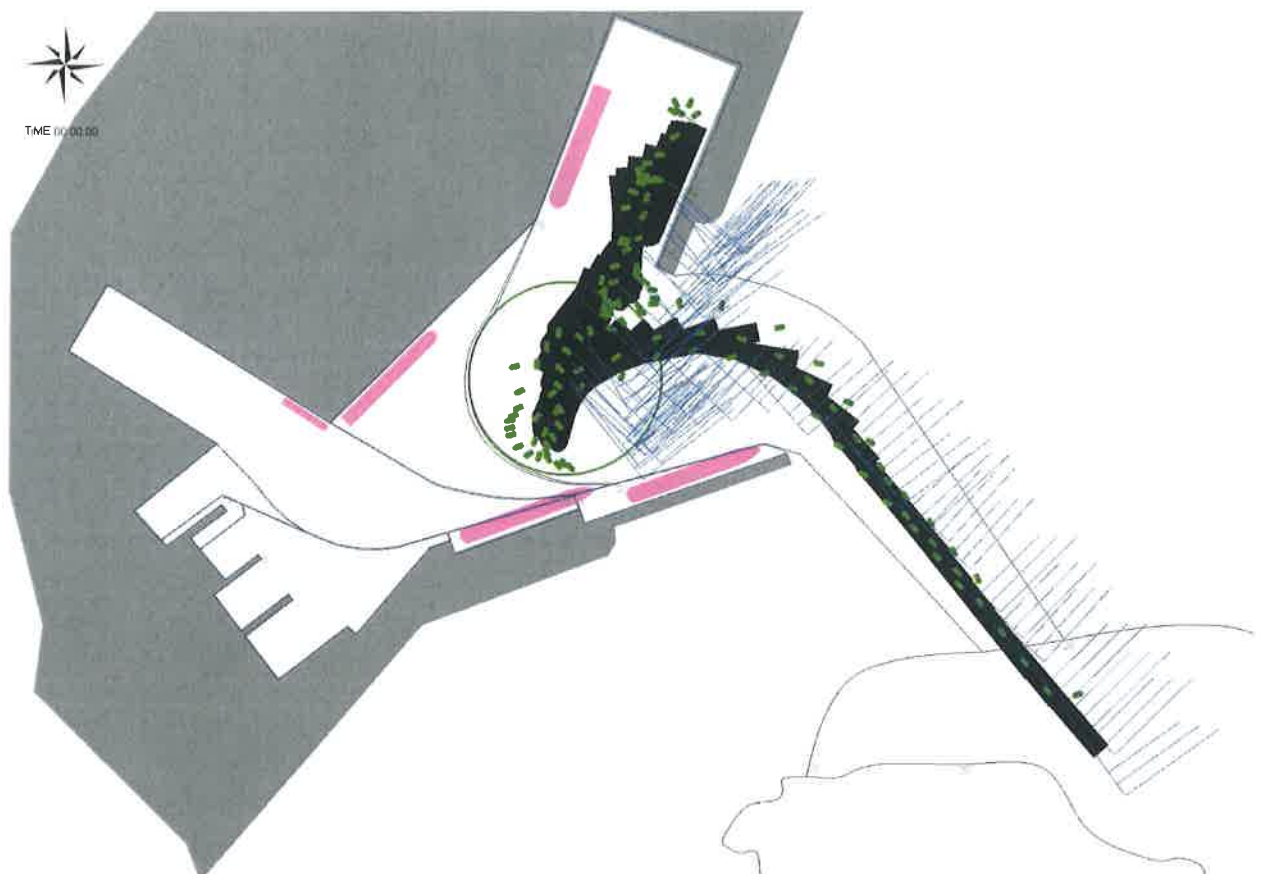


Fig. 37 Manovra 09 - Bulk Carrier 300

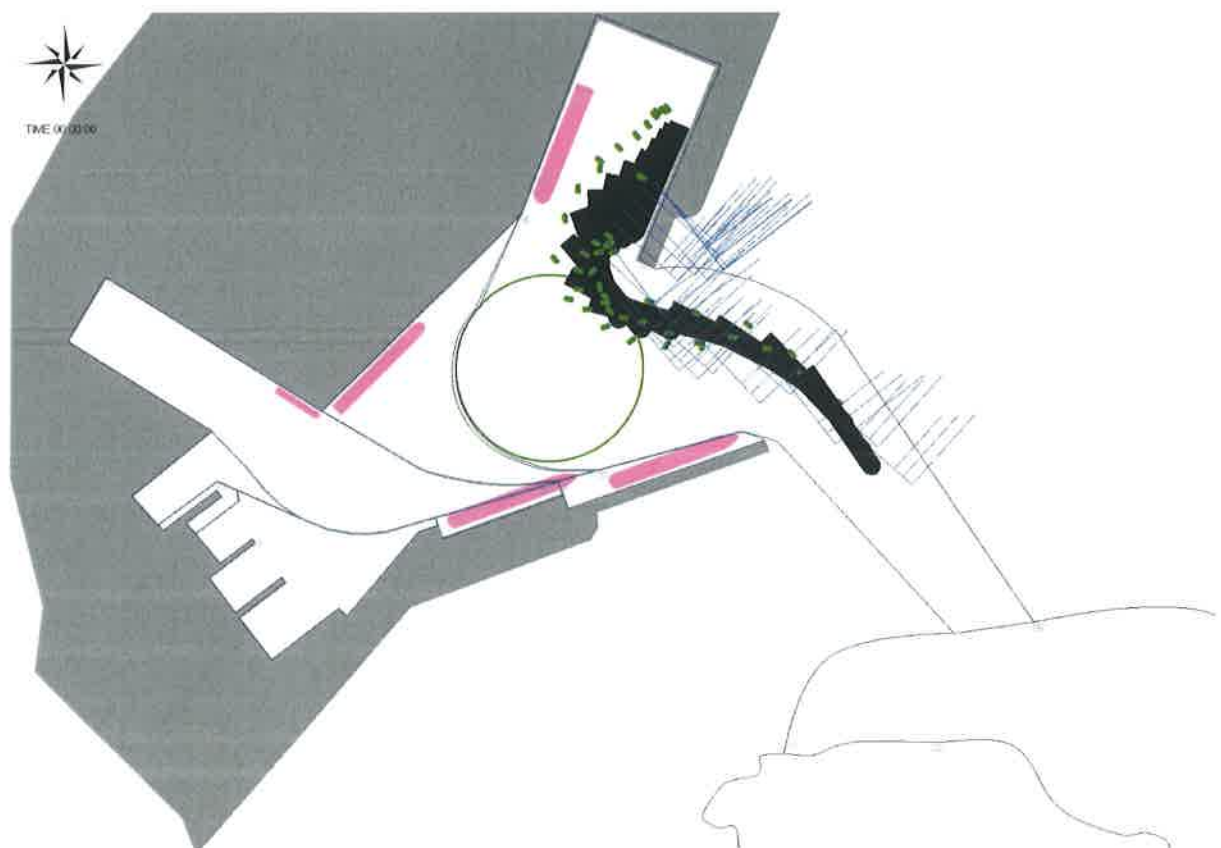
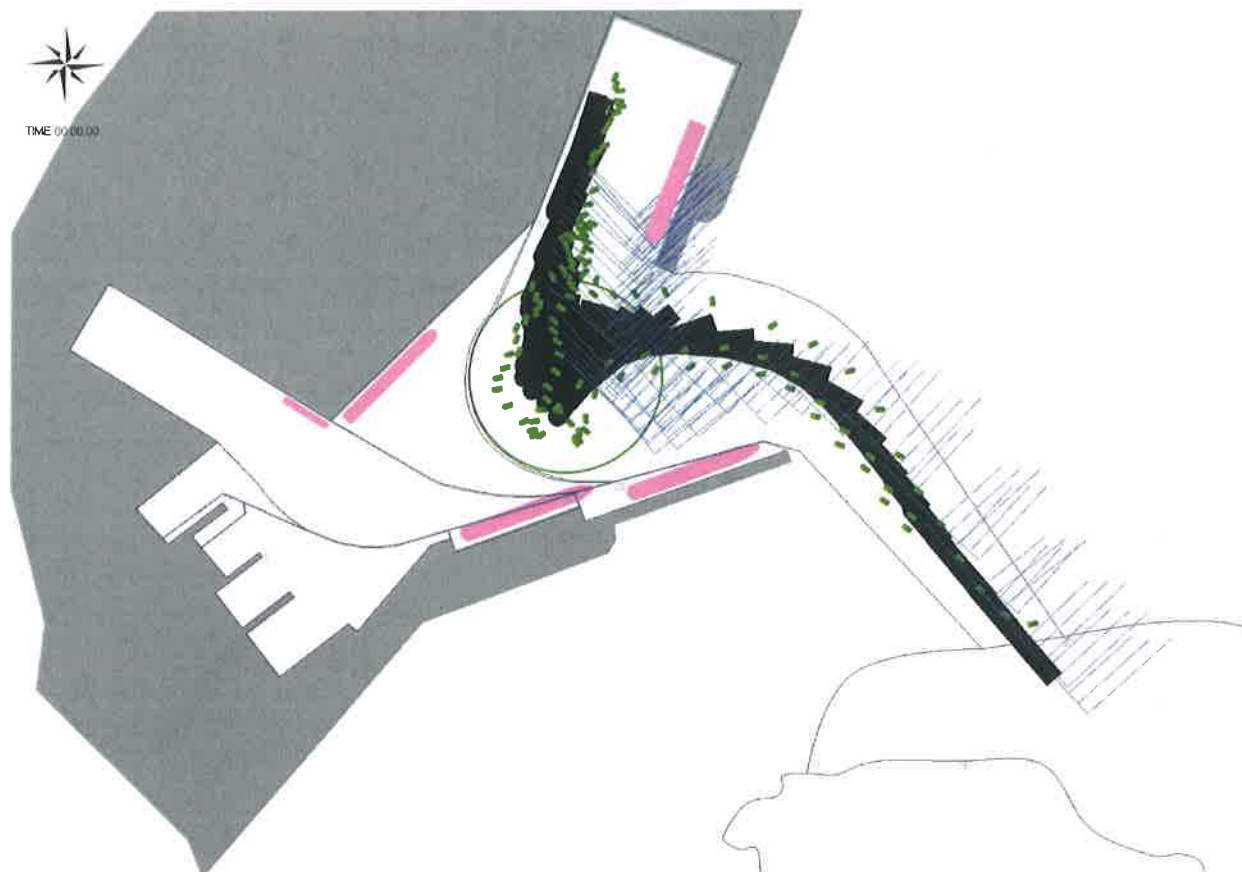
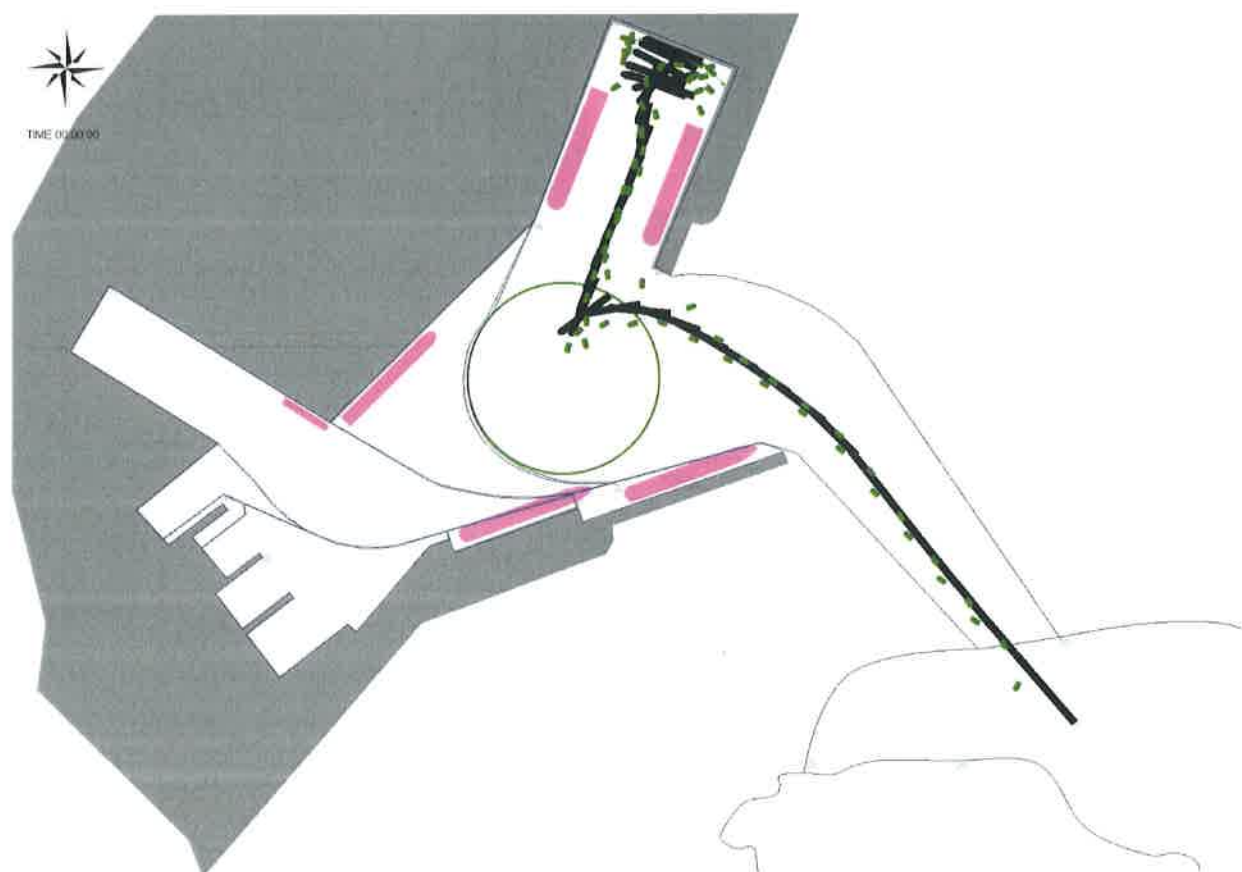


Fig. 38 Manovra 10 - Bulk Carrier 300

*Fig. 39 Manovra 11- Bulk Carrier 300**Fig. 40 Manovra 12 – Bulk Carrier 150*

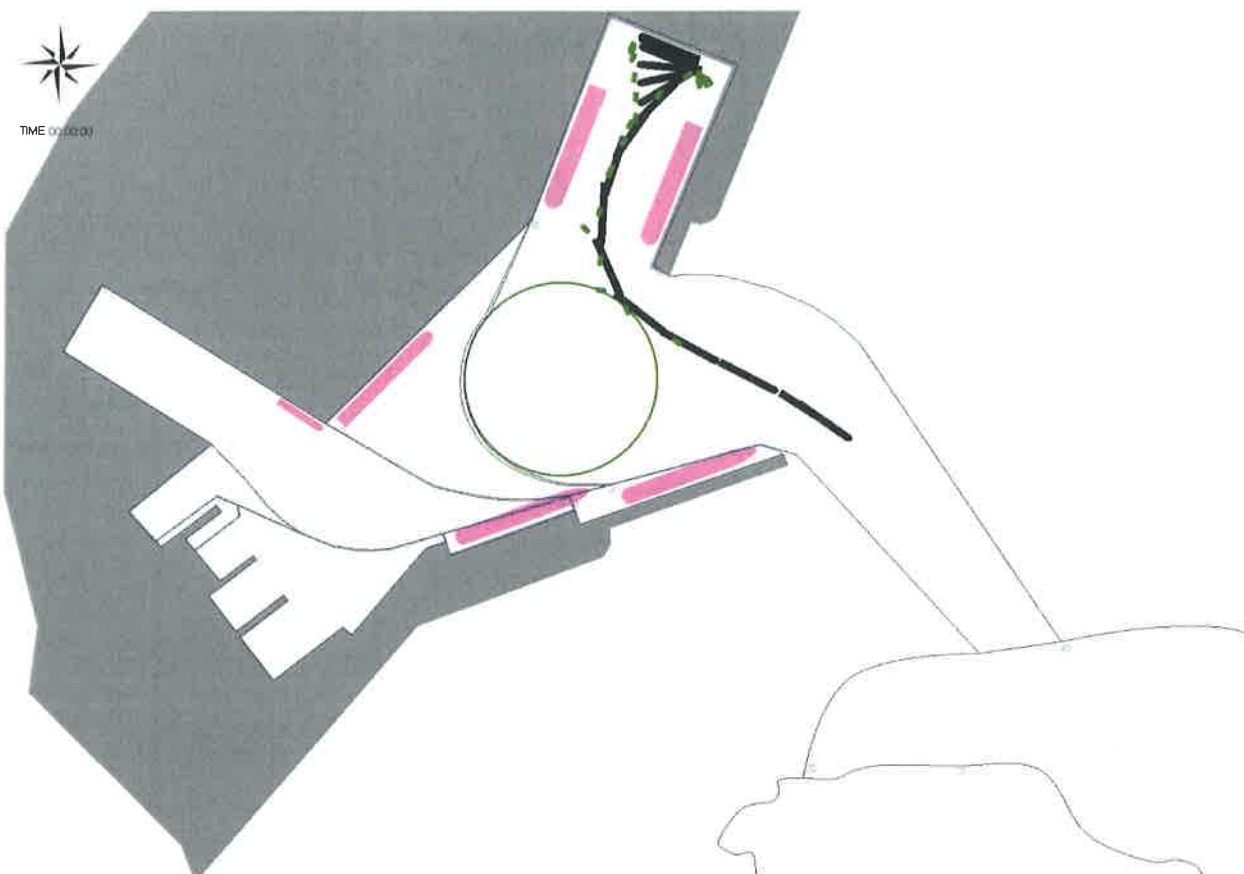


Fig. 41 Manovra 13 – Bulk Carrier 150

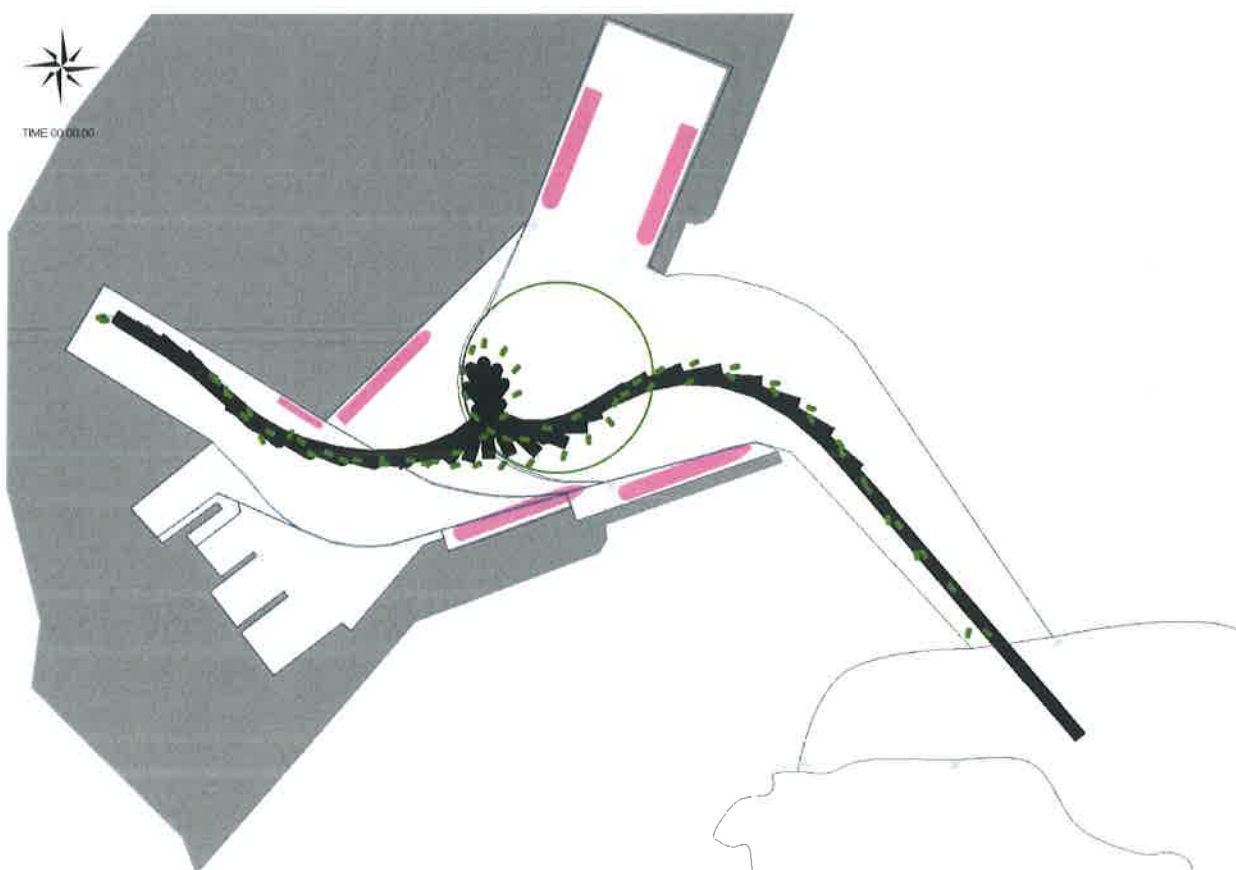


Fig. 42 Manovra 14 – Bulk Carrier 240

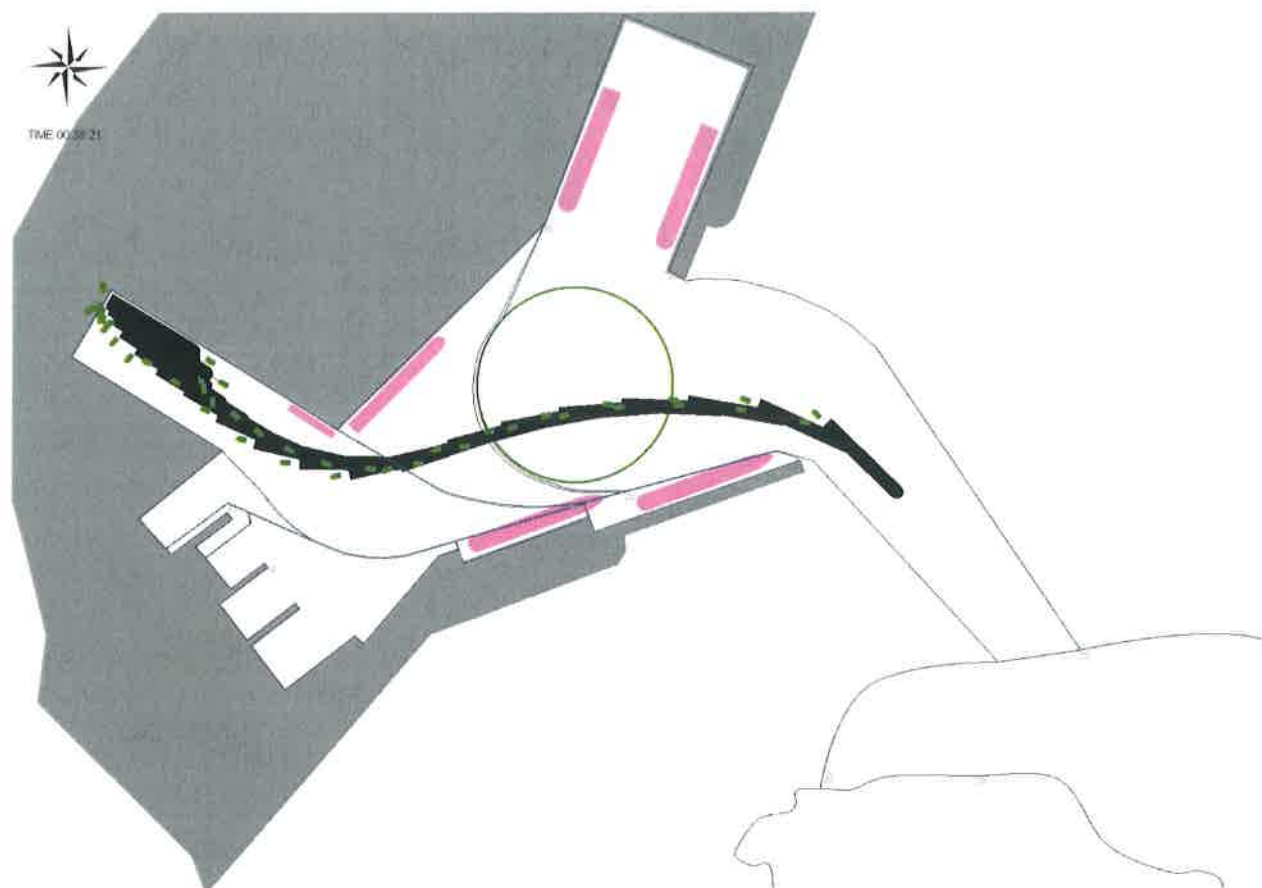


Fig. 43 Manovra 15 – Bulk Carrier 240

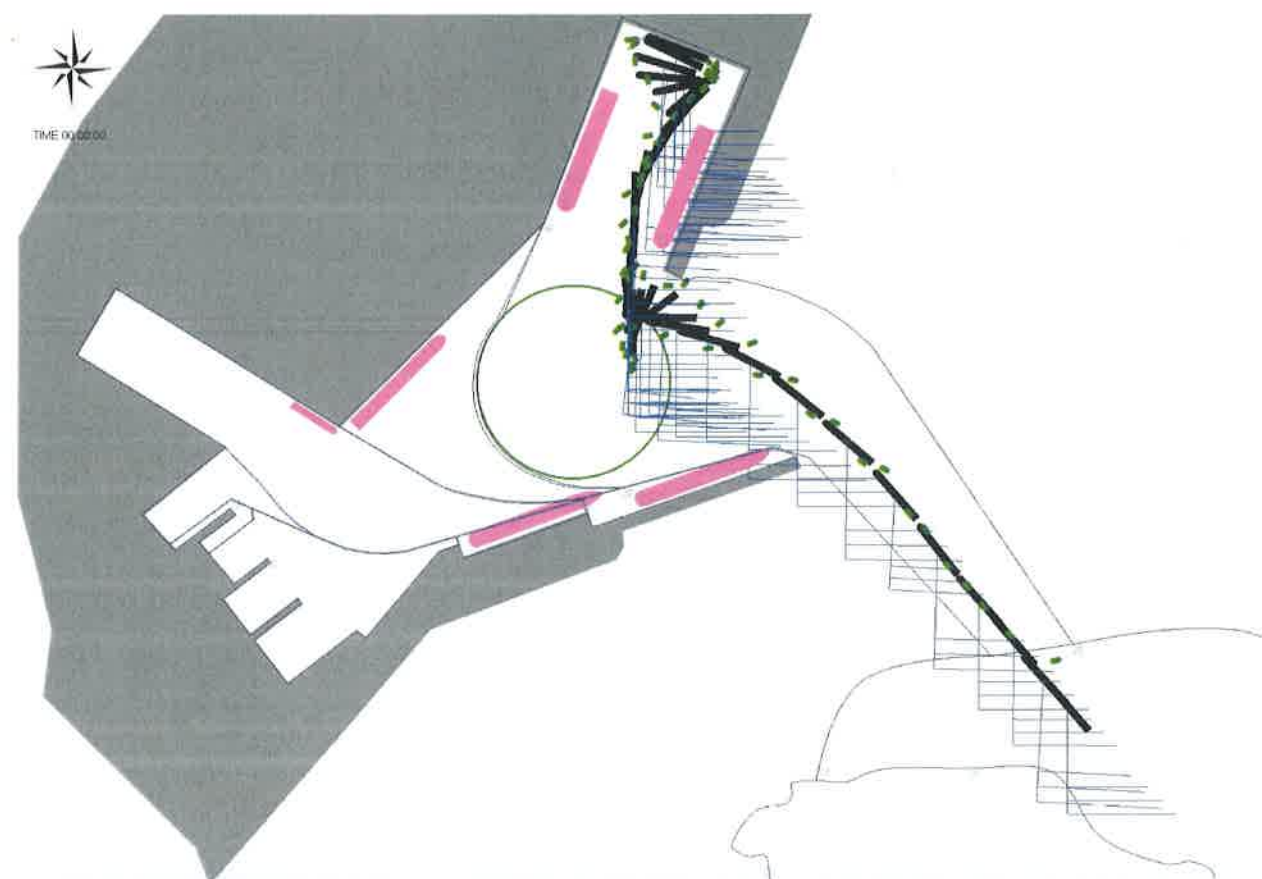


Fig. 44 Manovra 16 – Bulk Carrier 150

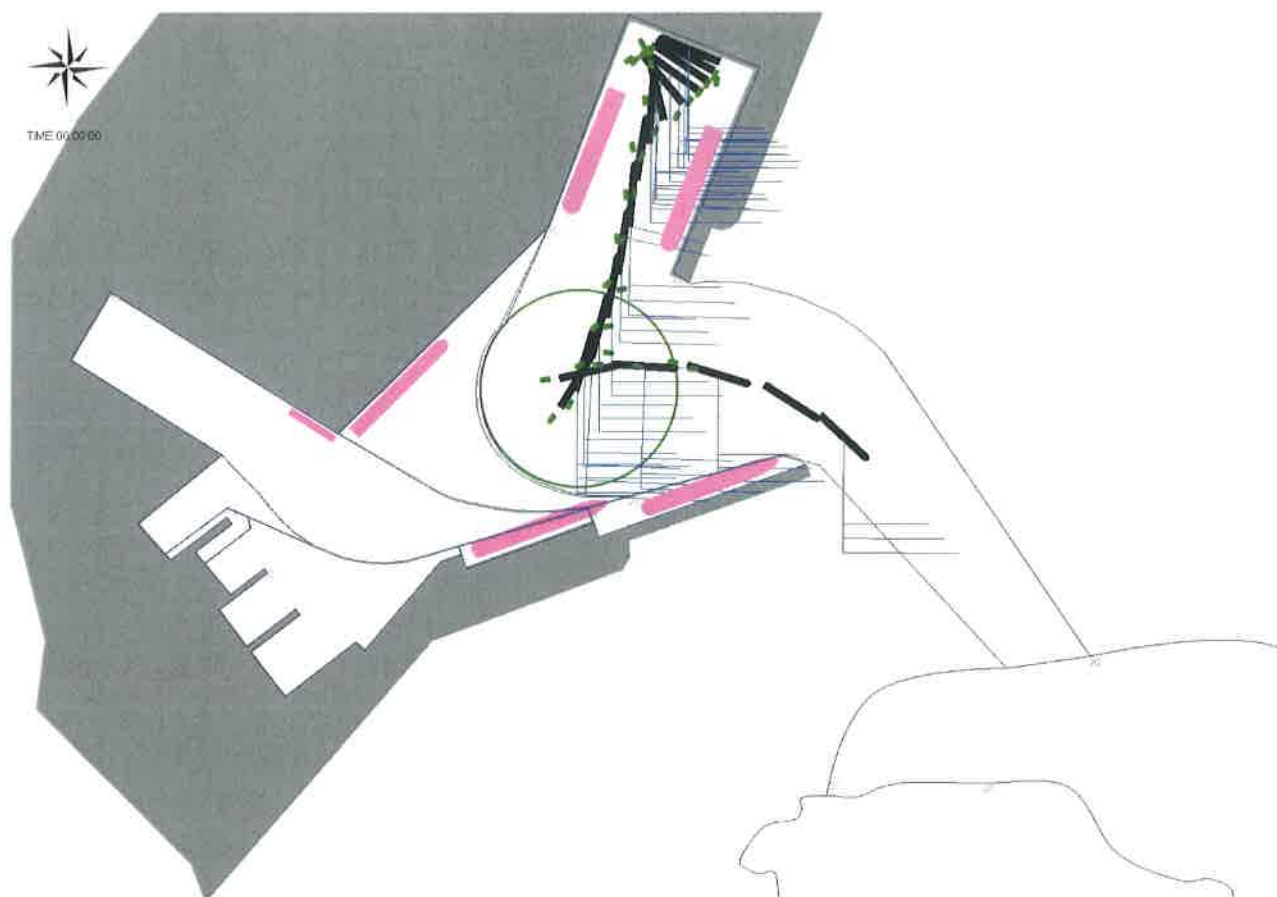


Fig. 45 Manovra 17 – Bulk Carrier 150

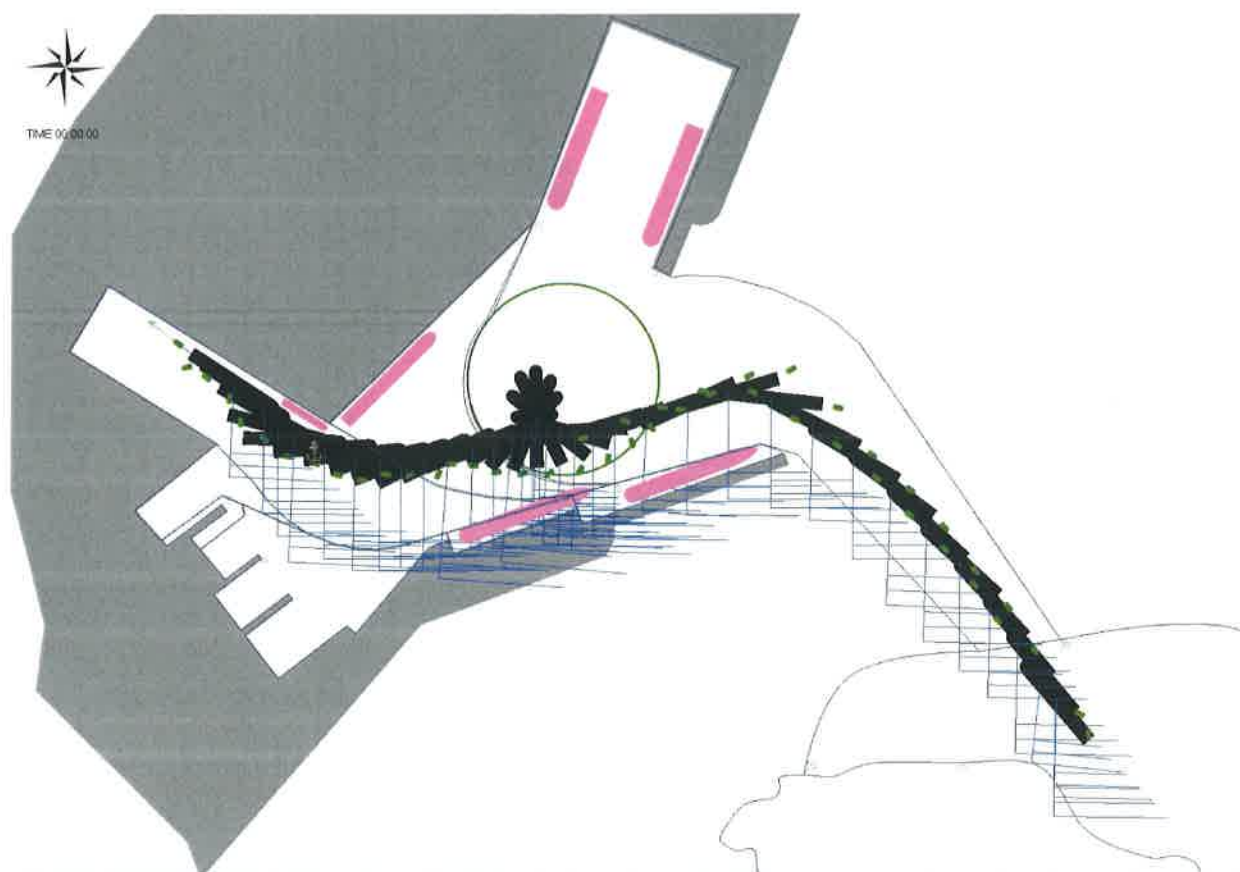


Fig. 46 Manovra 18 – Bulk Carrier 240

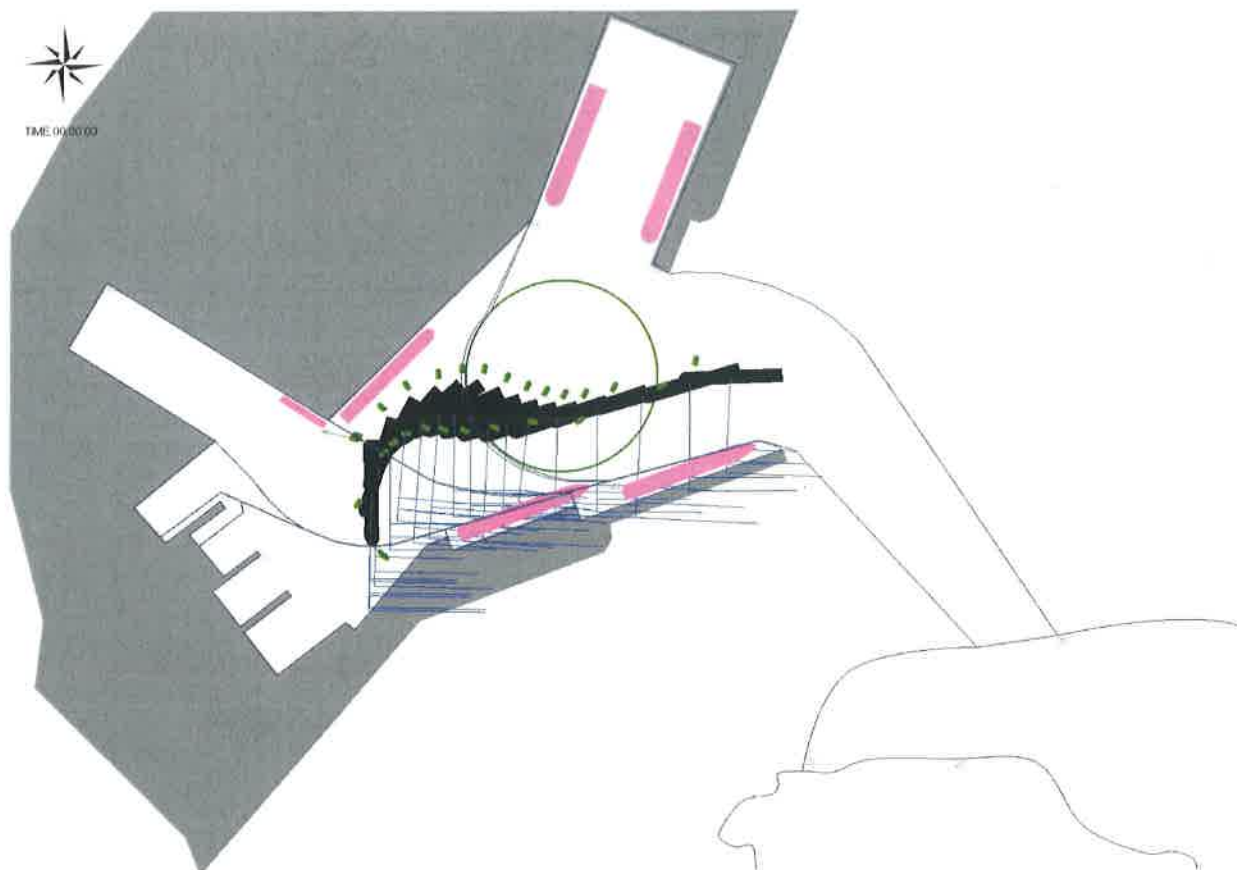


Fig. 47 Manovra 19 - Bulk Carrier 240

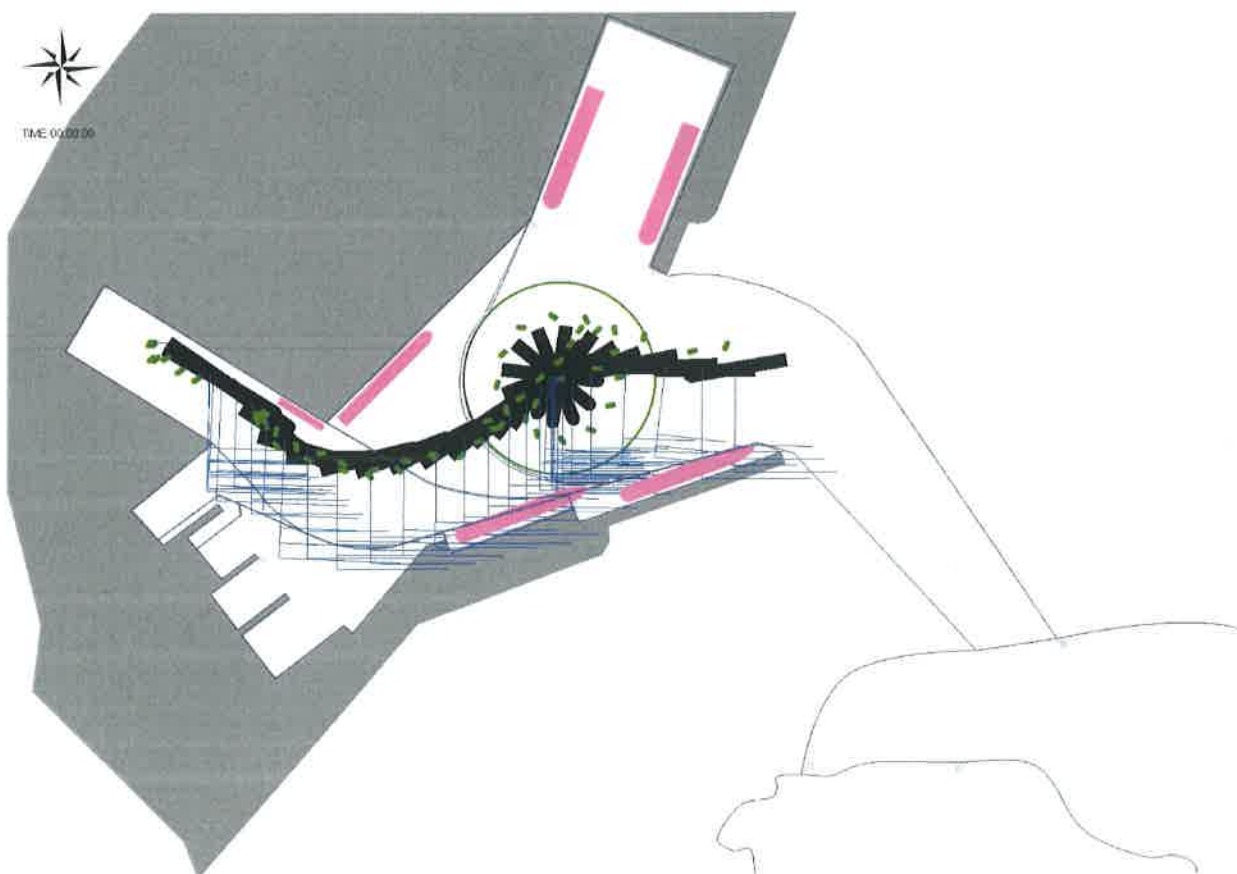


Fig. 48 Manovra 20 - Bulk Carrier 240

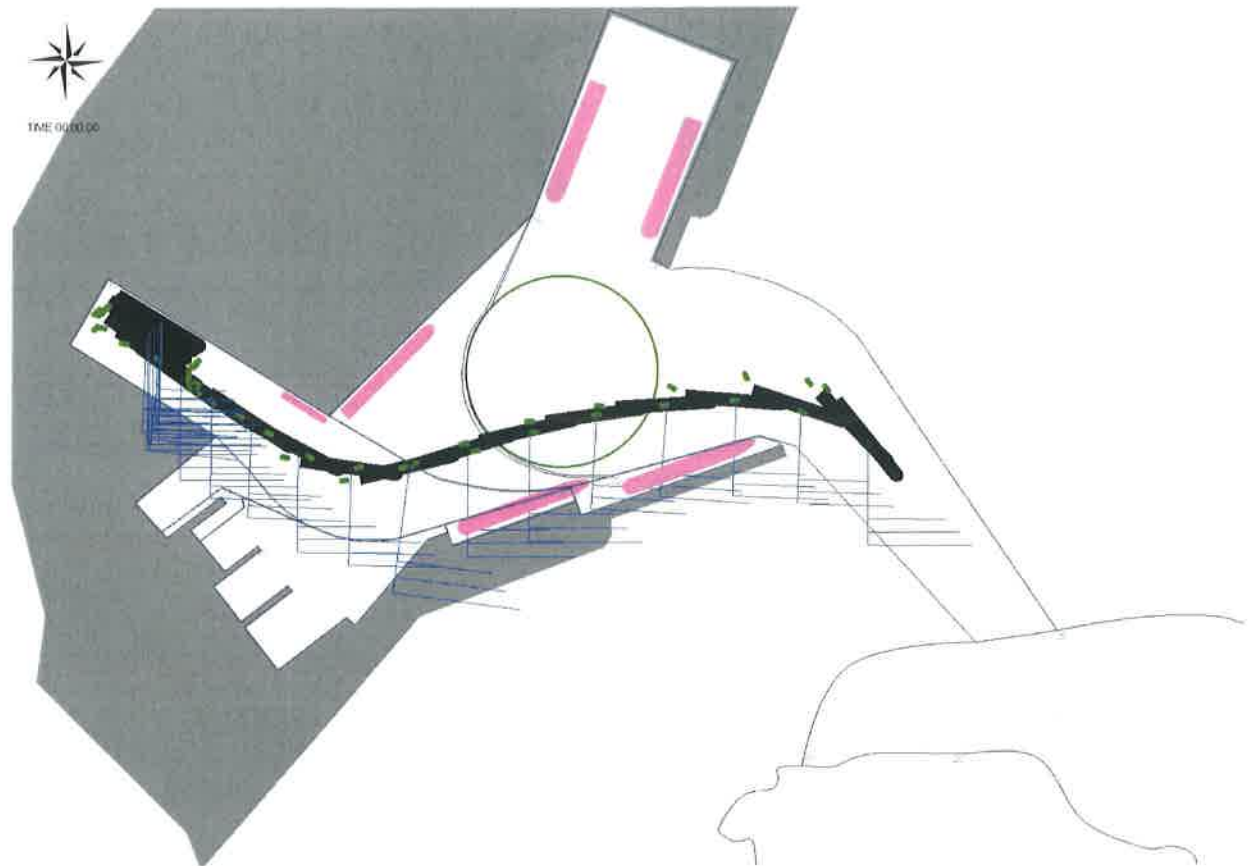


Fig. 49 Manovra 21- Bulk Carrier 240

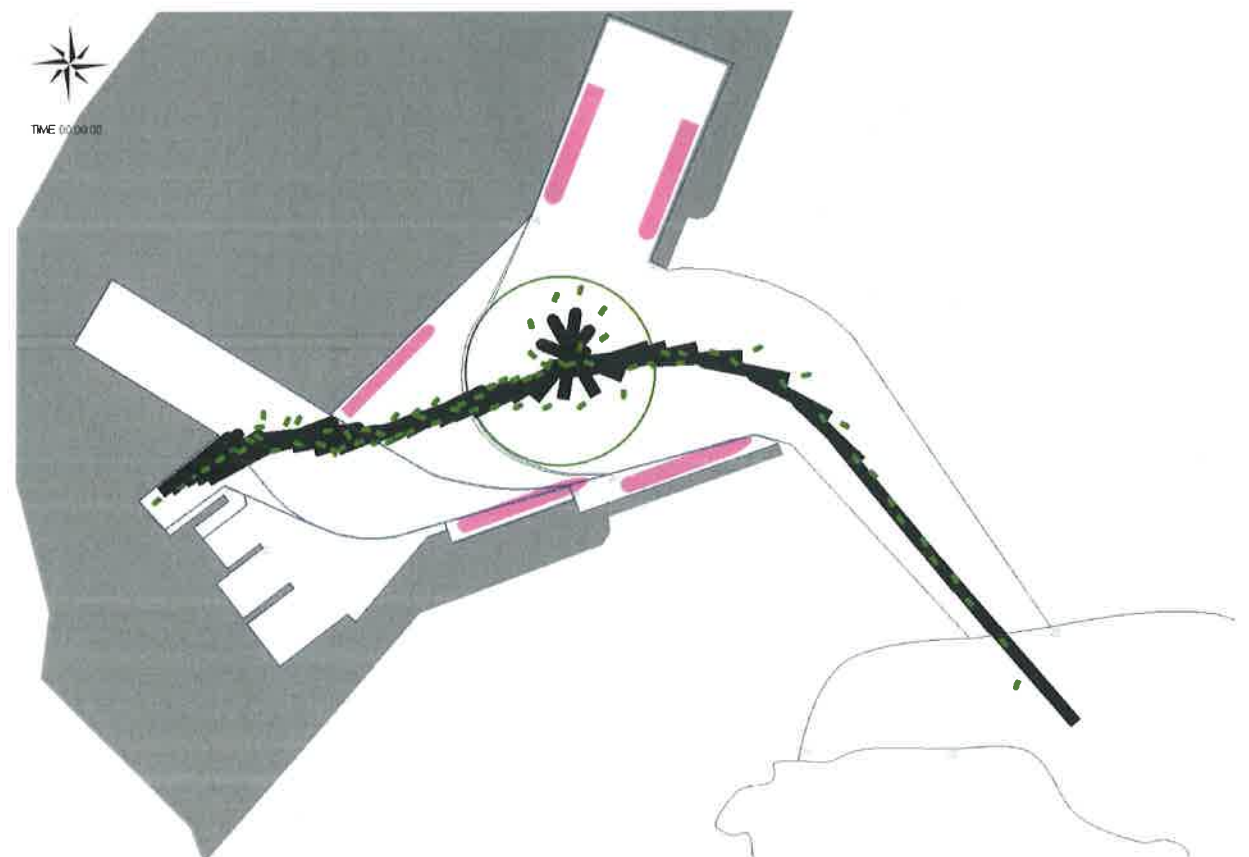


Fig. 50 Manovra 22 – Bulk Carrier 220

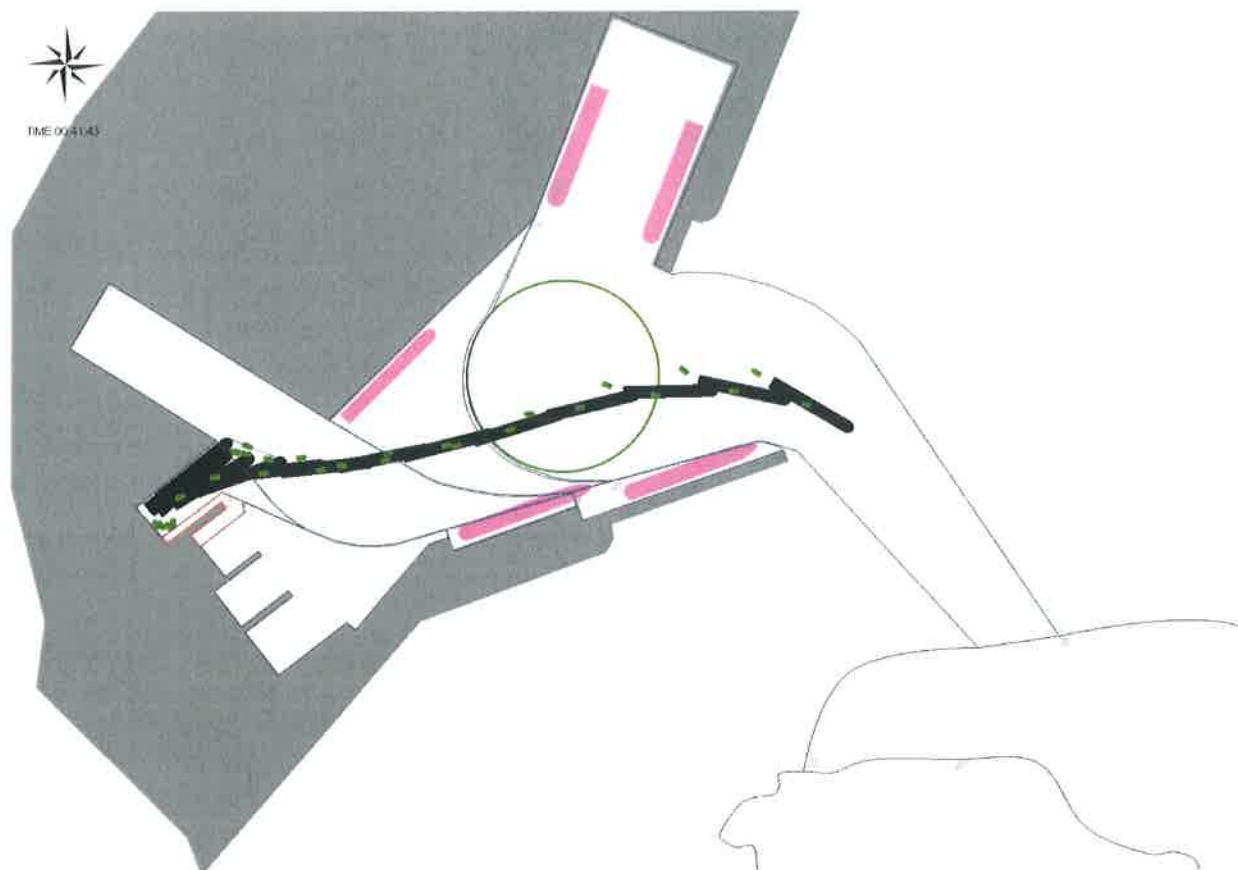


Fig. 51 Manovra 23 – Bulk Carrier 220

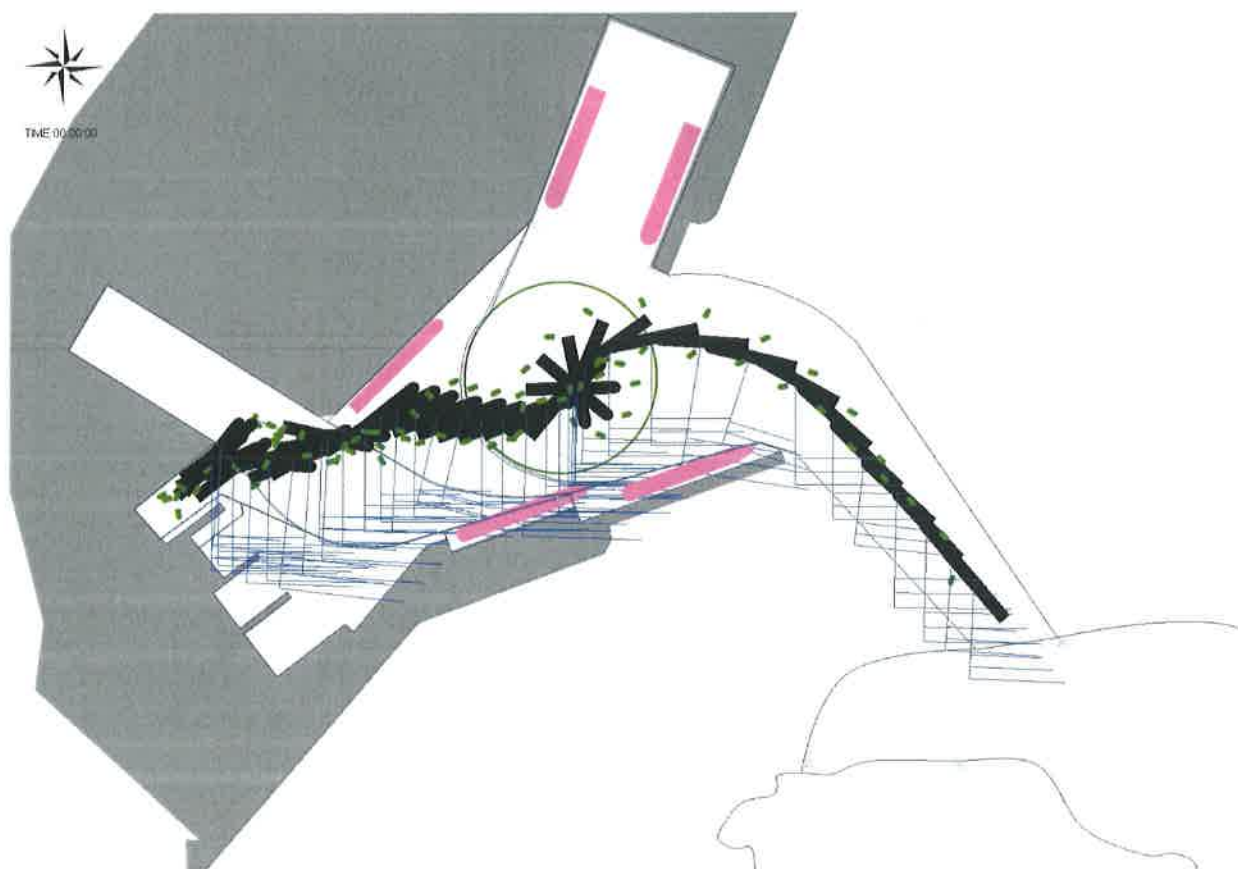


Fig. 52 Manovra 24 – Bulk Carrier 220

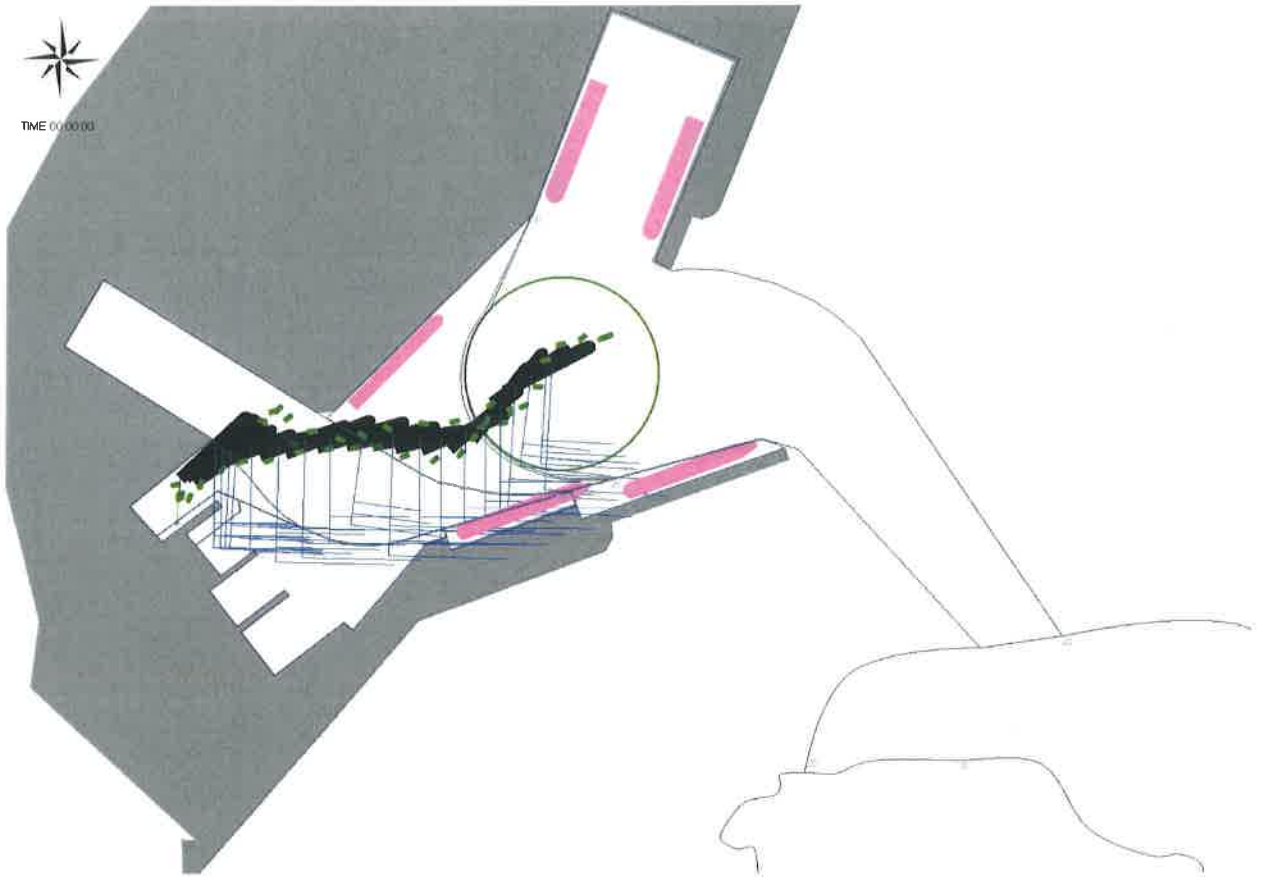


Fig. 53 Manovra 25 – Bulk Carrier 220

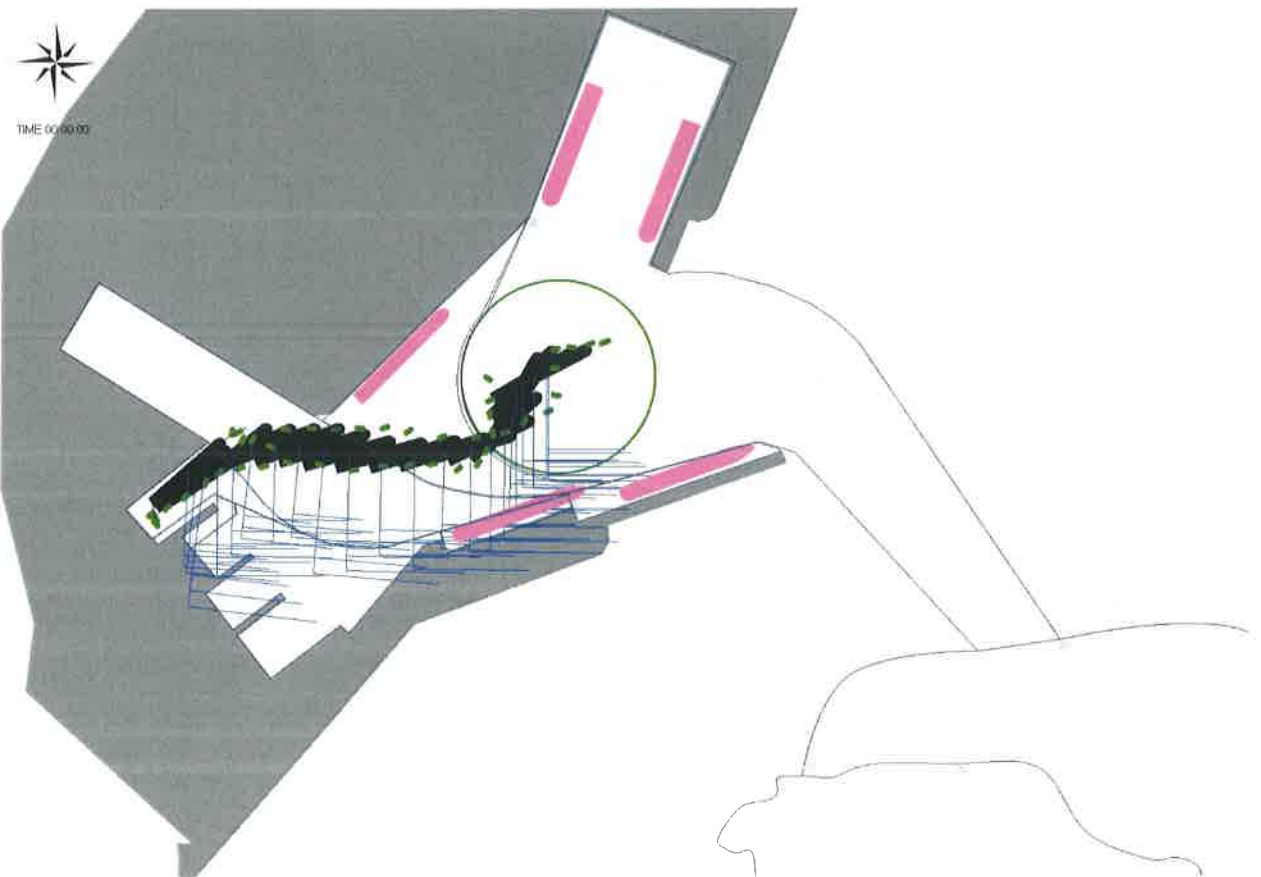


Fig. 54 Manovra 26 – Bulk Carrier 220

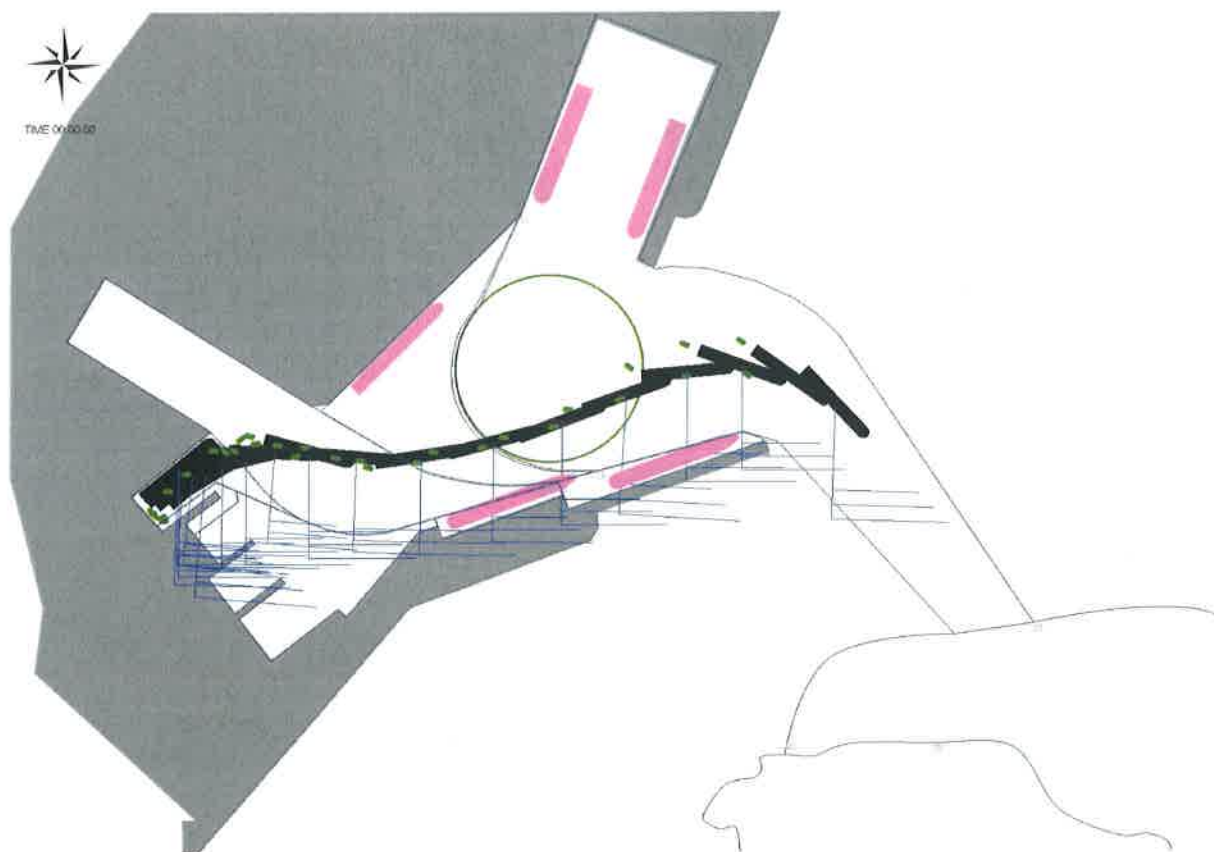


Fig. 55 Manovra 27 – Bulk Carrier 220

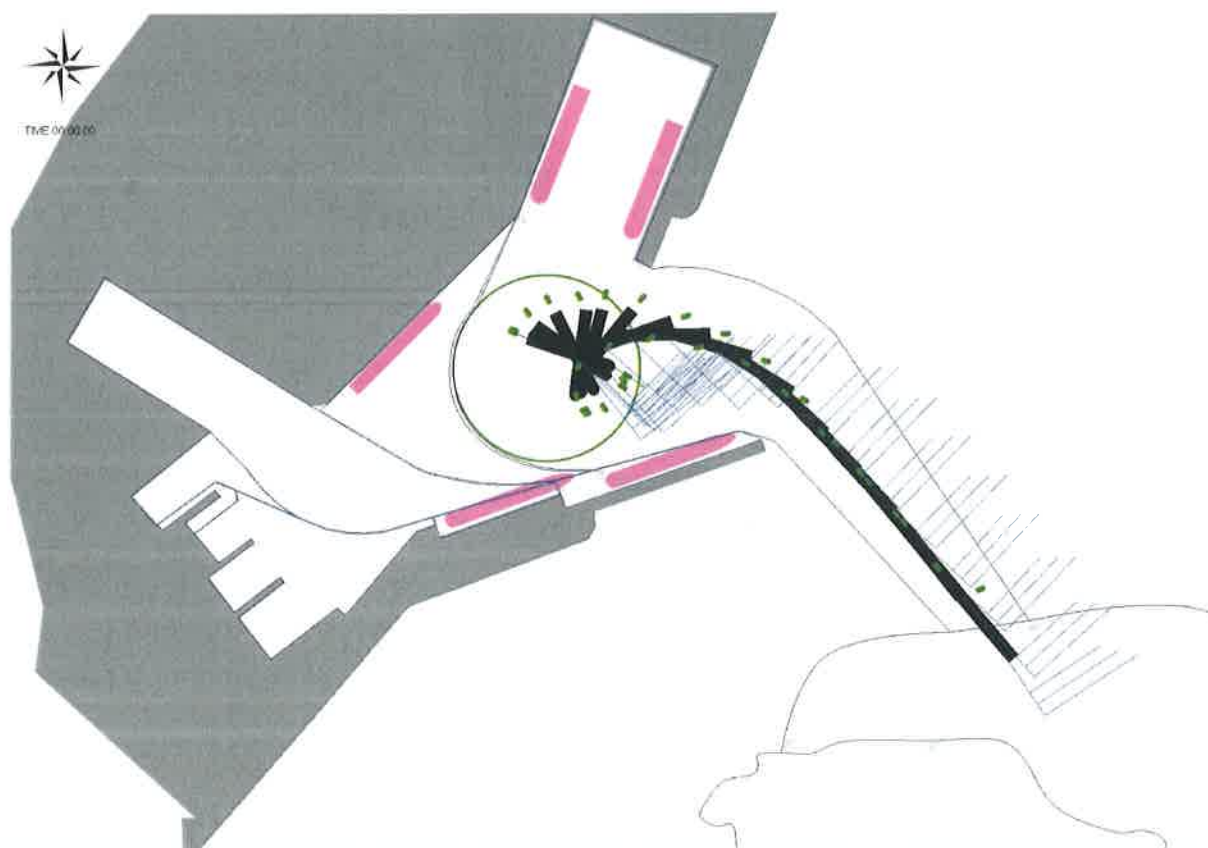


Fig. 56 Manovra 28 – Bulk Carrier 220

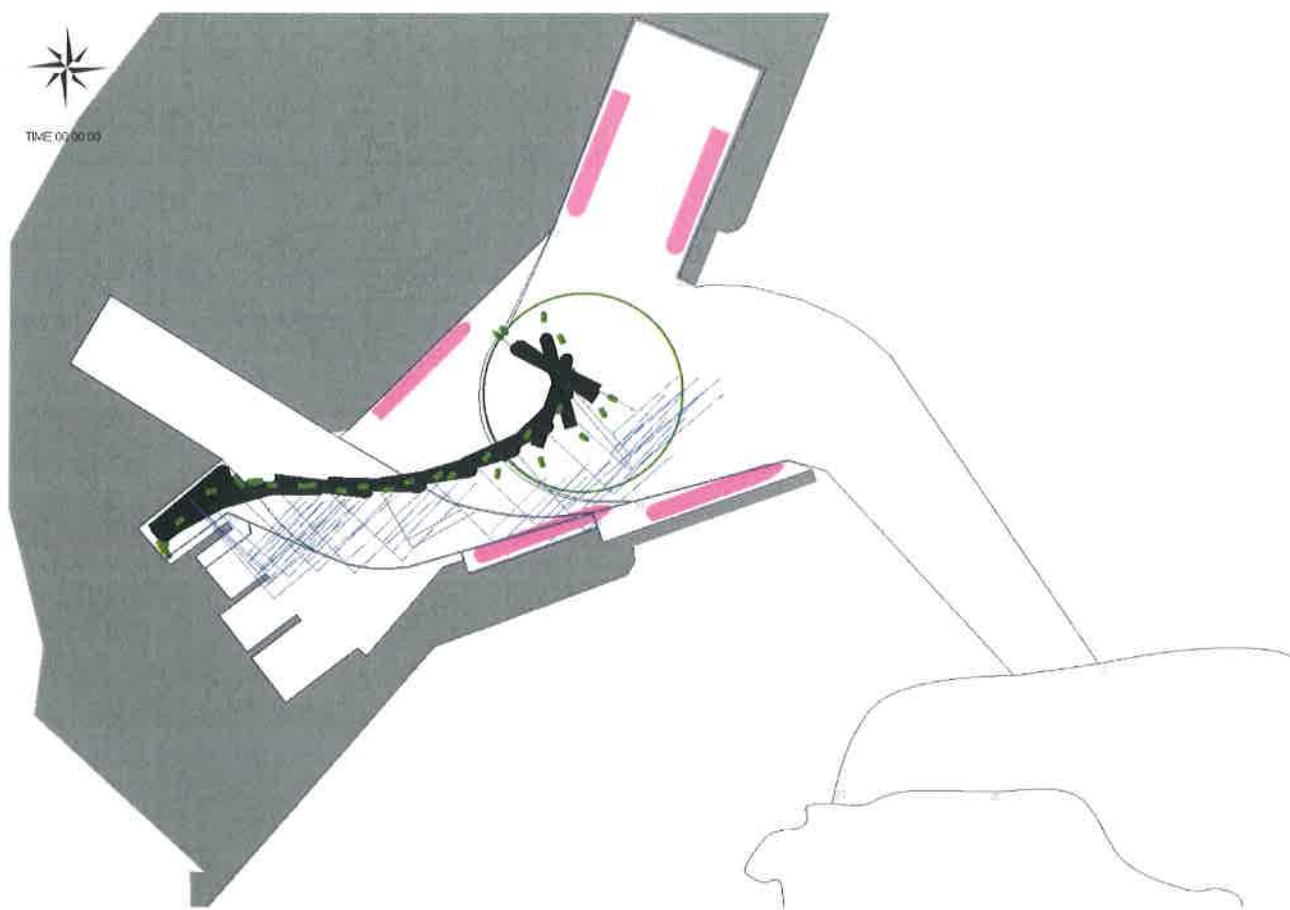


Fig. 57 Manovra 29 – Bulk Carrier 220

ALLEGATI

I risultati completi delle simulazioni eseguite che costituiscono gli **ALLEGATI** al presente rapporto tecnico sono resi disponibili al Cliente in formato elettronico via collegamento web dedicato, accessibile solo tramite password:



Una volta eseguito il login, si arriva alla pagina sulla quale sono pubblicate le cartelle che raccolgono i file contenenti tutti i dati elaborati nel corso dello studio di manovrabilità.

In sintesi sono disponibili:

- le **caratteristiche** delle unità simulate;
- le **tabelle** con la lista delle simulazioni eseguite;
- le **immagini** delle traiettorie inviluppate della singola manovra, suddivisi per data di svolgimento;
- i **filmati 2D** riproducibili in playback di tutte le simulazioni così come visualizzati sulla plancia 2D del SIMULATORE;
- le **fotografie** scattate durante le giornate di lavoro;
- le storie temporali di tutte le **grandezze** registrate durante ciascuna simulazione.

