

**Report n. 12871**

**Rev. 00**

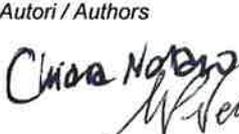
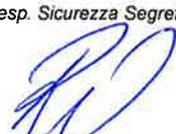
---

## **Simulazioni di manovra per la nuova banchina in progetto per l'accosto di grandi navi cruise nel Porto di Ancona**

*Autori / Authors:* Chiara NOTARO, Massimo PEVERERO, Davide TOZZI

*Data emissione / Issue date:* 18/09/2017

Pagina intenzionalmente bianca / *This page intentionally left blank*

Report n. <b>12871</b>	Rev. <b>00</b>	Data emissione / Issue date <b>18/09/2017</b>		
Titolo / Title <b>Simulazioni di manovra per nuova banchina accosto grandi navi cruise nel Porto di Ancona</b>				
Autori / Authors Chiara NOTARO, Massimo PEVERERO, Davide TOZZI				
Sommario / Abstract <p>Il presente rapporto tecnico illustra i risultati delle simulazioni di manovra in tempo reale svolte da parte di CETENA S.p.A per conto dell'Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Centrale. Lo studio è stato svolto con lo scopo di verificare la manovrabilità, da parte di una grande nave da crociera della lunghezza massima di 350 m, sia in arrivo che in partenza presso la nuova banchina ricavata sul fronte esterno del Molo Clementino del Porto di Ancona, attualmente allo stato di progetto di fattibilità tecnico-economica. E' stata quindi presa in considerazione una nave cruise di ultima generazione, propulsa tramite sistema ad azipod (considerati in numero di 2), simulando la manovra sia di ingresso che di uscita presso la nuova banchina in progetto, con la contemporanea presenza di agenti meteomarini e di un ingombro presente all'ormeggio presso la banchina di allestimento di Fincantieri situata nello stesso specchio acqueo. L'unità simulata ha dimensioni massime pari a 350 m di lunghezza e 47.0 di larghezza, ed è stata considerata all'immersione di 9.3 m e dotata di 4 thruster (eliche di manovra trasversali) a prua, della potenza di 5500 kW ciascuno. Per quanto riguarda gli scenari di vento, mare e corrente, il Cliente ha consigliato di riutilizzare le stesse condizioni già considerate nell'ultimo studio che aveva commissionato a CETENA nel 2013 ovvero: vento proveniente dal I e II quadrante (NW, N, NE), di intensità pari a 25 kn; moto ondoso associato avente altezza d'onda significativa <math>H_s = 1.5</math> m e periodo variabile (rispettivamente 7 s, 8 s e 9 s); corrente esterna al porto ascendente verso 45°N (parallela al diga foranea), avente velocità costante di 3 kn. Le caratteristiche di dettaglio del layout portuale, della nave simulata e delle condizioni meteomarine utilizzate negli scenari del simulatore, nonché le conclusioni relative alle simulazioni effettuate, sono contenuti all'interno del documento.</p>				
Autori / Authors  		Verificato / Verified 	Approvato / Approved 	Resp. Sicurezza Segreto di Stato 
Circolazione / Circulation Interna / Internal Only  Libera / Free  <input checked="" type="checkbox"/> Riservata Industriale / Commercial in confidence  Classificata / Classified		Codici di distribuzione / Distribution codes Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Centrale – Porto di Ancona <b>COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE DEPOSITATO PRESSO L'ADSP MAC. IL RUP:</b>		
Pagine / Sheets	Commessa / Job	Note / Notes		
48	6916077128			

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

<i>Rev.</i>	<i>Data / Date</i>	<i>Contenuto della revisione / Revision Content</i>	<i>Autori / Authors</i>

## Contenuto della revisione corrente / Current revision content

Prima stesura

## SOMMARIO

<b>INTRODUZIONE</b>	<b>4</b>
<b>1 SCOPO DEL LAVORO</b>	<b>5</b>
1.1 Definizione degli obiettivi delle simulazioni di manovra	6
<b>2 DESCRIZIONE DEL SIMULATORE DI MANOVRA SAND</b>	<b>7</b>
<b>3 Configurazione portuale e condizioni generali delle simulazioni di manovra</b>	<b>11</b>
3.1 Breve descrizione del layout portuale	11
3.2 Definizione dell'area schematizzata per le simulazioni di manovra	12
<b>4 DATI GEOMETRICI DI INPUT DELLE SIMULAZIONI</b>	<b>14</b>
4.1 Caratteristiche principali della Nave Cruise (LOA = 350 m)	15
<b>5 CONDIZIONI METEOMARINE</b>	<b>16</b>
<b>6 CONDIZIONI FINALI DI SIMULAZIONE E LORO ESECUZIONE</b>	<b>20</b>
6.1 Elenco e caratteristiche delle manovre in programma	20
6.2 Elenco e risultati delle manovre eseguite al simulatore	21
6.3 Presentazione dei file dei risultati delle simulazioni	27
<b>7 CONCLUSIONI</b>	<b>28</b>
<b>8 RIFERIMENTI</b>	<b>31</b>
<b>APPENDICI</b>	<b>32</b>
<b>APPENDICE A: TRACCIATI DELLE MANOVRE</b>	<b>33</b>
<b>APPENDICE B: FOTO DELLE SIMULAZIONI</b>	<b>40</b>
<b>ALLEGATI</b>	<b>47</b>

## INTRODUZIONE

Il presente rapporto è finalizzato alla presentazione dei risultati delle simulazioni di manovra in tempo reale svolte per conto dell'Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Centrale, da parte di CETENA S.p.A.

Le simulazioni hanno avuto come ambito d'indagine il banchinamento del fronte esterno del Molo Clementino del Porto di Ancona, attualmente allo stato di progetto di fattibilità tecnico-economica. In particolare, è stata verificata la fattibilità delle manovre di ingresso ed uscita, al variare delle condizioni meteo marine tipiche del paraggio, da parte di una unità navale tipo grande nave da crociera, le cui caratteristiche saranno descritte diffusamente nel corso di questo documento.

I test al simulatore di manovra in tempo reale si sono svolti nel corso di 1 giornata (**21 Luglio 2017**), avvalendosi del pilotaggio di Piloti professionisti. In particolare, le manovre sono state eseguite dal Capo dei Piloti di Ancona (Com. A. Selva), affiancato da un esperto messo a disposizione da CETENA (Com. O. Bozzo, ex Capo dei Piloti del Porto di Genova).

Durante le giornate di prove al simulatore sono intervenuti gli operatori interessati allo svolgimento dello studio, appartenenti ai seguenti Enti o Società: Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Centrale e Capitaneria di Porto di Ancona.

Riportiamo brevemente qui di seguito i nomi dei presenti alle varie giornate:

Partecipanti	Ente / Società di appartenenza	Note
Com. A. <b>SELVA</b>	Capo del Corpo Piloti del Porto di Genova	Esecutore delle manovre al simulatore
Com. O. <b>BOZZO</b>	Capo del Corpo Piloti del Porto di Genova	Esperto messo a disposizione da CETENA in affiancamento durante le manovre al simulatore
Ing. M. L. <b>VECCHIOTTI</b>	Direzione Tecnica Autorità di Sistema Portuale Mare Adriatico Centrale	Supervisione alle prove – Cliente
C.F. (C.P.) Angelo <b>TOSTI</b>	Capitaneria di Porto di Ancona	Supervisione alle prove – Autorità Marittima
Ing. M. <b>PEVERERO</b>	CETENA S.p.A.	Preparazione del modello delle unità navali, degli scenari e setup delle funzionalità del simulatore. Post-processing in tempo reale dei test
Ing. C. <b>NOTARO</b>		Redazione del rapporto tecnico finale, assistenza e coordinamento durante le prove al simulatore

## 1 SCOPO DEL LAVORO

Il presente rapporto tecnico illustra i risultati delle simulazioni di manovra in tempo reale svolte da parte di CETENA S.p.A per conto dell'Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Centrale (d'ora in poi indicata come "Cliente").

Lo studio è stato svolto con lo scopo di verificare la manovrabilità, da parte di una grande nave da crociera della lunghezza massima di 350 m, sia in arrivo che in partenza presso la nuova banchina ricavata sul fronte esterno del Molo Clementino del Porto di Ancona, attualmente allo stato di progetto di fattibilità tecnico-economica.

Relativamente a questo studio è stata quindi presa in considerazione una nave cruise di ultima generazione, propulsa tramite sistema ad azipod (considerati in numero di 2), simulando la manovra sia di ingresso che di uscita presso la nuova banchina in progetto, con la contemporanea presenza di agenti meteomarini e di un ingombro presente all'ormeggio presso la banchina di allestimento di Fincantieri situata nello stesso specchio acqueo. L'unità simulata ha dimensioni massime pari a 350 m di lunghezza e 47.0 di larghezza, ed è stata considerata all'immersione di 9.3 m e dotata di 4 thruster (eliche di manovra trasversali) a prua, della potenza di 5500 kW ciascuno. Data l'elevata potenza degli apparati di propulsione principale ed ausiliaria propri della nave, al simulatore si è deciso di non fare uso dei rimorchiatori eventualmente disponibili in Porto (azimutali e della potenza di tiro massimo pari a 50 t).

In particolare, per quanto riguarda gli scenari di vento, mare e corrente, il Cliente ha consigliato di riutilizzare le stesse condizioni già considerate nell'ultimo studio che aveva commissionato a CETENA nel 2013 per la parziale demolizione del molo Nord nel Porto di Ancona [1], ovvero: vento proveniente dal I e II quadrante (NW, N, NE), di intensità pari a 25 kn; moto ondoso associato avente altezza d'onda significativa  $H_s = 1.5$  m e periodo variabile (rispettivamente 7 s, 8 s e 9 s); corrente esterna al porto ascendente verso 45°N (parallela al diga foranea), avente velocità costante di 3 kn.

Le caratteristiche di dettaglio del layout portuale, della nave simulata e delle condizioni meteomarine utilizzate negli scenari del simulatore saranno fornite nel seguito di questo documento.

## 1.1 Definizione degli obiettivi delle simulazioni di manovra

Il principale obiettivo di questo studio al simulatore eseguito da CETENA è la valutazione della manovrabilità da parte di una grande nave da crociera in relazione al nuovo accosto in progetto sul fronte esterno del Molo Clementino del Porto di Ancona, studiando sia l'evoluzione nel bacino che le fasi finali di accosto delle manovre di arrivo, così come il distacco della nave in partenza dalla banchina suddetta e la successiva navigazione verso le acque libere. Le simulazioni sono state effettuate anche in presenza di un ingombro nell'area di manovra e considerando venti rari ed estremi per intensità e frequenza, relativamente al paraggio di Ancona.

Gli obiettivi generali delle simulazioni possono essere sintetizzati come segue, nei vari scenari meteomarini presi in considerazione:

- lo studio della *fattibilità dell'arrivo/partenza in condizioni meteomarine* (cioè di mare, vento e corrente) *rare ed estreme*;
- la *verifica dell'adeguatezza degli spazi a disposizione nella darsena relativa all'accosto*, anche in considerazione di un ingombro eventualmente presente all'ormeggio presso la banchina di allestimento di Fincantieri situata nello stesso specchio acqueo;
- lo studio delle *condizioni di esercizio* (es. velocità in ingresso/uscita) e delle *tecniche di manovra ottimali* per le grandi navi da crociera in arrivo e partenza dalla nuova banchina;
- l'*analisi del numero e della taglia dei rimorchiatori* eventualmente necessari per la manovra in sicurezza della nave, a partire dallo studio delle condizioni limite in cui è possibile manovrare con il solo utilizzo dei mezzi propulsivi principali (azipod) e ausiliari (bow thruster) propri della nave.

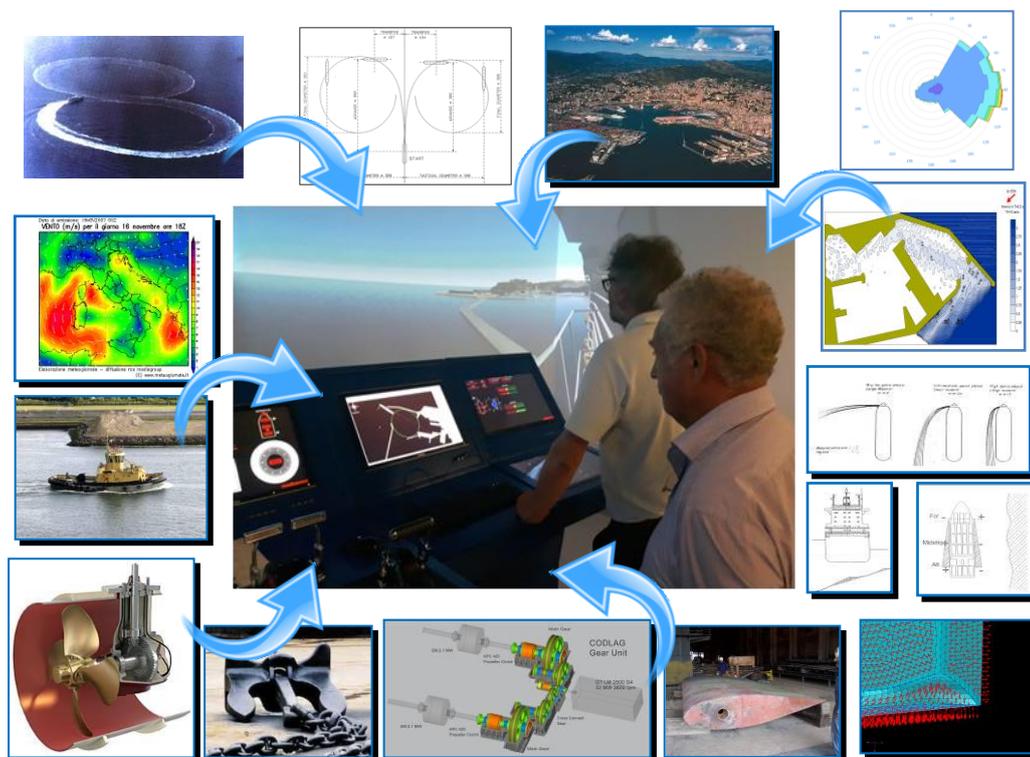
## 2 DESCRIZIONE DEL SIMULATORE DI MANOVRA SAND

Il SAND (Simulatore Distribuito di Addestramento alla Navigazione) contiene dentro di sé un modello matematico, interamente sviluppato da CETENA S.p.A., di cui verranno qui di seguito richiamate le caratteristiche generali [2].

La nave da studiare va configurata in maniera dettagliata, inserendo nel modello i seguenti parametri, raggruppati secondo la struttura del modello stesso:

- ❖ Dati dello scafo
- ❖ Propulsione principale
- ❖ Apparato motore
- ❖ Appendici di carena
- ❖ Eliche di manovra
- ❖ Timone

Nella **Figura 1** sottostante è rappresentato in maniera schematica l'insieme dei blocchi che costituiscono la struttura del modello CETENA.



**Figura 1** Principali blocchi del modello matematico del simulatore SAND

Il simulatore integra dentro di sé, oltre agli aspetti propri della nave (geometria dello scafo, apparati di propulsione-generazione, appendici) anche il contesto in cui la simulazione ha luogo,

costituiti 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 del fondale ecc).

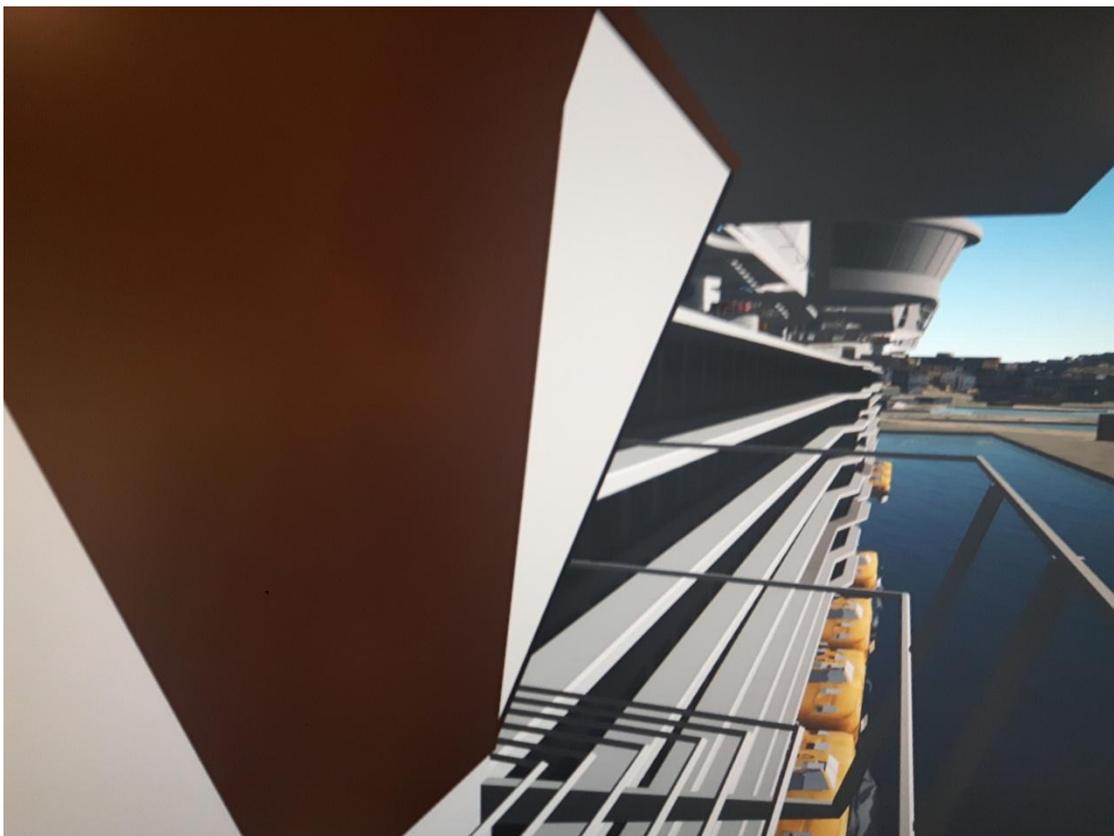
Infatti, un ruolo fondamentale nell'esecuzione della simulazione è giocato dall'interazione fra la nave e l'ambiente esterno riprodotto in realtà virtuale. Esso è realizzato introducendo nel modello della nave i seguenti parametri, generati in tempo reale dal simulatore:

- parametri ambientali (vento, corrente, onde del mare);
- effetti specifici relativi al porto considerato;
- acque ristrette;
- shallow water

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* (qui non adoperati).

In **Figura 2** e **Figura 3** sono rappresentate due viste esterne nell'ambientazione 3D realizzata per queste simulazioni, rispettivamente della vista dall'aletta di sinistra della nave cruise in arrivo in banchina e di una vista esterna del Porto di Ancona, con ingombro presente all'ormeggio presso la banchina di allestimento del cantiere Fincantieri.

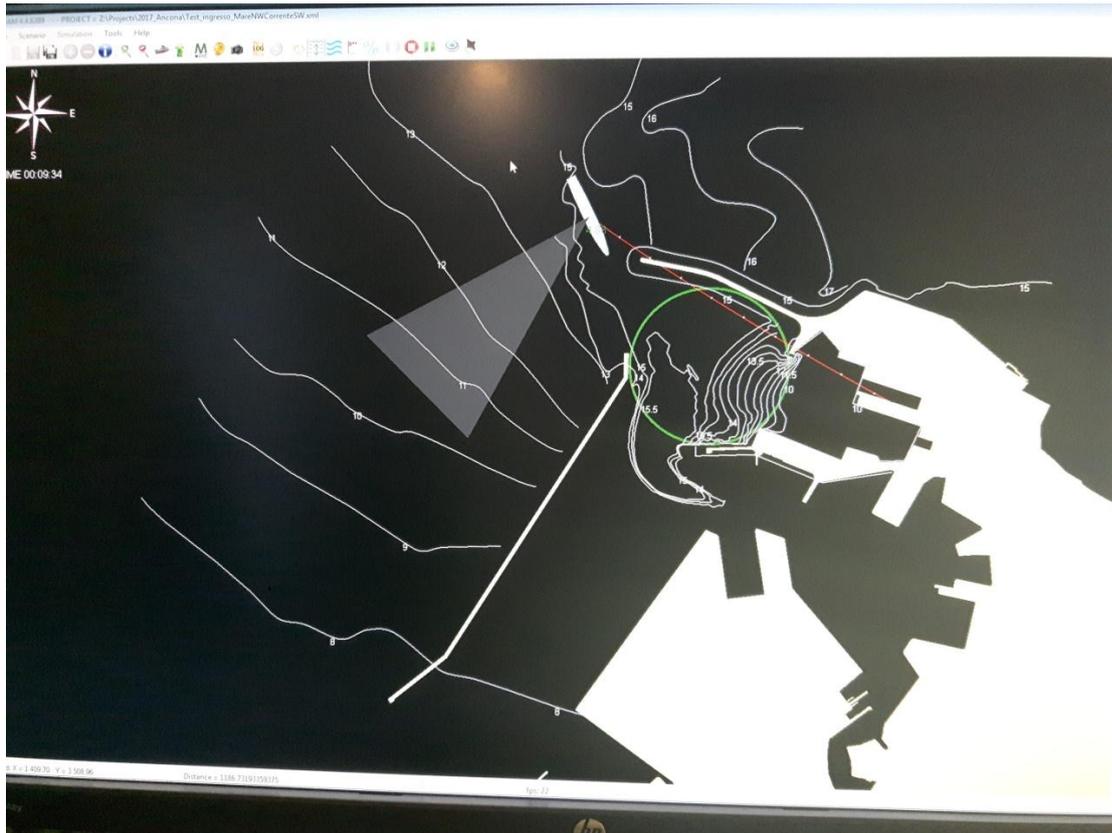
Infine, in **Figura 4** e **Figura 5** sono rappresentate, rispettivamente, la vista in 2D di un esercizio in simulazione (il cono grigio rappresenta la visuale attivabile sugli schermi 3D, mentre la curva rossa rappresenta il predictor ovvero la traiettoria futura del centro nave con i comandi attuali), e un esempio di storia in tempo reale di alcuni dei parametri simulati (velocità nave, uso dei thrusters, forza del vento, ecc.).



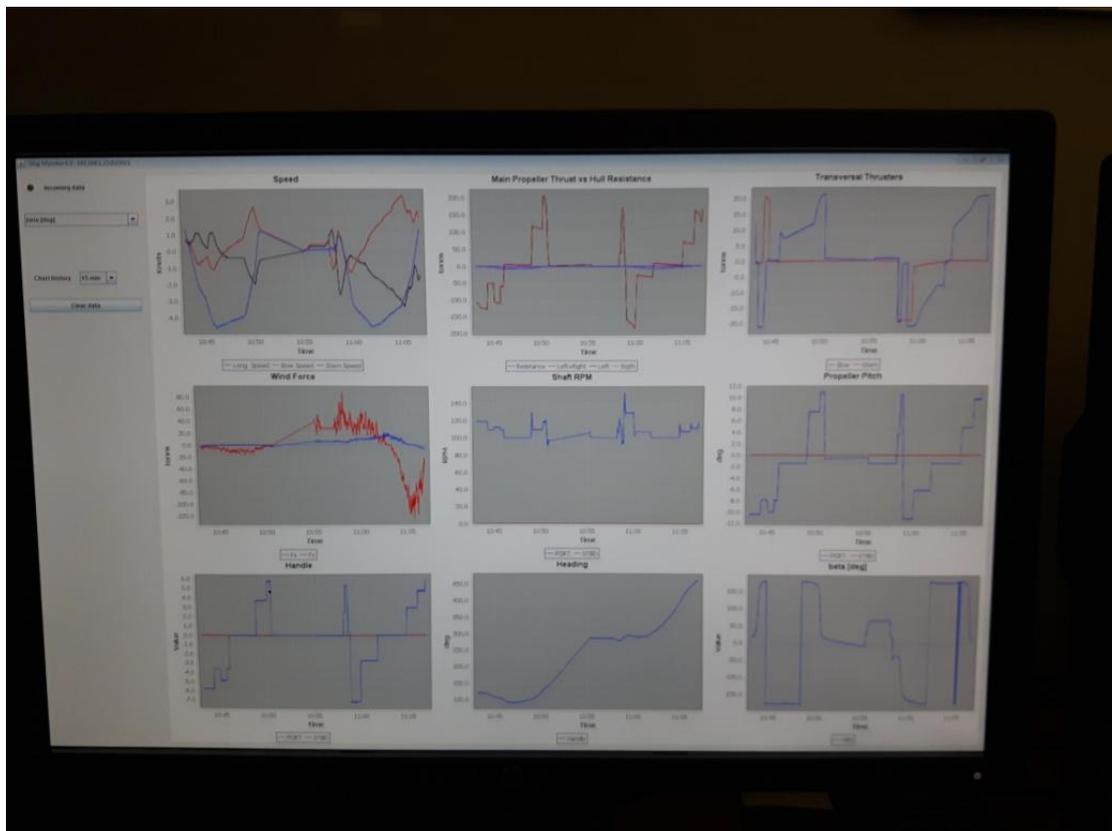
**Figura 2 Simulatore SAND – Vista dall’aletta di sinistra della nave cruise in arrivo alla banchina**



**Figura 3 Simulatore SAND – Vista esterna del Porto di Ancona con ingombro presente all’ormeggio presso la banchina di allestimento del cantiere Fincantieri**



**Figura 4 Layout 2D del simulatore sul display dell'istruttore**



**Figura 5 Visualizzazione della storia temporale delle grandezze simulate nel test (esempio, 9 parametri)**

## 3 Configurazione portuale e condizioni generali delle simulazioni di manovra

### 3.1 Breve descrizione del layout portuale

Il porto di Ancona è un grande porto commerciale protetto da due grandi opere foranei: la diga di sottoflutto, posizionato in direzione SW, ed il molo di sopraflutto. Un terzo molo interno, denominato Molo Nord, protegge il porto storico dove si trovano gli accosti di traghetti e navi da crociera.

Una vista dall'alto del Porto attuale è riportata in **Figura 6**. L'area interessata dal progetto della nuova banchina è indicata dalla freccia.



**Figura 6** Vista attuale del Porto di Ancona. La freccia indica il lato del molo Clementino dove realizzare la nuova banchina per grandi navi da crociera

Il layout portuale di progetto preso in considerazione per le simulazioni è rappresentato in **Figura 7** [3]. La nuova banchina (colorata in arancione) ricavata sul fronte esterno del Molo Clementino, è lunga 350 m e dotata di un dente di accosto della larghezza di 60 m.

La larghezza minima della darsena, condivisa con l'accosto per le navi in allestimento di Fincantieri SpA, è di 142.40 m.

Il cerchio di evoluzione (tratteggiato in **Figura 7**) è largo già attualmente 650 m. La parte terminale del Molo Nord da demolire (colorato in violetto) è stata conservativamente considerata ancora presente, su indicazione del Cliente, mentre il nuovo tratto di diga di sottoflutto (da realizzare a protezione dell'insabbiamento dell'imboccatura, colorato anch'esso in violetto) è stato già considerato come presente. In questo modo la larghezza dell'imboccatura è già quella ridotta rispetto al layout attuale, e pari a circa 376 m.

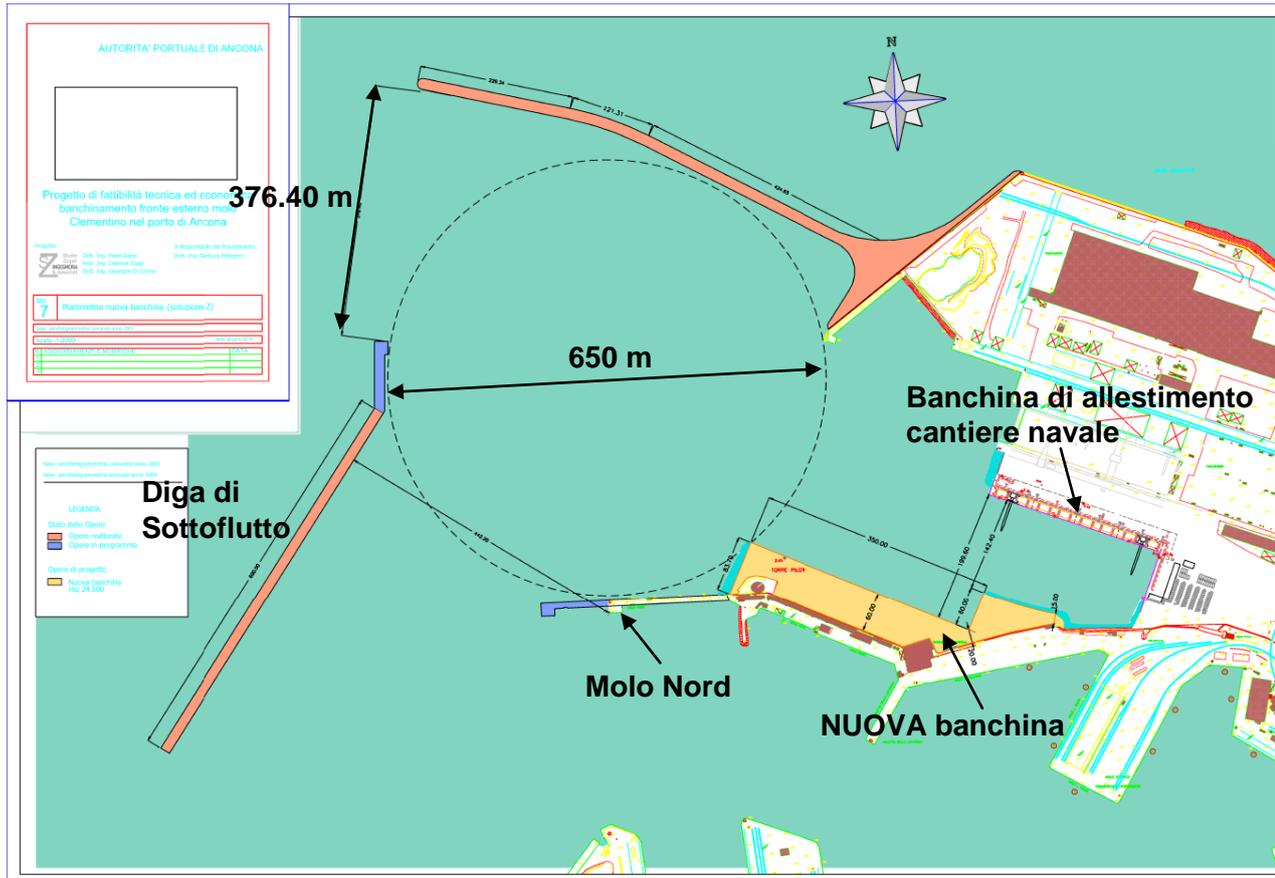


Figura 7 Layout di progetto del Porto di Ancona [3]

### 3.2 Definizione dell'area schematizzata per le simulazioni di manovra

L'area di manovra considerata per le simulazioni comprende sia il mare aperto nell'area a sud del Porto, sia le opere portuali ipotizzate in configurazione P6.

Il *layout portuale* riportato nel simulatore SAND, e visualizzato nel display 2D della plancia, si presenta come nella **Figura 8**.

La mappa del porto è orientata secondo il Nord geografico, come indicato dalla rosa dei venti riportata in alto a sinistra. Un indicatore del tempo in ore, minuti e secondi è riportato subito sotto il simbolo della rosa dei venti. In **Figura 8** (cfr. anche **Paragrafo 3.1**) sono riportati inoltre il contorno del bacino di evoluzione (cerchio evidenziato in rosso), avente, come si è già detto, 650 m di diametro e la nave in ingombro all'ormeggio presso la banchina di allestimento del cantiere navale prospiciente la nuova banchina in studio (silhouette in verde). Le dimensioni massime della nave considerata come ingombro sono  $LOA \times B = 230 \text{ m} \times 35 \text{ m}$  (analoghe a quelle delle navi della serie "Viking" attualmente in costruzione presso il cantiere).

Come verrà illustrato più avanti nel corso di questo paragrafo, per ogni configurazione meteomarina sono state prese in considerazione le distribuzioni tipiche di vento, moto ondoso e

corrente all'interno del paraggio in studio, impostando i relativi parametri numerici di cui tener conto di volta in volta nell'impostazione della tecnica di manovra al simulatore.

La *batimetria* del Porto [4] è stata schematizzata utilizzando i dati forniti dal Cliente, in particolare considerando un fondale in prossimità della nuova banchina progettato a – 10 m (cfr. **Figura 8**).



**Figura 8** Porto di Ancona – Layout 2D di progetto rappresentato nel simulatore SAND, con andamento dei fondali e ingombro presente nell'area di manovra ([3], [4])

Per quanto riguarda *la posizione iniziale delle navi in ingresso al Porto* durante i test (cfr. ancora **Figura 8**), essa è stata generalmente posta, in accordo al Com.te Selva, a circa 1 miglio di distanza a N dell'imboccatura (Pilota già imbarcato), con prua orientata per circa 225°N e velocità iniziale di circa 5 kn.

La posizione iniziale della nave simulata in *uscita* dal Porto è situata parallela alla banchina di accosto, con prua rivolta generalmente verso l'esterno.

## 4 DATI GEOMETRICI DI INPUT DELLE SIMULAZIONI

Nel seguito vengono illustrate le caratteristiche principali della nave cruise presa in considerazione per questo studio di manovrabilità.

Le *caratteristiche manovriere della 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 Capo Pilota Com.te Selva.

Il *modello manovriero della nave*, una grande nave da crociera munita di azipod e dotata di 4 potenti bow thruster di manovra, 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. Al simulatore di manovra (v. **Figura 9**) è stato quindi testato il modello che rappresenta al meglio la famiglia di navi della tipologia richiesta.

Per quanto riguarda i *rimorchiatori*, secondo le indicazioni del Com.te Selva, date le caratteristiche propulsive della nave da simulare, si è deciso di non prenderli in ausilio e di valutare la fattibilità delle manovre al simulatore con le sole dotazioni della nave.



**Figura 9** Vista esterna della nave cruise nello scenario del simulatore SAND

#### 4.1 Caratteristiche principali della Nave Cruise (LOA = 350 m)

Le caratteristiche principali della nave cruise sono state riassunte in **Tabella 1**.

La nave è propulsa tramite due azipod poppieri della potenza di 20 MW, dotati di eliche a passo variabile, ed è munita di 4 bow thruster da 5500 kW ciascuno. Si tratta quindi di una unità dalle elevate prestazioni manovriere.

Caratteristiche della NAVE CRUISE		
<b>Dati principali</b>		
Velocità massima	<b>23</b>	knots
LPP	<b>350</b>	m
LFT	<b>330</b>	m
B	<b>47</b>	m
D	<b>9</b>	m
Dislocamento	<b>10000</b>	t
Area frontale esposta	<b>2300</b>	m <sup>2</sup>
Area longitudinale esposta	<b>17200</b>	m <sup>2</sup>
<b>Dati AZIPOD</b>		
N° POD	<b>2</b>	
N° pale elica	<b>5</b>	
Diametro	<b>9.6</b>	m
Potenza POD	<b>2 x 20</b>	MW
<b>Eliche di manovra</b>		
Bow thrusters	<b>4 x 5500</b>	KW

**Tabella 1** Caratteristiche principali della nave cruise

## 5 CONDIZIONI METEOMARINE

Le condizioni meteomarine scelte per le simulazioni sono basate sulle indicazioni fornite a CETENA dal Cliente.

In particolare, assieme al Cliente ed al Capo dei Piloti di Ancona sono state individuate *4 diverse condizioni di riferimento*, caratterizzate da una diversa velocità e direzione del vento (simulato con raffica), dai valori del moto ondoso espresso in funzione dell'altezza d'onda significativa ( $H_s$ , in m) e del relativo periodo ( $T$ , in s), considerato sia al largo che internamente al porto, e dall'intensità e direzione della corrente.

Le condizioni meteomarine adottate per lo studio sono state sintetizzate nella seguente **Tabella 2**:

<b>CONDIZIONI METEOMARINE</b>		
<b>Porto di Ancona – Studio di manovrabilità nuova banchina cruise</b>		
<b>DIR. /INTENSITA' VENTO</b>	<b>CARATT. MARE E CORRENTE ASSOCIATI</b>	
NW (315°N) – ~ <b>Maestrale 25 kn</b>	Mare	$H_s = 1.5$ m, $T_p = 7.0$ s
	Corrente	3 kn (1.5 kn), verso 45°N
N (0°N) – ~ <b>Tramontana, 25 kn</b>	Mare	$H_s = 1.5$ m, $T_p = 8.0$ s
	Corrente	3 kn (1.5 kn), verso 45°N
NE (45°N) – ~ <b>Grecale, 25 kn</b>	Mare	$H_s = 1.5$ m, $T_p = 9.0$ s
	Corrente	3 kn (1.5 kn), verso 45°N
S-SW (225°N) – ~ <b>Libeccio, 30 kn</b>	Mare	$H_s = 0.0$ m, $T_p = 0.0$ s
	Corrente	3 kn (1.5 kn), verso 45°N

**Tabella 2** Condizioni meteomarine considerate per le simulazioni [6, 7]

I valori di " $H_s$ " e " $T_p$ " relativi ai quadranti settentrionali sono stati ripresi dal precedente studio del 2013 [1] e implementati come dati di input nei file di scenario del simulatore riportandoli all'area di manovra da studiare, per ciascun test effettuato sull'unità in simulazione. I venti dai quadranti meridionali, tipici delle ore pomeridiane, che non erano stati considerati nell'ultimo studio [1], non danno luogo ad alcuna formazione ondosa e sono stati introdotti in corso d'opera.

Per ciascuna delle condizioni N, NW e NE sopraelencate erano stati elaborati dall'ICEA i valori di agitazione ondosa entro le opere di difesa portuale. Lo schema adottato per la distribuzione dello smorzamento ondoso nel caso di venti di intensità pari a *25 nodi* avendo suddiviso in aree caratterizzate da diversi valori di  $H_s$  il layout di manovra [1], è presentato nelle seguenti **Figura 10**, **Figura 11** e **Figura 12**.

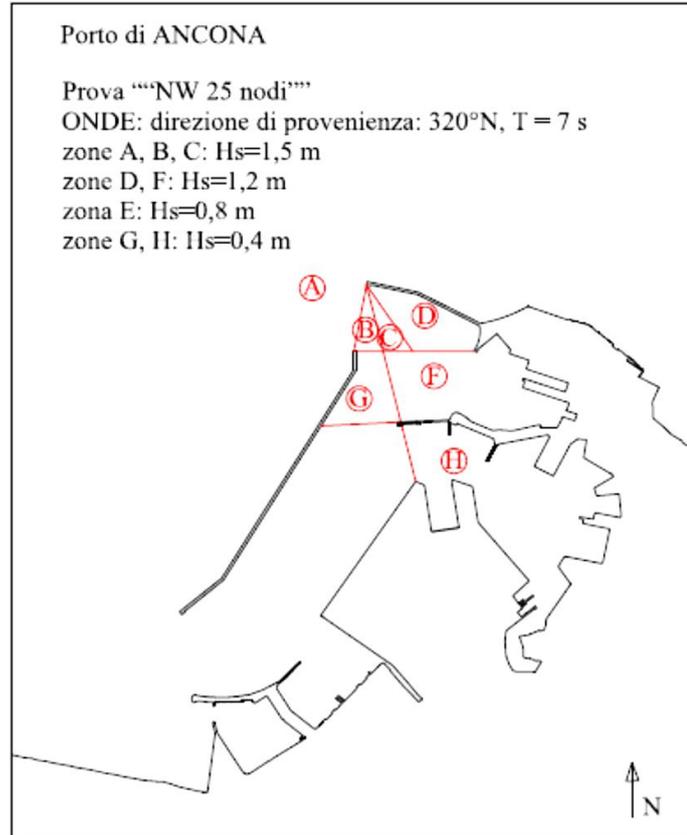


Figura 10 Condizione 320°N - Distribuzione dello smorzamento ondoso in presenza di vento a 25 kn [1].

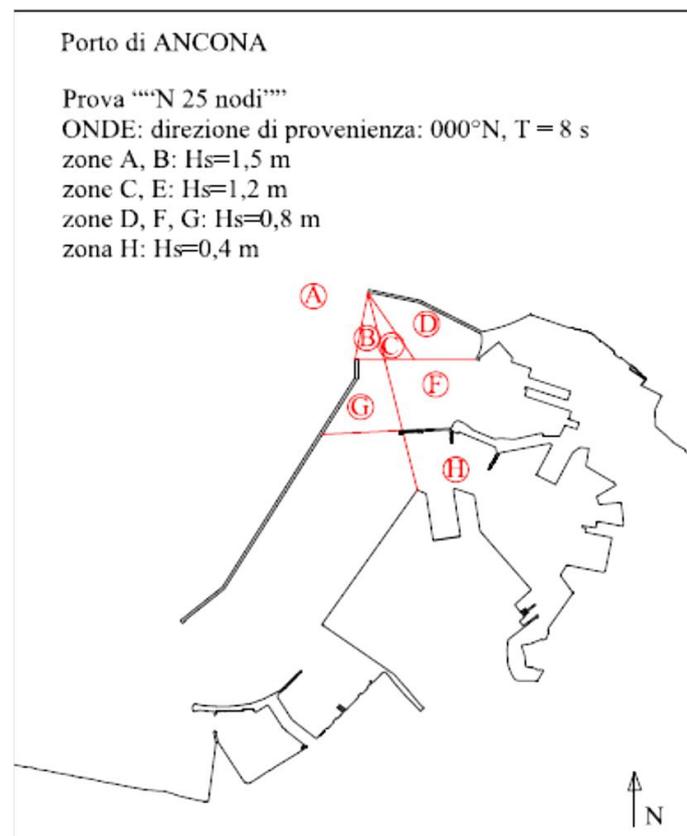


Figura 11 Condizione 0°N - Distribuzione dello smorzamento ondoso in presenza di vento a 25 kn [1].

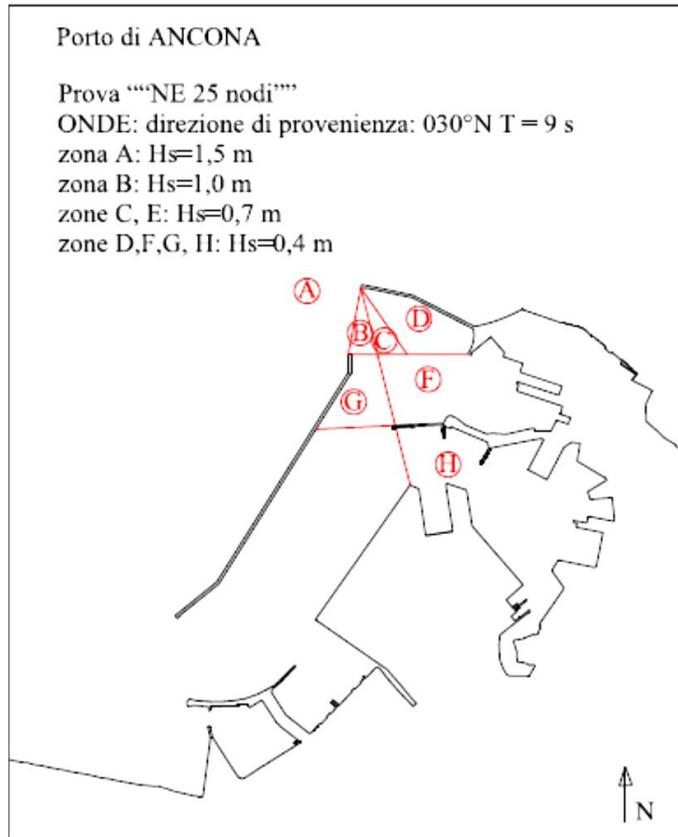


Figura 12 Condizione 30°N - Distribuzione dello smorzamento ondoso in presenza di vento a 25 kn [1].

E' importante notare inoltre che, come riportato nella relazione condivisa dal Cliente [6], le probabilità di occorrenza legate alle direzioni ed intensità del vento che sono state prese in considerazione nello studio sono relative ad eventi piuttosto rari.

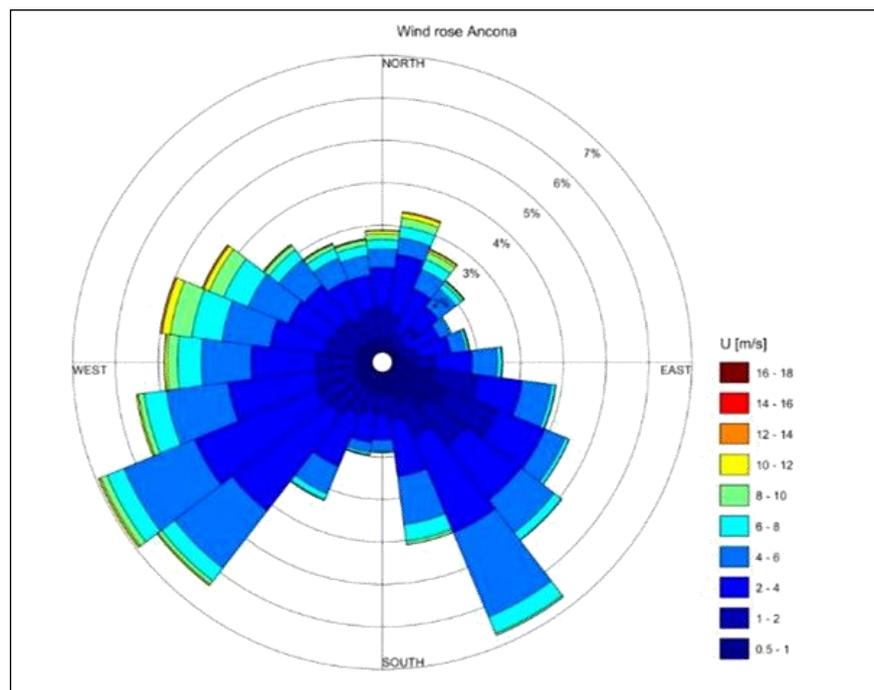


Figura 13 Rosa dei venti basata sulle condizioni del vento locale rilevate negli anni 2001-2013 [6]

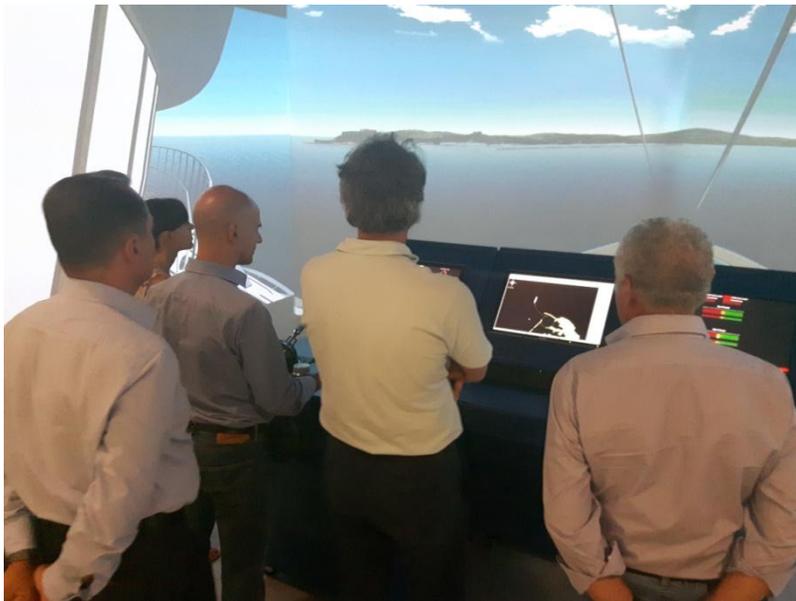
Infatti, a partire dai dati di vento rilevati ad Ancona negli anni 2001-2013 (cfr. **Figura 13**), è stato possibile dedurre che [5]:

- 1) le direzioni del vento più frequenti sono SW (225-255°N) e SSE (150°N);
- 2) le velocità più alte sono associate alle direzioni di provenienza da WNW (285-315°N) e NE (15-45°N);
- 3) indipendentemente dalla direzione del vento, si possono associare i valori di superamento di velocità media del vento registrate per 10 minuti alle relative frequenze annue di accadimento come segue:
  - 12 m/s (circa 24 kn) → 1 giorno/anno (0,26%);
  - 14 m/s (circa 28 kn) → 3,3 ore/anno (0,037%);
  - 16 m/s (circa 32 kn) → meno di 0,5 ore/anno (0,0046%).

Infine, in tutte le manovre, è importante rilevare che la presenza della corrente orientata verso 45°N costituisce un elemento di disturbo per la manovra di evoluzione delle navi, tanto da vincere rispetto all'azione esercitata del vento, soprattutto nei casi di intensità massima considerata pari a 3 nodi. Come si vedrà in seguito, durante l'esecuzione delle manovre al simulatore il Capo Pilota Com.te Selva ha preferito attenuare il valore di corrente da utilizzare ad 1.5 kn, valore medio stimato come il più frequente nella maggioranza dei casi, facendo riferimento all'esperienza.

## 6 CONDIZIONI FINALI DI SIMULAZIONE E LORO ESECUZIONE

Definiti i singoli aspetti delle simulazioni (schematizzazione dei layout portuali, fondale, caratteristiche principali dell'unità navale, condizioni meteomarine) CETENA ha concordato con il Cliente una tabella di manovre da eseguire durante la sessione di **prove ufficiali svoltesi durante la giornata del 21 Luglio 2017**.



*Figura 14 Giornata al simulatore del 21 Luglio 2017*

I principali aspetti e le criticità emerse durante le simulazioni eseguite sono stati via via discussi fra tutti i presenti già in corso d'opera, e condivisi al termine della giornata di prova durante una riunione finale, in cui è stato possibile raccogliere anche le osservazioni del Pilota.

L'insieme di tutti i commenti e le osservazioni scaturite dallo studio al simulatore è riportato accuratamente nelle **Conclusioni** al termine di questo rapporto (v. **Capitolo 7**).

### 6.1 Elenco e caratteristiche delle manovre in programma

E' stato concordato un set di una decina circa di simulazioni, da stabilirsi in corso d'opera nel dettaglio, studiando la manovra portuale dell'unità navale presa in considerazione al variare delle condizioni meteomarine (cfr. **Capitolo 5**) e delle modalità di accosto in banchina, ad esempio nel caso della contemporanea presenza di un ingombro nell'area di manovra.

Nella **Tabella 3** sono elencate le prove che sono state utilizzate come base di discussione per le simulazioni da eseguire. Come si può notare si è partiti da una griglia di 6 simulazioni tipo, di cui 3 di ingresso ("IN") e altrettante in uscita ("OUT") di eguali caratteristiche, relative alle condizioni meteomarine di Maestrale (NW), Tramontana (N) e Grecale (NE) contenute in **Tabella 2**. I venti da S, come già accennato, sono stati introdotti in corso d'opera e pertanto qui non compaiono.

Simulazioni di navigazioni Porto di Ancona – Nuova banchina cruise Molo Clementino								
TEST DA ESEGUIRE AL SIMULATORE DI MANOVRA								
Nave	N° TEST	TIPO	VENTO [kn]	VENTO (DIR)	MARE		CORRENTE (Intensità, velocità, direzione)	Scenario Meteomarino
					Hs [m]	Tp [s]		
CRUISE LOA 350 m	1	IN	25	NW - 315°N	1.5	7.0	max, 3 kn, 45°N	Raro/estremo
	2	OUT	25	NW - 315°N	1.5	7.0	max, 3 kn, 45°N	Raro/estremo
	3	IN	25	N - 0°N	1.5	8.0	max, 3 kn, 45°N	Raro/estremo
	4	OUT	25	N - 0°N	1.5	8.0	max, 3 kn, 45°N	Raro/estremo
	5	IN	25	NE – 45°N	1.5	9.0	max, 3 kn, 45°N	Raro/estremo
	6	OUT	25	NE – 45°N	1.5	9.0	max, 3 kn, 45°N	Raro/estremo
	...			...			...	...
	...			...			...	...
	...			...			...	...

**Tabella 3** Elenco delle simulazioni **IN PROGRAMMA**

## 6.2 Elenco e risultati delle manovre eseguite al simulatore

Nella **Tabella 4** sono elencate le prove che sono state eseguite al simulatore durante la giornata del 21 Luglio 2017, nei vari scenari meteomarini che si è deciso di testare.

Simulazioni di navigazioni Porto di Ancona – Nuova banchina cruise Molo Clementino								
TEST ESEGUITI AL SIMULATORE DI MANOVRA								
Nave	N° TEST	TIPO	VENTO [kn]	VENTO (DIR)	MARE		CORRENTE (Intensità, velocità, direzione)	Scenario Meteomarino
					Hs [m]	Tp [s]		
CRUISE LOA 350 m	1	IN	18	NW	1.5	7.0	Media, 1.5 kn, 45°N	raro/estremo
	2	IN	25	N	1.5	8.0	Media, 1.5 kn, 45°N	raro/estremo
	3	IN	25	NE	1.5	9.0	Max, 3 kn, 45°N	raro/estremo
	4	IN	30	SW	0.0	0.0	Media, 1.5 kn, 45°N	raro/estremo
	5	OUT	30	SW	0.0	0.0	Media, 1.5 kn, 45°N	raro/estremo
	6	OUT	25	NW	1.5	7.0	Media, 1.5 kn, 45°N	raro/estremo
	7	OUT	25	N	1.5	8.0	Media, 1.5 kn, 45°N	raro/estremo
	8	OUT	25	NE	1.5	9.0	Media, 1.5 kn, 45°N	raro/estremo
	9	IN	30	S	0.0	0.0	Media, 1.5 kn, 45°N	raro/estremo
	10	OUT	15	NW	1.5	7.0	Media, 1.5 kn, 45°N	raro/estremo
	11	IN	15	NW	1.5	7.0	Media, 1.5 kn, 45°N	raro/estremo

**Tabella 4** Elenco dei test **ESEGUITI**

Come si può notare il Capo Pilota ha eseguito un totale di 11 test, di cui 6 manovre di "uscita" e 5 manovre di "ingresso". Solamente 1 test si è poi svolto effettivamente con valore di corrente estrema pari a 3 kn, mentre in tutti gli altri è stato attenuato il valore a 1.5 kn, giudicato dal Capo Pilota più adeguato per questo studio.

Per quanto riguarda la tecnica di manovra di *ingresso*, a partire dal punto iniziale di start delle simulazioni (cfr. **Paragrafo 3.2**), l'esecutore della manovra normalmente regola l'andatura della nave nelle fasi successive della simulazione, che prevedono in questo caso generalmente prima l'accostata di 90° a sinistra, per entrare dentro all'imboccatura portuale, e poi l'evoluzione in bacino con la prua rivolta verso i quadranti settentrionali, lasciando poi scendere la poppa verso l'accosto, da effettuarsi con la sinistra in banchina.

Tutte le manovre di ingresso si sono concluse all'accosto, con nave pronta per essere assicurata agli ormeggi, e analogamente tutte le manovre di *uscita* sono iniziate da questa posizione e sono terminate con la nave nei pressi dell'imboccatura. Come detto in precedenza, le manovre al simulatore *non* hanno visto l'impiego di alcun rimorchiatore, pur sottolineando che per la riuscita in sicurezza delle manovre, specialmente per i primi tempi in cui la banchina fosse operativa, si dovrebbe ricorrere ad uno o più rimorchiatori in assistenza, specialmente in caso di venti di intensità paragonabile a quella dei test qui eseguiti.

Per quanto riguarda il giudizio sulla fattibilità delle manovre testate al simulatore, le simulazioni di manovra, per quanto riguarda le manovre di *ingresso*, sono state considerate essersi concluse con esito positivo ("*manovra riuscita*") nel momento in cui il Pilota ha ritenuto che la posizione della nave arrivata di fronte alla banchina è in sicurezza e la sua dinamica è totalmente sotto controllo da parte delle macchine di bordo, considerata anche l'assenza di rimorchiatori. Allo stesso modo, per quanto riguarda le manovre di *uscita*, esse sono state ritenute concluse positivamente quando ormai la traiettoria della nave è tale da poterla ritenere libera di navigare fuori dal Porto e proseguire, da lì, in acque cosiddette sicure.

Come si può notare dal confronto tra **Tabella 3** e **Tabella 4**, rispetto al programma iniziale, focalizzato sullo studio della fattibilità delle manovre a 25 kn, il primo test di ingresso con Maestrale è stato eseguito con velocità del vento leggermente inferiore pari a 18 kn anziché 25 kn, in modo da poter prendere confidenza con il simulatore da parte del Pilota.

Inoltre sono state eseguite due manovre sempre con vento di Maestrale attenuato e di velocità pari a 15 kn, al fine di verificare la possibilità di evolvere dentro al porto in partenza dall'accosto con prua rivolta verso l'interno ("*bow in*"), oppure di evolvere fuori dal porto e poi manovrare in marcia addietro ("*MAD*") in arrivo all'accosto con prua verso fuori.

Di seguito viene presentato in **Tabella 5** il dettaglio delle manovre eseguite, comprensivo dei commenti ed osservazioni relativi a ciascun test, riportati a seguito della giornata trascorsa al simulatore.

Simulazioni di navigazioni Porto di Ancona – Nuova banchina cruise Molo Clementino TEST ESEGUITI AL SIMULATORE DI MANOVRA (COMMENTATI) – CRUISE LOA 350 M				
ID Manovra Durata [mm ss]	Tugs (n°/ tiro max)	TIPO/Accosto /Ingombro	CONDIZIONI METEOMARINE (vento, mare, scenario corrente)	COMMENTI – Criticità rilevate (Piloti/Cliente) – ESITO al simulatore
M02_NW18KN_IN [25:18]	0	IN/ SN in banchina/ Nessun ingombro	Vento da NW, 18 kn + Mare Hs = 1.5 m, Tp= 7.0 s + Corrente media 1.5 kn verso 45°N	In questa prima prova sono stati attenuati i valori sia della corrente, considerata pari al valore assoluto medio normalmente riscontrabile di circa 1.5 kn, sia del vento, attenuato a 18 kn. La tecnica di manovra migliore da adottare per questa tipologia di nave viene quindi studiata dal Pilota, che decide di far avvicinare la nave alla diga di sottoflutto, fermarla e poi realizzare l'evoluzione nel centro del bacino mantenendo la prua al vento.  Manovra <b>riuscita</b> .
M03_N25KN_IN [26:11]		IN/ SN in banchina/ Nessun ingombro	Vento da N, 25 kn + Mare Hs = 1.5 m, Tp= 8.0 s + Corrente media 1.5 kn verso 45°N	La manovra viene eseguita adottando la stessa tecnica della manovra precedente, questa volta impostando un vento proveniente da N avente intensità di 25 kn. In queste condizioni nella realtà il Capo Pilota preferirebbe comunque avvalersi dell'ausilio di rimorchiatori.  Manovra <b>riuscita</b> .
M04_NE25KN_IN [31:25]		IN/ SN in banchina/ Nessun ingombro	Vento da NE, 25 kn + Mare Hs = 1.5 m, Tp= 9.0 s + Corrente max 3.0 kn verso 45°N	Considerata la corrente massima di 3 kn (sperimentabile, secondo il Capo Pilota, solo in condizioni molto rare a seguito di intense piogge). Fuori dall'imboccatura, l'effetto della corrente forte prevale su quello del vento e la nave tende scarrocciare verso SN, percorrendo il tratto all'imboccatura molto vicino al molo di sopraflutto. L'evoluzione della nave è eseguita con prua al vento, quindi ruotando in senso antiorario e poi lasciandosi scendere per effetto del vento, muovendosi lentamente in MAD senza bisogno dei thrusters. La nave è ben sopravventata e ruota di poppa mettendosi in linea con l'accosto senza difficoltà. Sarebbe comunque auspicabile l'utilizzo di <u>parabordi avvolgenti attorno allo spigolo</u> della banchina di accosto.  Manovra <b>riuscita</b> .

Tabella 5 Elenco delle simulazioni eseguite con COMMENTI

Simulazioni di navigazioni Porto di Ancona – Nuova banchina cruise Molo Clementino TEST ESEGUITI AL SIMULATORE DI MANOVRA (COMMENTATI) – CRUISE LOA 350 M				
ID Manovra Durata [mm ss]	Tugs (n°/ tiro max)	TIPO/Accosto /Ingombro	CONDIZIONI METEOMARINE (vento, mare, scenario corrente)	COMMENTI – Criticità rilevate (Piloti/Cliente) – ESITO al simulatore
M05_SW30KN_IN [24:32]	0	IN/ SN in banchina/ Nessun ingombro	Vento da SW, 25 kn + Mare Hs = 0.0 m, Tp= 0.0 s + Corrente media 1.5 kn verso 45°N	Viene eseguita questa manovra di ingresso in presenza di un vento da SW, di velocità uguale a 25 kn. Si tratta di una condizione tipica pomeridiana in cui si ha vento da terra e calma di mare. La nave compie la consueta manovra a zig zag per entrare in porto provenendo da NE e impostando la manovra di evoluzione, una volta raggiunto il centro del bacino, con rotazione della nave questa volta in senso orario, mettendo la prua al vento come da buona pratica marinaresca. La manovra è risultata fattibile anche senza l'ausilio di rimorchiatori a spingere verso la banchina. Tuttavia, per sicurezza, sarebbe consigliabile almeno un rimorchio per tirare di poppa verso la banchina di arrivo, e subito dopo a spingere al centro nella fase finale di accosto.  Manovra <b>riuscita</b> .
M07_SW30KN_OUT [06:43]		OUT/ SN in banchina/ Nave cruise LOA x B= 230 x 35 m in ingombro	Vento da SW, 30 kn + Mare Hs = 0.0 m, Tp= 0.0 s + Corrente media 1.5 kn verso 45°N	La nave si stacca senza problemi sotto l'azione del vento a 30 kn al traverso di SN, ma si deve aumentare subito la velocità in AV. L'ingombro presente sull'altro lato della darsena presso la banchina Fincantieri non determina alcuna particolare difficoltà. Per sicurezza sarebbe comunque consigliabile un rimorchiatore in assistenza alla nave in fase di alleggerimento degli ormeggi.  Manovra <b>riuscita</b> .
M08_NW25KN_OUT [07:55]		OUT/ SN in banchina/ Nessun ingombro	Vento da NW, 25 kn + Mare Hs = 1.5 m, Tp= 7.0 s + Corrente media 1.5 kn verso 45°N	Viene eseguita la manovra di uscita in presenza di vento da NW di 25 kn. Non si registra alcuna difficoltà nel distacco da banchina.  Manovra <b>riuscita</b> .

**Tabella 5 Elenco delle simulazioni eseguite con COMMENTI**

Simulazioni di navigazioni Porto di Ancona – Nuova banchina cruise Molo Clementino TEST ESEGUITI AL SIMULATORE DI MANOVRA (COMMENTATI) – CRUISE LOA 350 M				
ID Manovra Durata [mm ss]	Tugs (n°/tiro max)	TIPO/Accosto /Ingombro	CONDIZIONI METEOMARINE (vento, mare, scenario corrente)	COMMENTI – Criticità rilevate (Piloti/Cliente) – ESITO al simulatore
M09_N25KN_OUT [07:52]	0	OUT/ SN in banchina/ Nessun ingombro	Vento da N, 25 kn + Mare Hs = 1.5 m, Tp= 8.0 s + Corrente media 1.5 kn verso 45°N	Viene eseguita la manovra di uscita in presenza di vento da N di 25 kn. Rispetto alla stessa manovra con vento da NW, si registra una certa difficoltà nel distacco da banchina. Si nota anche che in partenza dalla banchina conviene aprire un po' di più la prua in quanto si deve tener conto del tempo necessario ad aumentare la velocità.  Manovra <b>riuscita</b> .
M10_NE25KN_OUT [06:40]		OUT/ SN in banchina/ Nessun ingombro	Vento da NE, 25 kn + Mare Hs = 1.5 m, Tp= 9.0 s + Corrente media 1.5 kn verso 45°N	Viene eseguita la manovra di uscita in presenza di vento da NE di 25 kn. Non si registra alcuna difficoltà nel distacco da banchina.  Manovra <b>riuscita</b> .
M11_S30KN_IN [33:14]		IN/ SN in banchina/ Nave cruise LOA x B= 230 x 35 m in ingombro	Vento da S, 30 kn + Mare Hs = 0.0 m, Tp= 0.0 s + Corrente media 1.5 kn verso 45°N	La nave, una volta superata l'imboccatura, viene fatta ruotare sulla SN all'interno del cerchio evolutivo. Man mano che il vento aumenta la sua azione al traverso di DR, la nave scarroccia verso il sopraflutto a circa 2.5 kn di velocità di deriva. Poi viene ripresa la traiettoria in MAD in caduta verso l'accosto. Anche in questo caso la nave arriva in banchina senza la necessità di rimorchiatori in ausilio.  Manovra <b>riuscita</b> .
M12_NW15KN_BowIn_ OUT [12:12]		OUT/ DR in banchina/ Nessun ingombro	Vento da NW, 15 kn + Mare Hs = 1.5 m, Tp= 7.0 s + Corrente media 1.5 kn verso 45°N	Viene eseguita la manovra di uscita avendo il fianco DR in banchina, in presenza di vento da NW di 15 kn, utilizzando tutti i bow thruster a SN ed i pod per far allargare la poppa. La nave avanza in MAD ruotando fino a raggiungere l'estremità del Molo Nord, dopodiché viene data MAV e la nave raggiunge liberamente l'imboccatura, compiendo l'evoluzione a SN.  Manovra <b>riuscita</b> .

Tabella 5 Elenco delle simulazioni eseguite con COMMENTI

<b>Simulazioni di navigazioni Porto di Ancona – Nuova banchina cruise Molo Clementino TEST ESEGUITI AL SIMULATORE DI MANOVRA (COMMENTATI) – CRUISE LOA 350 M</b>				
<b>ID Manovra Durata [mm ss]</b>	<b>Tugs (n°/ tiro max)</b>	<b>TIPO/Accosto /Ingombro</b>	<b>CONDIZIONI METEOMARINE (vento, mare, scenario corrente)</b>	<b>COMMENTI – Criticità rilevate (Piloti/Cliente) – ESITO al simulatore</b>
<b>M13_NW15KN_IN_MAD [20:02]</b>	0	IN/ DR in banchina/ Nessun ingombro	Vento da NW, 15 kn + Mare Hs = 1.5 m, Tp= 7.0 s + Corrente media 1.5 kn verso 45°N	<p>Viene eseguita la manovra di ingresso testando la possibilità di ruotare la nave all'esterno del porto, subito oltre l'imboccatura, ed entrare in MAD fino all'accosto.</p> <p>Impostando la girata della nave da fuori, con ingresso di poppa, si allungano di molto i tempi di manovra, impegnando maggiormente l'imboccatura del porto con il passaggio della nave. La manovra quindi è da considerarsi fattibile solo in condimeteo non avverse, in teoria è più sicura in quanto la prua mantenuta verso l'esterno dà la possibilità di essere pronti a scappare in caso di pericolo.</p> <p>Manovra <b>riuscita</b>.</p>

**Tabella 5 Elenco delle simulazioni eseguite con COMMENTI**

### 6.3 Presentazione dei file dei risultati delle simulazioni

I risultati completi delle simulazioni eseguite sono stati resi disponibili al Cliente in formato elettronico (v. **ALLEGATI**). Essi sono stati elaborati sotto forma di: immagini delle traiettorie, sia per la singola manovra che per involuppi di più manovre; video di ogni test così come visualizzato sulla plancia 2D del SAND; storie temporali di tutte le grandezze simulate.

Tutte le traiettorie delle manovre eseguite al simulatore vengono presentate in **APPENDICE A**, nelle varie condizioni meteomarine considerate (cfr. **Tabella 4** e **Tabella 5**).

In generale su ogni **immagine** viene rappresentata la traiettoria seguita dalla nave durante la simulazione tramite la stampa ad intervalli di tempo regolari (60 s) della silhouette della nave, consentendo così di ricavare immediate informazioni circa la rotta seguita dalla stessa.

In sintesi, oltre alla traiettoria, su tali immagini sono quindi indicati:

- il Nord geografico, con sotto l'indicazione del tempo totale di svolgimento della manovra (n.b. contatore attivo solo nei video, v. **ALLEGATI**);
- il layout portuale (in **grigio**) con la rappresentazione del bacino evolutivo (in **verde**, D= 650 m);
- la silhouette della nave (in **nero**; eventualmente in **rosso** in caso di urto);
- l'indicazione della direzione di provenienza del vento (in **blu**);
- la silhouette degli ingombri eventualmente presenti nell'area di manovra (in **rosa**, la nave all'accosto presso area Fincantieri, avente dimensioni LOA x B= 230.0 m x 35.0 m)

Per l'analisi particolareggiata di ciascuna traiettoria e della tecnica di manovra adottata, si rimanda agli **ALLEGATI** forniti assieme al presente rapporto tecnico (postprocessing avanzato dei risultati, dove sono stati inclusi anche i *filmati* delle manovre).

L'**APPENDICE B** contiene infine una serie di fotografie che documentano alcuni momenti dello svolgimento delle simulazioni.

## 7 CONCLUSIONI

Questo studio al simulatore di manovra real-time in ambientazione 3D ha esaminato le simulazioni di manovra in tempo reale svoltesi all'interno del Porto di Ancona, modificato per la presenza di un nuovo accosto destinato alle navi grandi da crociera, per conto dell'Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Centrale.

I test al simulatore di manovra in tempo reale si sono svolti nel corso di 1 giornata (**21 Luglio 2017**), avvalendosi del pilotaggio di Piloti professionisti. In particolare, le manovre sono state eseguite dal Capo dei Piloti di Ancona (Com. A. Selva), coadiuvato da un esperto esecutore messo a disposizione da CETENA, ex-Capo dei Piloti del Porto di Genova (Com. O. Bozzo) e dal personale CETENA. Durante la giornata di prove al simulatore sono intervenuti i vari operatori interessati allo svolgimento dello studio, ovvero il Cliente (Ing. M. L. Vecchiotti) e la Capitaneria di Porto (C.F.-C.P. Angelo Tosti).

Il principale obiettivo di questo studio eseguito da CETENA è la verifica degli spazi di manovra a disposizione delle grandi navi da crociera nel layout del nuovo accosto, attualmente allo stato di progetto di fattibilità tecnica ed economica, ricavato sul fronte esterno del Molo Clementino, nella darsena prospiciente il cantiere navale di Fincantieri SpA.

Le caratteristiche principali dell'unità navale in simulazione, propulsa tramite sistema ad azipod e rappresentativa delle navi di nuova generazione che ad oggi non toccano il Porto, sono le seguenti: 350 m di lunghezza fuori tutto e 47 m di larghezza massima, immersione  $T=9.3$  m. La nave è inoltre dotata di 4 bow thruster di manovra da 5500 kW di potenza ciascuno.

Le prove si sono svolte tutte in presenza di agenti meteomarini, comprendenti l'azione da parte di vento, mare e corrente tipiche del paraggio in studio. In particolare, in accordo col Cliente, è stato considerato *vento* proveniente dal I, II e IV quadrante (N, NE, NW e S, SW) e di intensità variabile tra i 18, 25 e 30 nodi di velocità. Gli scenari al simulatore sono stati completati dalle mappe di *corrente* (esterna al porto, avente direzione SW, ascendente e parallela alla diga di sottoflutto, e considerata variabile tra 1.5 nodi, valore realistico, e 3 nodi al massimo, molto conservativo) e del *moto ondoso* associato al vento, avente  $H_s$  al largo pari a 1.5 m, e via via smorzato all'interno delle opere portuali in progetto.

E' importante sottolineare che i risultati qui esposti sono stati messi in relazione alle probabilità di occorrenza note degli eventi testati al simulatore. Essi risultano associati a condizioni meteorologiche che si possono considerare rare od estreme, specialmente per il periodo estivo in cui si verificano le toccate di queste navi.

L'esecuzione delle simulazioni nei vari scenari ha messo in luce i seguenti aspetti relativamente alla nuova banchina crociere in studio:

- le dimensioni del cerchio evolutivo (650 m di diametro) risultano adeguate per la manovrabilità da parte dell'unità navale presa in considerazione. Anche a seguito delle prove al simulatore, si può individuare come preferibile in generale l'evoluzione all'interno del bacino, con swing a dritta e lenta abbattuta della nave verso banchina (tra l'altro agevolata in caso di venti da I e IV quadrante). L'evoluzione all'esterno del Porto, con successiva entrata in marcia addietro, ha un margine di sicurezza inferiore in quanto non si può escludere il rischio che la nave, durante il moto retrogrado da coprire in almeno tre lunghezze di scafo, ruoti ad esempio verso il molo di sopraflutto.  
D'altronde, questa modalità di manovra "alternativa" è stata testata al simulatore (**M13\_NW15kn\_IN\_MAD**) e, pur avendo evidenziato che la nave in ingresso in marcia addietro verosimilmente acquisirà una velocità superiore, e che quindi dovrebbero essere adeguatamente monitorate le distanze laterali e di poppa, a giudizio del Pilota rappresenta un'ottima opzione da prendere in considerazione per gli ingressi in calma assoluta;
- d'altra parte, la demolizione della parte terminale del Molo Nord già in programma consentirebbe di utilizzare maggiormente in sicurezza lo specchio acqueo a sud del cerchio di evoluzione per poter ruotare la nave sia in ingresso che in uscita dall'accosto (con venti non superiori ai 20-22 kn);
- per quanto riguarda invece l'operatività della banchina, la fattibilità delle manovre sia di ingresso che di uscita è stata verificata in tutte le condizioni meteomarine prese in considerazione, ovvero in presenza di moto ondoso e corrente con venti da N, NE e NW fino ai 25 nodi, ed in assenza di moto ondoso, ma con la presenza di corrente, in caso di vento da S e SW fino a 30 nodi. Tali condizioni sono da considerare tutte come condizioni limite superiore della fattibilità reale delle manovre. Le dotazioni della nave (es. potenze azipod e thruster) sono tali infatti da non determinare alcuna difficoltà anche con venti di traversia, tuttavia le partenze con i forti venti pomeridiani da S-SW hanno determinato, a causa della grande superficie velica della nave, un certo scarroccio di cui tenere conto;
- le manovre al simulatore si sono svolte tutte in assenza di rimorchiatori, valutando, a giudizio del Capo Pilota di Ancona, le condizioni limite di utilizzo dei mezzi propri della nave in funzione delle condizioni meteomarine agenti. In generale, è stata comunque rilevata la necessità di uno o più rimorchiatori quantomeno nelle fasi inaugurali di operatività (e di presa di confidenza) della banchina, anche in calma, scegliendo fra le unità attualmente impiegate nel Porto di Ancona e da poco rinnovate;

- infine, è stata anche verificata positivamente la possibilità di manovrare in sicurezza in uscita, in caso dei suddetti venti provenienti da terra (sia da S che da SW, aventi intensità 30 kn), con la contemporanea presenza in darsena dell'ingombro di una nave da crociera più piccola in allestimento presso il cantiere navale Fincantieri, avente dimensioni 230 m di lunghezza fuori tutto e 35 m di larghezza massima.

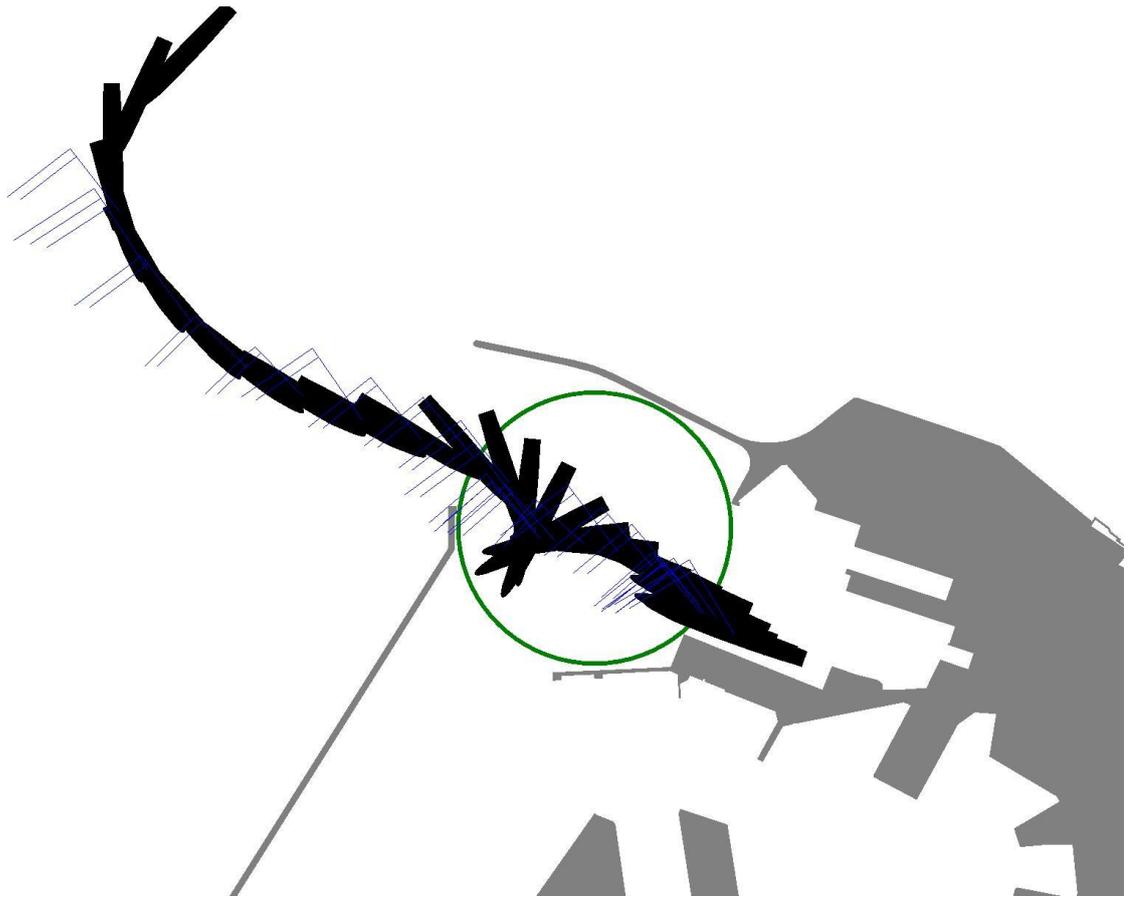
La manovrabilità delle grandi unità da crociera nel nuovo accosto in progetto sul Molo Clementino risulta quindi verificata al variare di tutte le condizioni meteomarine studiate.

## 8 RIFERIMENTI

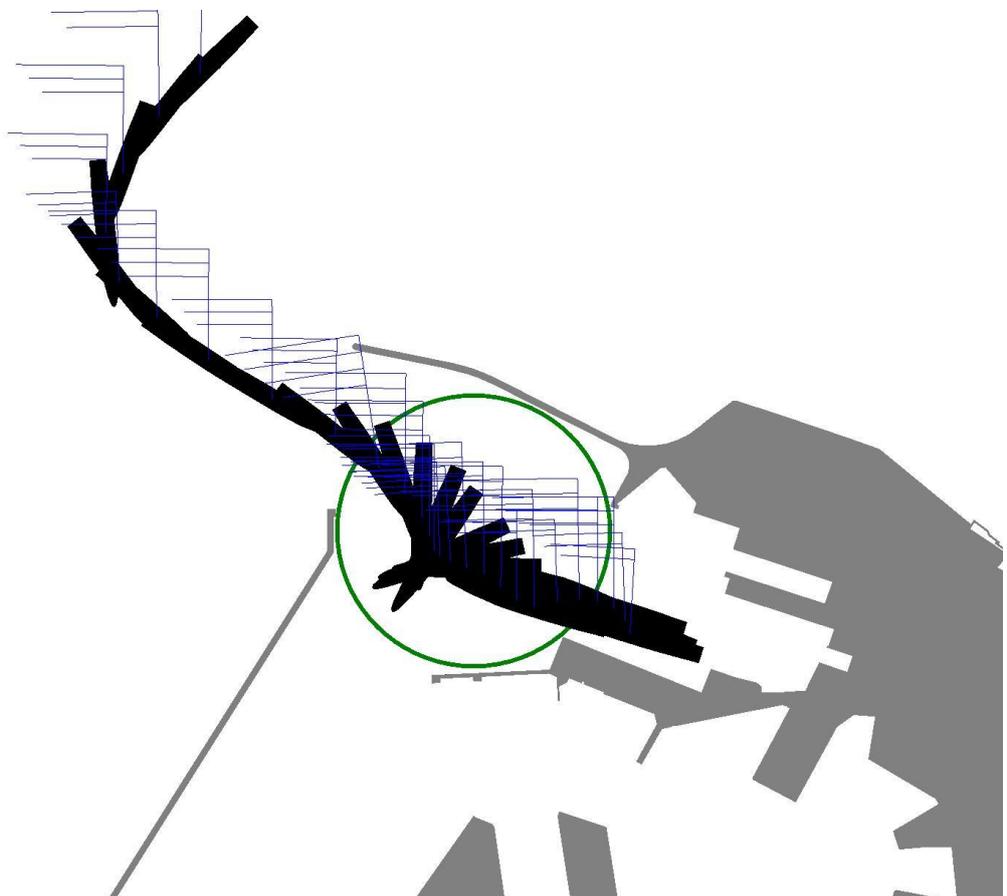
- [1] C. Notaro, O. Bozzo, M. Peverero, D. Tozzi  
'Studio di navigabilità nel nuovo Porto di Ancona, ad opere di sopraflutto completate, con e senza demolizione di 100 m del Molo Nord'  
Rapporto CETENA n° 10768, Genova, Novembre 2013
- [2] C. Notaro, M. Peverero, D. Tozzi, A. Zini  
'Il modello matematico del simulatore SAND: esempio di configurazione di una nave militare'  
Rapporto CETENA n° 10178, Genova, Settembre 2008
- [3] C. Notaro, M. Peverero, D. Tozzi, A. Zini  
'Il modello matematico del simulatore SAND: esempio di configurazione di una nave militare'  
Rapporto CETENA n° 10178, Genova, Settembre 2008
- [4] Disegno del layout portuale di progetto  
"160803\_TAV 7\_Planimetria generale di progetto\_sol 2.dwg"  
Fonte: Cliente
- [5] Disegno della batimetria portuale di progetto  
"BATIMETRIA 2015 AGGIORNATA.dwg"  
Fonte: Cliente
- [6] Relazione, RIF.TO N° M&WBE2324R005D00 - Ver.01 del 20/10/2015  
"Analisi dinamica dei sistemi di ormeggio per l'attracco di MSC Crociere in Ancona"  
Fonte: Cliente

## APPENDICI

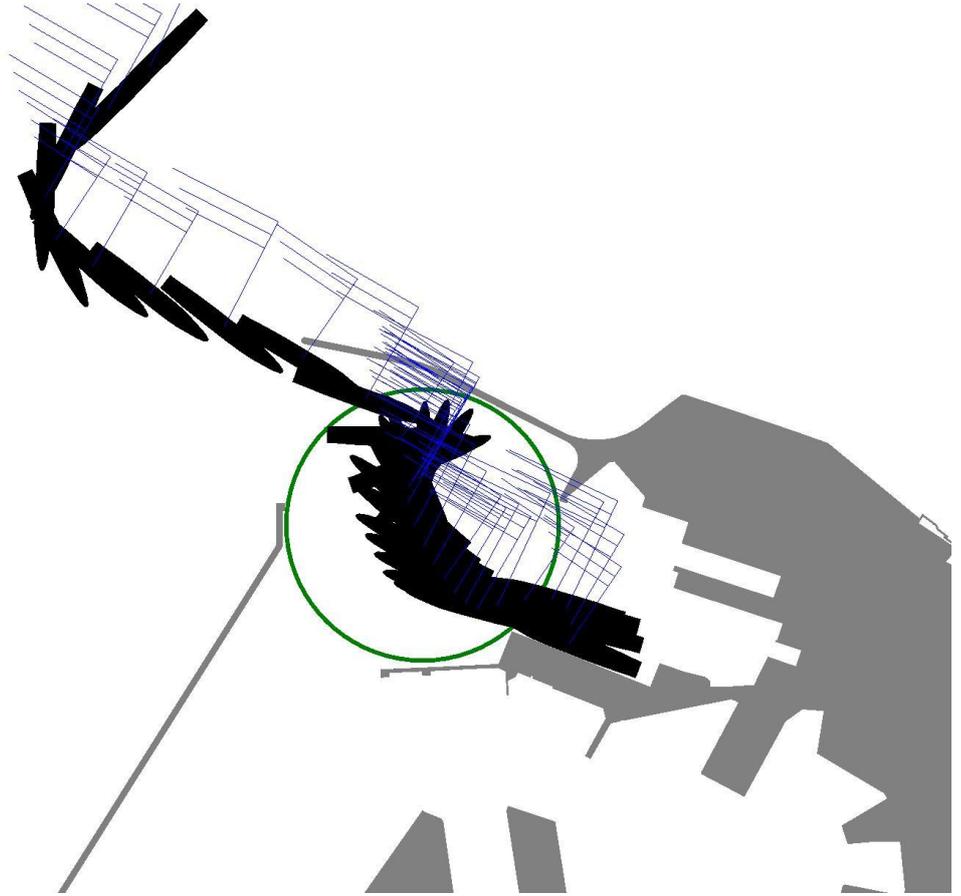
## **APPENDICE A: TRACCIATI DELLE MANOVRE**



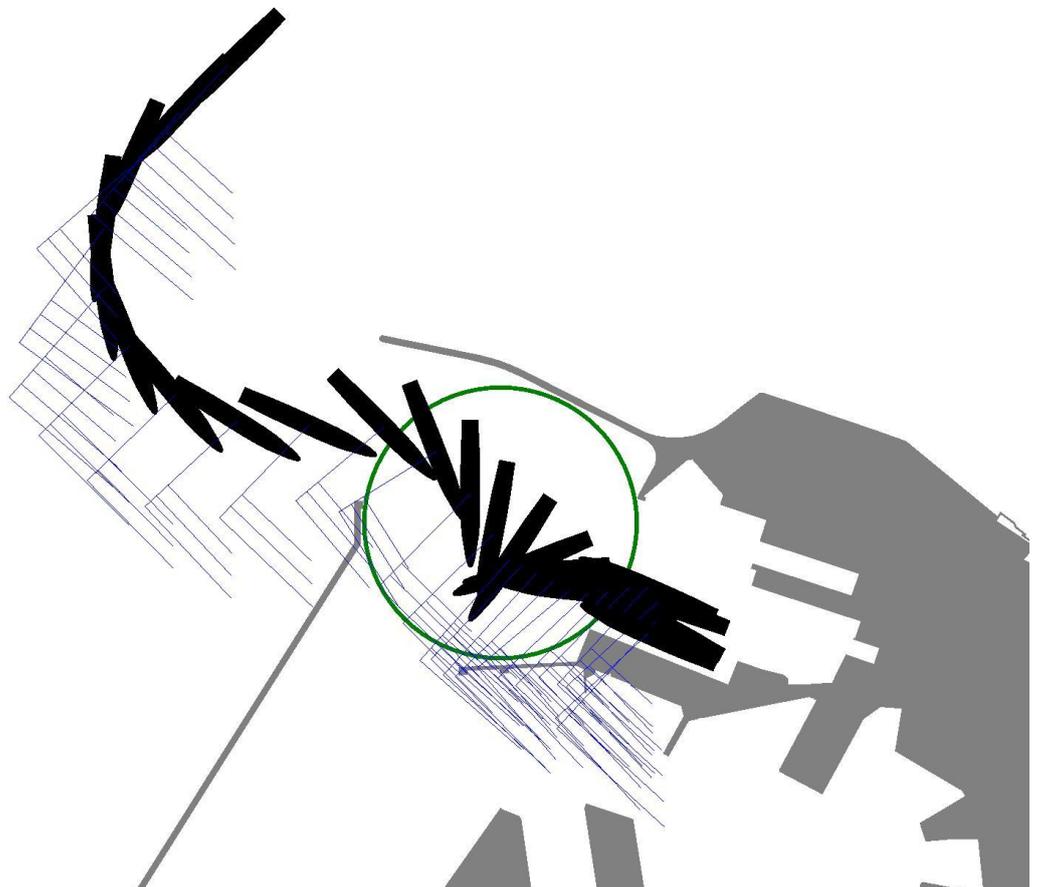
**Figura A 1 Manovra M02\_NW18KN\_IN**



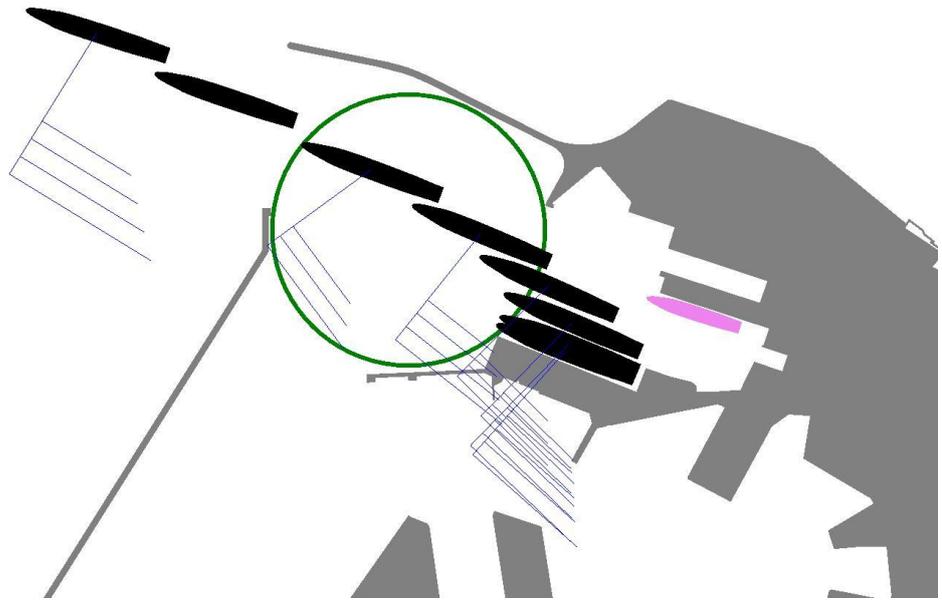
**Figura A 2 Manovra M03\_N25KN\_IN**



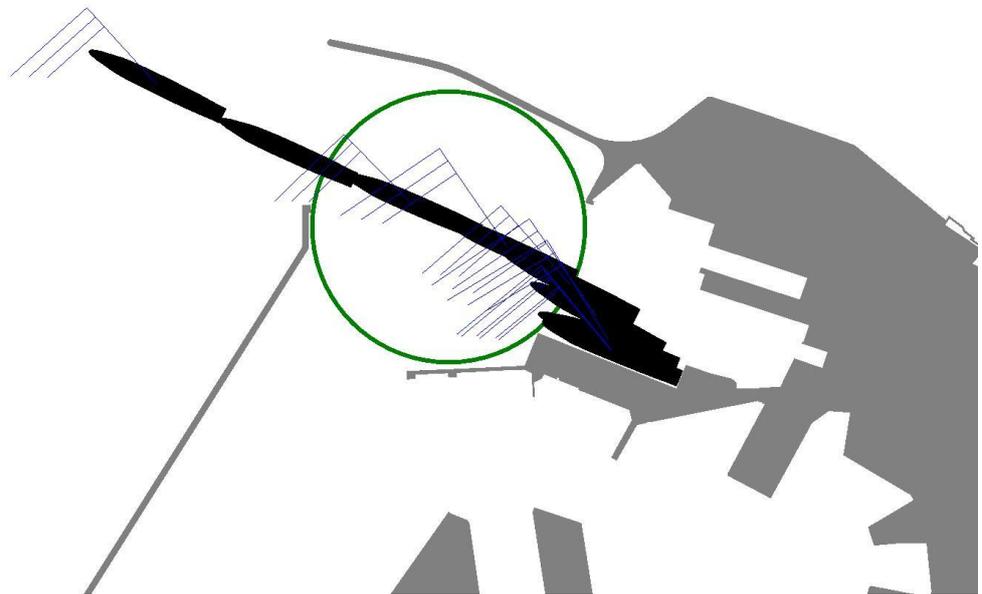
**Figura A 3 Manovra M04\_NE25KN\_IN**



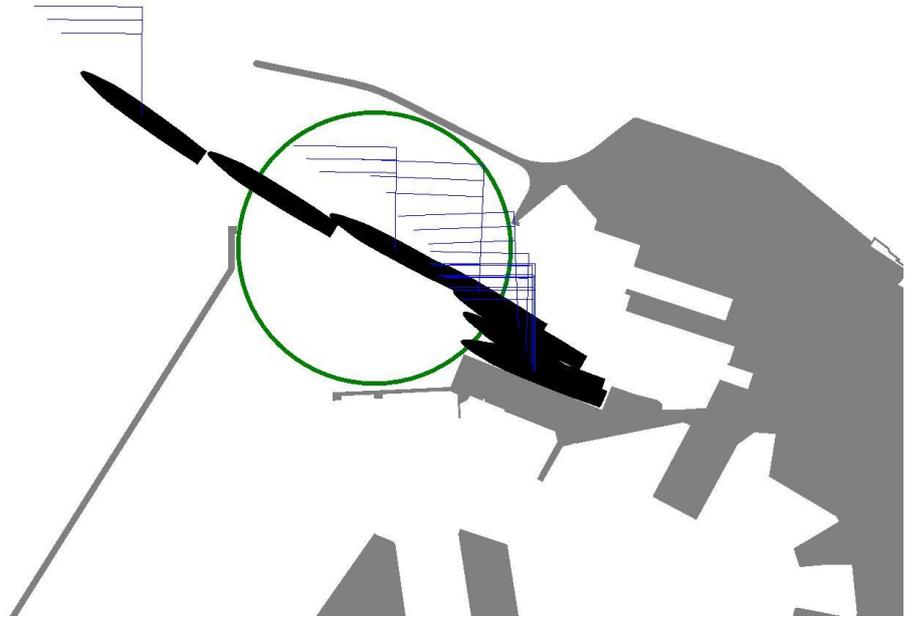
**Figura A 4 Manovra M05\_SW30KN\_IN**



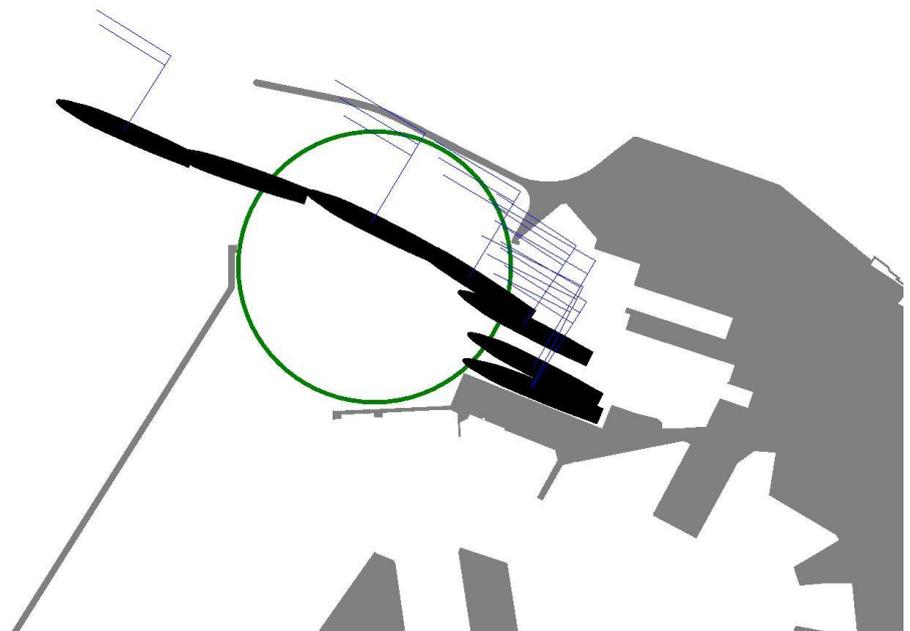
**Figura A 5 Manovra M07\_SW30KN\_OUT**



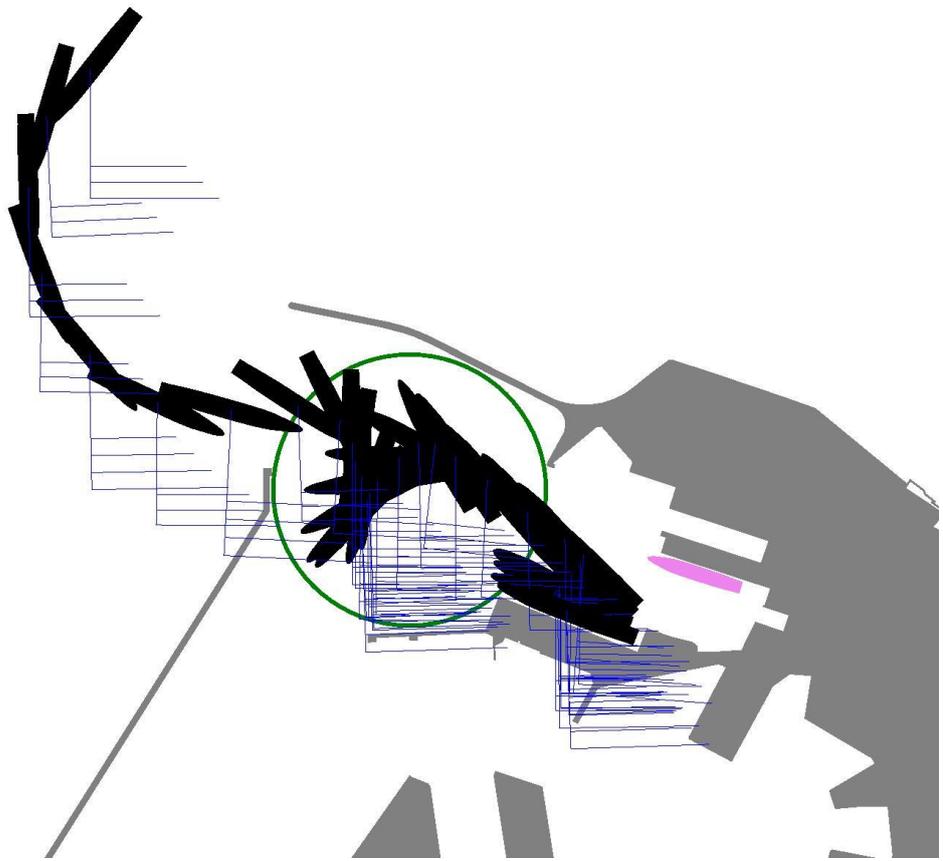
**Figura A 6 Manovra M08\_NW25KN\_OUT**



**Figura A 7 Manovra M09\_N25KN\_OUT**



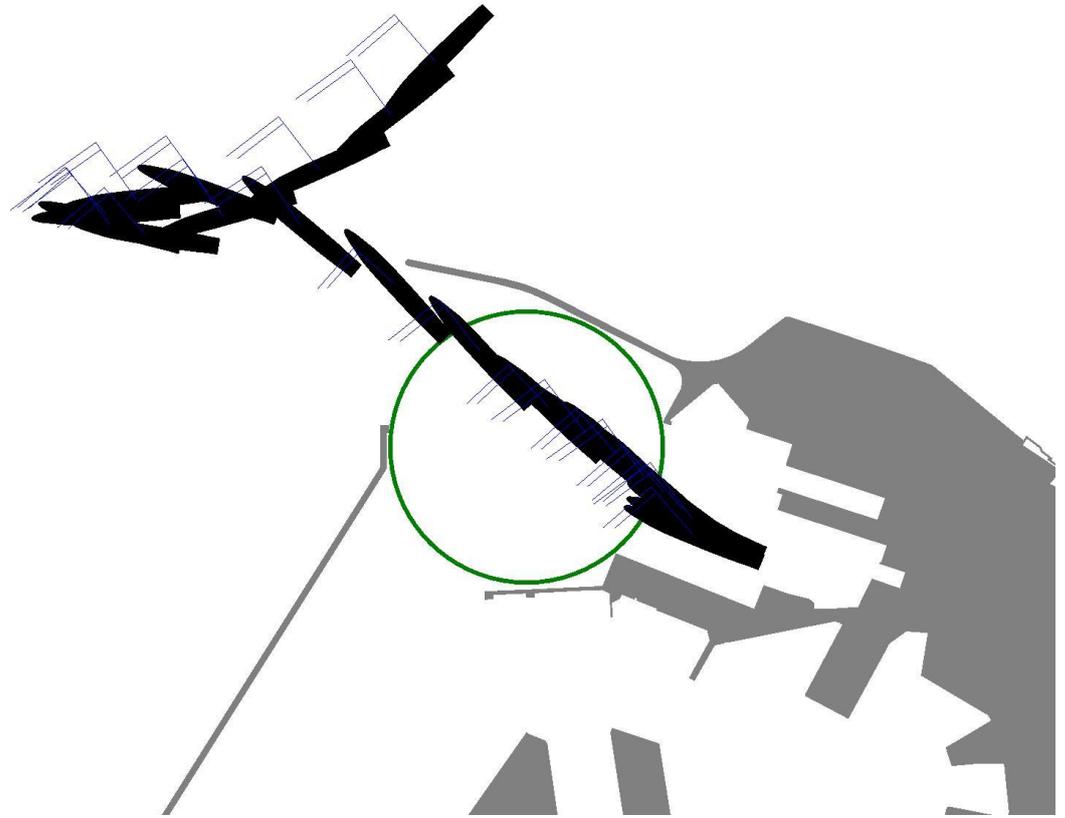
**Figura A 8 Manovra M10\_NE25KN\_OUT**



**Figura A 9 Manovra M11\_S30KN\_IN**



**Figura A 10 Manovra M12\_NW15KN\_BowIn\_OUT**

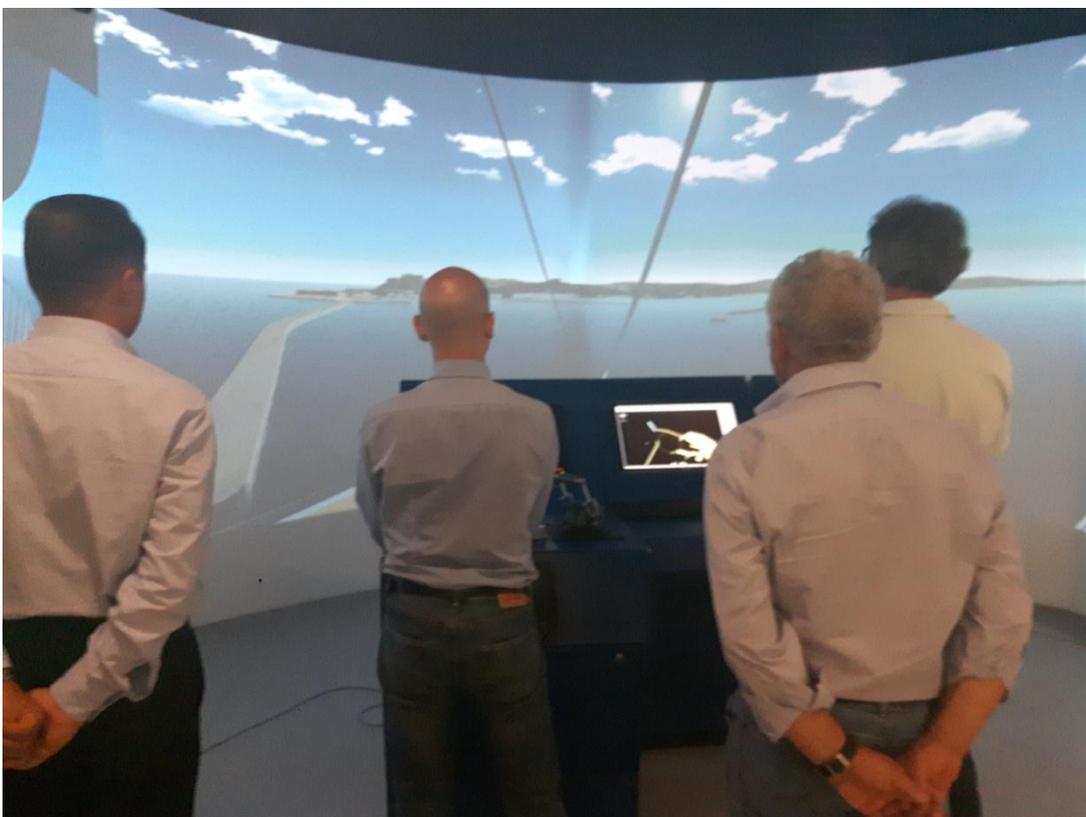


**Figura A 11 Manovra M13\_NW15KN\_IN\_MAD**

## **APPENDICE B: FOTO DELLE SIMULAZIONI**



**Figura B 1 Giornata al simulatore del 21/07/2017**



**Figura B 2 Giornata al simulatore del 21/07/2017**



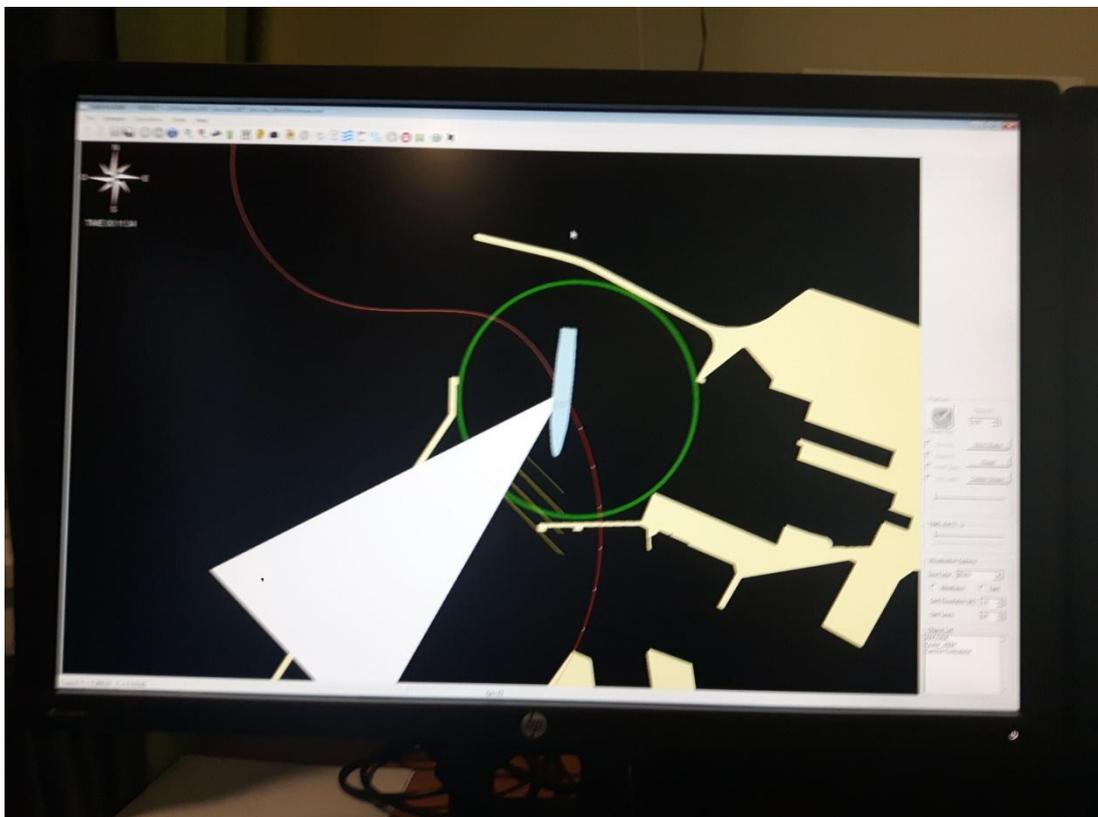
**Figura B 3 Giornata al simulatore del 21/07/2017**



**Figura B 4 Giornata al simulatore del 21/07/2017**



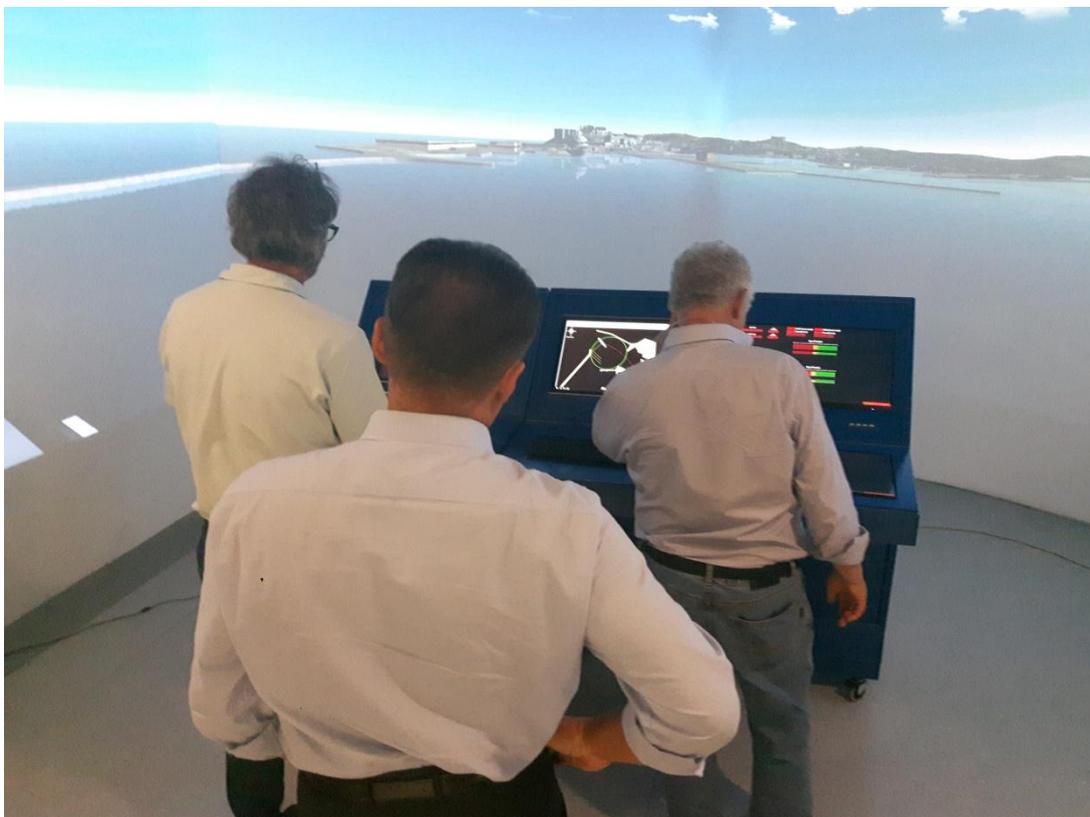
**Figura B 5 Giornata al simulatore del 21/07/2017**



**Figura B 6 Giornata al simulatore del 21/07/2017**



**Figura B 7 Giornata al simulatore del 21/07/2017**



**Figura B 8 Giornata al simulatore del 21/07/2017**



**Figura B 9 Giornata al simulatore del 21/07/2017**



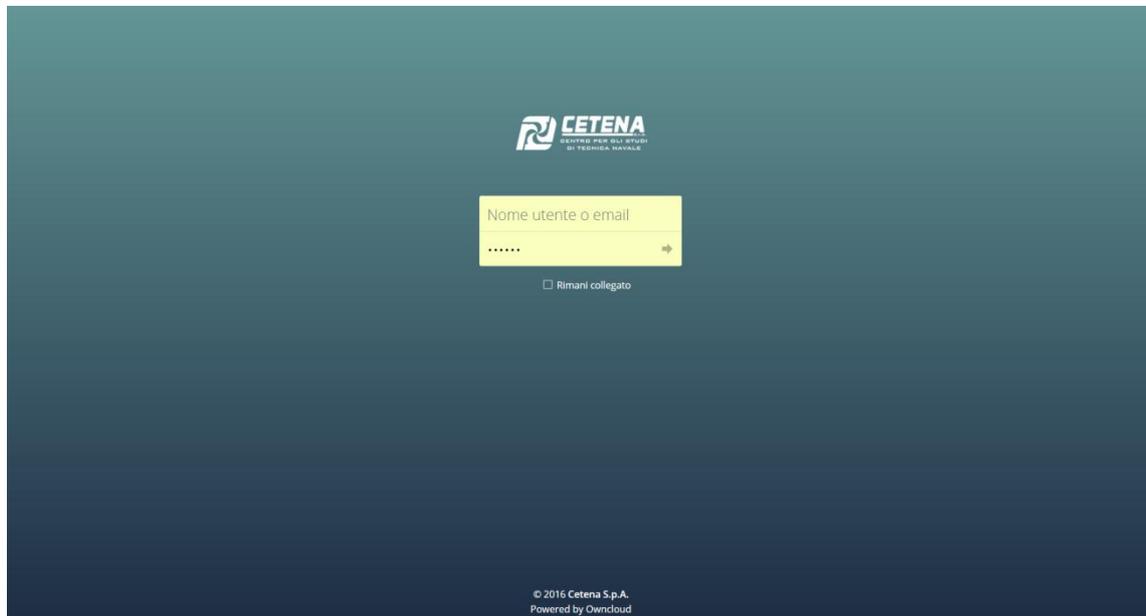
**Figura B 10 Giornata al simulatore del 21/07/2017**



**Figura B 11 Giornata al simulatore del 21/07/2017**

## ALLEGATI

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



Una volta eseguito il login si arriva alla pagina seguente:



I file messi a disposizione on line al Cliente contengono, in sintesi: le **immagini** delle traiettorie inviluppate della singola manovra suddivisi per data di svolgimento ed indicati come da **Tabella 5**; i **filmati** riproducibili in playback di ogni test, così come visualizzati sulla plancia 2D del SAND; le **fotografie** scattate durante le giornate di lavoro; i **documenti** relativi al lavoro svolto man mano condivisi col Cliente.