

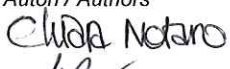
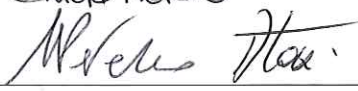
Report n. 11768

Rev. 00

**Studio di navigabilità nel nuovo Porto di Ancona,
ad opere di sopraflutto completate, con e senza
demolizione di 100 m del Molo Nord**

Autori / Authors: Chiara NOTARO, Oreste BOZZO, Massimo
PEVERERO, Davide TOZZI

Data emissione / Issue date: 29/11/2013

Report n. 11768	Rev. 00	Data emissione / Issue date 29/11/2013		
Titolo / Title Studio di navigabilità nel nuovo Porto di Ancona, ad opere di sopraflutto completate, con e senza demolizione di 100 m del Molo Nord				
Autori / Authors Chiara NOTARO, Oreste BOZZO (Corpo Piloti Genova), Massimo PEVERERO, Davide TOZZI				
Sommario / Abstract Il presente rapporto è finalizzato alla presentazione dei risultati delle simulazioni di manovra in tempo reale svolte per conto dell'Autorità Portuale di Ancona da parte di CETENA S.p.A. Le simulazioni hanno avuto come ambito d'indagine il nuovo Porto di Ancona, considerato nella configurazione di attuazione del nuovo Piano Regolatore Portuale (PRP), ad opere di sopraflutto completate, con e senza la demolizione di 100 m del molo Nord esistente. Le simulazioni eseguite hanno riguardato la navigazione in ingresso ed uscita (ma senza arrivo/partenza dall'ormeggio) di tre diverse tipologie di navi: una grande nave mercantile, avente dimensioni massime pari a 230 m di lunghezza e 37 m di larghezza, monoelica e sprovvista di thruster di manovra, considerata nelle due condizioni di pieno carico all'arrivo e di zavorra in partenza; una nave traghetto avente dimensioni massime pari a 225 m di lunghezza e 30.4 m di larghezza, ed infine una grande nave da crociera, avente dimensioni massime pari a 250 m di lunghezza e 32 m di larghezza. Le sole manovre della nave merci si sono svolte sempre con l'assistenza di rimorchiatori. Le prove si sono svolte in presenza di vento, mare e corrente. Il vento è stato considerato proveniente dai quadranti settentrionali (NW, N e NE con mare associato), di intensità rispettivamente pari a 25 nodi di velocità per la nave merci e passeggeri e a 30 nodi per le navi traghetto.				
Autori / Authors  		Verificato / Verified 	Approvato / Approved 	Resp. Sicurezza Segreto di Stato 
Circolazione / Circulation Interna / Internal Only Libera / Free ☒ Riservata Industriale / Commercial in confidence Classificata / Classified		Codici di distribuzione / Distribution codes A.P. Ancona - Direzione Tecnica Corpo Piloti Porto di Ancona		
Pagine / Sheets 95	Commessa / Job 6916073169	Note / Notes Il presente documento si intende consultabile assieme agli ALLEGATI contenenti il post-processo avanzato dei risultati (video delle manovre e storie temporali delle grandezze simulate), da considerarsi parte integrante della fornitura.		

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

Prima stesura

INDICE

INTRODUZIONE	4
1. SCOPO DEL LAVORO	5
<i>1.2 Definizione degli obiettivi</i>	<i>6</i>
2. DESCRIZIONE DEL SIMULATORE DI MANOVRA SAND	7
3. CONFIGURAZIONE PORTUALE E CONDIZIONI GENERALI DELLE SIMULAZIONI DI MANOVRA	10
<i>3.1 Breve descrizione del layout portuale</i>	<i>10</i>
<i>4. Definizione dell'area schematizzata per le simulazioni di manovra</i>	<i>13</i>
4. DATI GEOMETRICI DI INPUT DELLE SIMULAZIONI	16
<i>4.1 Caratteristiche principali della nave MERCANTILE</i>	<i>17</i>
<i>4.2 Caratteristiche principali della nave DA CROCIERA</i>	<i>18</i>
<i>4.3 Caratteristiche principali della nave TRAGHETTO</i>	<i>19</i>
<i>4.4 Caratteristiche principali dei rimorchiatori</i>	<i>20</i>
5. CONDIZIONI METEOMARINE	22
6. CONDIZIONI FINALI DI SIMULAZIONE E LORO ESECUZIONE	26
<i>6.1 Elenco e caratteristiche delle manovre scelte per le simulazioni</i>	<i>27</i>
<i>6.2 Esecuzione delle simulazioni</i>	<i>31</i>
6.3.1 GRAFICI DELLE TRAIETTORIE DELLE SINGOLE MANOVRE	42
7. CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI	43
RIFERIMENTI	46
APPENDICI	47
APPENDICE A: TRACCIATI DELLE MANOVRE	48
APPENDICE B: FOTO DELLE SIMULAZIONI	85
ALLEGATI	94

INTRODUZIONE

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

Le simulazioni hanno avuto come ambito d'indagine il Porto di Ancona, considerato nella configurazione relativa agli interventi infrastrutturali previsti in attuazione del nuovo Piano Regolatore Portuale (PRP), ad opere di sopraflutto completate, valutando l'opportunità di demolire 100 m del Molo Nord esistente. Le simulazioni sono state eseguite in entrambe le ipotesi di configurazione del Molo Nord nel corso delle giornate del **19, 20, 21 e 22 Novembre 2013**, avvalendosi del pilotaggio del Capo dei Piloti di Ancona (Com. M. Menghini) coadiuvato da un altro esperto esecutore messo a disposizione da CETENA, ovvero dall'ex-Capo dei Piloti del Porto di Genova (Com. O. Bozzo).

In particolare, le simulazioni si sono svolte in presenza dei seguenti partecipanti:

Partecipanti	Ente / Società di appartenenza	Note
Com. M. Menghini	Capo del Corpo Piloti del Porto di Ancona	Esecutore delle manovre di simulazione durante le prove (uso macchine/timone)
Com. O. Bozzo	Ex Capo del Corpo Piloti del Porto di Genova	Ausilio ed assistenza alle manovre
Ing. L. Rotoloni	Autorità Portuale di Ancona – Direzione Tecnica	Supervisione alle prove - Cliente
Ing. R. Renzi	Autorità Portuale di Ancona	Supervisione alle prove – Cliente (solo 19/20 Nov.)
Ing. C. Lorenzoni	Università Politecnica delle Marche di Ancona – Dip. ICEA	Preparazione dei modelli di agitazione ondosa. Supervisione alle prove
Ing. C. Notaro	CETENA S.p.A.	Configurazione layout portuali (2D) e preparazione degli scenari meteomarini, assistenza a thruster e rimorchiatori durante i test
Ing. M. Peverero	CETENA S.p.A	Preparazione del modello delle unità navali e setup delle funzionalità del simulatore, post-processing in tempo reale dei test

1. SCOPO DEL LAVORO

L'obiettivo del presente studio è quello di verificare la navigabilità, tramite prove al simulatore di manovra, all'interno del layout portuale corrispondente alla realizzazione del futuro PRP di Ancona, considerando il molo di sopraflutto attualmente in fase di costruzione già completato, ed eseguendo lo stesso set di simulazioni per tre tipologie di nave diverse (merci, crociera e traghetto) e confrontando i risultati ottenuti con e senza la demolizione di 100 m del Molo Nord attuale.

Dal punto di vista della navigabilità infatti, il nuovo Porto di Ancona sarà caratterizzato principalmente da una nuova configurazione dell'imboccatura, determinata dal molo di sopraflutto sopracitato, la cui descrizione dettagliata sarà presentata nel prosieguo di questo rapporto. In previsione di questo importante cambiamento, per il quale andranno modificate le rotte in avvicinamento/uscita dal porto, ed in seguito alle osservazioni già presentate dagli operativi del porto (Piloti, Armatori) in relazione agli spazi di manovra a disposizione attualmente per l'accesso al porto storico, si è resa necessaria la valutazione, attraverso simulazioni di manovra, dell'opportunità di demolire il suddetto molo Nord di 100 m, ai fini di migliorare l'accessibilità nautica dei bacini portuali.

Le condizioni meteomarine considerate nello studio per ogni tipologia di nave, oltre alla calma assoluta presa come riferimento, sono state fornite dall'Autorità Portuale e hanno riguardato condizioni *estreme*, in cui la conformazione odierna delle opere portuali non consentirebbe l'operatività a causa dell'eccessiva penetrazione da parte dell'agitazione ondosa. Sono state esaminate le direzioni ed intensità di vento di maggiore frequenza e traversia (NW, N e NE), considerando intensità del vento pari a 25 nodi per la nave meno manovriera, ovvero la nave merci, e per la nave da crociera, ed intensità del vento pari a 30 nodi per la nave traghetto.

Nello scenario portuale è stata presa in considerazione anche la presenza di corrente all'esterno delle opere portuali avente direzione NE e di intensità costante, compresa fra 1 e 3 nodi.

Le simulazioni eseguite, limitate al solo transito in ingresso e in uscita (senza l'accosto o il disormeggio da banchina) hanno riguardato le seguenti tre tipologie di navi: una grande *nave mercantile* avente dimensioni massime pari a 230 m di lunghezza e 37 m di larghezza, monoelica e sprovvista di thruster di manovra, considerata nelle due condizioni di pieno carico all'arrivo e di zavorra in partenza; una *nave traghetto* avente dimensioni massime pari a 225 m di lunghezza e 30.4 m di larghezza, ed infine una grande *nave da crociera*, avente dimensioni massime pari a 250 m di lunghezza e 32 m di larghezza. Le caratteristiche delle navi simulate saranno fornite in dettaglio nel seguito di questo documento.

1.2 Definizione degli obiettivi

Il principale obiettivo di questo studio eseguito da CETENA è la valutazione dell'accessibilità nautica del porto storico, ed in generale di tutti i bacini portuali nella configurazione di nuovo PRP del Porto di Ancona, tramite confronto di due soluzioni: nella prima, il molo Nord viene lasciato inalterato alla situazione attuale, come previsto dal PRP approvato; nella seconda, il suddetto molo viene demolito di 100 m.

Nel corso delle giornate di lavoro si sono svolte varie riunioni alle quali tutti i presenti hanno partecipato, rivedendo assieme i filmati e le immagini ottenute man mano che il lavoro procedeva, e ridiscutendo i risultati delle simulazioni. L'analisi approfondita dei risultati ottenuti ha permesso di definire ulteriori tematiche di verifica sul layout portuale da studiare. Gli ulteriori obiettivi raggiunti tramite le simulazioni possono essere quindi sintetizzati come segue, nei vari scenari meteomarini presi in considerazione:

- la navigabilità nel Canale di accesso al Porto, in relazione alla nuova configurazione dell'imboccatura;
- la verifica delle condizioni di esercizio delle unità in arrivo (merci, traghetto, crociera) durante la prima e la seconda manovra di evoluzione, necessarie all'ingresso nel porto storico;
- la verifica dell'adeguatezza degli spazi di manovra a disposizione di ciascuna tipologia di unità navale per compiere l'evoluzione all'interno del porto storico nel layout di PRP, con e senza la demolizione di 100 m del molo Nord;
- lo studio della fattibilità dell'arrivo/partenza in condizioni meteomarine severe, in relazione alla nuova geometria dell'imboccatura ed alla diversa conformazione del molo Nord; e infine
- la proposta del numero e della taglia complessiva dei servizi tecnico nautici (Rimorchiatori) necessari per la manovra della nave mercantile.



Figura 1 - Scenario 3D relativo al Porto di Ancona e plancia del simulatore SAND

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 [1].

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

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, dagli effetti specifici legati alla posizione della nave (banchina, profondità del fondale ecc).



Figura 2 - Principali blocchi del modello matematico del simulatore SAND

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

- parametri ambientali (vento, corrente, onda);
- 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 includano 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.

In **Figura 3** e **Figura 4** sono presentate viste nell'ambientazione 3D realizzata per queste simulazioni [a cura dell'ing. D. Tozzi], rispettivamente dei rimorchiatori che guidano la nave mercantile fuori dal Porto, e di una vista esterna durante la navigazione in ingresso da parte della nave traghetto, in presenza di moto ondoso.



Figura 3 - Simulatore SAND – Schematizzazione dei rimorchiatori per la nave mercantile nello scenario 3D di Ancona (nella foto, l'uscita della nave dal Porto, con molo Nord non demolito, vista dall'aletta di sinistra)



Figura 4 - Simulatore SAND – Vista esterna dello scenario in 3D, con nave traghetto in prossimità dell'imboccatura del Porto (molo Nord demolito, si noti la nuova darsena visibile in prospettiva sullo sfondo)

In **Figura 5** è presentata una vista 2D di esempio dello scenario portuale con nave simulata dalla plancia del simulatore SAND.

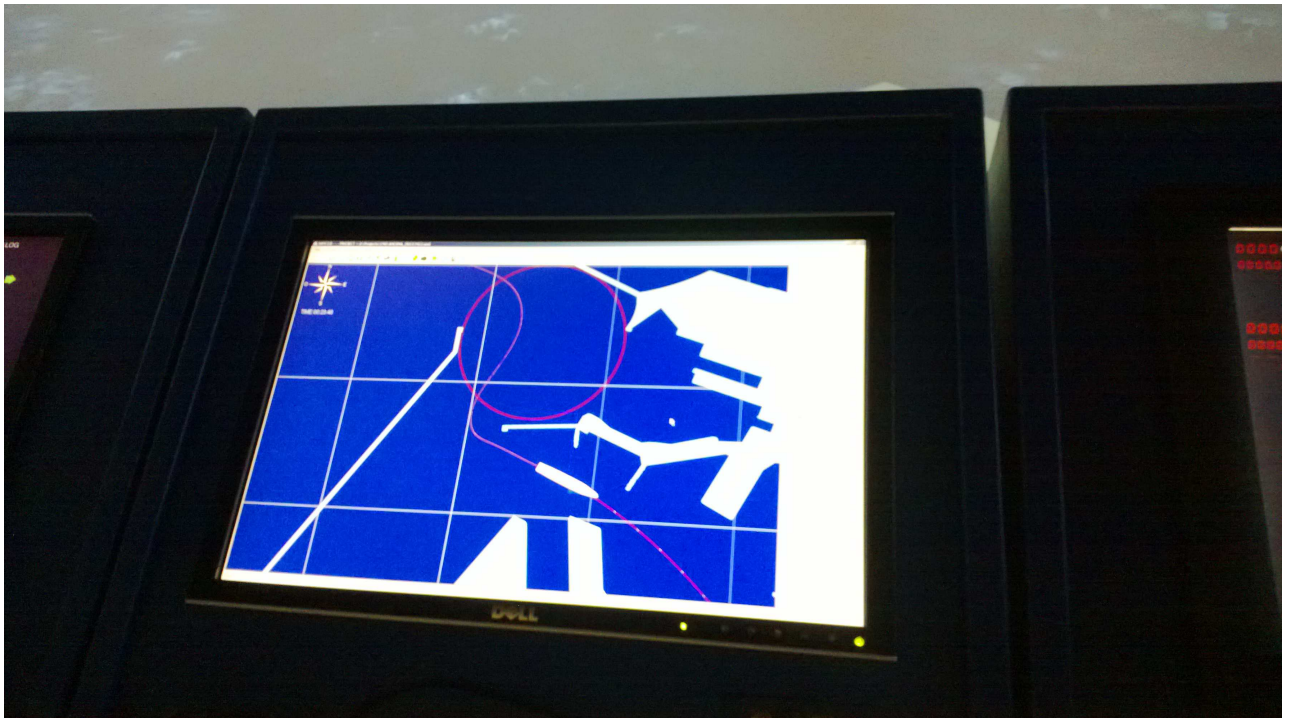


Figura 5 - Simulatore SAND – Vista dello scenario in 2D dalla plancia, con nave da crociera in ingresso nel Porto in assenza di agenti meteo marini (molo Nord non demolito)

3. CONFIGURAZIONE PORTUALE E CONDIZIONI GENERALI DELLE SIMULAZIONI DI MANOVRA

3.1 Breve descrizione del layout portuale

Il layout considerato per questo studio di navigabilità è, come già accennato in precedenza, la configurazione relativa alla realizzazione del Piano Regolatore Portuale (come da "soluzione D"), nelle due versioni da studiare, ovvero:

- 1) mantenendo inalterato il molo Nord come si presenta oggi e
- 2) variando la configurazione di PRP nell'ipotesi di demolire 100 m del molo Nord.

In questa situazione il Porto di Ancona si presenterà come nella **Figura 6** sottostante, dove sono evidenziate le soluzioni 1 (in colore rosso) e 2 (in colore nero) sopra descritte, oltre alle nuove opere portuali previste, identificate dai loro nomi.

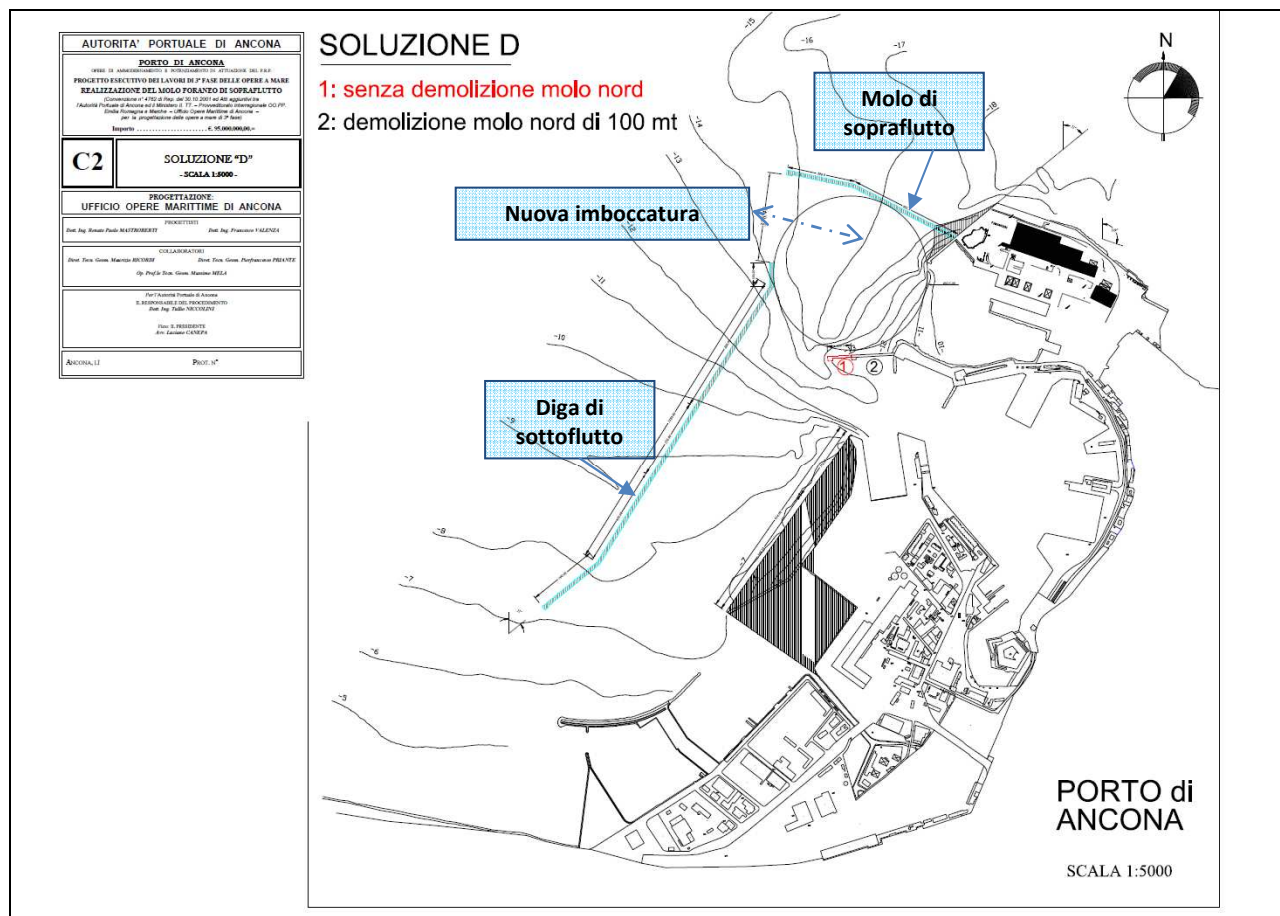


Figura 6 – Porto di Ancona - Layout portuale utilizzato nelle simulazioni, con e senza demolizione di 100 m del molo Nord (Fonte: Ufficio Tecnico A.P. Ancona, [2])

La realizzazione del molo di sopraflutto, al momento già avviata, comporterà una variazione significativa nella traiettoria percorsa dalle navi in ingresso o uscita dal Porto, in quanto, una volta

completata anche la diga di sottoflutto, vi sarà una nuova geometria dell'imboccatura (cfr. ancora **Figura 6**).

Il Porto di Ancona si presenta oggi infatti come nella foto mostrata in **Figura 6**:



Figura 7 – Porto di Ancona. Layout attuale e traiettoria seguita dalle navi [Foto: Google Earth, Nord up]

Come si può notare in **Figura 7**, nell'imboccatura attuale, le rotte di accesso sono orientate per circa 148°N. Successivamente la nave, ad esempio in ingresso nel Porto Storico, una volta arrivata in corrispondenza dell'estremità del Molo Nord, deve compiere un'evoluzione sulla sinistra piuttosto accentuata, per poi proseguire verso la banchina di ormeggio (cfr. traiettoria esemplificativa rappresentata in **Figura 7**).

Non vi è ancora il nuovo "molo di sopraflutto" e le principali opere portuali di difesa dalla penetrazione del moto ondoso, proveniente dai quadranti settentrionali, sono costituite dalla diga (che verrà estesa in entrambe le direzioni nella configurazione di nuovo PRP, cfr. **Figura 6**) e dal Molo Nord. In particolare, la protezione della cosiddetta "Nuova Darsena" è garantita dal Molo Nord: quest'ultimo, se da un lato garantisce il contenimento dei moti delle navi mercantili all'ormeggio presso le banchine della darsena stessa (n°23, 24 e 25), già oggi costituisce un elemento di ostacolo da tenere conto durante l'evoluzione delle navi in ingresso e in uscita dal Porto Storico, specialmente in caso di vento e mare proveniente dai quadranti settentrionali.

In questo contesto è pensabile poter demolire il suddetto molo Nord di una quantità comunque ridotta, come i 100 m previsti dalla configurazione alternativa qui esaminata, in modo da ottenere il miglior compromesso fra l'esigenza di contenere dei moti all'ormeggio delle navi nella Nuova

Darsena e migliorare l'accessibilità nautica del Porto Storico, anche alla luce del significativo cambiamento di geometria dell'imboccatura.

La costruzione del molo di sopraflutto, infatti, ridurrà notevolmente la penetrazione del moto ondos, in particolare quello proveniente dal I quadrante, permettendo così di operare in condizioni meteomarine in precedenza troppo severe o proibitive. D'altra parte, la nuova geometria dell'imboccatura determinerà necessariamente una nuova strategia di manovra per le navi in ingresso ed uscita, in quanto dovranno essere eseguite due evoluzioni successive.

Ad esempio, per una nave in ingresso, la prima evoluzione a sinistra, iniziata fuori dal Porto, terminerà nel nuovo bacino evolutivo (del diametro di 650 m circa), compreso tra il nuovo molo di sopraflutto ed il molo Nord esistente; poi, percorsa una certa distanza in rettilineo (per 300-400 m circa), avrà luogo la seconda evoluzione, compiendo pressoché la stessa manovra che le navi oggi fanno attorno al molo Nord (cfr. **Figura 7**).

Per evidenziare maggiormente le caratteristiche del nuovo layout portuale del PRP, in entrambe le soluzioni da studiare, è utile osservare le quote riportate in **Figura 8**. Si noti soprattutto la variazione di ampiezza dell'imboccatura dell'avamposto calcolata perpendicolarmente alla diga di sottoflutto. Questa distanza misura, nel caso di molo nord non demolito, circa 350 m, mentre nel caso del molo nord più corto di 100 m tale distanza ovviamente aumenta, e raggiunge circa 432 m, a tutto vantaggio della sicurezza in manovra.

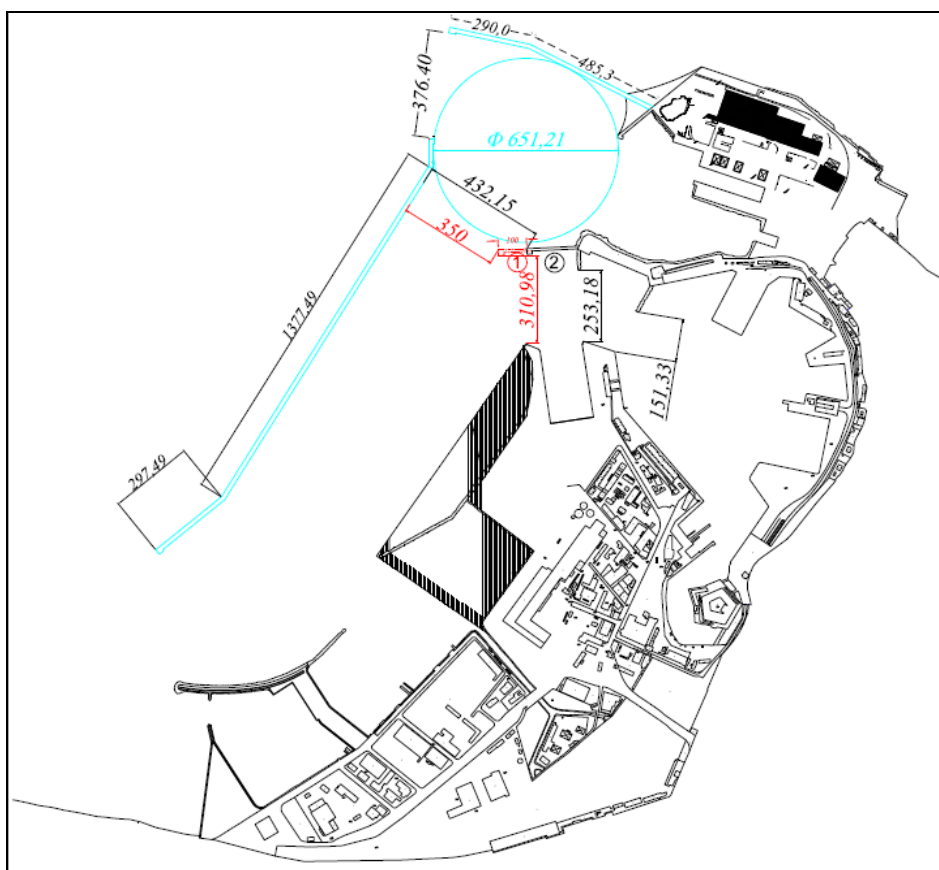


Figura 8 – Porto di Ancona. Distanze rilevanti dell'area di manovra nelle due soluzioni, con e senza molo nord demolito di 100 m (in rosso). (Rielaborazione [2])

4. Definizione dell'area schematizzata per le simulazioni di manovra

L'area di manovra considerata per le simulazioni comprende sia il mare aperto sia le opere portuali previste dal PRP, come da **Figura 6**.

Il *layout* riportato nel simulatore *SAND*, e visualizzato nel display 2D della plancia, si presenta pertanto come nella **Figura 9** seguente, dove per comodità sono riportati sovrapposti uno sull'altro le due soluzioni con e senza demolizione del tratto di 100 m del molo Nord.

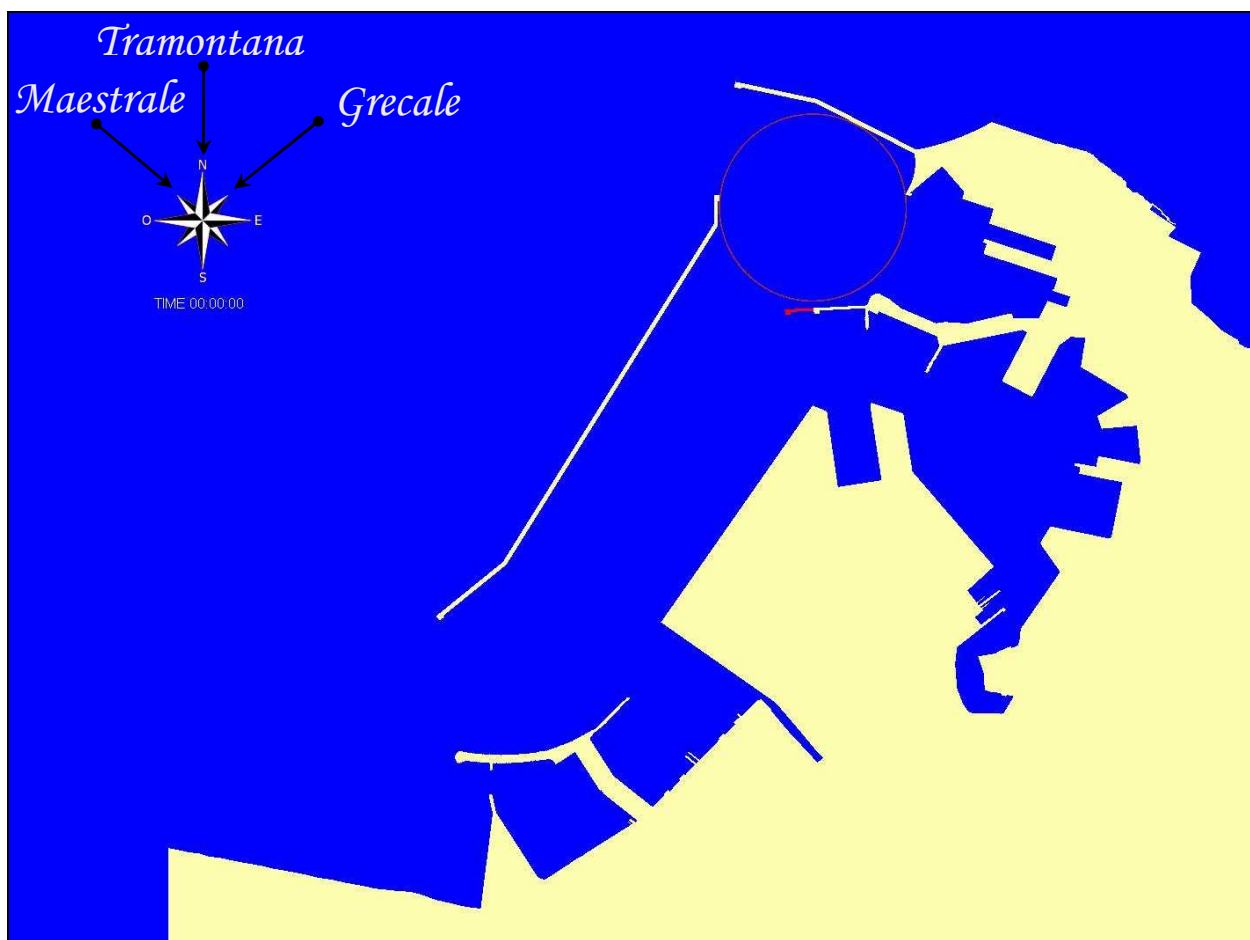


Figura 9 – Layout di manovra utilizzati nel SAND con e senza demolizione del molo Nord, sovrapposti – in rosso è evidenziata la configurazione del molo Nord non demolito.

In **Figura 9** è stato evidenziato in rosso il tratto lungo 100 m eventualmente da demolire. Le simulazioni ovviamente si sono svolte in due layout distinti, in cui l'unica differenza è proprio rappresentata dalla lunghezza del molo Nord, ovvero con e senza tratto demolito di 100 m di lunghezza.

La mappa del porto è orientata secondo il Nord geografico. Sempre in **Figura 9** sono riportate per maggiore chiarezza le direzioni di provenienza dei venti di maggiore traversia, che sono lo Maestrale (proveniente da NW – 320°N), la Tramontana (proveniente da N – 0°N), e il Grecale (proveniente da NE - 30°N).

Per quanto riguarda *la posizione iniziale delle navi in ingresso al porto*, essa è stata scelta di comune accordo a circa 1 miglio di distanza a Nord della testata del molo di sopraflutto (punto di imbarco del Pilota), con prua orientata per 220°N e velocità di 3-4 nodi circa. Si veda a questo proposito la **Figura 10**.

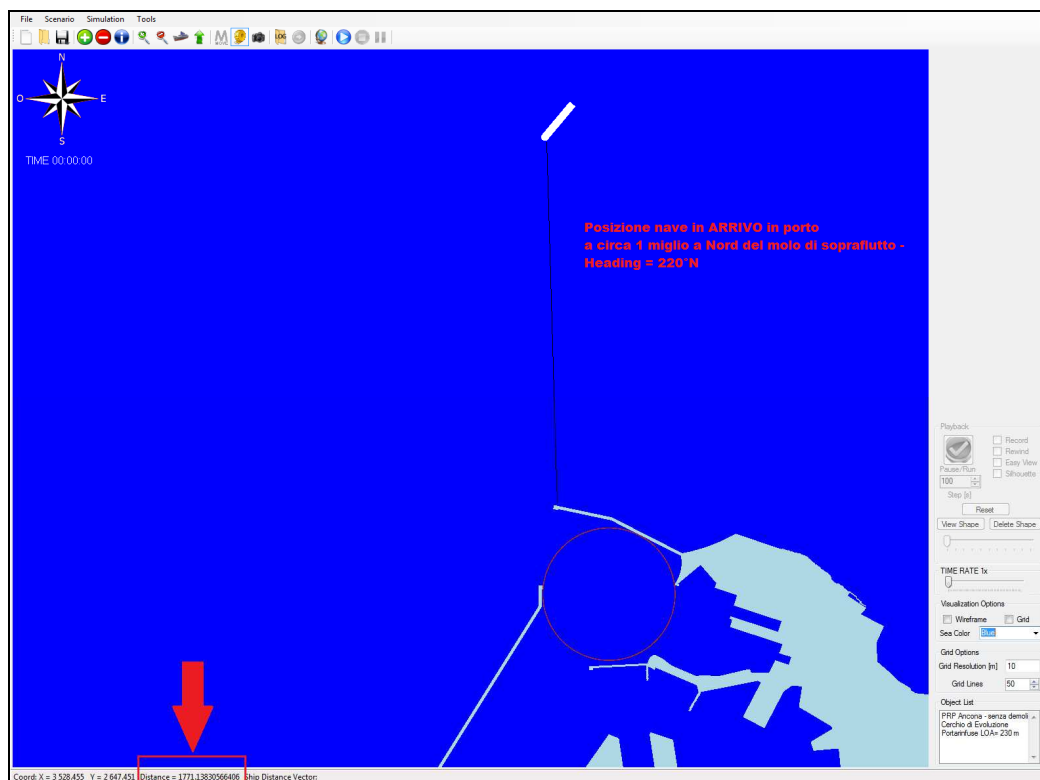


Figura 10 – Posizione iniziale della nave in arrivo in Porto, per entrambe le configurazioni portuali e per tutte le navi (screenshot dell'istruttore delle simulazioni di manovra)

Il *fondale* del Porto, da definire secondo le indicazioni fornite dal Cliente, è stato introdotto nel simulatore tramite una schematizzazione a grigliato avente maglia 500x500 m, infittita a 250x250 m nella zona di manovra. Si veda a tal proposito la **Figura 11**, dove sono riportate anche le batimetriche utilizzate per schematizzare il fondale, le stesse del fondale attuale. Su indicazione specifica del Pilota, la sola zona interna al Porto evidenziata in giallo è stata uniformata alla quota – 12 m, in modo da provare anche un arrivo della navi merci in condizione di pieno carico (T = 11.5 m).

Lo stesso grigliato del fondale è stato utilizzato per introdurre i valori dell'*agitazione ondosa interna residua* (H_s , in metri), calcolati dall'Ing. Lorenzoni dell'ICEA dell'Università Politecnica delle Marche, e quelli della corrente. In particolare, i valori di H_s sono stati forniti suddividendo il layout di manovra in zone (cfr. **Figura 12**), identificate da lettere dalla A (fuori dal Porto) alla H (Porto Storico). La *corrente*, rilevabile solo al di fuori del porto, ovvero nella zona "A", è *diretta verso NE (45°N)* ed è stata considerata *variabile in intensità fra 1 e 3 nodi*.

Il set finale delle *condizioni meteomarine* (vento, mare e corrente) scelte per le simulazioni verrà illustrato più diffusamente nel **Capitolo 5** di questa relazione tecnica.

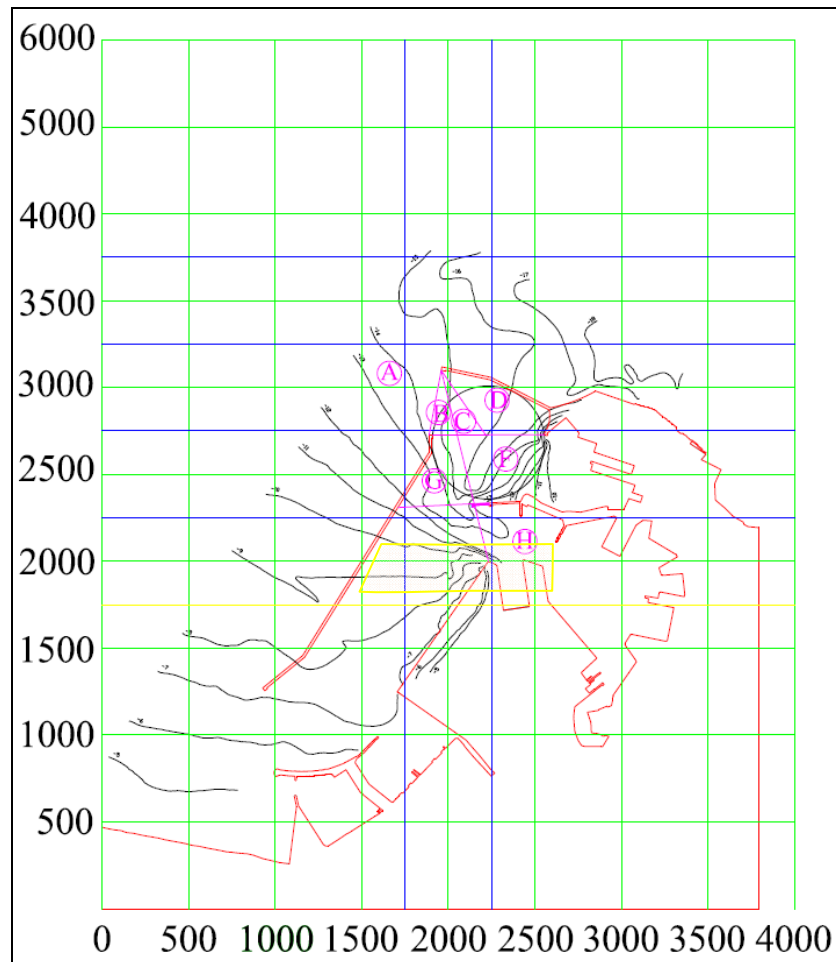


Figura 11 – Grigliato sovrapposto al layout di manovra come riferimento numerico di fondale e agitazione ondosa

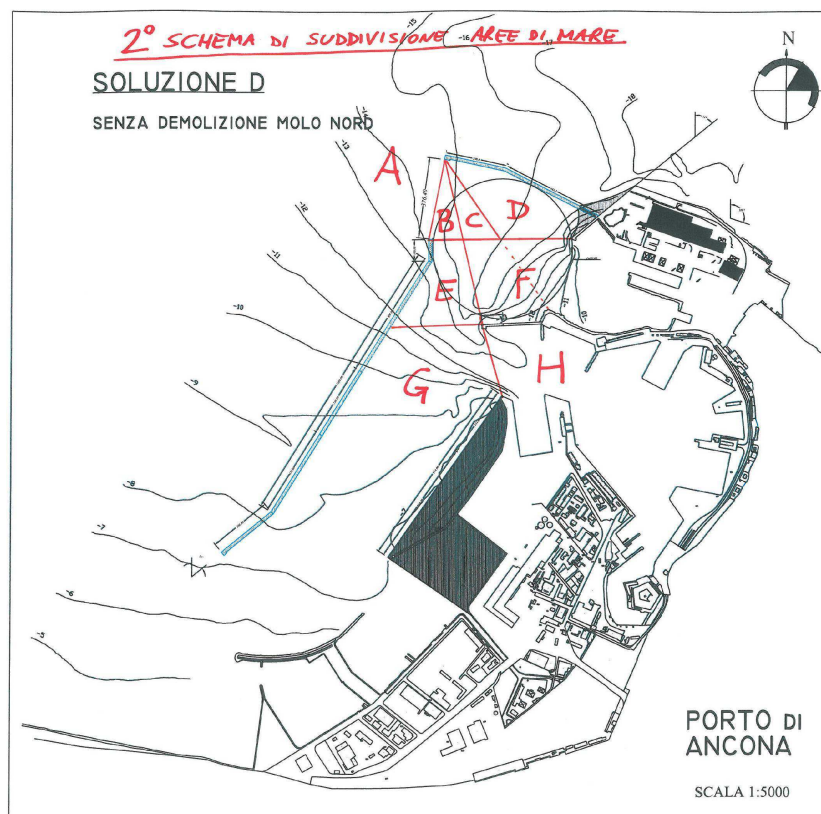


Figura 12 – Schema di suddivisione delle aree per l'agitazione ondosa, per entrambe le configurazioni portuali [3]

4. DATI GEOMETRICI DI INPUT DELLE SIMULAZIONI

Nel seguito vengono illustrate le caratteristiche principali delle navi simulate e dei rimorchiatori considerati eventualmente in assistenza. Le "Pilot Card", *contenenti tutte le informazioni relative alle caratteristiche manovriere delle navi ed il loro comportamento dinamico*, ovvero la tempistica e le modalità di reazione ai comandi impartiti, sono state presentate al Pilota prima dell'esecuzione delle manovre. Per la loro consultazione *si rimanda agli ALLEGATI elettronici* del presente rapporto tecnico.

Il *modello di ciascuna nave* è stato dapprima definito 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 (nave mercantile monoelica a pieno carico/zavorra senza thruster; nave da crociera e nave traghetto bielica tradizionali con thruster di manovra). *La caratterizzazione delle unità in simulazione è stata poi verificata positivamente dal Pilota di Ancona*, che ha confermato di avere avuto messi a disposizione tre modelli di nave rispondenti alle Sue aspettative, cioè del tutto simili all'esperienza reale.

Per quanto riguarda *l'utilizzo dei rimorchiatori*, questi sono stati utilizzati solo per le manovre della nave mercantile che, essendo monoelica e sprovvista di thruster di manovra, è la meno manovriera. Nonostante l'utilizzo di almeno un rimorchiatore, in realtà, sia prescritto ai fini della sicurezza nel caso di vento superiore ai 20 nodi, la strategia di manovra del Pilota è stata quella di fare conto, nel caso delle due navi più manovriere (nave traghetto e passeggeri), pur in condizioni gravose, sui soli mezzi propulsivi ed ausiliari di cui ogni nave è provvista, volutamente senza ricorrere all'ausilio del rimorchiatore.

Questa scelta è basata sul fatto che il lavoro qui descritto riguarda principalmente uno studio di *navigabilità* più che di manovrabilità, in quanto l'obiettivo principale è verificare l'agibilità nautica del Porto nel nuovo layout di PRP, confrontando due configurazioni leggermente diverse del Molo Nord. Si deve tenere presente infatti che, come spiegato nel **Capitolo 3**, il Molo Nord attualmente esiste già, mentre ciò che cambierà radicalmente sarà l'imboccatura del Porto, orientata circa per NW invece che per NE, modificando la navigazione delle navi e di conseguenza anche la rotta da seguire, in ingresso come in uscita.

Alla luce di queste ultime considerazioni si è ritenuto di fare iniziare le simulazioni, come accennato in precedenza, da circa un miglio di distanza dall'imboccatura (punto di imbarco del Pilota), e di non concludere (o iniziare) la manovra in banchina, ma solo di considerare il passaggio nei pressi della Nuova Darsena. Ciò è stato simulato, quindi, anche in assenza del rimorchiatore prescritto in ausilio, ma sempre valutando le condizioni di sicurezza di ciascuna prova, con o senza demolizione di 100 m del Molo Nord.

4.1 Caratteristiche principali della nave MERCANTILE

Le caratteristiche principali della nave mercantile portarinfuse (es. carbone, grano), sono state riassunte in **Tabella 1**.



Caratteristiche della carena		
Velocità massima	13.3	knots
Lunghezza tra le perpendicolari, Lpp	220	m
Lunghezza fuori tutto, Loa	230	m
Larghezza, B	37	m
Immersione media, T – zavorra in partenza	8.6	m
<i>Immersione media, T – pieno carico all'arrivo</i>	<i>11.5</i>	<i>m</i>
Dislocamento – zavorra in partenza	37000	t
<i>Dislocamento – pieno carico all'arrivo</i>	<i>48140</i>	<i>t</i>
Area frontale opera morta – zavorra in partenza	830	m ²
Area laterale opera morta – zavorra in partenza	2740	m ²
<i>Area frontale opera morta – pieno carico all'arrivo</i>	<i>930</i>	<i>m²</i>
<i>Area laterale opera morta – pieno carico all'arrivo</i>	<i>3340</i>	<i>m²</i>
Caratteristiche del timone		
Area	36	m ²
Caratteristiche delle eliche		
Numero eliche/tipo	1 FPP	elica destrorsa
Numero di pale	4	
Diametro	6.3	m
Caratteristiche apparato motore		
Diesel	5000	KW
Giri motore	95	RPM
Giri elica	95	RPM
Propulsione ausiliaria		
Bow thrusters	//	KW
Stern thrusters	//	KW

Tabella 1 – Caratteristiche principali della Nave Bulk-Carrier (pieno carico e zavorra in partenza) [4]

4.2 Caratteristiche principali della nave DA CROCIERA

Le caratteristiche principali della nave da crociera ([4]), sono state riassunte in **Tabella 2**.



Caratteristiche della carena

Velocità massima	23.0	knots
Lunghezza tra le perpendicolari, Lpp	230	m
Lunghezza fuori tutto, Loa	250	m
Larghezza, B	32	m
Immersione media, T	7.5	m
Dislocamento	51600	t
Area frontale opera morta	1386	m ²
Area laterale opera morta	9434	m ²

Caratteristiche del timone

Area	2 x 28.85	m ²
------	-----------	----------------

Caratteristiche delle eliche

Numero eliche/tipo	2 CPP	
Numero di pale	4	
Diametro	5.7	m

Caratteristiche apparato motore

2 Diesel medio veloci	2 x 2000	KW
Giri motore	500	RPM
Giri elica	143	RPM

Propulsione ausiliaria

Bow thrusters	5160	KW
Stern thrusters	5160	KW

Tabella 2 – Caratteristiche principali della nave da crociera [5]

4.3 Caratteristiche principali della nave TRAGHETTO

Le caratteristiche principali della nave da crociera ([5]), sono state riassunte in **Tabella 3**.



Caratteristiche della carena		
Velocità massima	30.5	knots
Lunghezza tra le perpendicolari, Lpp	202	m
Lunghezza fuori tutto, Loa	225	m
Larghezza, B	30.4	m
Immersione media, T	7.0	m
Dislocamento	22700	t
Area frontale opera morta	6022	m ²
Area laterale opera morta	1037	m ²
Caratteristiche del timone		
Area	2 x 19.85	m ²
Caratteristiche delle eliche		
Numero eliche/tipo	2 CPP	
Numero di pale	4	
Diametro	5.6	m
Caratteristiche apparato motore		
2 Diesel medio veloci	2 x 27720	KW
Giri motore	500	RPM
Giri elica	148	RPM
Propulsione ausiliaria		
Bow thrusters	2 x 1850	KW
Stern thrusters	//	KW

Tabella 3 – Caratteristiche principali della nave da crociera [6]

4.4 Caratteristiche principali dei rimorchiatori

Per l'esecuzione di questo studio, su indicazione del Capo Pilota del Porto, si è deciso di prendere in considerazione le caratteristiche nominali di tiro massimo di una squadra di quattro rimorchiatori, numero che attualmente non è in dotazione nel Porto di Ancona, ma che a giudizio del Pilota si rende necessario per poter manovrare in sicurezza con la nave mercantile nelle condizioni meteomarine severe prese in considerazione.

I primi due rimorchiatori, da 36 t di tiro massimo nominale, sono di tipo tradizionale (propulsione a linea d'asse monoelica), e vengono utilizzati col cavo in tiro posizionandoli uno a poppa e l'altro a prora. Gli altri due rimorchiatori, in grado di sviluppare 52 t di tiro massimo nominale, sono di tipo azimutale, cioè capaci di ruotare traslando grazie al propulsore di tipo Schottel, e vengono utilizzati a spingere sulle murate della nave, per contrastare l'azione del vento quando si trova al traverso.

Le caratteristiche principali dei rimorchiatori tradizionali sono state riassunte in **Tabella 4**, quelle del rimorchiatore azimutale in **Tabella 5**. La lunghezza del cavo considerata è di 60 m.

2 rimorchiatori posizionati in tiro a PRORA e a POPPA	
Lunghezza Fuori Tutto	30 m
Larghezza	12 m
Propulsione	elica/timone
Tiro (Bollard Pull)	36 t

Tabella 4 – Caratteristiche principali della Nave Ore-Carrier

2 rimorchiatori posizionati a spingere sulle murate	
Lunghezza Fuori Tutto	32 m
Larghezza	11.6 m
Propulsione	2 Schottel
Tiro (Bollard Pull)	52 t

Tabella 5 – Caratteristiche principali della Nave Ore-Carrier

Nel layout preso in considerazione, così come avviene già oggi in quello attuale, i rimorchiatori possono essere considerati già voltati ad un miglio dall'imboccatura del porto, ma *solo in buone condizioni meteomarine*, ovverosia con venti uguali o inferiori ai 15 nodi ed in assenza di mare formato.

Questo fattore è stato propriamente tenuto in conto durante le manovre, attuando nel modo opportuno l'azione di ausilio dei rimorchiatori con l'obiettivo di simularne le condizioni reali di esercizio. Per questo motivo, ad eccezione del caso di calma assoluta, *i rimorchiatori sono stati presi solo una volta che la nave si trova all'interno del bacino di rotazione del Porto.*

I rimorchiatori "a spingere" da 52 t sono mostrati ad esempio nella **Figura 13** sottostante, in caso di calma assoluta; in **Figura 14** invece è mostrata una vista di poppa della nave, con il relativo rimorchiatore da 36 t.



Figura 13 – Nave bulk in ingresso assistita da due rimorchiatori a spingere, visibili nello scenario 3D, e due rimorchiatori in posizione di tiro di poppa e di prora distinguibili in piccolo sul display 2D della plancia

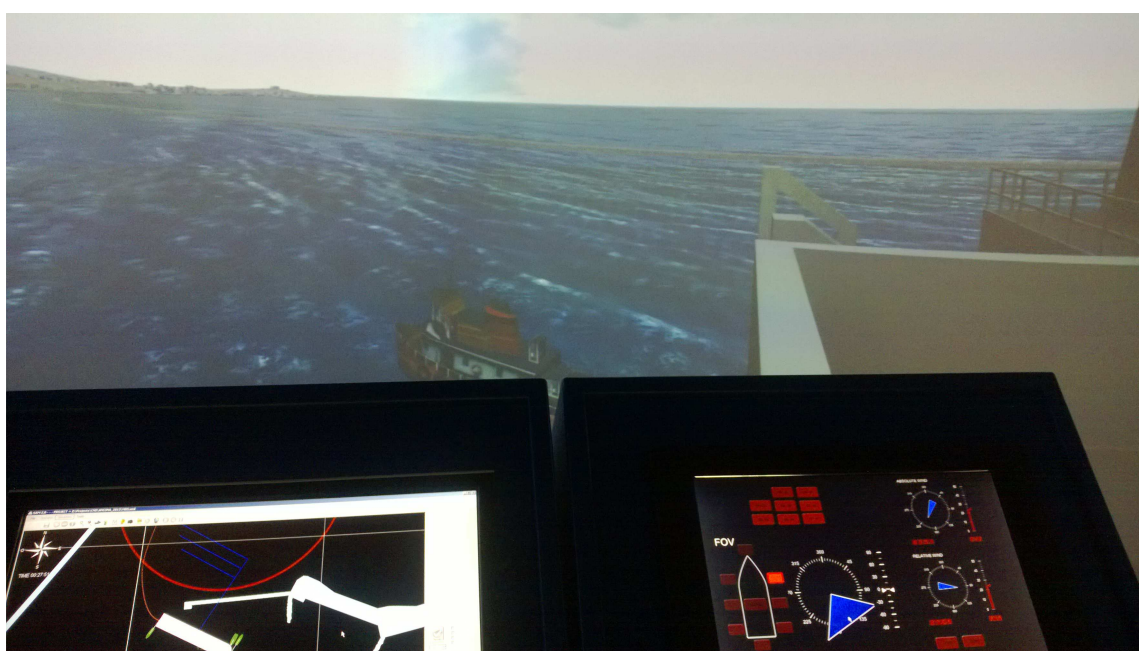


Figura 14 – Rimorchiatore pronto per essere utilizzato in tiro a poppa della nave, come visualizzato nello scenario 3D.

5. CONDIZIONI METEOMARINE

Le condizioni meteomarine scelte per le simulazioni sono basate sulle indicazioni fornite a CETENA dal Cliente [7].

In particolare, per i venti di maggiore traversia, provenienti dal I e II quadrante, sono state individuate tre diverse condizioni di riferimento (NW, N, NE), corrispondenti a velocità del vento fissate in 25 o 30 nodi, corrente costante ed altezza d'onda significativa (Hs) corrispondente.

Oltre alla calma assoluta, le condizioni meteomarine adottate in simulazione per il layout del PRP in entrambe le soluzioni (con e senza demolizione di 100 m del Molo Nord) sono riassunte nella seguente **Tabella 6**.

CONDIZIONI METEOMARINE PER IL PRP DI ANCONA			
DIREZIONE VENTO/MARE/CORRENTE	SCENARIO	CARATTERISTICHE VENTO E MARE	
NW (160°N) – Maestrale + Corrente 3 kn (320°N)	Gravoso (nave mercantile/cruise)	Vento	25 kn
		Onda	Hs=1.5 m, Tp= 7.0 s → con smorzamento interno calcolato (mappa a zone)
	estremo (solo nave traghetto)	Vento	30 kn
		Onda	Hs=2.0 m, Tp= 7.5 s → con smorzamento interno calcolato (mappa a zone)
N (0°N) – Tramontana + Corrente 3 kn (45°N)	Gravoso (nave mercantile/cruise)	Vento	25 kn
		Onda	Hs=1.5 m, Tp= 8.0 s → con smorzamento interno calcolato (mappa a zone)
	estremo (solo nave traghetto)	Vento	30 kn
		Onda	Hs=2.0 m, Tp= 8.5 s → con smorzamento interno calcolato (mappa a zone)
NE(30°N) – Grecale + Corrente 3 kn (45°N)	Gravoso (nave mercantile/cruise)	Vento	25 kn
		Onda	Hs=1.5 m, Tp= 9.0 s → con smorzamento interno calcolato
	estremo (solo nave traghetto)	Vento	30 kn
		Onda	Hs=2.0 m, Tp= 9.5 s → con smorzamento interno calcolato (mappa a zone)

Tabella 6 – Condizioni meteomarine considerate per le simulazioni [7]

Per ciascuna delle condizioni sopraelencate sono stati elaborati dall'ICEA (Ing. Lorenzoni) i valori di agitazione ondosa entro le opere di difesa portuale ed i valori corrispondenti sono stati poi implementati da CETENA nel simulatore. Lo schema adottato per la distribuzione dello smorzamento ondoso nel caso di venti di intensità pari a *25 nodi (nave mercantile e da crociera)*, avendo suddiviso in aree caratterizzate da diversi valori di H_s il layout di manovra (cfr. anche **Fig. 12**), è presentato nelle seguenti **Figure 15, 16 e 17**.

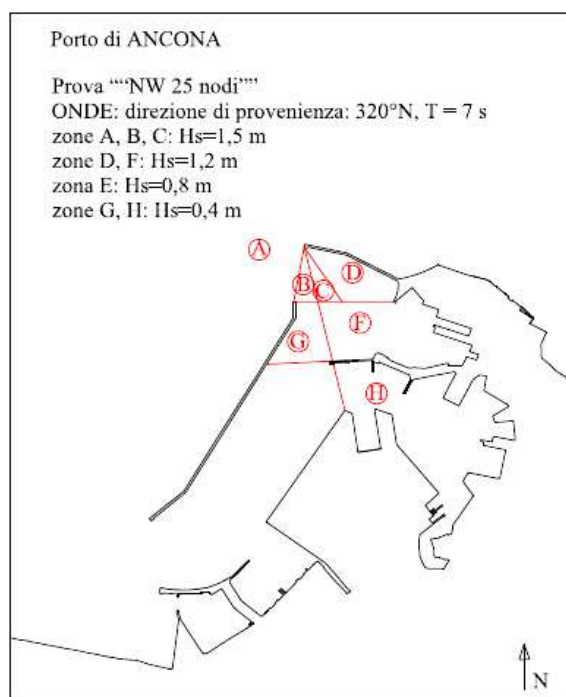


Figura 15 – Condizione 320°N - Distribuzione dello smorzamento ondoso in presenza di vento di 25 kn di intensità [4].

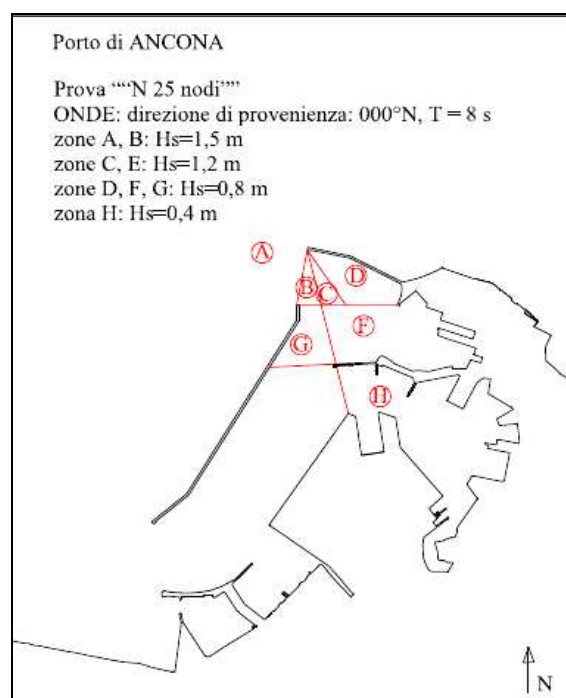


Figura 16 – Condizione 0°N - Distribuzione dello smorzamento ondoso in presenza di vento di 25 kn di intensità [4].

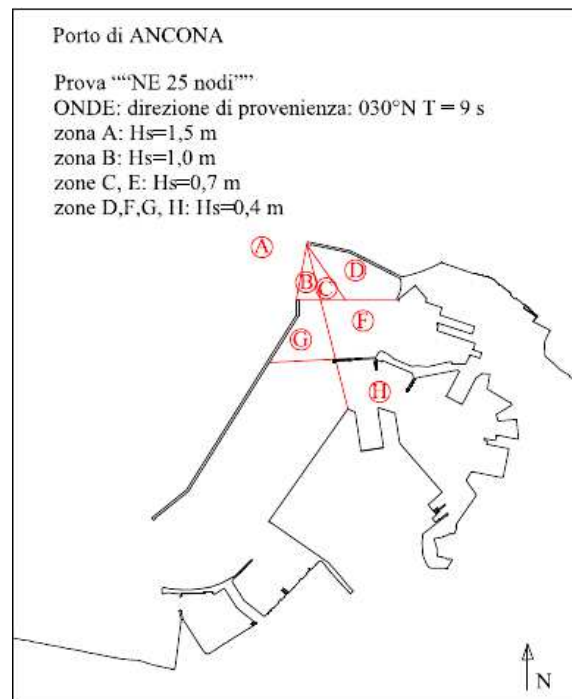


Figura 17 – Condizione 30°N - Distribuzione dello smorzamento ondoso in presenza di vento di 25 kn di intensità [3].

Lo schema adottato invece per la distribuzione dello smorzamento ondoso nel caso di venti di intensità pari a *30 nodi (nave traghetto)*, avendo suddiviso sempre nelle stesse aree caratterizzate da diversi valori di Hs il layout di manovra, è presentato nelle seguenti **Figure 18, 19 e 20**.

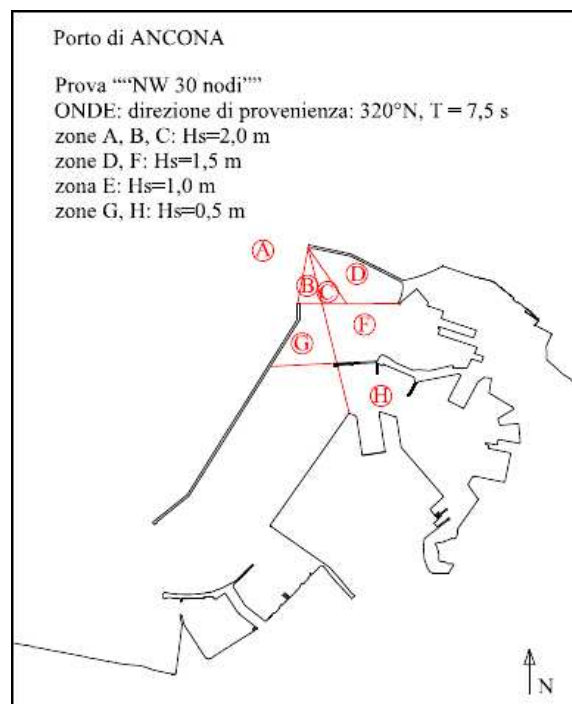


Figura 18 – Condizione 320°N - Distribuzione dello smorzamento ondoso in presenza di vento di 30 kn di intensità [3].

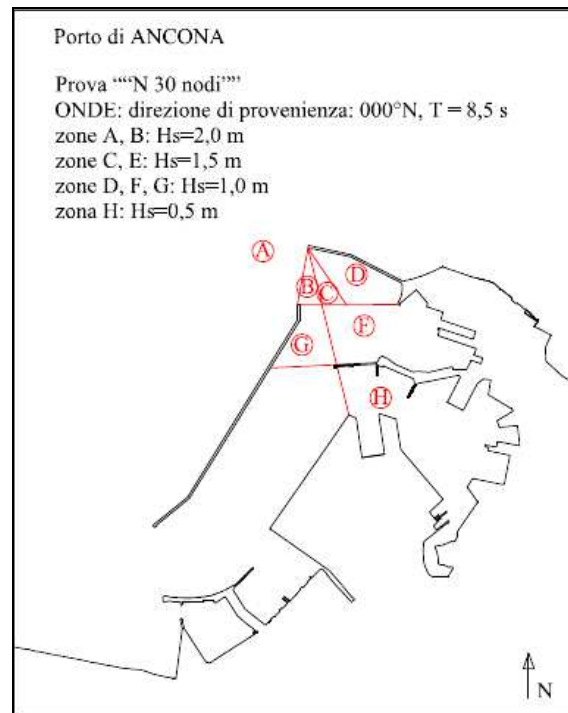


Figura 19 – Condizione 0°N - Distribuzione dello smorzamento ondoso in presenza di vento di 30 kn di intensità [4].

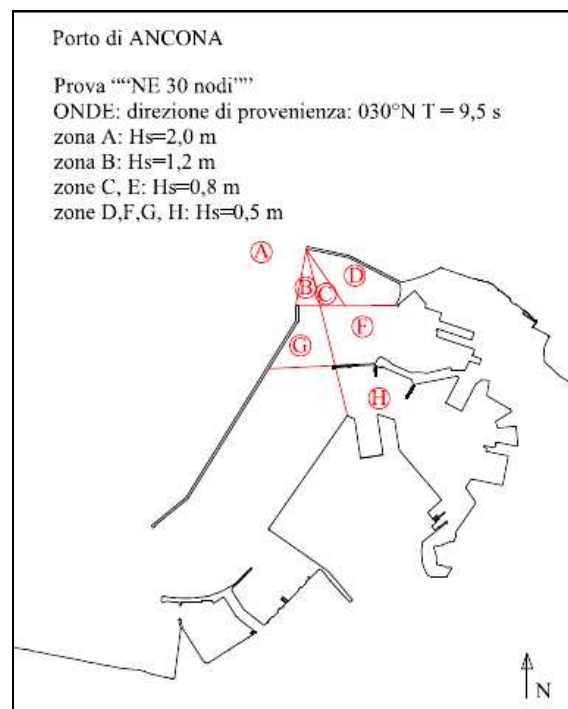


Figura 20 – Condizione 30°N - Distribuzione dello smorzamento ondoso in presenza di vento di 30 kn di intensità [4].

6. CONDIZIONI FINALI DI SIMULAZIONE E LORO ESECUZIONE

Definiti i singoli aspetti delle simulazioni (schematizzazione del layout portuale, fondale, unità navali, condizioni meteomarine) CETENA ha concordato con il Cliente una tabella di manovre da eseguire durante la sessione di prove ufficiali svoltesi dal pomeriggio del 19 al mattino del 22 Novembre 2013.

I principali aspetti delle simulazioni eseguite sono stati studiati con particolare attenzione già durante una serie di riunioni che hanno coinvolto tutti i presenti, svoltesi periodicamente durante i momenti di pausa fra un gruppo di simulazioni e l'altro nel corso delle giornate di prova. In questo modo è stato possibile definire man mano i risultati ottenuti e condividere criticamente le riflessioni ed osservazioni che scaturivano sull'esito dello studio (cfr. **Figure 21-22**).



Figura 21 – Un momento dell'ultima riunione svoltasi al termine delle simulazioni (nella foto, sono ritratti, da sinistra: ing. Lorenzoni – ICEA, ing. Rotoloni – A.P. Ancona, Com. Menghini – Piloti AN e ing. Notaro – CETENA)



Figura 22 – Un'altra immagine relativa all'ultima riunione svoltasi al termine delle simulazioni (nella foto, sono ritratti, da sinistra: Com. Menghini – Piloti AN, ing. Notaro, ing. Codda e ing. Peverero – CETENA)

6.1 Elenco e caratteristiche delle manovre scelte per le simulazioni

E' stato concordato un set di 24 simulazioni di manovra, studiando la sola navigazione di ciascuna delle navi nel tratto compreso tra il punto di imbarco del Pilota a circa un miglio a Nord dal Molo di sopraflutto ed il tratto prospiciente alla Nuova Darsena dentro al Porto di Ancona. Come accennato in precedenza, il lavoro è stato svolto in accordo col Cliente avvalendosi del pilotaggio del Capo Pilota di Ancona (Menghini) coadiuvato da un esperto esecutore messo a disposizione dal CETENA (Bozzo), e dal personale CETENA (Notaro, Peverero).

Il programma di simulazioni che è stato eseguito è riportato nella seguente **Tabella 7**.

Nella suddetta tabella è stato utilizzato il seguente codice di colori, utile a distinguere a colpo d'occhio le varie condizioni meteomarine studiate in simulazione, confrontate nelle due soluzioni possibili (ovvero con e senza demolizione):

	Calma di mare e vento
	Condizione NW
	Condizione N
	Condizione NE

Analogamente, per la distinzione delle tre unità navali simulate, è stato utilizzato invece il seguente codice di colori:

	Nave Mercantile ("Merci")
	Nave da Crociera ("Cruise")
	Nave Traghetto ("Ro-pax")

Non sono stati considerati ingombri presenti nell'area di manovra.

**Simulazioni eseguite nel Porto di Ancona nuovo PRP, con e senza demolizione molo Nord –
19/20/21/22 Novembre 2013**

ID Manovra	Tipo I: Ingresso U: Uscita	Nave	Demol. Molo Nord	Condizioni meteomarine	N° TUG, Tiro max	Ingombro, N° accosto
01	I	Merci	--	calma di mare e vento, corrente di 1 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	2 da 52 t, 2 da 36 t	//
02	I	Merci	--	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 7 s, entrambi da NW + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	2 da 52 t, 2 da 36 t	//
03	U	Merci	--		2 da 52 t, 2 da 36 t	//
04	I	Merci	--	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 8 s, entrambi da N + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	2 da 52 t, 2 da 36 t	//
05	I	Merci	--	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 9 s, entrambi da NE + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	2 da 52 t, 2 da 36 t	//
06	I	Merci	100	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 7 s, entrambi da NW + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	2 da 52 t, 2 da 36 t	//
07	I	Merci	100	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 8 s, entrambi da N + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	2 da 52 t, 2 da 36 t	//
08	I	Merci	100	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 9 s, entrambi da NE + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	2 da 52 t, 2 da 36 t	//
09	I	Cruise	--	calma di mare e vento, corrente di 1 kn da 45°N SOLO fuori dal porto	//	//
10	I	Cruise	--	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 7 s, entrambi da NW + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	//
11	U	Cruise	--		//	//
12	I	Cruise	--	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 8 s, entrambi da N + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	//

**Tabella 7 – Simulazioni eseguite per il Porto di Ancona nuovo PRP, con e senza demolizione molo Nord 1/3 –
19/20/21/22 Novembre 2013**

Simulazioni eseguite nel Porto di Ancona nuovo PRP, con e senza demolizione molo Nord –
19/20/21/22 Novembre 2013

ID Manovra	Tipo I: Ingresso U: Uscita	Nave	Demol. Molo Nord	Condizioni meteomarine	N° TUG, Tiro max	Ingombro, N° accosto
13	I	Cruise	--	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 9 s, entrambi da NE + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	//
14	I	Cruise	100	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 7 s, entrambi da NW + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	//
15	I	Cruise	100	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 8 s, entrambi da N + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	//
16	I	Cruise	100	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 9 s, entrambi da NE + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	//
16_3kn	I	Cruise	100	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 9 s, entrambi da NE + corrente di 3 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	//
17	I	Ro-pax	--	calma di mare e vento, corrente di 3 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	//
18	I	Ro-pax	--	30 kn vento + mare Hs=2.0 m Tp= 7.5 s, entrambi da NW + corrente di 3 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	//
19	U	Ro-pax	--		//	//
20	I	Ro-pax	--	30 kn vento + mare Hs=2.0 m Tp= 8.5 s, entrambi da N + corrente di 3 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	//
21	I	Ro-pax	--	30 kn vento + mare Hs=2.0 m Tp= 9.5 s, entrambi da NE + corrente di 3 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	//
22	I	Ro-pax	100	30 kn vento + mare Hs=2.0 m Tp= 7.5 s, entrambi da NW + corrente di 3 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	//

Tabella 7 – Simulazioni eseguite per il Porto di Ancona nuovo PRP, con e senza demolizione molo Nord 2/3

Simulazioni eseguite nel Porto di Ancona nuovo PRP, con e senza demolizione molo Nord – 19/20/21/22 Novembre 2013						
ID Manovra	Tipo I: Ingresso U: Uscita	Nave	Demol. Molo Nord	Condizioni meteomarine	N° TUG, Tiro max	Ingombro, N° accosto
23	I	Ro-pax	100	30 kn vento + mare Hs=2.0 m Tp= 8.5 s, entrambi da N + corrente di 3 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	//
24	I	Ro-pax	100	30 kn vento + mare Hs=2.0 m Tp= 9.5 s, entrambi da NE + corrente di 3 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	//

Tabella 7 – Simulazioni eseguite per il Porto di Ancona nuovo PRP, con e senza demolizione molo Nord 3/3 – 19/20/21/22 Novembre 2013

Come si può notare, per ciascuna tipologia di nave, sono state eseguite (cfr. **Cap. 5**), per entrambe le soluzioni di studiare:

- una manovra in calma di mare e vento, necessaria come confronto ed utile per il perfezionamento della tecnica di manovra;
 - 1 manovra di ingresso in presenza di vento da NW (30 nodi per le navi traghetto e 25 nodi per la nave mercantile o passeggeri);
 - 1 manovra di ingresso in presenza di vento da N (30 nodi per le navi traghetto e 25 nodi per la nave mercantile o passeggeri);
 - 1 manovra di ingresso in presenza di vento da NE (30 nodi per le navi traghetto e 25 nodi per la nave mercantile o passeggeri);
- e infine, per il solo layout PRP *senza demolizione di 100 m* del Molo Nord
- 3 manovre di uscita solamente in presenza di vento da NW (30 nodi per le navi traghetto e 25 nodi per la nave mercantile o passeggeri), come condizione ritenuta più gravosa tra quelle in uscita.

In tutti i casi si è deciso di tenere conto della presenza di corrente orientata verso NE in tutta l'area al di fuori del Porto. Inizialmente il valore dell'intensità della corrente era stato impostato uguale a 3 nodi in tutti i casi e per tutte le navi. Successivamente questo valore è stato ridiscusso e ridotto a 1 oppure 2 nodi a seconda delle condizioni di mare e vento (cfr. **Tabella 6** e **Tabella 7**), a seguito del giudizio espresso dal Capo Pilota e condiviso dal Cliente.

6.2 Esecuzione delle simulazioni

Le simulazioni si sono svolte con il contributo del Comandante Menghini coadiuvato dal Com.te Bozzo e dal personale CETENA. In particolare il Com. Menghini si è dedicato sia al comando sia al pilotaggio della nave, presiedendo personalmente all'uso della macchina e del timone.

Ogni simulazione di arrivo si è svolta impostando la velocità d'avanzo iniziale della nave generalmente uguale a 3 nodi come si è detto in corrispondenza del punto a circa 1 miglio dall'imboccatura del porto (cfr. **Figura 10**), in modo da poter avviare la traiettoria della nave da un punto sufficientemente lontano e studiare approfonditamente tutte le fasi della navigazione in ingresso. A partire da tale velocità il Comandante esecutore delle manovre è quindi stato in grado di regolare l'andatura della nave nelle fasi successive della simulazione, in cui inizia la manovra di evoluzione per effettuare l'ingresso vero e proprio in porto. Come si è accennato in precedenza, tutte le manovre si sono concluse in prossimità della Nuova Darsena, e analogamente tutte le manovre di uscita sono iniziate da questa posizione. Inoltre, in tutte le manovre di ingresso, è importante notare che la presenza della corrente orientata verso 45°N ha costituito, soprattutto nei casi di intensità massima considerata pari a 3 nodi, un elemento di disturbo per la manovra di evoluzione delle navi.

La tecnica di manovra adottata dal Com. Menghini per gli ingressi in entrambe le soluzioni del layout di PRP da studiare consiste, infatti, nel fare avanzare ed evolvere sulla sinistra la nave, che all'inizio di ogni simulazione ha la prua impostata per 220°N, in modo da farle raggiungere l'imboccatura del porto con un heading attorno ai 150°N (leggermente variabile a seconda della direzione del vento incidente). Appena raggiunto il bacino evolutivo, il moto della nave viene fatto rallentare: la nave a questo punto prosegue abbrivata per circa 350-400 m al massimo, in quanto per poter entrare nel Porto Storico deve compiere una seconda evoluzione sulla sinistra, *proprio attorno al Molo Nord*, per poi transitare di fronte alla Nuova Darsena. A questo punto le manovre si sono generalmente interrotte, in quanto le navi traghetto o navi passeggeri proseguirebbero verso gli accosti dentro al Porto Storico, mentre la nave mercantile, così come accade già oggi ma solo in condizioni di bonaccia a causa della conformazione attuale dell'imboccatura portuale, ormeggerebbe dentro alla Nuova Darsena. Si precisa che le manovre sono state interrotte prima dell'accosto vero e proprio a banchina non essendo questo aspetto un ambito di approfondimento da considerare in questo studio.

La medesima tecnica di manovra sopra descritta è stata adottata in uscita, ma ovviamente in senso opposto.

Le simulazioni di manovra in ingresso sono state considerate concluse con esito positivo ("manovra riuscita"), nel momento in cui il Capo Pilota ha ritenuto che la nave, conclusa l'evoluzione a sinistra attorno al Molo Nord, è arrivata nei pressi del punto stabilito per lo "stop" a distanza di sicurezza e la sua traiettoria è totalmente sotto controllo, utilizzando macchine, organi di governo e gli eventuali rimorchiatori presenti. Analogamente è stato formulato il giudizio per le manovre di uscita.

Tutte le manovre della nave mercantile si sono svolte con l'ausilio di quattro rimorchiatori che, come spiegato nel **paragrafo 4.4**, sono stati posizionati diversamente in base alle loro caratteristiche propulsive ed alle condizioni meteomarine prese in considerazione durante ogni singola manovra.

E' tuttavia da rilevare che le manovre da eseguire, tutte in condizioni molto gravose o estreme (vento da 25 o 30 nodi), sono da considerarsi in ogni caso al limite della fattibilità, indipendentemente dalla loro riuscita al simulatore. Eventuali avarie nel funzionamento delle macchine o degli organi di governo, così come rotture dei cavi dei rimorchiatori, essendo stati quasi sempre utilizzati al massimo delle loro possibilità, possono costituire elementi di pericolo da tenere in debito conto.

Durante la sessione di simulazioni è stato sostanzialmente rispettato il programma prestabilito (cfr. **Tabella 6**). L'unica variazione è consistita nella variazione, come da **Tabella 7**, nel valore assoluto assegnato alla corrente nei vari casi. In particolare la **manovra M14** (ingresso con nave da crociera in presenza di **25 kn vento da NW e mare** associato ($H_s=1.5$ m $T_p=7$ s), è stata eseguita sia in presenza di **corrente** verso $45^\circ N$, solo esternamente al Porto, sia di **3 kn** sia di **2 kn** di intensità.

Tutte le manovre sono state eseguite tramite pilotaggio manuale in tempo reale e sono presentate nella seguente **Tabella 8¹**, che riporta sotto forma sintetica i commenti e le osservazioni scaturite alla fine di ciascuna prova. Sono inoltre riportati anche i tempi totali (misurati in minuti e secondi) di esecuzione delle manovre, in modo da poterli confrontare fra i due layout possibili del Molo Nord, a parità di condizioni e per una certa tipologia di nave.

Trattandosi di manovre uguali ripetute, per ciascuna nave, in due layout diversi unicamente per la lunghezza del Molo Nord, i commenti (molto sintetizzati) sono da intendersi come dati per confronto fra una manovra e la sua corrispondente (es. per la nave mercantile: M02-M06, M03-M07 e M04-M08).

¹ **NOTA ALLA LETTURA DELLA TABELLA:** I =manovra di ingresso, U= manovra di uscita.

I risultati completi, sotto forma di immagini delle traiettorie della nave e dei rimorchiatori, sono presentati in **APPENDICE B**.

ID Manovra - durata [mm,ss]	Tipo I/U	Nave	Demol. Molo Nord	Condizioni meteomarine	N° TUG, Tiro max	SINTESI dei commenti
01 - 43'07"	I	Merci	--	calma di mare e vento, corrente di 1 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	2 da 52 t, 2 da 36 t	Manovra riuscita in sicurezza . Si rileva che con 100 m di molo Nord demoliti la manovra di ingresso (o uscita) nella Darsena sarebbe molto più agevole rispetto a quella attuale.
02 - 30'43"	I	Merci	--	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 7 s, entrambi da NW + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	2 da 52 t, 2 da 36 t	Manovra tecnicamente riuscita ma da sconsigliare nella realtà , in quanto è stato necessario utilizzare al massimo tutti i rimorchiatori in ausilio alla nave. Possibile invece l'ingresso fino ai 15-20 nodi massimo, oggi non fattibile se non in calma, a causa della diversa geometria del porto.
03 -	U	Merci	--		2 da 52 t, 2 da 36 t	Manovra tecnicamente riuscita ma da sconsigliare a causa dell'utilizzo esasperato dei rimorchiatori.
04 - 28'09"	I	Merci	--	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 8 s, entrambi da N + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	2 da 52 t, 2 da 36 t	Manovra tecnicamente riuscita ma da sconsigliare a causa dell'utilizzo esasperato dei rimorchiatori.
05 - 29'31"	I	Merci	--	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 9 s, entrambi da NE + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	2 da 52 t, 2 da 36 t	Manovra tecnicamente riuscita ma da sconsigliare a causa dell'utilizzo esasperato dei rimorchiatori.

Tabella 8 – Elenco delle simulazioni eseguite (M01÷M05)

ID Manovra - durata [mm,ss]	Tipo I/U	Nave	Demol. Molo Nord	Condizioni meteomarine	N° TUG, Tiro max	SINTESI dei commenti
06 - 27'02"	I	Merci	100	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 7 s, entrambi da NW + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	2 da 52 t, 2 da 36 t	Manovra tecnicamente riuscita ma da sconsigliare a causa dell'utilizzo esasperato dei rimorchiatori. Tuttavia è evidente anche dall'esame della traiettoria della nave che la manovra è nel suo complesso molto più agevole, e più in sicurezza, potendosi mantenere più a ridosso del Molo Nord, col vento in filo di poppa.
07 - 27'21"	I	Merci	100	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 8 s, entrambi da N + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	2 da 52 t, 2 da 36 t	Manovra tecnicamente riuscita ma da sconsigliare a causa dell'utilizzo esasperato dei rimorchiatori. Tuttavia è evidente anche dall'esame della traiettoria della nave che la manovra è nel suo complesso molto più agevole, e più in sicurezza, potendosi mantenere più sopravvento e cioè vicino al Molo Nord, col vento pressoché al traverso.

Tabella 8 – Elenco delle simulazioni eseguite (M06÷M07)

ID Manovra - durata [mm,ss]	Tipo I/U	Nave	Demol. Molo Nord	Condizioni meteomarine	N° TUG, Tiro max	SINTESI dei commenti
08 - 25'38"	I	Merci	100	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 9 s, entrambi da NE + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	2 da 52 t, 2 da 36 t	Manovra tecnicamente riuscita ma da sconsigliare a causa dell'utilizzo esasperato dei rimorchiatori. Tuttavia è evidente anche dall'esame della traiettoria della nave che la manovra è nel suo complesso molto più agevole, e più in sicurezza , come per la M07.
09 - 21'22"	I	Cruise	--	calma di mare e vento, corrente di 1 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	Manovra riuscita in sicurezza .
10 - 29'54"	I	Cruise	--	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 7 s, entrambi da NW + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	Manovra tecnicamente riuscita ma da sconsigliare nella realtà. Si rileva infatti che <i>con l'attuale estensione del Molo Nord la manovra risulta molto pericolosa</i> , in quanto durante l'evoluzione in avamporto la nave deve rallentare quando si trova col vento al traverso, proprio in corrispondenza del Molo Nord.
11 - 11'38"	U	Cruise	--		//	Manovra tecnicamente riuscita ma da sconsigliare nella realtà per motivi analoghi all'ingresso corrispondente, ovvero M10.

Tabella 8 – Elenco delle simulazioni eseguite (M08÷M11)

ID Manovra - durata [mm,ss]	Tipo I/U	Nave	Demol. Molo Nord	Condizioni meteomarine	N° TUG, Tiro max	SINTESI dei commenti
12 - 24'02"	I	Cruise	--	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 8 s, entrambi da N + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	Manovra riuscita in sicurezza, pur trattandosi di una manovra in condimeteo limite, la cui fattibilità va valutata caso per caso. La manovra con Tramontana risulta più semplice del caso con Maestrale in quanto durante l'evoluzione attorno al Molo Nord il vento si trova in filo di poppa, dopodiché basta tenersi sopravvento.
13 - 29'47"	I	Cruise	--	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 9 s, entrambi da NE + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	Manovra riuscita in sicurezza, pur trattandosi di una manovra in condimeteo limite, la cui fattibilità va valutata caso per caso. Anche in caso di errore sull'uso dei thruster (con questa direzione di provenienza del vento) vi sono gli spazi per correggere la traiettoria.
14 - 26'11"	I	Cruise	100	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 7 s, entrambi da NW + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	Manovra riuscita in sicurezza, pur trattandosi di una manovra in condimeteo limite, la cui fattibilità va valutata caso per caso. Tuttavia è evidente, anche dall'esame della traiettoria della nave, che la manovra di evoluzione attorno al molo Nord più corto è molto più agevole, e più in sicurezza.

Tabella 8 – Elenco delle simulazioni eseguite (M12÷M14)

ID Manovra - durata [mm,ss]	Tipo I/U	Nave	Demol. Molo Nord	Condizioni meteomarine	N° TUG, Tiro max	SINTESI dei commenti
14_3kn - 26'11"	I	Cruise	100	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 7 s, entrambi da NW + corrente di 3 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	Ripetizione della M14 ma con <i>corrente aumentata a 3 kn</i> . Manovra riuscita in sicurezza, con le stesse prescrizioni della M14 . Con l'incremento della corrente si nota molto bene il beneficio dato dalla demolizione dei 100 m, scongiurando il pericolo di potenziali urti sul molo quando la nave si trova sottovento.
15 - 26'37"	I	Cruise	100	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 8 s, entrambi da N + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	Manovra riuscita in sicurezza, pur trattandosi di una manovra in condimeteo limite, la cui fattibilità va valutata caso per caso . Tuttavia è evidente, anche dall'esame della traiettoria della nave, che la manovra di evoluzione attorno al molo Nord più corto è molto più agevole, e più in sicurezza.
16 - 25'20"	I	Cruise	100	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 9 s, entrambi da NE + corrente di 2 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	Manovra riuscita , ma la corrente fa passare la nave con la poppa molto vicino al molo di sopraflutto. Dentro al porto invece è evidente, anche dall'esame della traiettoria della nave, che la manovra di evoluzione attorno al molo Nord più corto è molto più agevole, e più in sicurezza.

Tabella 8 – Elenco delle simulazioni eseguite (M14_3kn÷M16)

ID Manovra - durata [mm,ss]	Tipo I/U	Nave	Demol. Molo Nord	Condizioni meteomarine	N° TUG, Tiro max	SINTESI dei commenti
16_BIS - 19'56"	I	Cruise	100	25 kn vento + mare Hs=1.5 m Tp= 9 s, entrambi da NE + corrente di 3 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	Ripetizione della M16. Questa volta la traiettoria della nave viene mantenuta maggiormente sotto controllo nel passaggio presso il molo di sopraflutto, che avviene all'incirca a metà larghezza dell'imboccatura del Porto. Considerazioni invariate alla M16 per il resto della manovra interna al porto.
17 - 19'37"	I	Ro-pax	--	calma di mare e vento, corrente di 3 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	Manovra riuscita in sicurezza . In queste condimeteo (bonaccia) ci si può permettere anche il passaggio ravvicinato al molo di sopraflutto.
18 - 26'04"	I	Ro-pax	--	30 kn vento + mare Hs=2.0 m Tp= 7.5 s, entrambi da NW + corrente di 3 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	Manovra riuscita ma è stata necessaria una manovra di MAD nei pressi del Molo Nord per evitare una possibile collisione quando la nave si trova sottovento. Si decide di ripeterla.
18_BIS - 22'17"	I	Ro-pax	--	30 kn vento + mare Hs=2.0 m Tp= 7.5 s, entrambi da NW + corrente di 3 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	Ripetizione della M18. Manovra riuscita, nei limiti comunque imposti dalla severità delle condizioni meteo . Questa volta l'evoluzione attorno al Molo Nord avviene con la nave nella giusta traiettoria, ma resta comunque un alto grado di pericolosità.

Tabella 8 – Elenco delle simulazioni eseguite (M16_BIS÷M18_BIS)

ID Manovra - durata [mm,ss]	Tipo I/U	Nave	Demol. Molo Nord	Condizioni meteomarine	N° TUG, Tiro max	SINTESI dei commenti
19 - 06'45"	U	Ro-pax	--		//	Manovra riuscita , pur trattandosi di una manovra in condimeteo limite, la cui fattibilità va valutata caso per caso. Si rileva la pericolosità del passaggio attorno al molo Nord con il vento al traverso, che sarebbe agevolata dal maggiore spazio a disposizione in caso di molo più corto.
20 - 18'22"	I	Ro-pax	--	30 kn vento + mare Hs=2.0 m Tp= 8.5 s, entrambi da N + corrente di 3 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	Manovra riuscita , pur trattandosi di una manovra in condimeteo limite, la cui fattibilità va valutata caso per caso. La lunghezza attuale del molo Nord in questo caso <i>influenza la traiettoria della nave dopo l'evoluzione</i> , che sotto l'azione del vento di Tramontana quasi al traverso tende a scarrocciare avvicinandosi allo sporgente di ponente della Nuova Darsena.

Tabella 8 – Elenco delle simulazioni eseguite (M19÷M20)

ID Manovra - durata [mm,ss]	Tipo I/U	Nave	Demol. Molo Nord	Condizioni meteomarine	N° TUG, Tiro max	SINTESI dei commenti
21 - 17'59"	I	Ro-pax	--	30 kn vento + mare Hs=2.0 m Tp= 9.5 s, entrambi da NE + corrente di 3 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	Manovra riuscita, pur trattandosi di una manovra in condimeteo limite, la cui fattibilità va valutata caso per caso. La lunghezza attuale del molo Nord anche in questo caso <i>influenza la traiettoria della nave dopo l'evoluzione</i> , che sotto l'azione del vento di Grecale al traverso tende a scarrocciare avvicinandosi allo sporgente di ponente della Nuova Darsena.
22 - 18'17"	I	Ro-pax	100	30 kn vento + mare Hs=2.0 m Tp= 7.5 s, entrambi da NW + corrente di 3 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	Manovra riuscita in sicurezza, pur trattandosi di una manovra in condimeteo limite, la cui fattibilità va valutata caso per caso. Tuttavia è evidente, anche dall'esame della traiettoria della nave, che la manovra di evoluzione attorno al molo Nord più corto è molto più agevole, e più in sicurezza.

Tabella 8 – Elenco delle simulazioni eseguite (M21÷M22)

ID Manovra - durata [mm,ss]	Tipo I/U	Nave	Demol. Molo Nord	Condizioni meteomarine	N° TUG, Tiro max	SINTESI dei commenti
23 - 15'01"	I	Ro-pax	100	30 kn vento + mare Hs=2.0 m Tp= 8.5 s, entrambi da N + corrente di 3 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	Manovra riuscita in sicurezza, pur trattandosi di una manovra in condimeteo limite, la cui fattibilità va valutata caso per caso. In questa configurazione del Molo Nord si riesce a controllare di più lo scarroccio col vento quasi al traverso quando la nave è di fronte alla Nuova Darsena. Inoltre è evidente, anche dall'esame della traiettoria della nave, che la manovra di evoluzione attorno al molo Nord più corto è molto più agevole, e più in sicurezza.
24 - 16'46"	I	Ro-pax	100	30 kn vento + mare Hs=2.0 m Tp= 9.5 s, entrambi da NE + corrente di 3 kn verso 45°N SOLO fuori dal porto	//	Manovra riuscita in sicurezza, pur trattandosi di una manovra in condimeteo limite, la cui fattibilità va valutata caso per caso. In questa configurazione del Molo Nord si riesce a controllare di più lo scarroccio col vento al traverso quando la nave è di fronte alla Nuova Darsena. Inoltre è evidente, anche dall'esame della traiettoria della nave, che la manovra di evoluzione attorno al molo Nord più corto è molto più agevole, e più in sicurezza.

Tabella 8 – Elenco delle simulazioni eseguite (M23÷M24)

6.3 *Presentazione dei risultati delle simulazioni*

I risultati 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 integrali sia della sola area di manovra attorno al Molo Nord, e relativi inviluppi; video di ogni test così come visualizzato sulla plancia 2D del SAND; storie temporali di tutte le grandezze simulate.

6.3.1 GRAFICI DELLE TRAIETTORIE DELLE SINGOLE MANOVRE

Tutte le traiettorie delle manovre eseguite al simulatore vengono presentate in **APPENDICE A** del presente rapporto, *sia per intero, sia sotto forma di zoom relativi alla sola area portuale* delle traiettorie seguite da ciascuna unità navale, a parità di condizioni meteomarine, con e senza demolizione del tratto di 100 m del Molo Nord.

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;
- il layout portuale (in marrone scuro nel caso di molo Nord intero o in blu nella soluzione di Molo Nord demolito di 100 m) con la rappresentazione in azzurro chiaro del bacino evolutivo;
- la direzione di provenienza e l'intensità del vento considerata (bandiere rappresentate in giallo);
- la silhouette della nave (in nero);
- la silhouette di ogni rimorchiatore presente (in lilla) e l'indicazione del vettore della spinta o del tiro (freccia blu);
- per la singola simulazione in tempo reale, la durata complessiva della stessa (in alto a sinistra sotto alla rosa dei venti).

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 *i filmati delle manovre ed i file delle storie temporali di tutte le grandezze simulate*, es. uso di macchine e timone, tiro dei rimorchiatori, ecc. ecc.). L'**APPENDICE B** contiene invece una serie di fotografie che documentano alcuni momenti dello svolgimento delle simulazioni.

7. CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

Il presente studio ha esaminato le simulazioni di manovra in tempo reale di tre tipologie di unità navali di grandi dimensioni (una nave mercantile tipo portarinfuse, considerata in condizione di pieno carico e di zavorra, una nave traghetto ed una nave da crociera) in ingresso nel Porto di Ancona, all'interno del layout relativo all'attuazione del nuovo Piano Regolatore, nelle due ipotesi di Molo Nord attuale e considerando la demolizione di 100 m.

Le simulazioni si sono quindi svolte nelle due configurazioni da studiare sia in condizioni di calma sia in presenza di agenti meteomarinari vari, mettendo a confronto i risultati ottenuti per ciascuna nave a parità di condizioni. In questo studio le simulazioni di ingresso sono iniziate da circa un miglio di distanza dall'imboccatura (punto di imbarco del Pilota), e si sono concluse in prossimità della Nuova Darsena, senza arrivare fino all'accosto vero e proprio alla banchina di destinazione, ed analogamente si sono svolte le simulazioni di uscita, nel percorso inverso.

Le condizioni meteomarine valutate nello studio sono classificabili in *gravose* ed *estreme*, a seconda dell'intensità degli agenti meteomarinari considerati (velocità del vento e caratteristiche del mare). Queste condizioni sono state caratterizzate in termini di direzione ed intensità di mare, vento e corrente sulla base dei dati forniti a CETENA dal Cliente.

In particolare è stato scelto un range di velocità del vento rispettivamente di 25 nodi per la nave portarinfuse (la meno manovriera, con 4 rimorchiatori in ausilio) e la nave da crociera, e 30 nodi per la nave traghetto (senza ausilio di rimorchiatori), considerando Maestrale, Tramontana e Grecale. A questi venti, tutti provenienti dai quadranti settentrionali, è stata associata l'agitazione ondosa calcolata dall'ICEA dell'Università Politecnica delle Marche sia in corrispondenza dell'imboccatura portuale che all'interno del Porto nelle due configurazioni prese in esame.

Nella mappa del porto utilizzata per la navigazione è stata schematizzata l'area complessiva utilizzando le batimetriche attuali; solo la zona compresa tra il Molo Nord e la Nuova Darsena è stata dragata alla quota di -12 m, profondità necessaria per la manovra della nave portarinfuse in partenza in condizione di zavorra. La corrente, rilevabile solo al di fuori del porto, è diretta verso NE (45°N) ed è stata considerata variabile in intensità fra 1 e 3 nodi.

Di seguito vengono espone le considerazioni conclusive emerse dallo svolgimento e dal successivo esame delle simulazioni di manovra, che sono state eseguite avvalendosi del pilotaggio in tempo reale del Capo Pilota Mauro Menghini in una sessione di prove svoltesi dal 19 al 22 Novembre 2013.

E' doveroso premettere che tutte le manovre sono state eseguite in condizioni molto gravose o estreme (vento da 25 o 30 nodi) e sono da considerarsi in ogni caso al limite della fattibilità, indipendentemente dalla loro riuscita al simulatore.

Il lavoro qui descritto riguarda principalmente uno studio di navigabilità portuale, in quanto l'obiettivo principale è verificare l'agibilità nautica del Porto nel nuovo layout di PRP, confrontando due configurazioni leggermente diverse del Molo Nord. L'eventualità di avarie nel funzionamento delle macchine o degli organi di governo, così come di rotture dei cavi dei rimorchiatori, utilizzati sempre al massimo delle loro possibilità, non è stata ipotizzata.

Tutte le manovre sono di fatto riuscite, sia nella configurazione del Molo Nord integrale, corrispondente a quella attuale, sia in quella di Molo Nord demolito di 100 m. Ciò che differenzia notevolmente le manovre eseguite nelle due ipotesi è il grado di sicurezza con cui queste sono state svolte.

Come si evidenzia dall'analisi delle traiettorie delle tre unità navali confrontata nelle due ipotesi, la manovra della nave nel caso di molo Nord attuale risulta maggiormente impegnativa (traiettoria a zig-zag molto accentuata), essendo necessario utilizzare maggiormente macchina, timoni ed eventualmente rimorchiatori; nel caso invece di molo Nord demolito di 100 m, la manovra è più fluida e l'utilizzo della macchina e timone è meno esasperato (traiettoria a zig-zag maggiormente sinuosa e senza spigoli).

Si veda a questo proposito l'involuppo di tutte le manovre compiute ad esempio dalla nave traghetto nella configurazione integrale del Molo Nord, mostrata in **Figura 23**, e quello relativo alle manovre nella configurazione di Molo Nord demolito di 100 m, mostrata in **Figura 24**. Come si può notare, in **Figura 23** la nave passa molto vicino alla testata del Molo Nord in studio, mentre nella **Figura 24** successiva la nave passa ad una distanza maggiore, e pertanto più in sicurezza.

A seguito di queste considerazioni, si può affermare che il margine di sicurezza nella fase evolutiva con nave in posizione prossima al Molo Nord diminuisce maggiormente coi venti provenienti dal IV quadrante (Maestrale). I venti provenienti dal I quadrante (Grecale) invece tendono ad allontanare la nave dal suddetto Molo. Infine, nel caso di venti da Tramontana e Grecale la demolizione del Molo permette alla nave di sopravventarsi rispetto alle testate della Nuova Darsena, mentre con la configurazione attuale del Molo Nord la nave è costretta a sottoventarsi, di conseguenza riducendo le distanze di sicurezza.

In conclusione, si può dire che nella configurazione di PRP studiata *la riduzione del Molo Nord di 100 m permetterebbe a tutte e tre le tipologie di nave prese in considerazione una manovra più*

fluida e più sicura, senza essere costretti ad utilizzare macchine, timone e rimorchiatori all'estremo, ed è, pertanto, la preferibile.

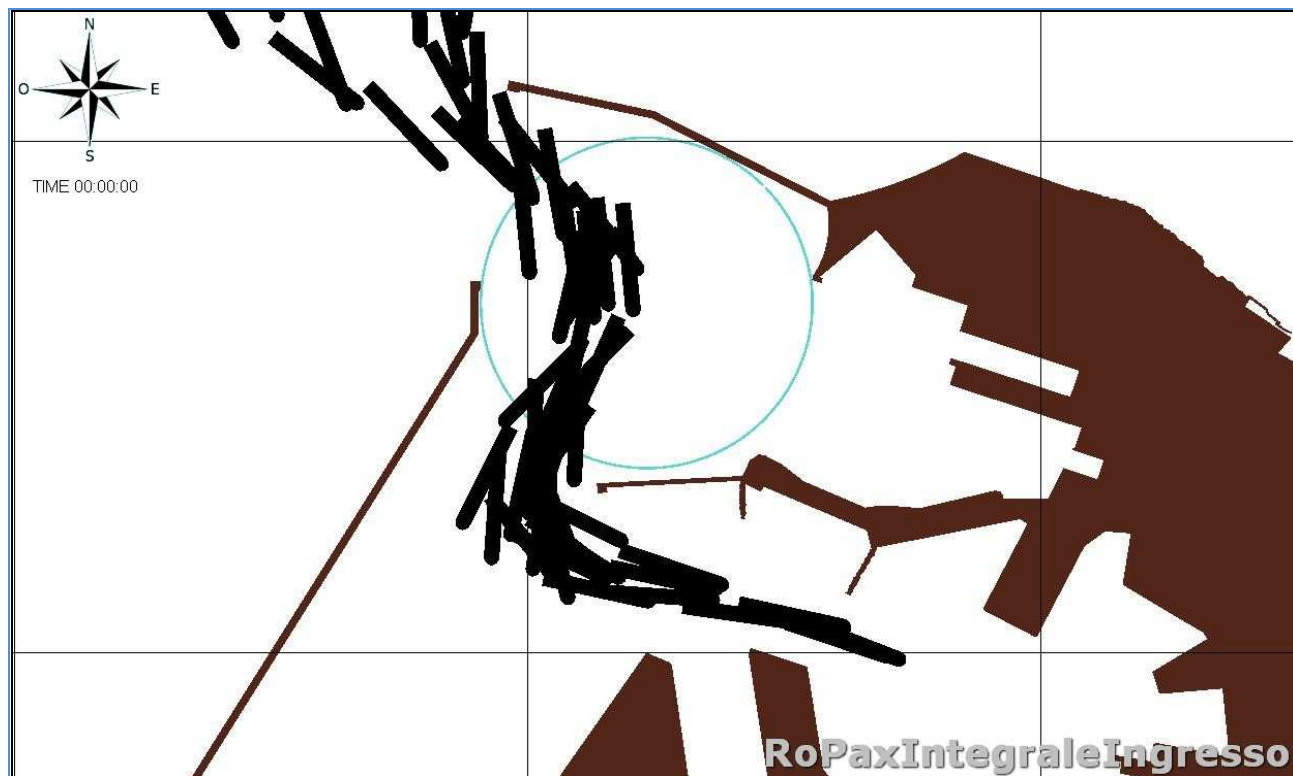


Figura 23 – Inviluppo di tutte le manovre eseguite con nave traghetto nella configurazione di Molo Nord non demolito

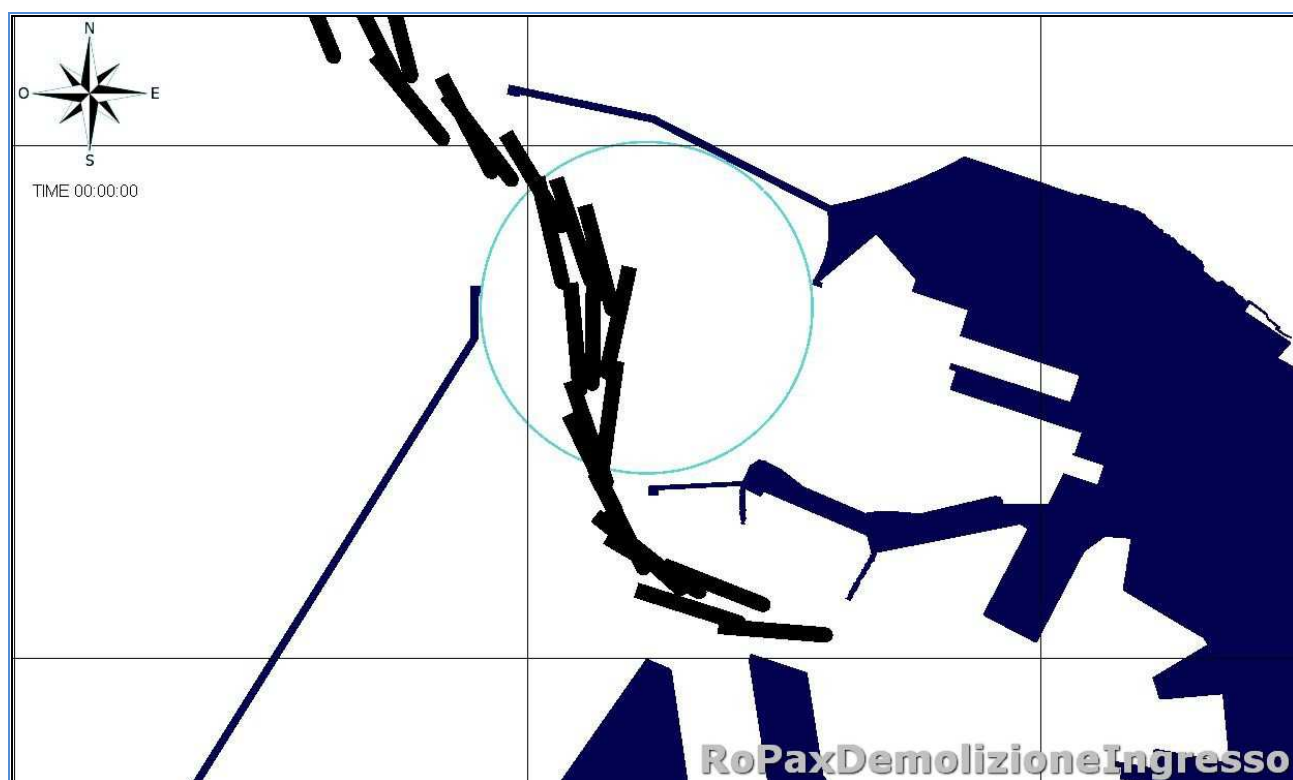


Figura 24 – Inviluppo di tutte le manovre eseguite con nave traghetto nella configurazione di Molo Nord demolito di 100 m

RIFERIMENTI

- [1] 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

- [2] "TAV_SIMULAZIONE AGG.dwg"
Disegno CAD del layout portuale, con e senza demolizione del Molo Nord
Fonte : A.P. Ancona

- [3] "Schema Nuovo areeMare-SKMBT_C28013103113420.jpeg"
(Mappa delle regioni di distribuzione dello smorzamento dell'agitazione ondosa)
Ing. C. Lorenzoni - Dip. ICEA dell'Università Politecnica delle Marche

- [4] "Libretto di manovra della M/n SOLARO - Costr. 5900 C.N. Sestri"
Rapporto tecnico CETENA n°5900 del 01/04/2006

- [5] "Manoeuvring booklet of the M/s COSTA MAGICA – Yard 6087 Sestri Cantiere Navale"
Rapporto tecnico CETENA n°8822 del 01/08/2004

- [6] "Libretto di manovra della M/n CRUISE ROMA - Costr. 6136 Fincantieri Castellammare di Stabia"
Rapporto tecnico CETENA n°10004 del 01/02/2008

- [7] "Schema condizioni meteomarine e corrente per prove manovre"
Ing. C. Lorenzoni - Dip. ICEA dell'Università Politecnica delle Marche

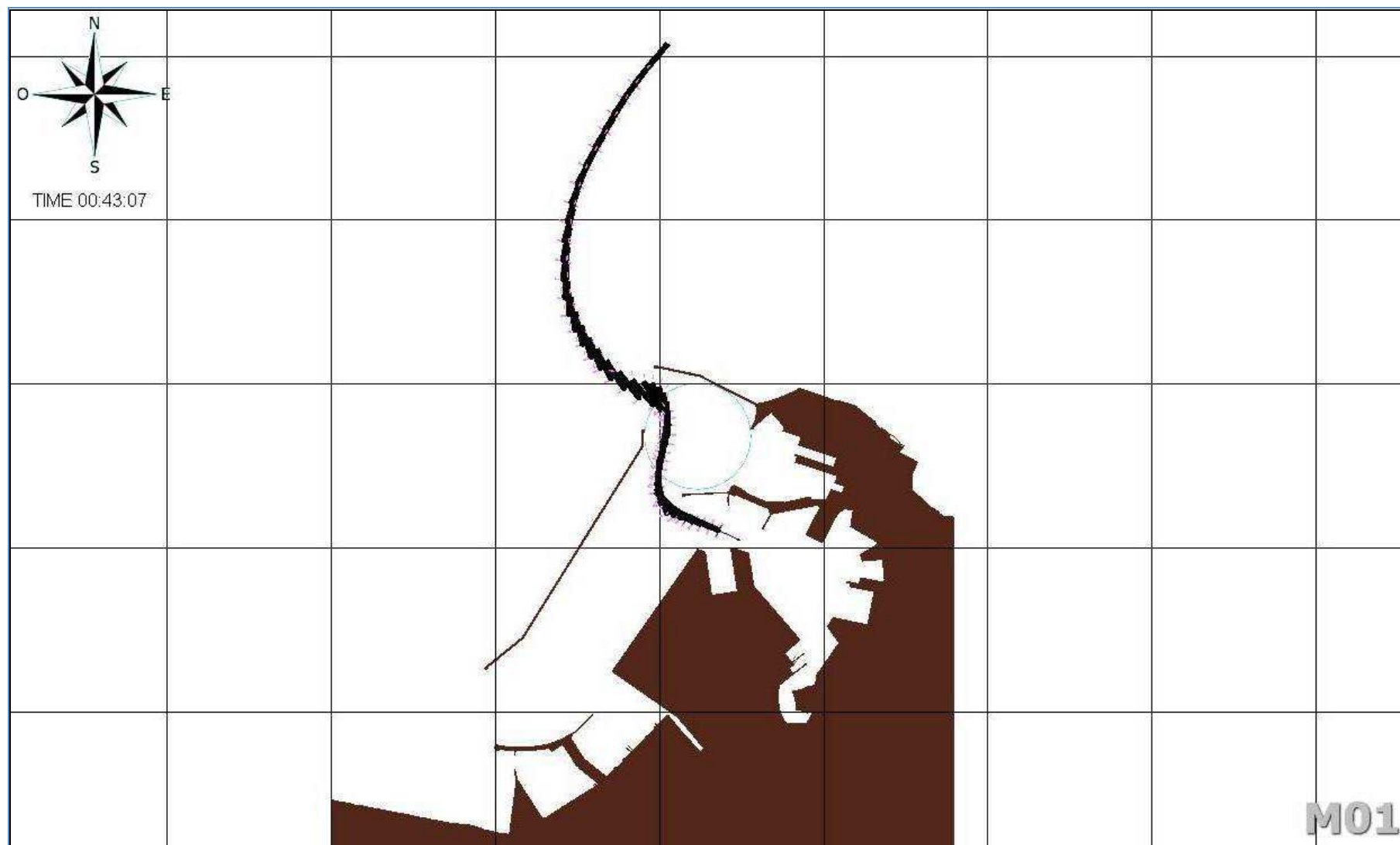
APPENDICI

APPENDICE A: TRACCIATI DELLE MANOVRE

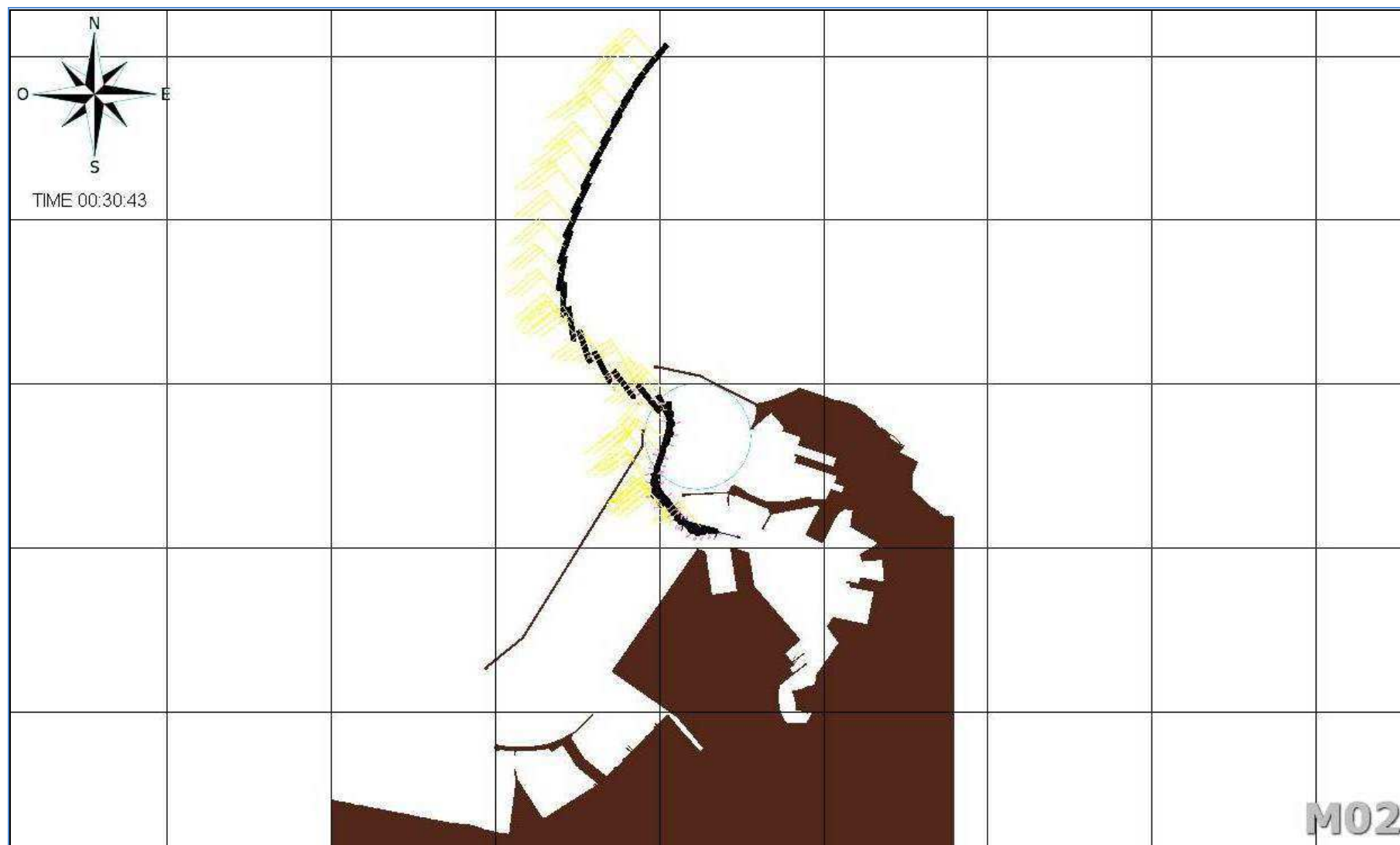
Studio di navigabilità nel nuovo Porto di Ancona, ad opere di
sopraflutto completate, con e senza demolizione di 100 m del Molo
Nord

11768

19/05



M01 – Manovra di ingresso eseguita dalla nave mercantile in calma di mare e di vento e corrente di 1 nodo – Molo Nord attuale

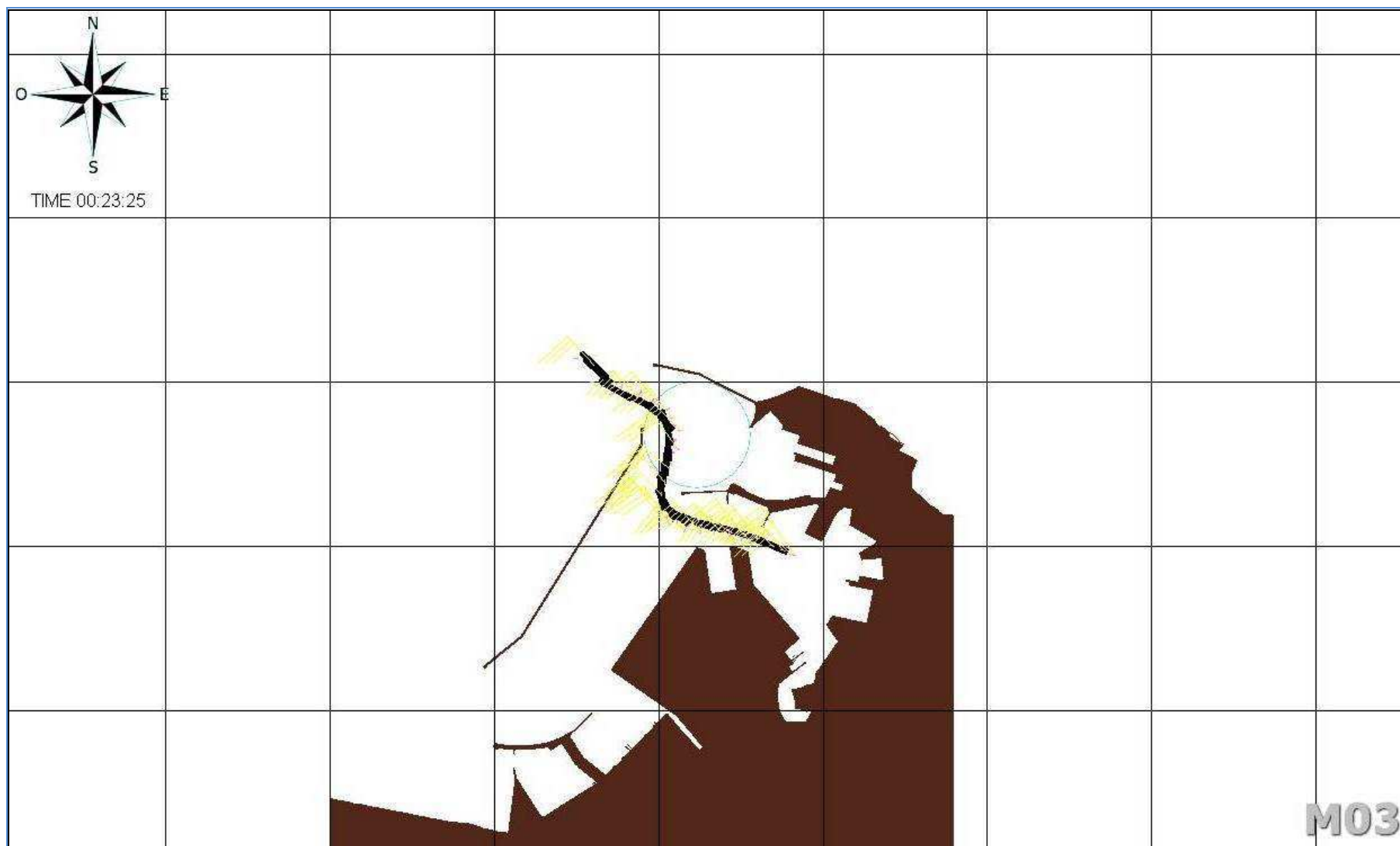


M02 – Manovra di ingresso eseguita dalla nave mercantile con vento da NW di 25 kn, mare associato e corrente di 2 nodi – Molo Nord attuale

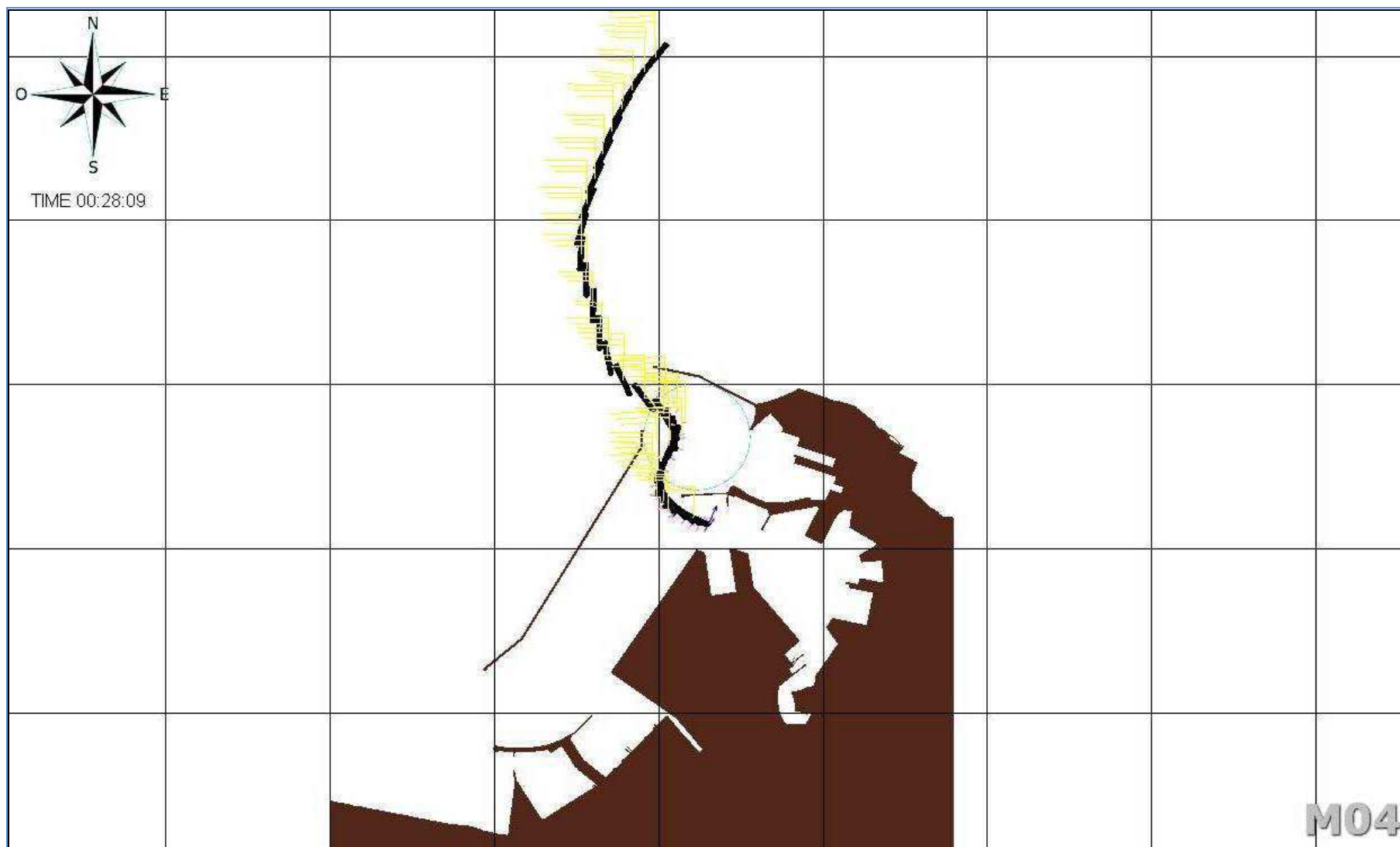
Studio di navigabilità nel nuovo Porto di Ancona, ad opere di
sopraflutto completate, con e senza demolizione di 100 m del Molo
Nord

11768

51/95



M03 – Manovra di uscita eseguita dalla nave mercantile con vento da NW di 25 kn, mare associato e corrente di 2 nodi – Molo Nord attuale

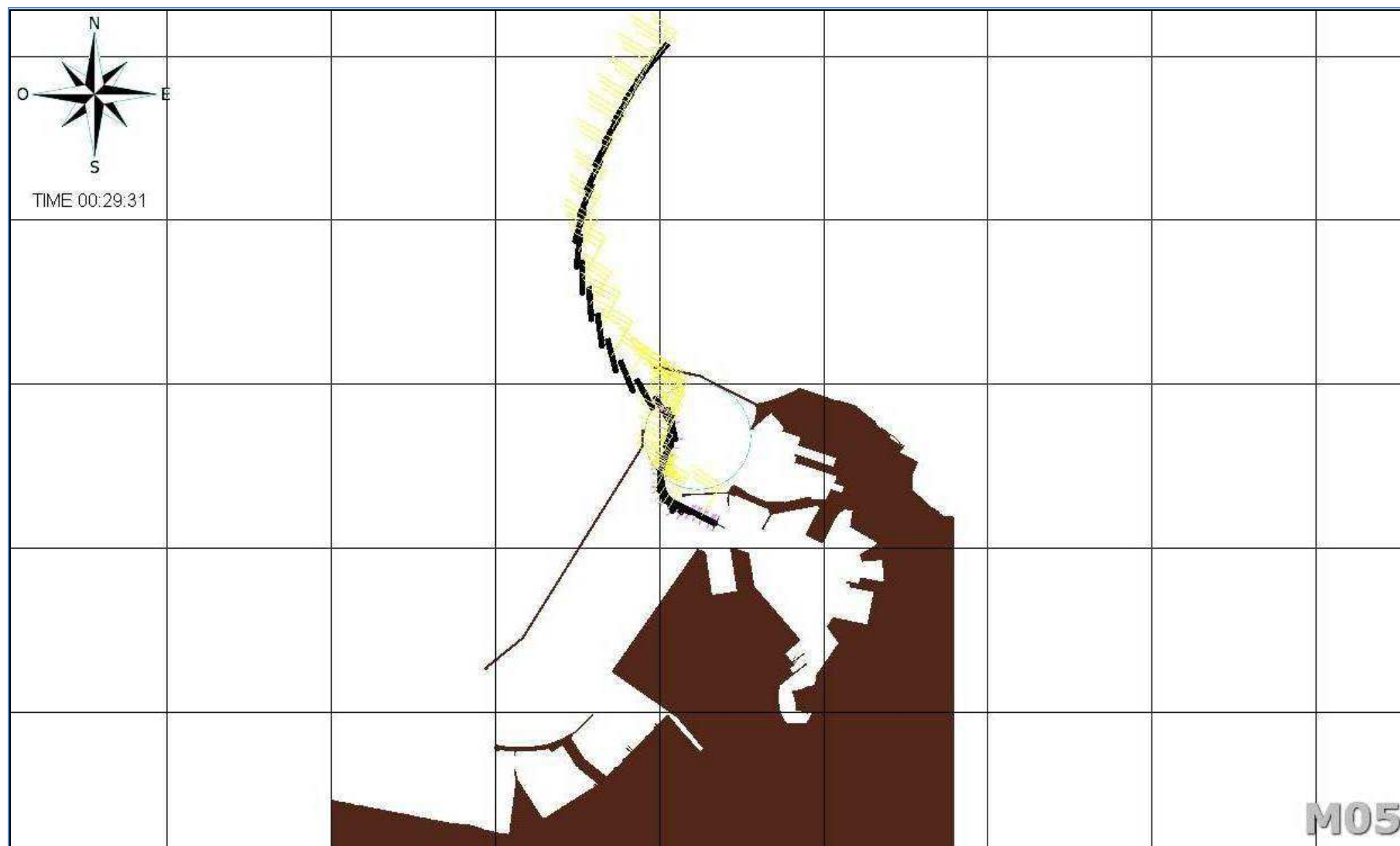


M04 – Manovra di ingresso eseguita dalla nave mercantile con vento da N di 25 kn, mare associato e corrente di 2 nodi – Molo Nord attuale

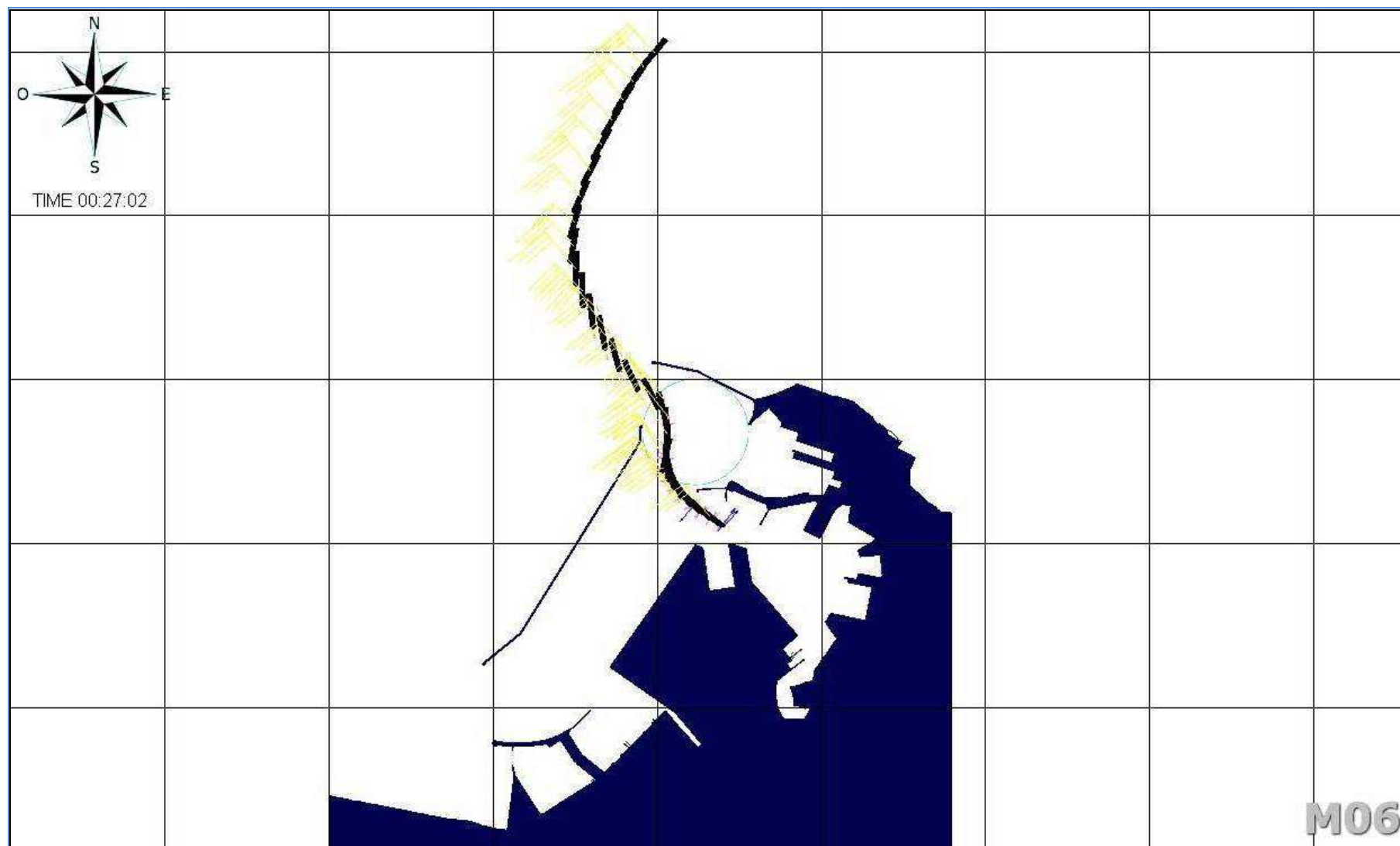
Studio di navigabilità nel nuovo Porto di Ancona, ad opere di
sopraflutto completate, con e senza demolizione di 100 m del Molo
Nord

11768

53195



M05 – Manovra di ingresso eseguita dalla nave mercantile con vento da NE di 25 kn, mare associato e corrente di 2 nodi – Molo Nord attuale

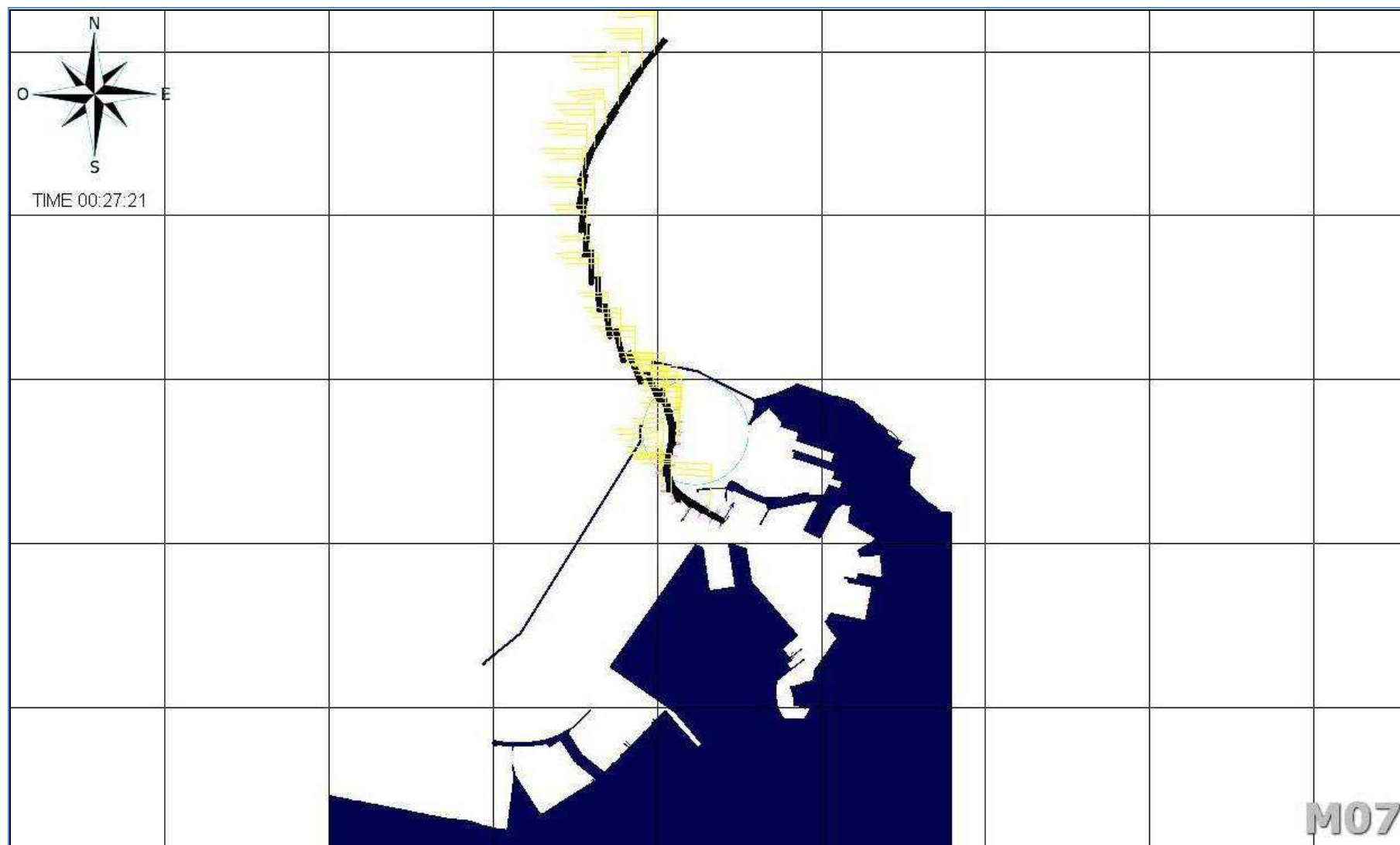


M06 – Manovra di ingresso eseguita dalla nave mercantile con vento da NW di 25 kn, mare associato e corrente di 2 nodi – Molo Nord demolito di 100 m

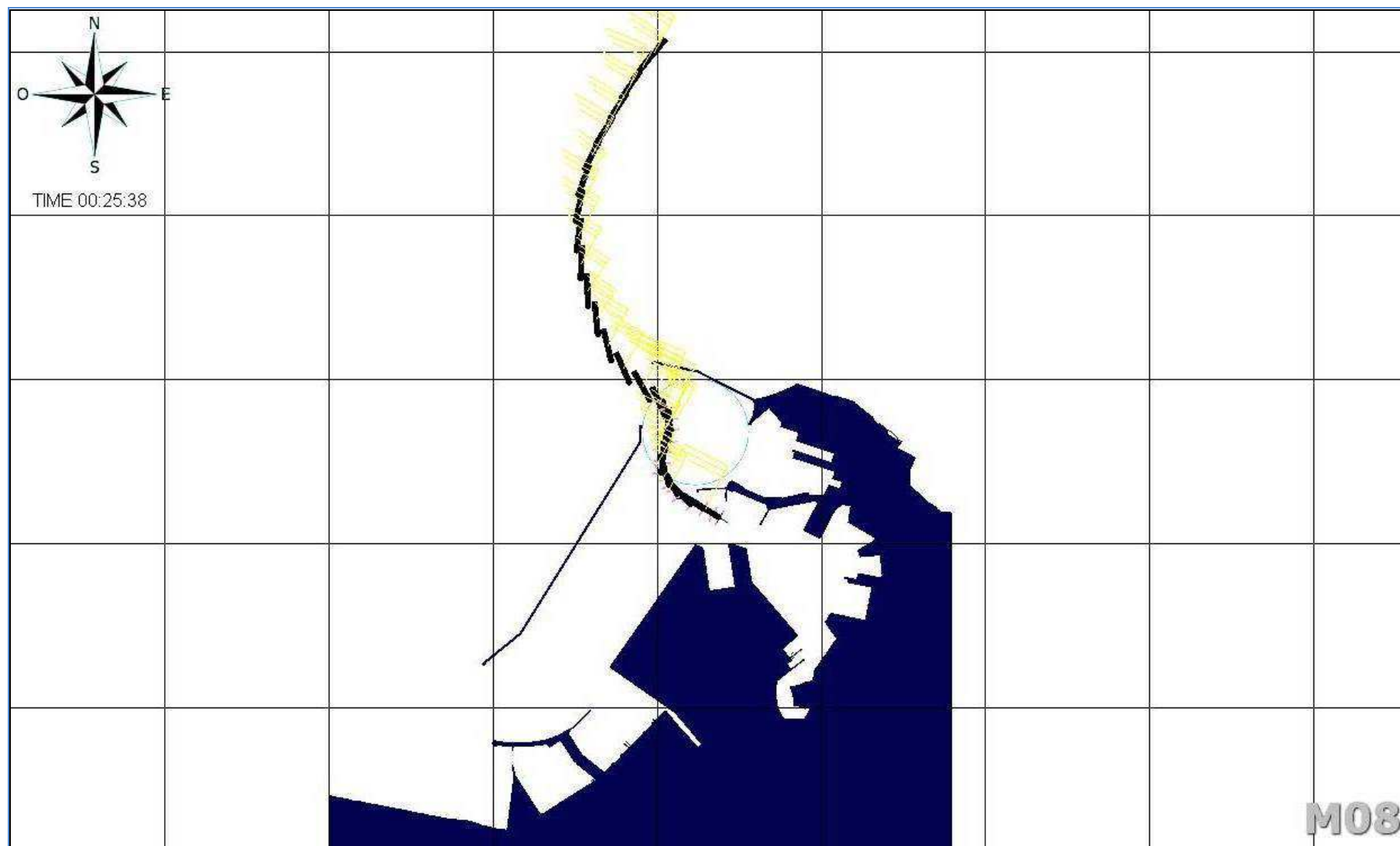
Studio di navigabilità nel nuovo Porto di Ancona, ad opere di
sopraflutto completate, con e senza demolizione di 100 m del Molo
Nord

11768

00° 55' 95"



M07 – Manovra di ingresso eseguita dalla nave mercantile con vento da N di 25 kn, mare associato e corrente di 2 nodi – Molo Nord demolito di 100 m

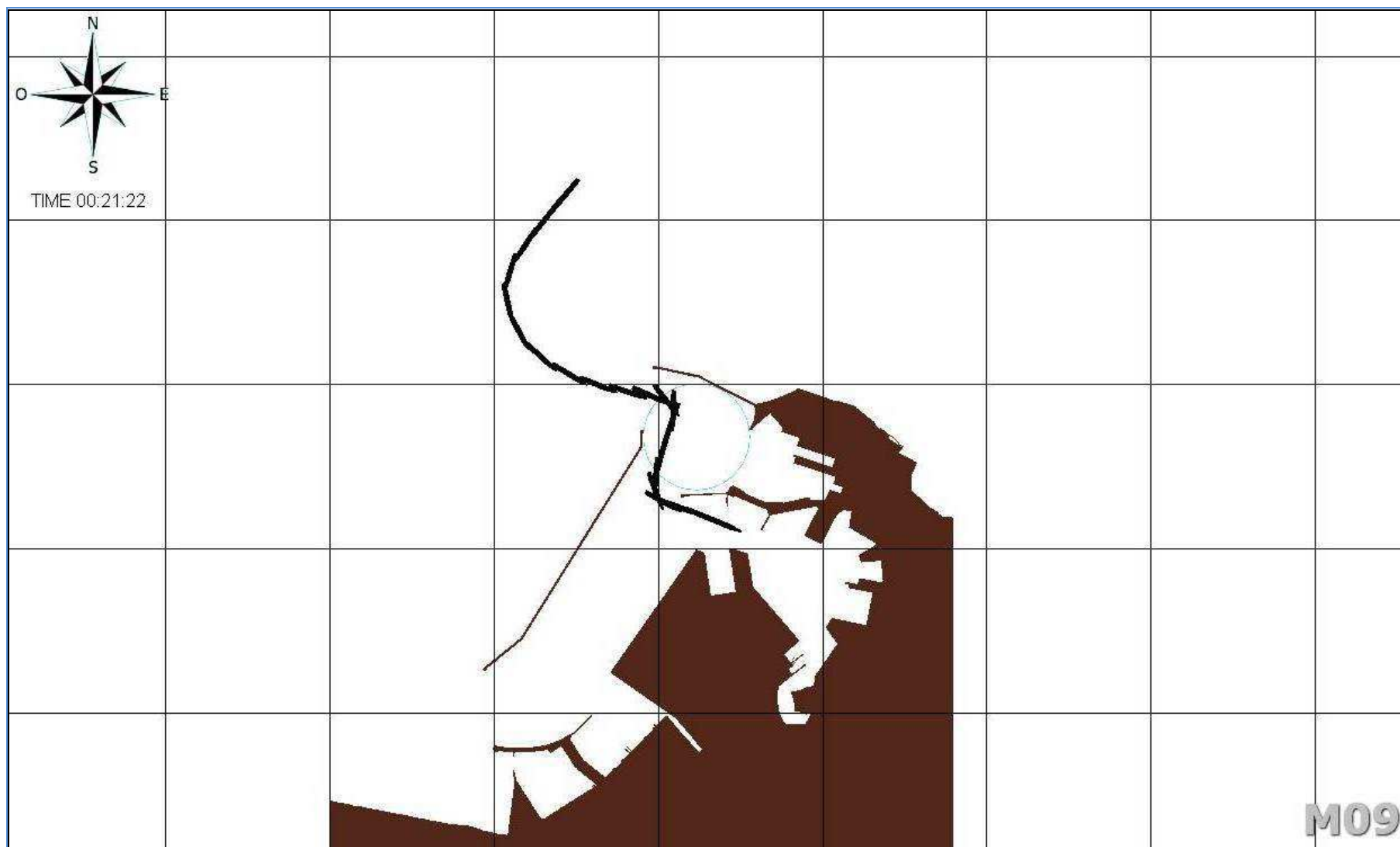


M08 – Manovra di ingresso eseguita dalla nave mercantile con vento da NE di 25 kn, mare associato e corrente di 2 nodi – Molo Nord demolito di 100 m

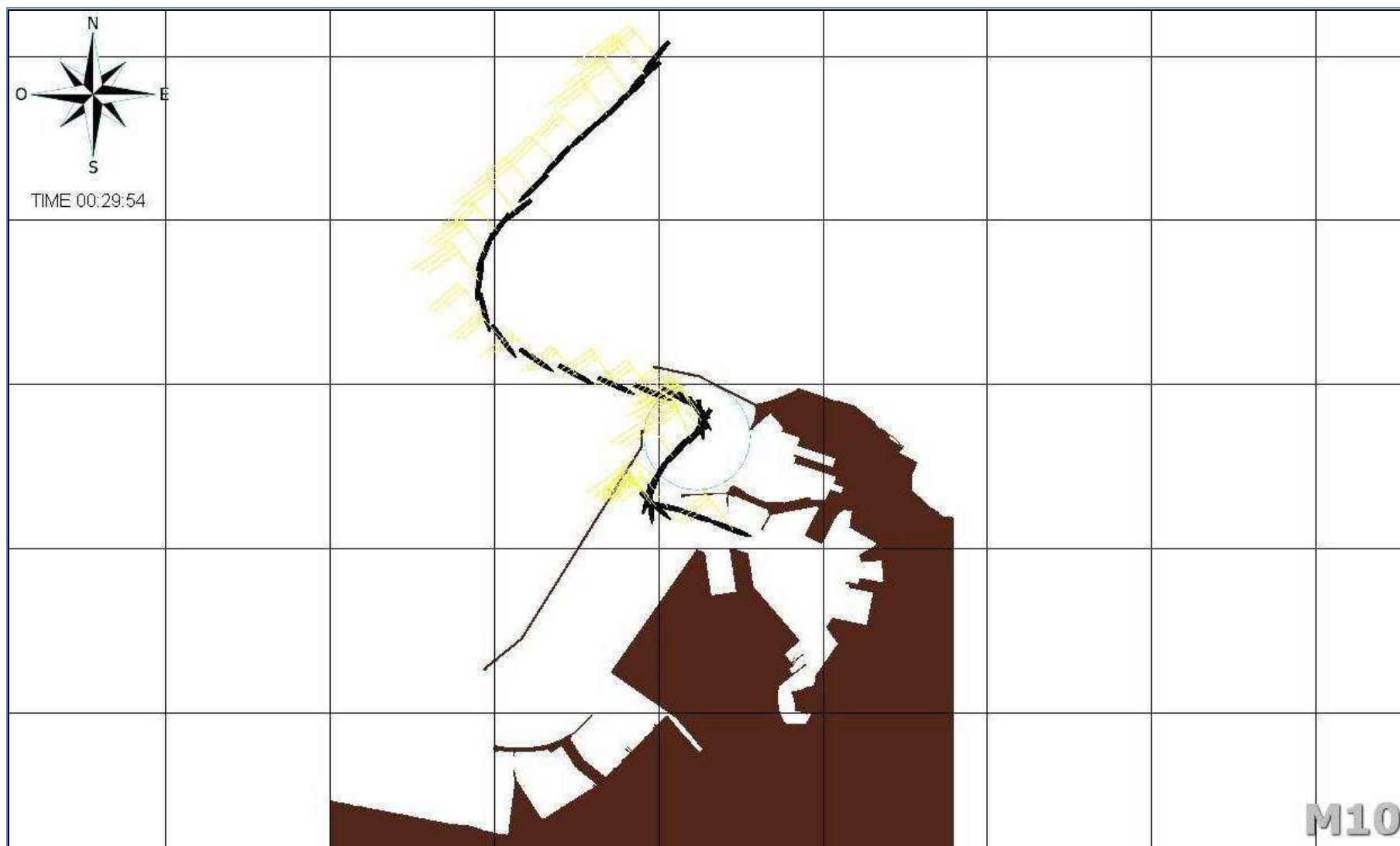
Studio di navigabilità nel nuovo Porto di Ancona, ad opere di
sopraflutto completate, con e senza demolizione di 100 m del Molo
Nord

11768

00' 57" 05



M09 – Manovra di ingresso eseguita dalla nave da crociera in calma di mare e di vento e corrente di 1 nodo – Molo Nord attuale

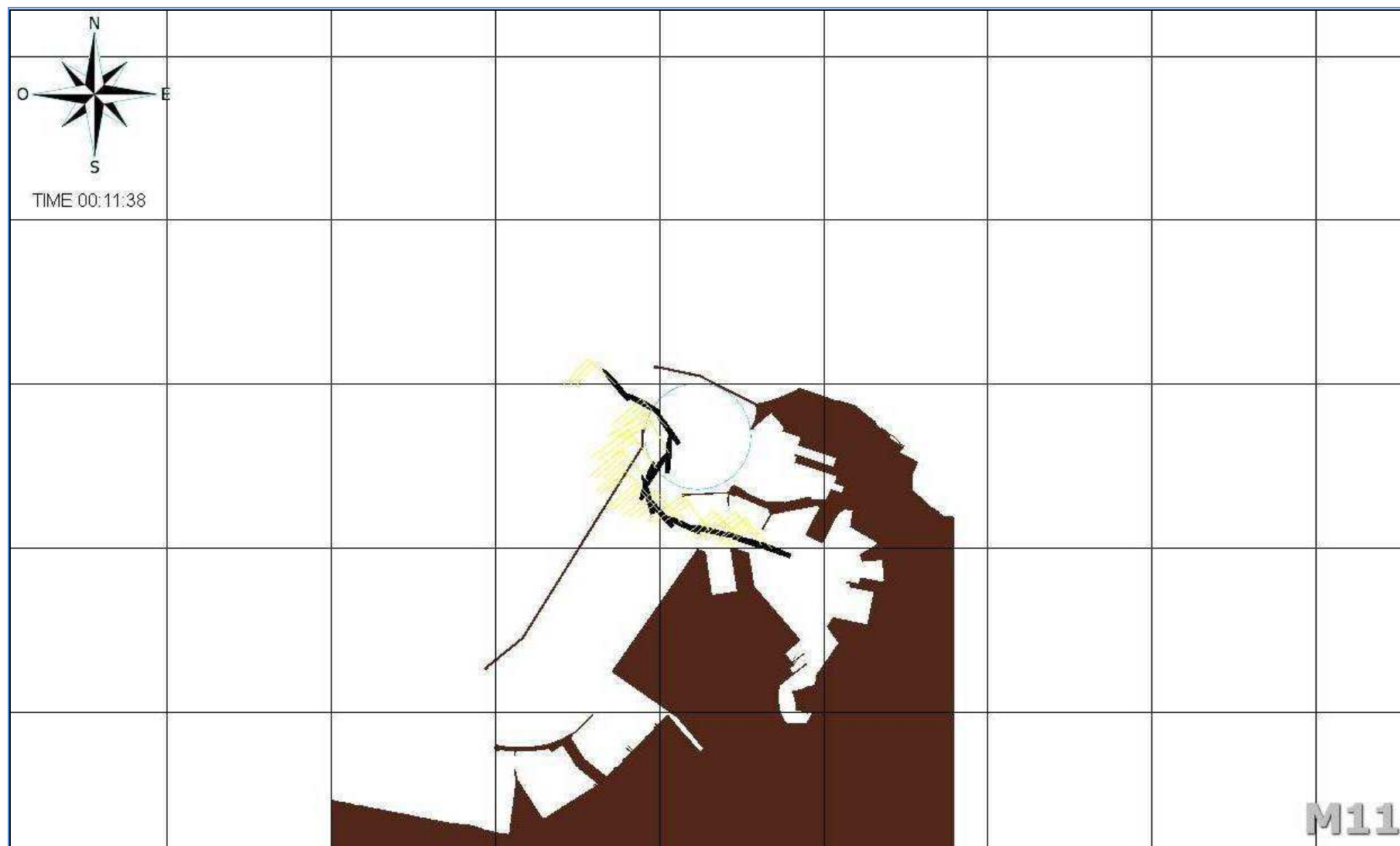


M10 – Manovra di ingresso eseguita dalla nave da crociera con vento da NW di 25 kn, mare associato e corrente di 2 nodi – Molo Nord attuale

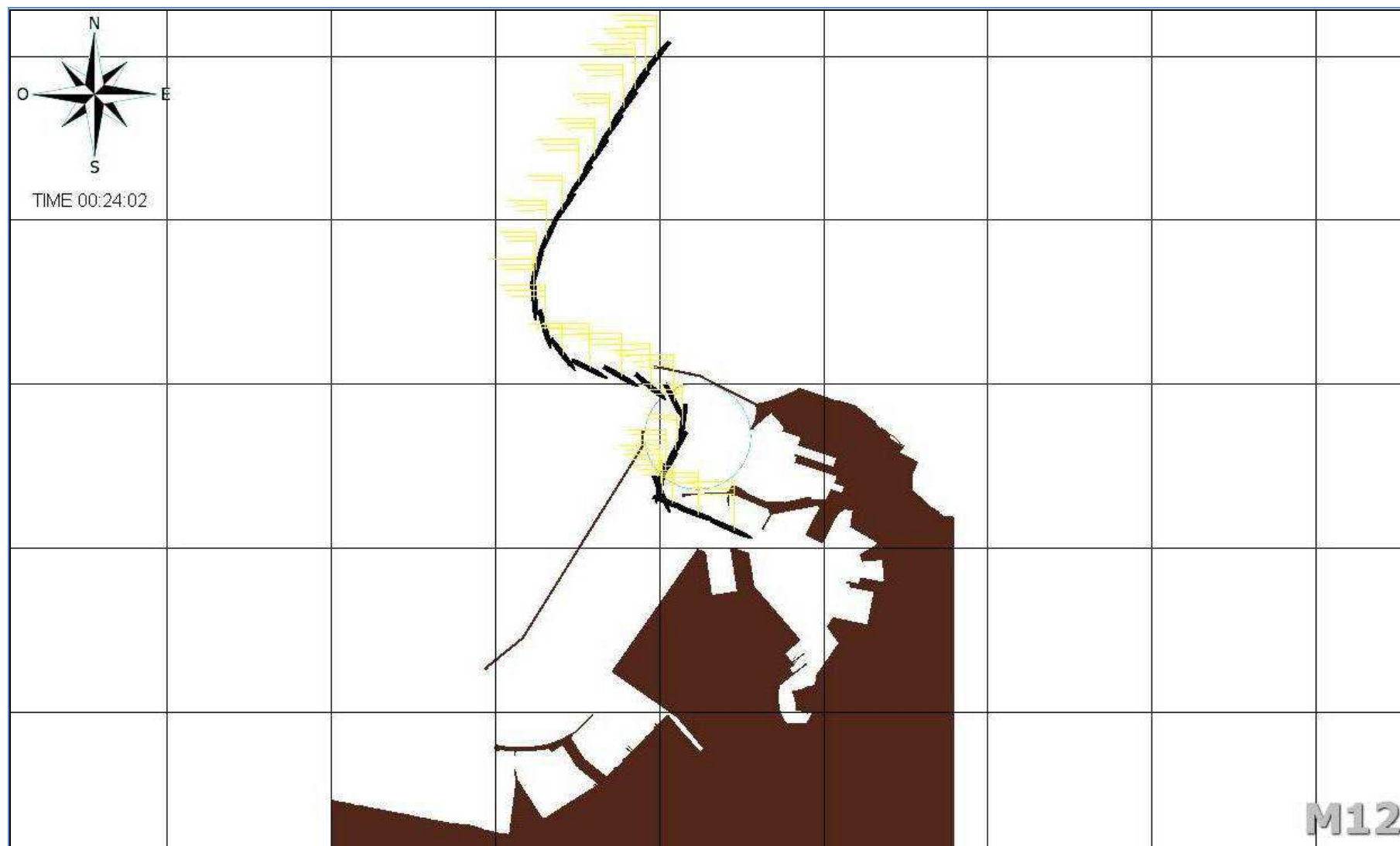
Studio di navigabilità nel nuovo Porto di Ancona, ad opere di
sopraflutto completate, con e senza demolizione di 100 m del Molo
Nord

11768

59/95



M11 – Manovra di uscita eseguita dalla nave da crociera con vento da NW di 25 kn, mare associato e corrente di 2 nodi – Molo Nord attuale

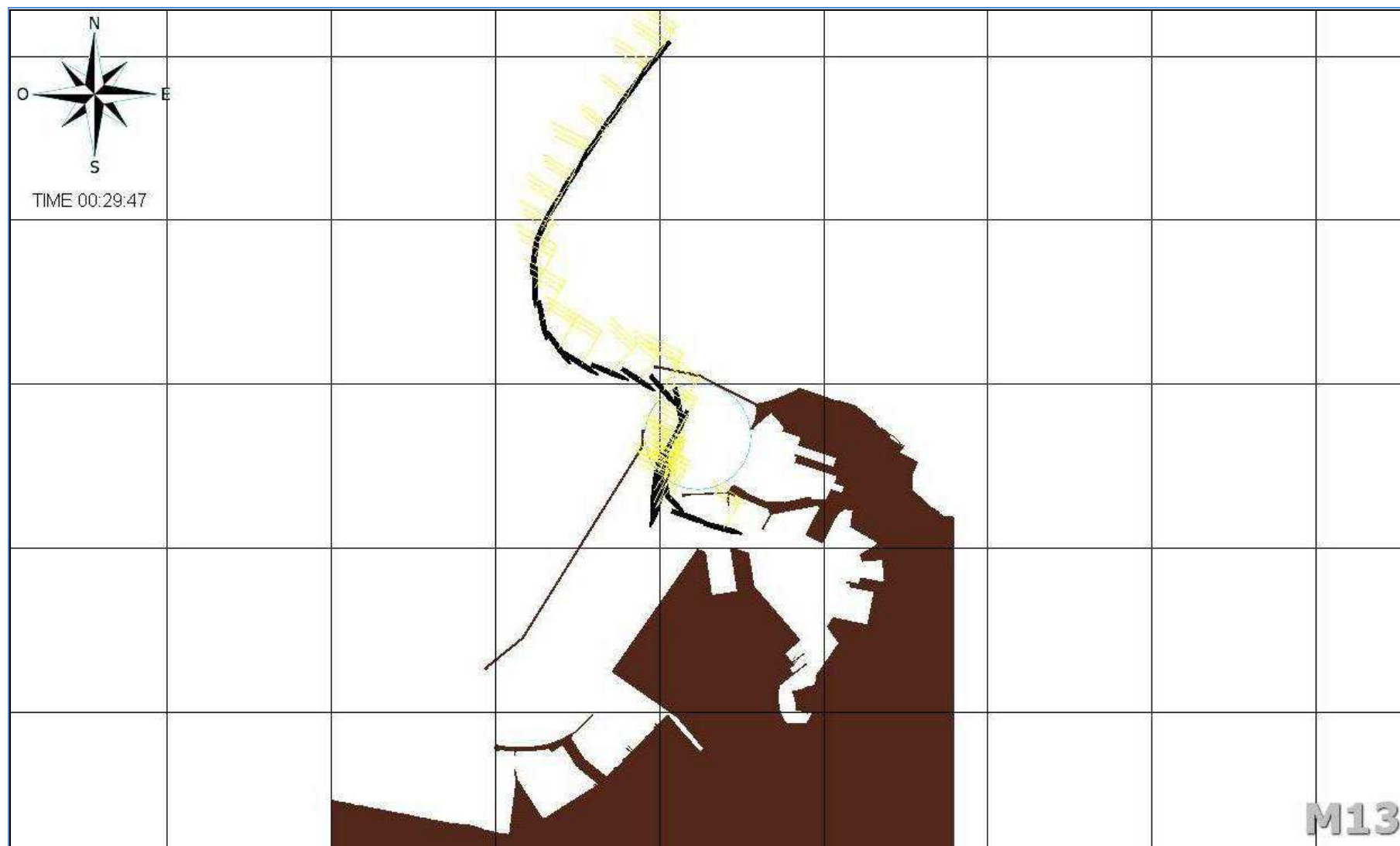


M12 – Manovra di ingresso eseguita dalla nave da crociera con vento da N di 25 kn, mare associato e corrente di 2 nodi – Molo Nord attuale

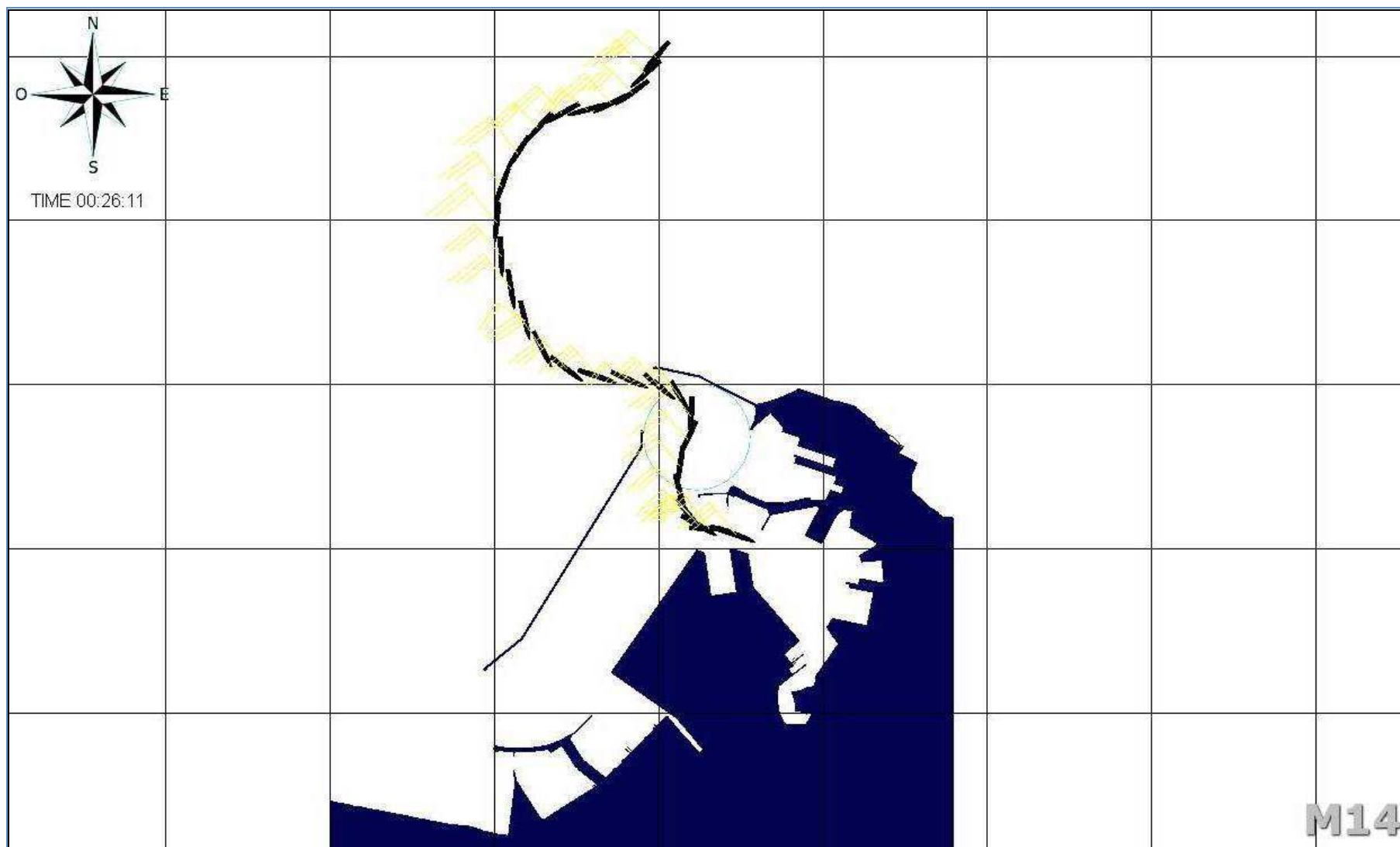
Studio di navigabilità nel nuovo Porto di Ancona, ad opere di
sopraflutto completate, con e senza demolizione di 100 m del Molo
Nord

11768

61/95



M13 – Manovra di ingresso eseguita dalla nave da crociera con vento da NE di 25 kn, mare associato e corrente di 2 nodi – Molo Nord attuale

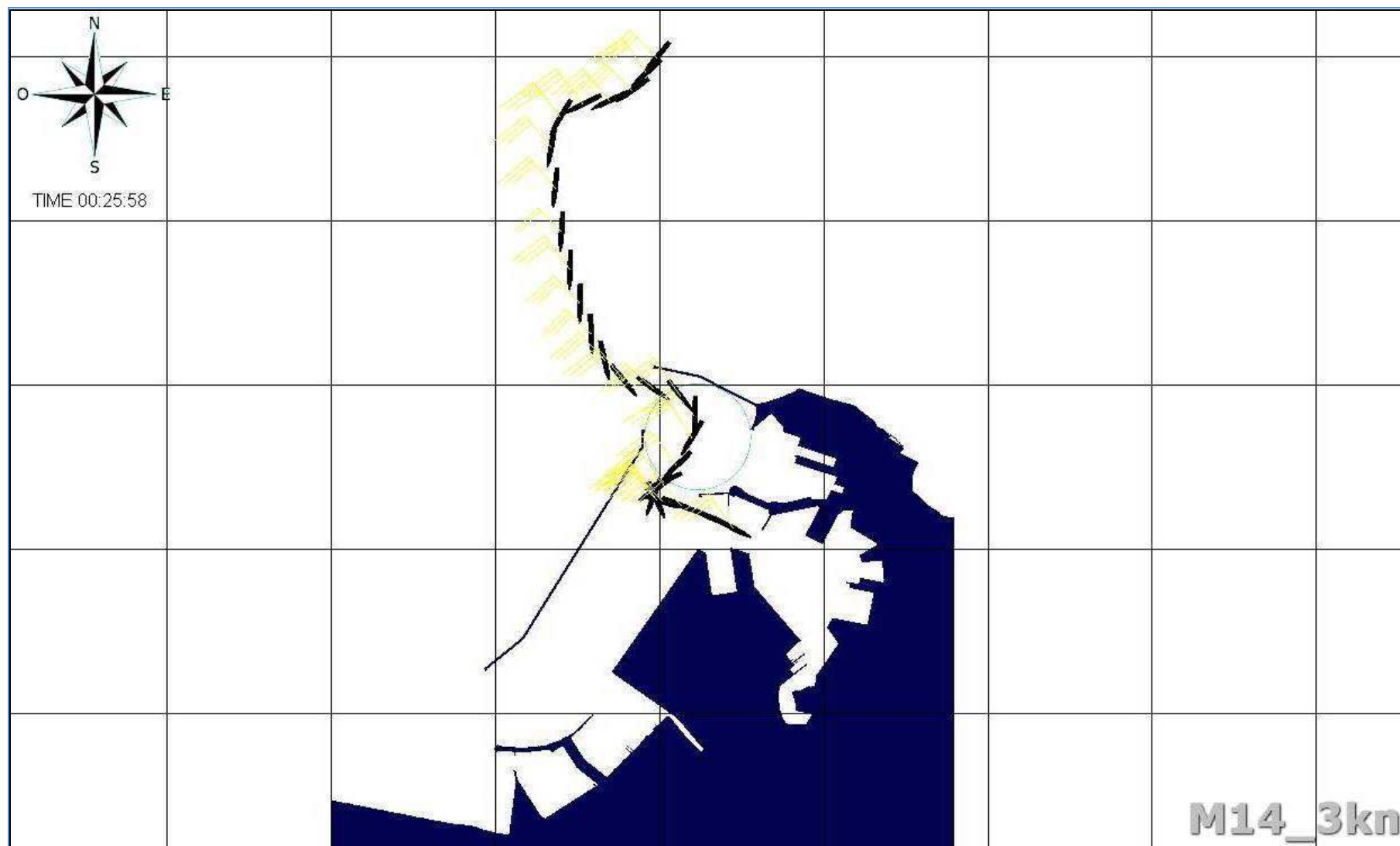


M14 – Manovra di ingresso eseguita dalla nave da crociera con vento da NW di 25 kn, mare associato e corrente di 2 nodi – Molo Nord demolito di 100 m

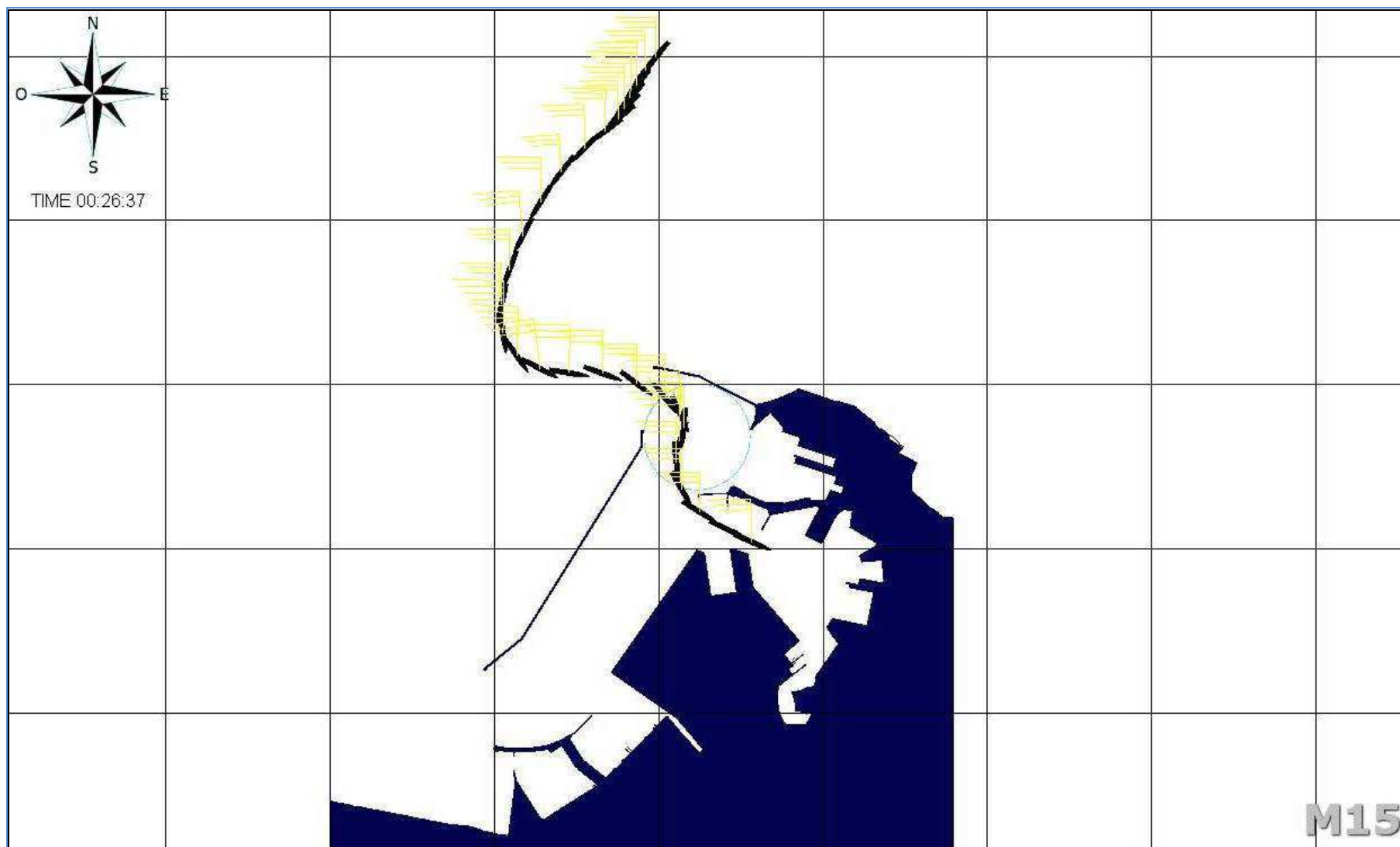
Studio di navigabilità nel nuovo Porto di Ancona, ad opere di
sopraflutto completate, con e senza demolizione di 100 m del Molo
Nord

11768

63195



M14_3kn – Manovra di ingresso eseguita dalla nave da crociera con vento da NW di 25 kn, mare associato e corrente di 3 nodi – Molo Nord demolito di 100 m

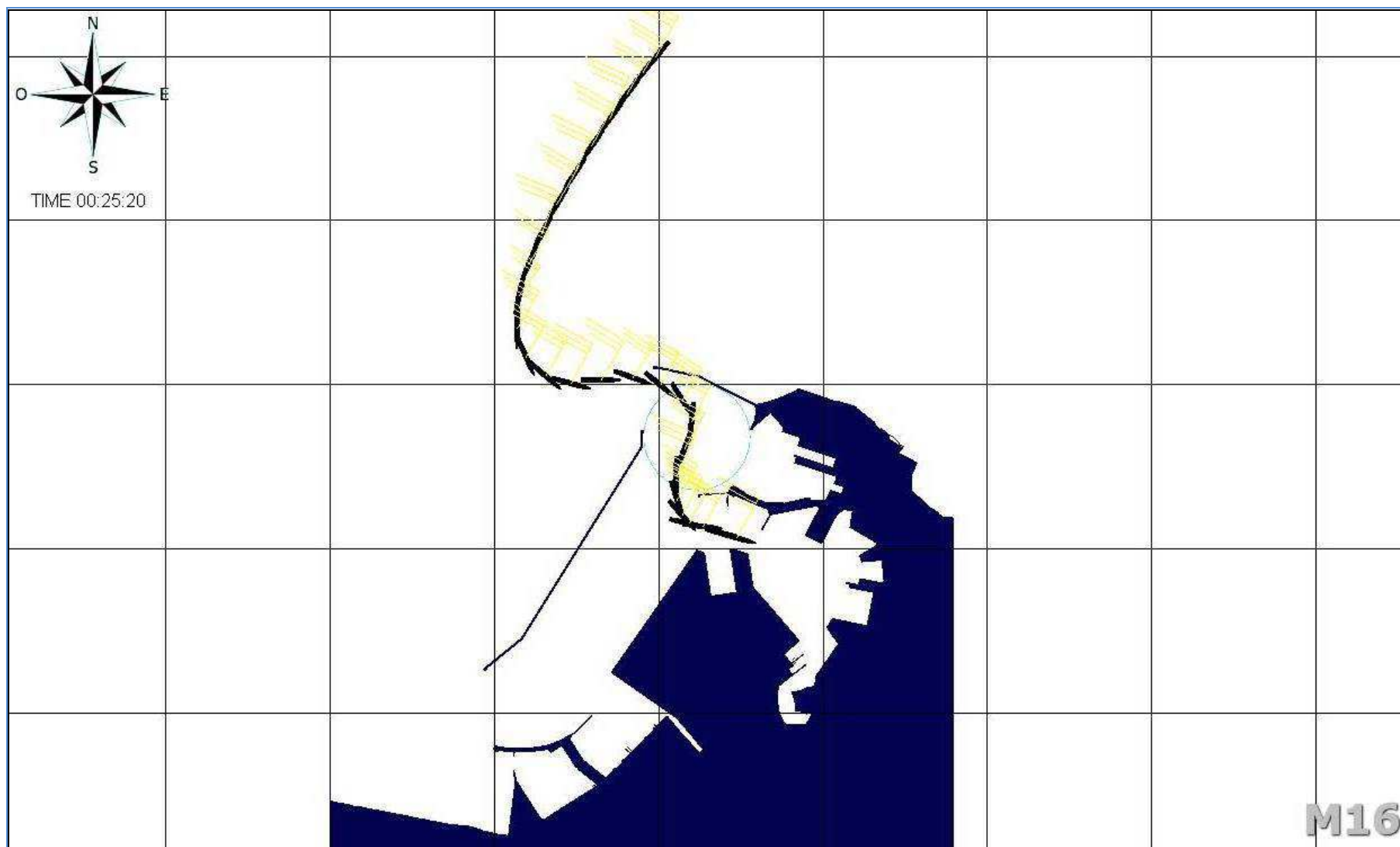


M15 – Manovra di ingresso eseguita dalla nave da crociera con vento da N di 25 kn, mare associato e corrente di 2 nodi – Molo Nord demolito di 100 m

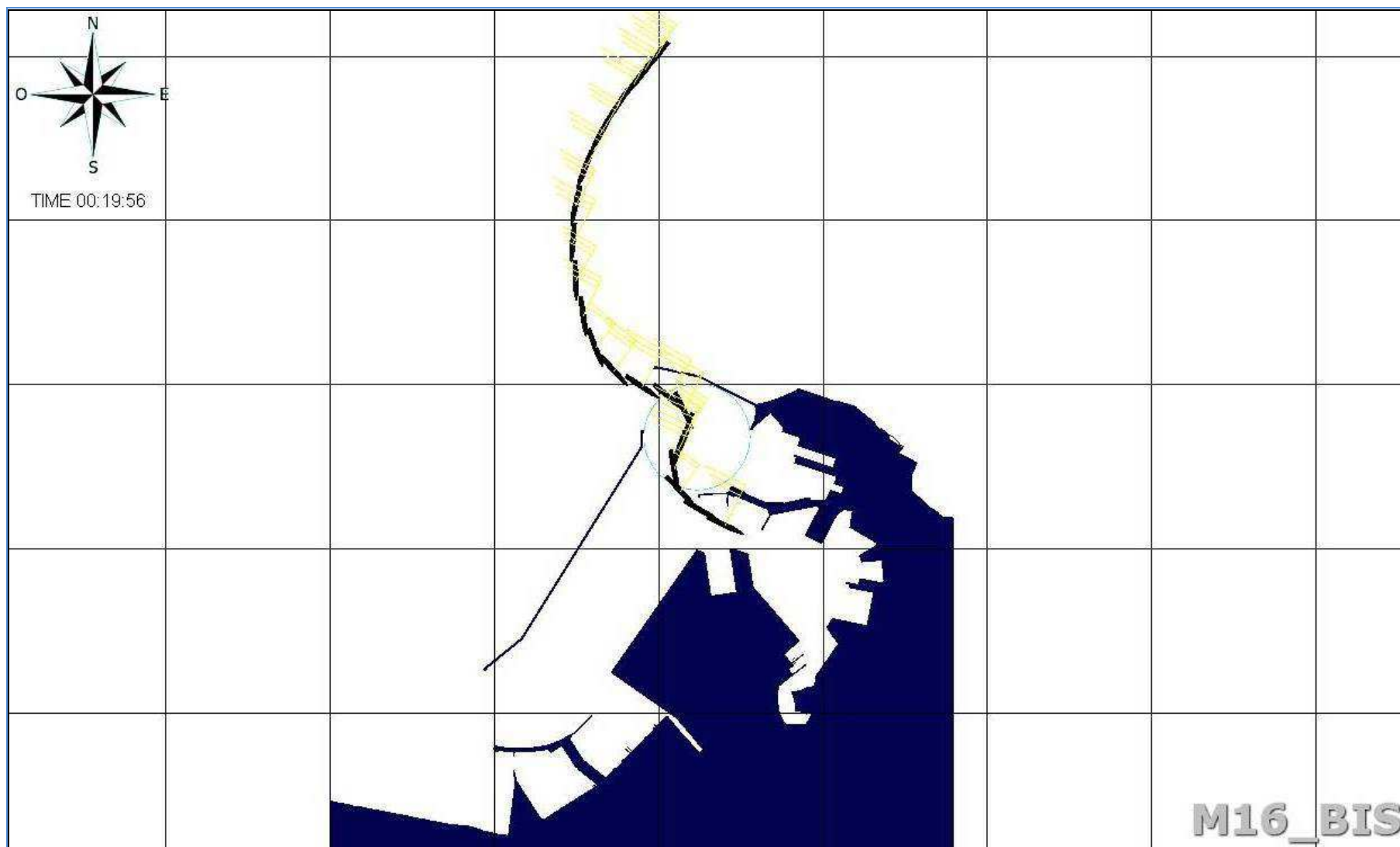
Studio di navigabilità nel nuovo Porto di Ancona, ad opere di
sopraflutto completate, con e senza demolizione di 100 m del Molo
Nord

11768

00° 65' 95"



M16 – Manovra di ingresso eseguita dalla nave da crociera con vento da NE di 25 kn, mare associato e corrente di 2 nodi – Molo Nord demolito di 100 m

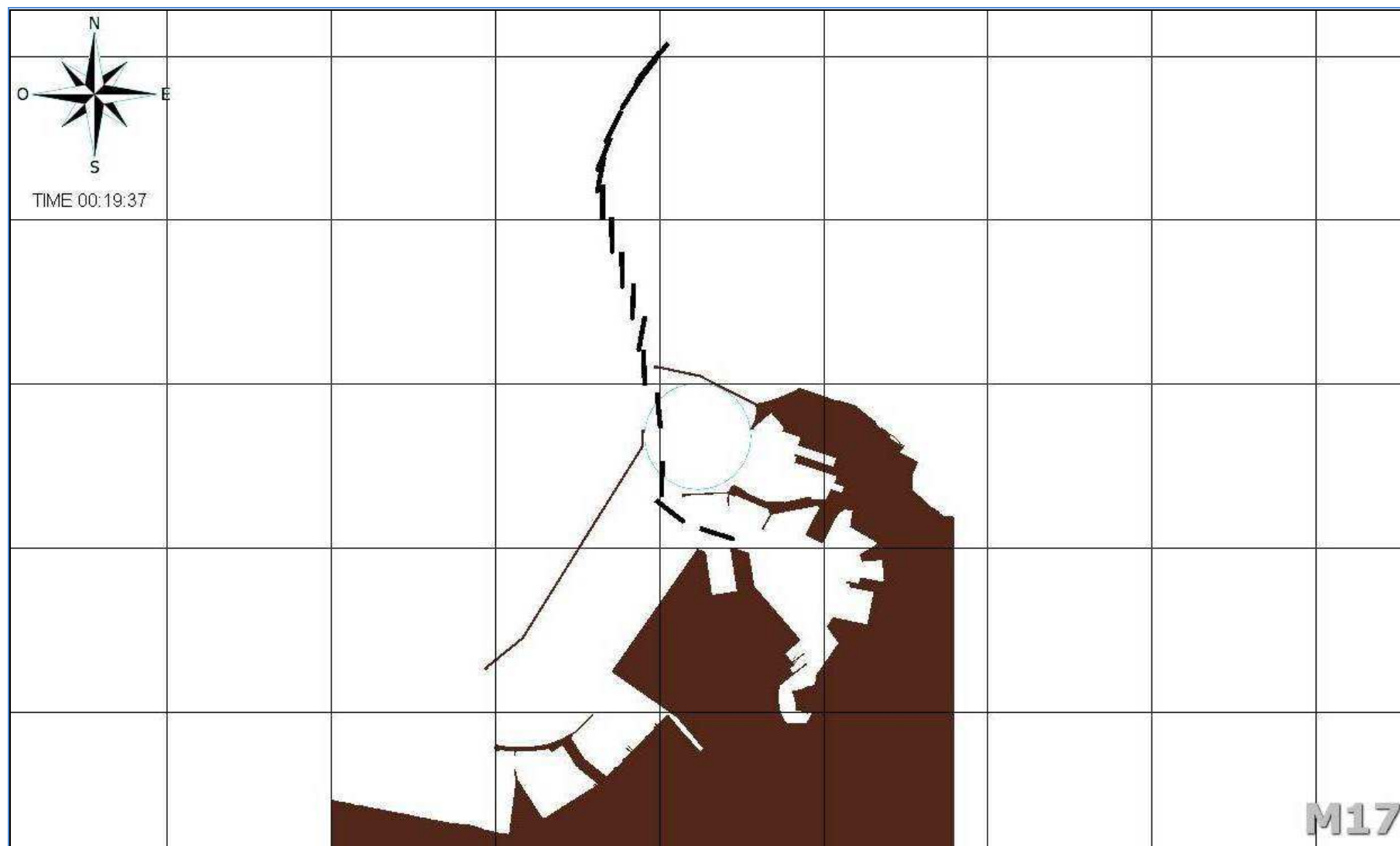


M16_BIS – Manovra di ingresso eseguita dalla nave da crociera con vento da NE di 25 kn, mare associato e corrente di 2 nodi – Molo Nord demolito di 100 m

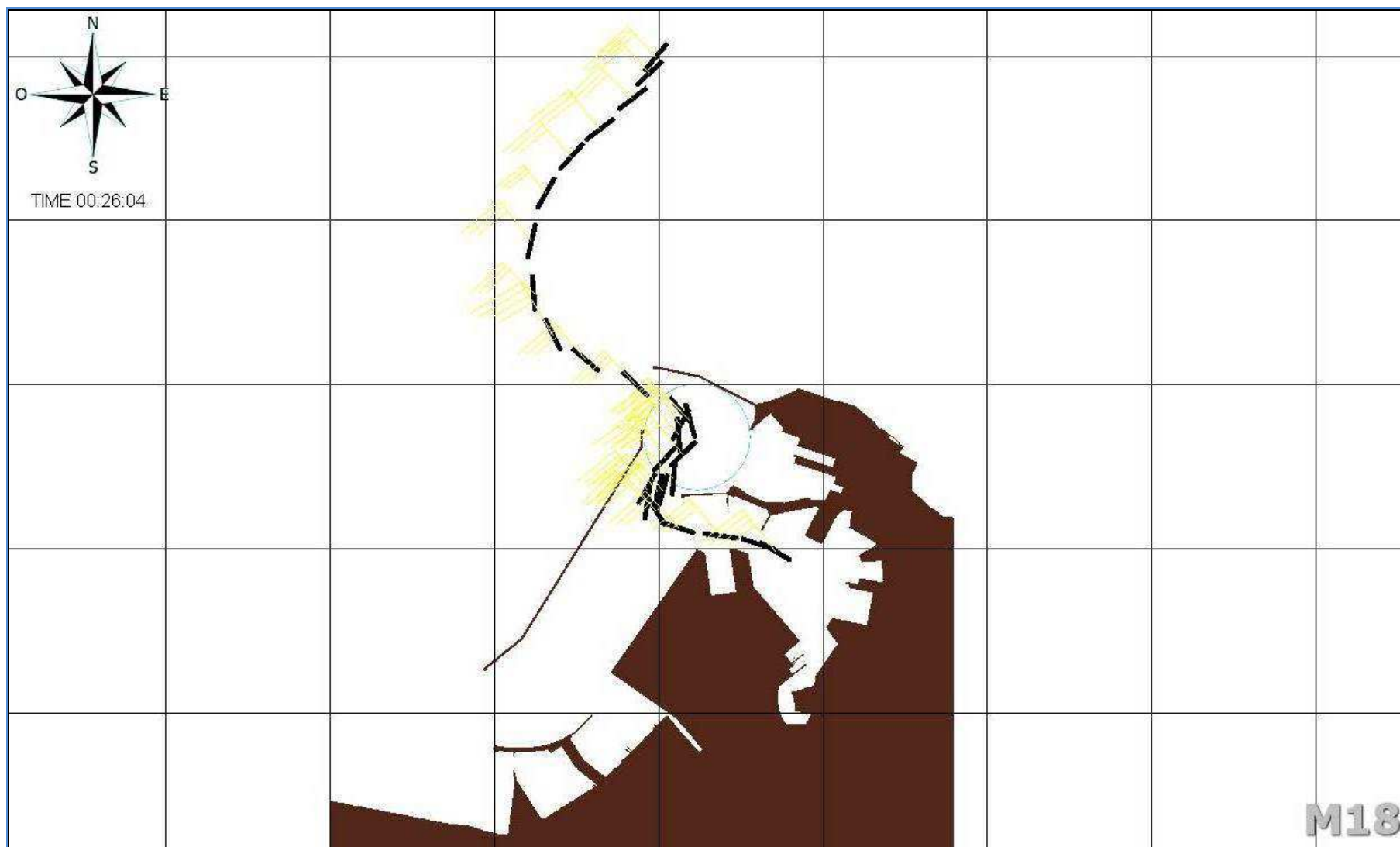
Studio di navigabilità nel nuovo Porto di Ancona, ad opere di
sopraflutto completate, con e senza demolizione di 100 m del Molo
Nord

11768

67/195



M17 – Manovra di ingresso eseguita dalla nave traghetto in calma di mare e di vento e corrente di 3 nodi – Molo Nord attuale

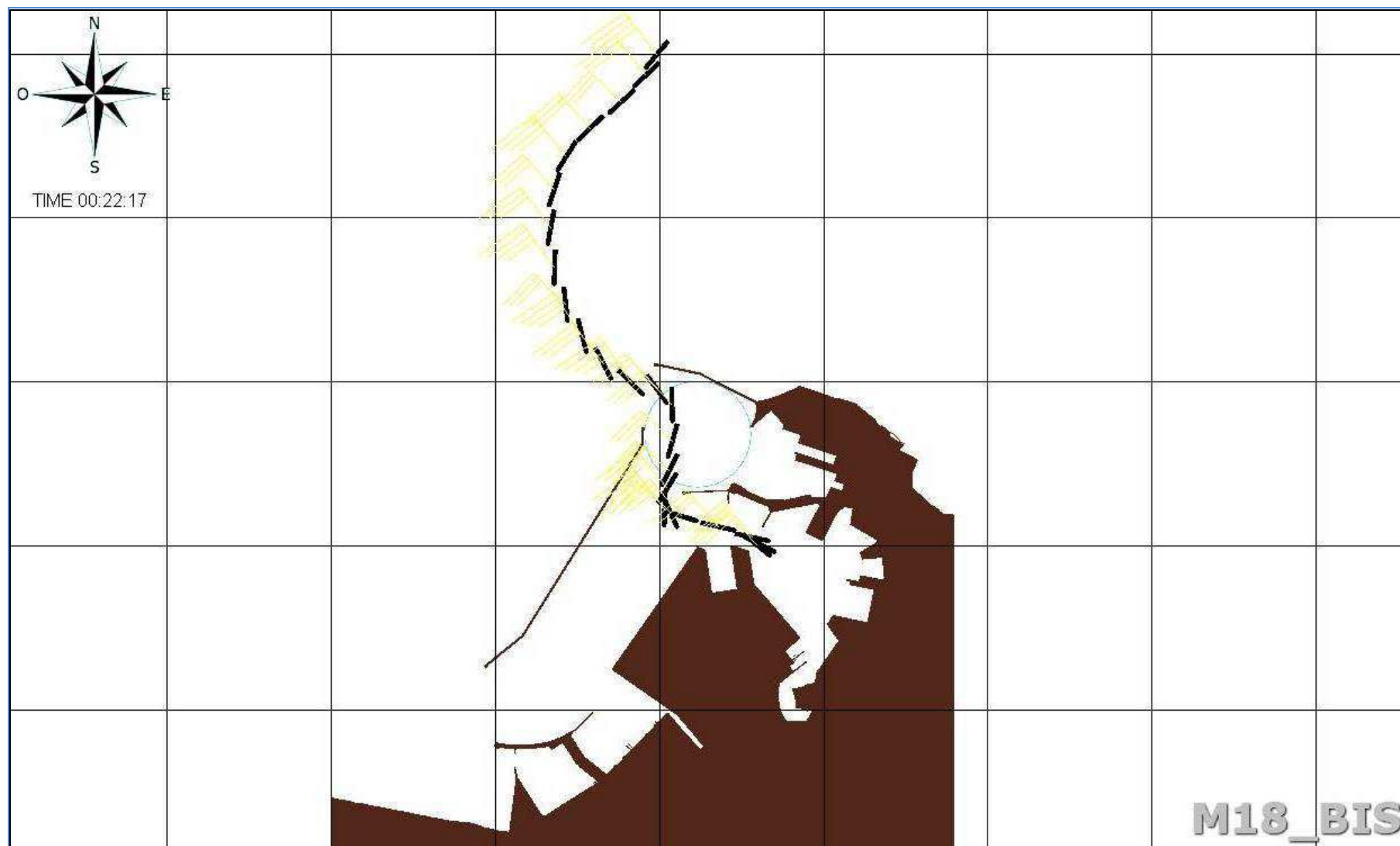


M18 – Manovra di ingresso eseguita dalla nave traghetto con vento da NW di 30 kn, mare associato e corrente di 3 nodi – Molo Nord attuale

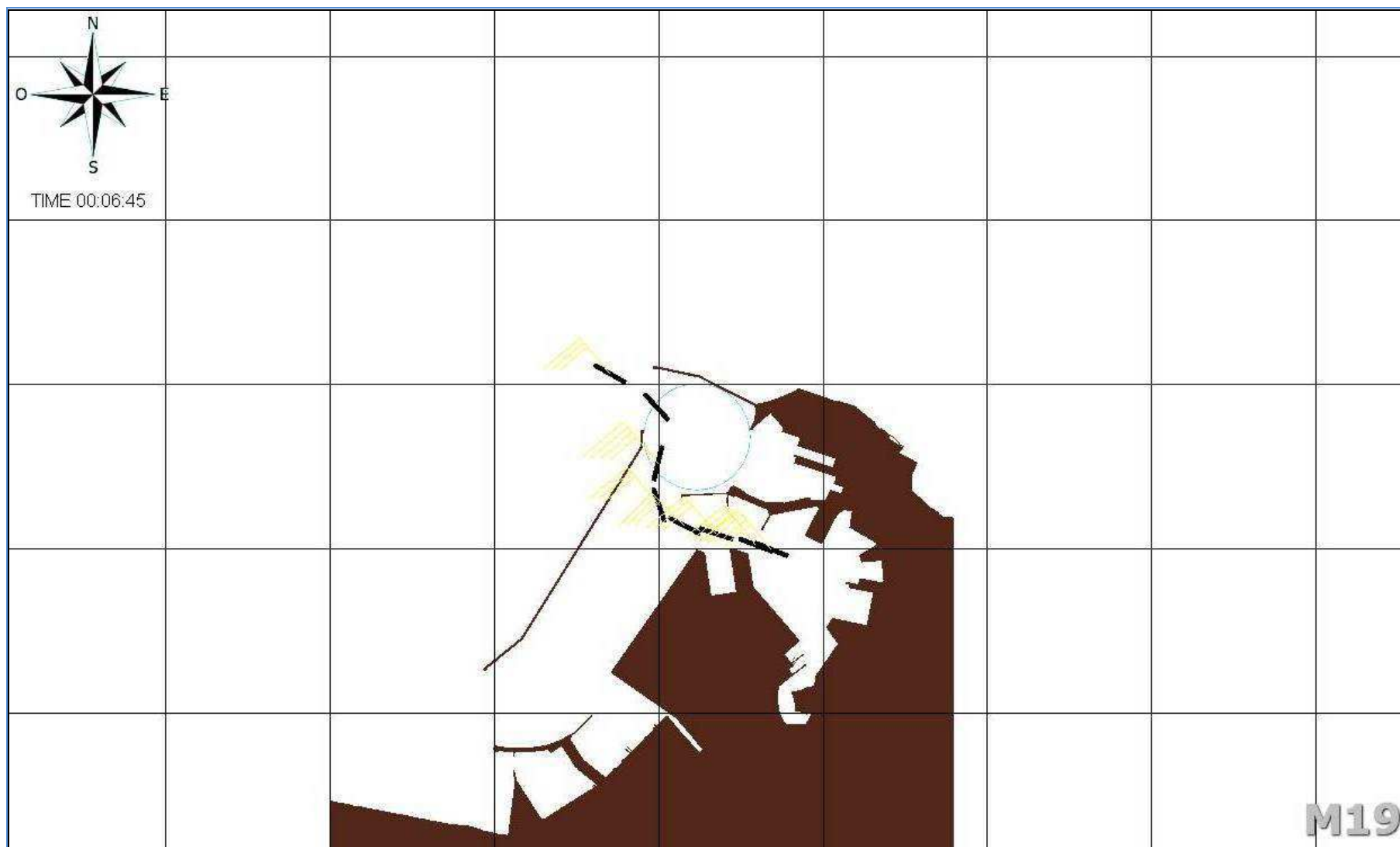
Studio di navigabilità nel nuovo Porto di Ancona, ad opere di
sopraflutto completate, con e senza demolizione di 100 m del Molo
Nord

11768

69/95



M18_BIS – Manovra di ingresso eseguita dalla nave traghetto con vento da NW di 30 kn, mare associato e corrente di 3 nodi – Molo Nord attuale

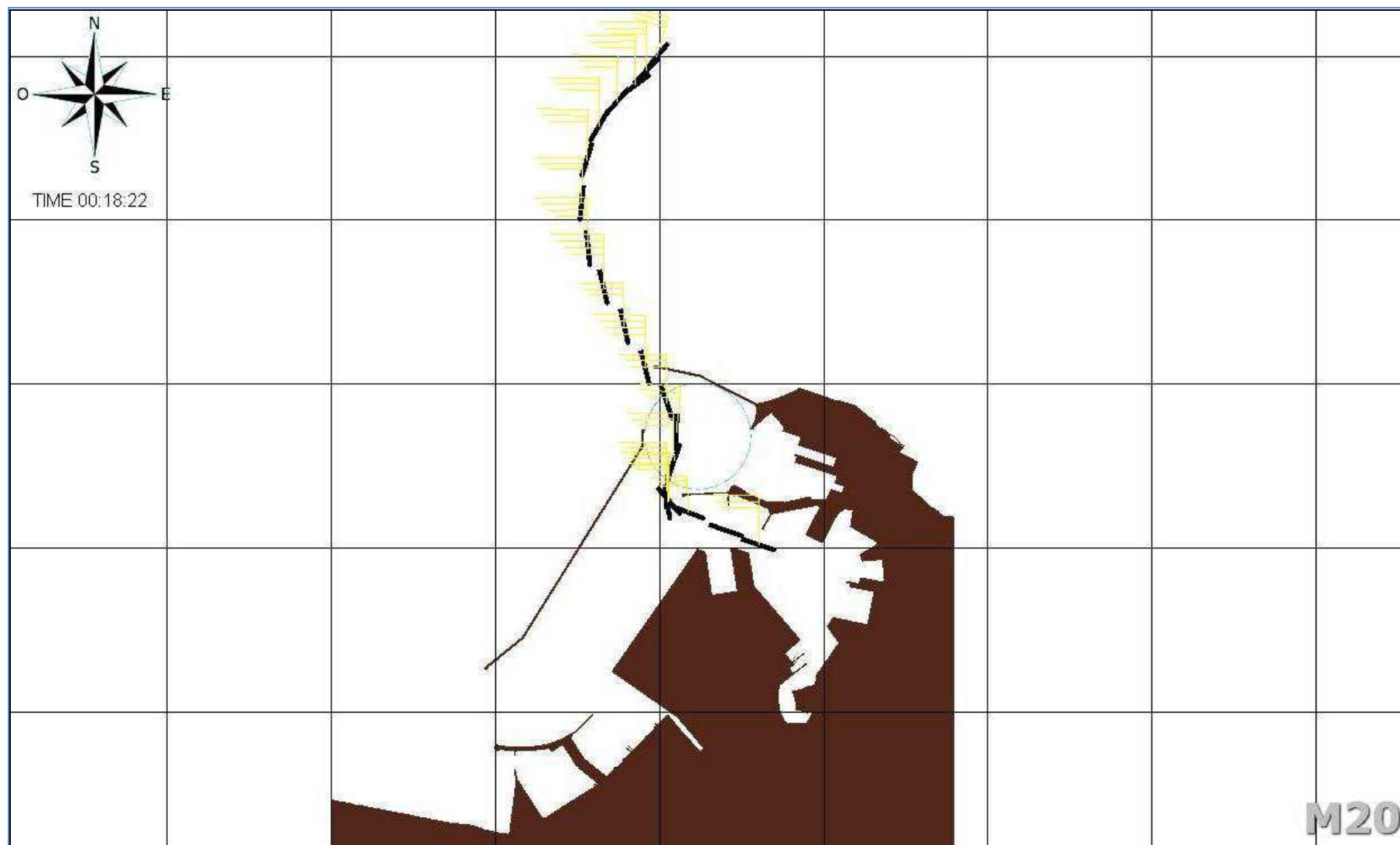


M19 – Manovra di uscita eseguita dalla nave traghetto con vento da NW di 30 kn, mare associato e corrente di 3 nodi – Molo Nord attuale

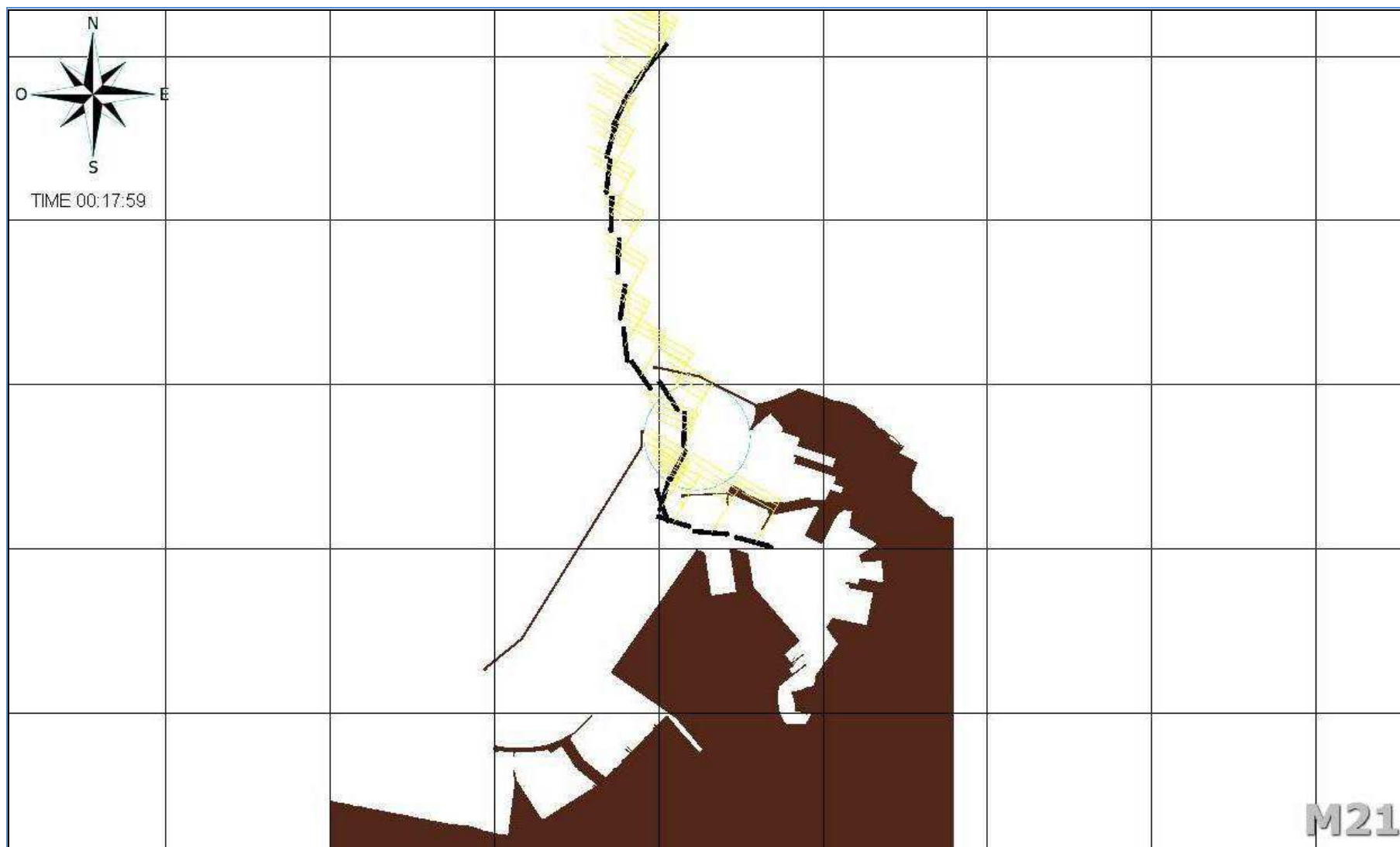
Studio di navigabilità nel nuovo Porto di Ancona, ad opere di
sopraflutto completate, con e senza demolizione di 100 m del Molo
Nord

11768

741/05



M20 – Manovra di ingresso eseguita dalla nave traghetti con vento da N di 30 kn, mare associato e corrente di 3 nodi – Molo Nord attuale

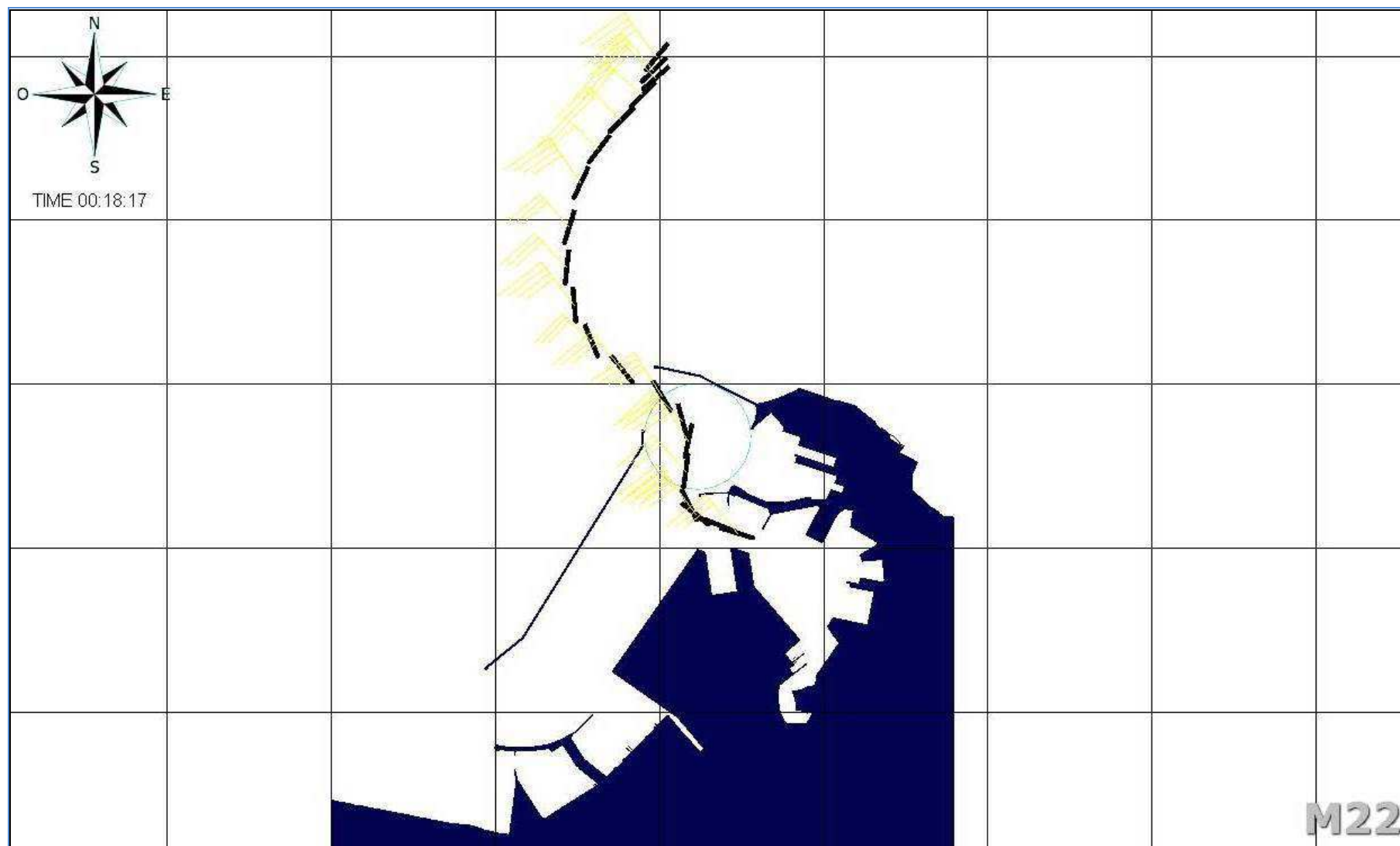


M20 – Manovra di ingresso eseguita dalla nave traghetto con vento da NE di 30 kn, mare associato e corrente di 3 nodi – Molo Nord attuale

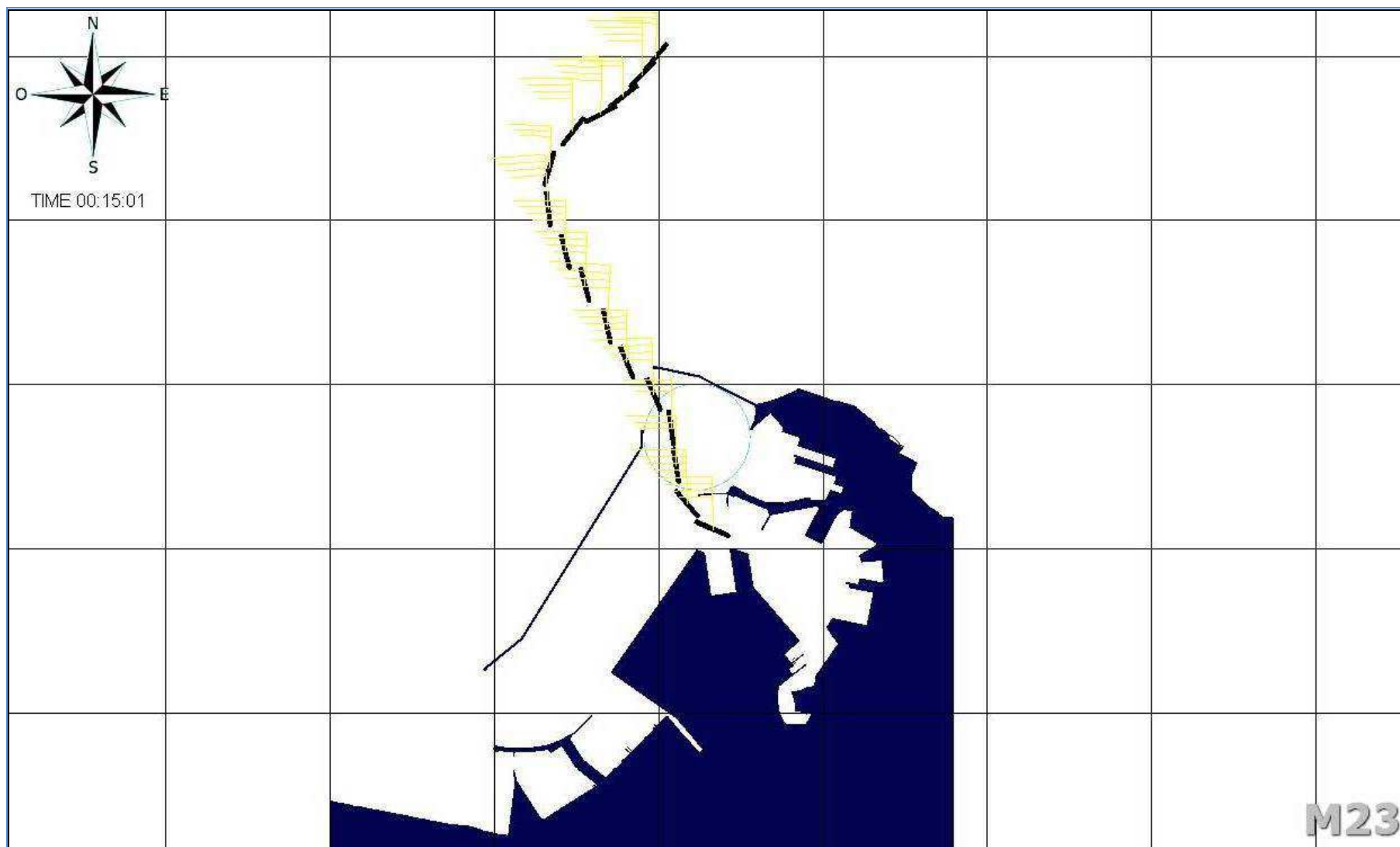
Studio di navigabilità nel nuovo Porto di Ancona, ad opere di
sopraflutto completate, con e senza demolizione di 100 m del Molo
Nord

11768

73/95



M22 – Manovra di ingresso eseguita dalla nave traghetto con vento da NW di 30 kn, mare associato e corrente di 3 nodi – Molo Nord demolito di 100 m

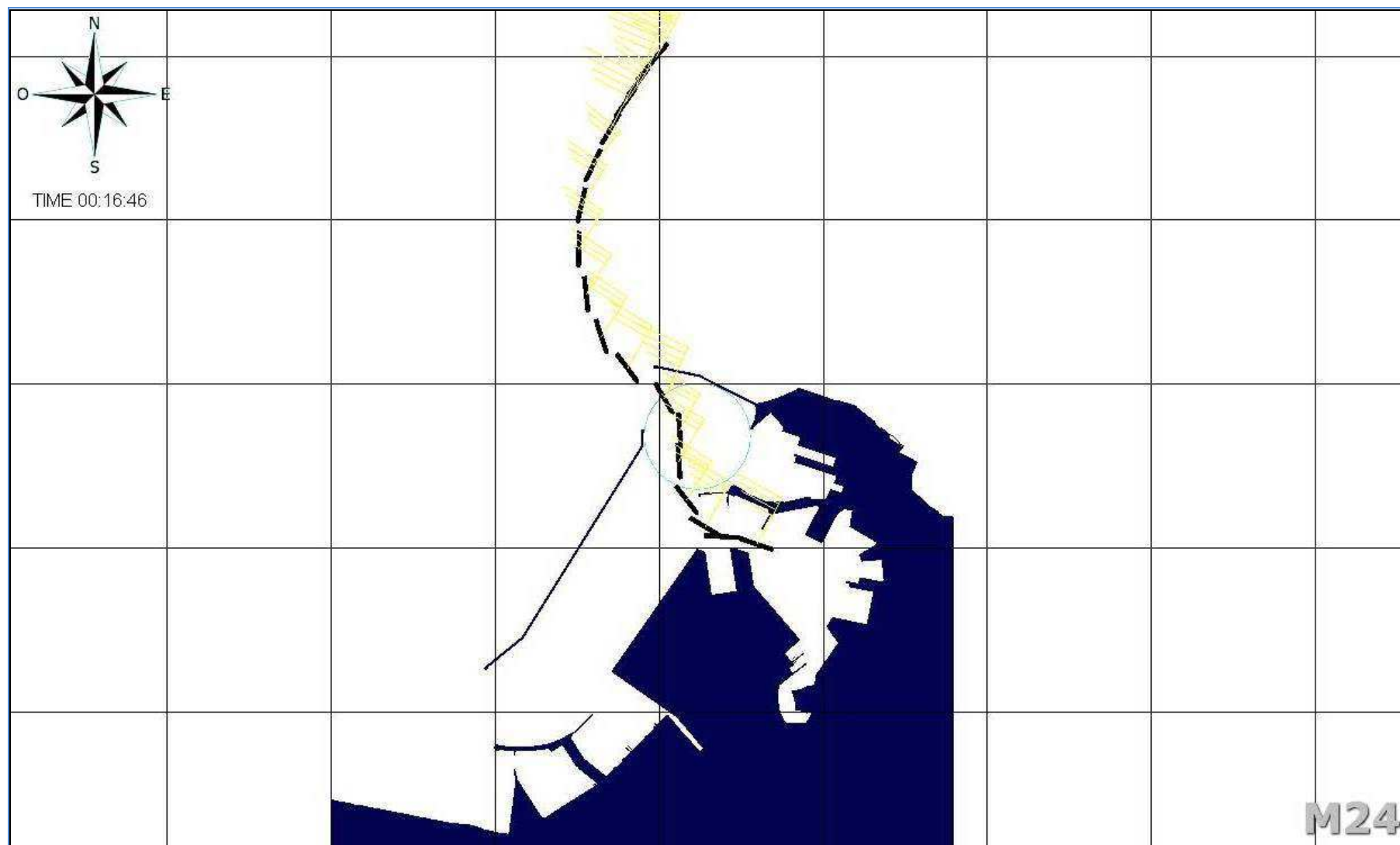


M22 – Manovra di ingresso eseguita dalla nave traghetto con vento da N di 30 kn, mare associato e corrente di 3 nodi – Molo Nord demolito di 100 m

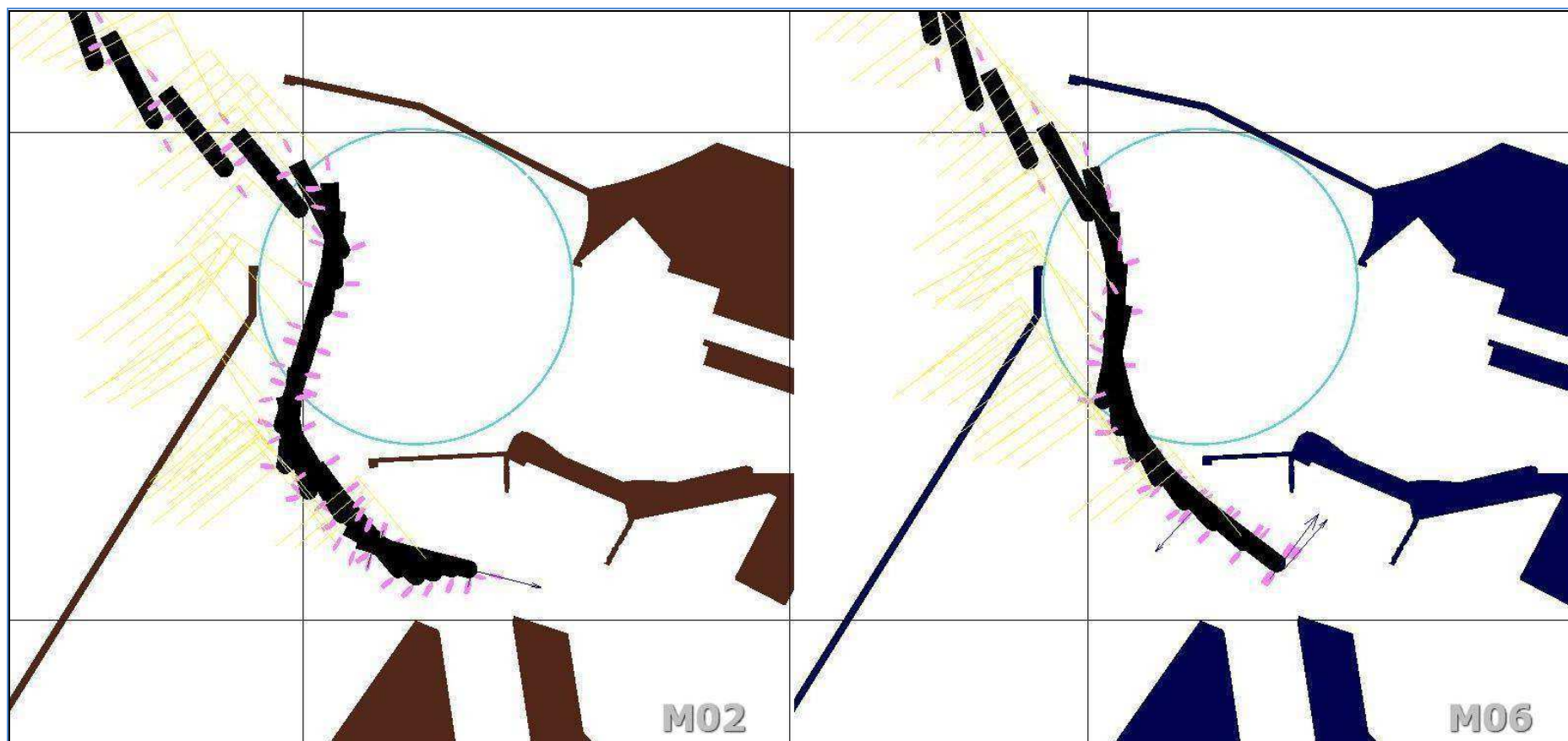
Studio di navigabilità nel nuovo Porto di Ancona, ad opere di
sopraflutto completate, con e senza demolizione di 100 m del Molo
Nord

11768

60° 75' 05"



M24 – Manovra di ingresso eseguita dalla nave traghetto con vento da NE di 30 kn, mare associato e corrente di 3 nodi – Molo Nord demolito di 100 m



M02 e M06 – Nave Mercantile - Confronto tra le manovre di ingresso in presenza di vento da NW di 25 kn, mare associato e corrente di 2 nodi – Molo Nord attuale (sin) e demolito (ds)

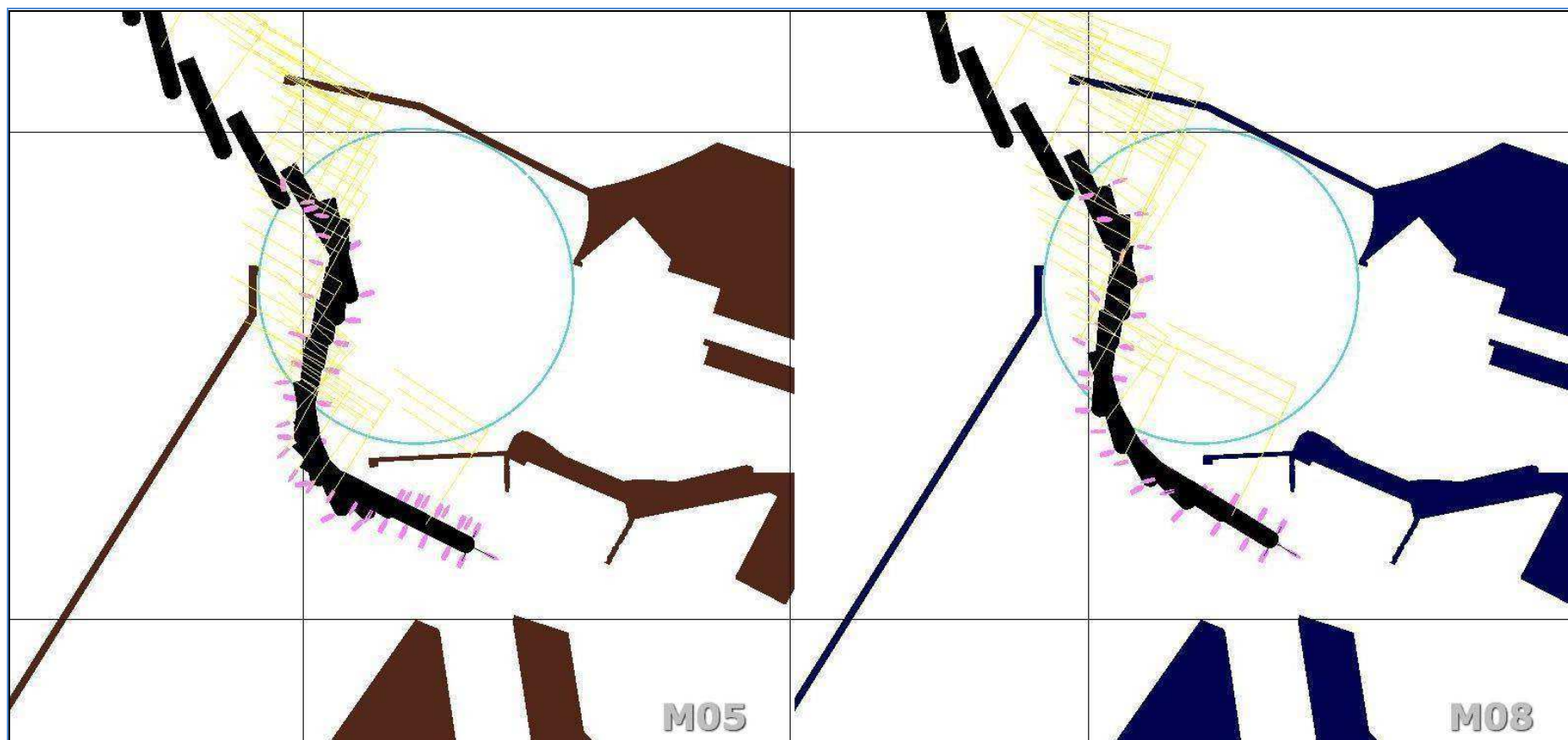
Studio di navigabilità nel nuovo Porto di Ancona, ad opere di
sopraflutto completate, con e senza demolizione di 100 m del Molo
Nord

11768

77/05



M04 e M07 – Nave Mercantile - Confronto tra le manovre di ingresso in presenza di vento da N di 25 kn, mare associato e corrente di 2 nodi – Molo Nord attuale (sin) e demolito (ds)

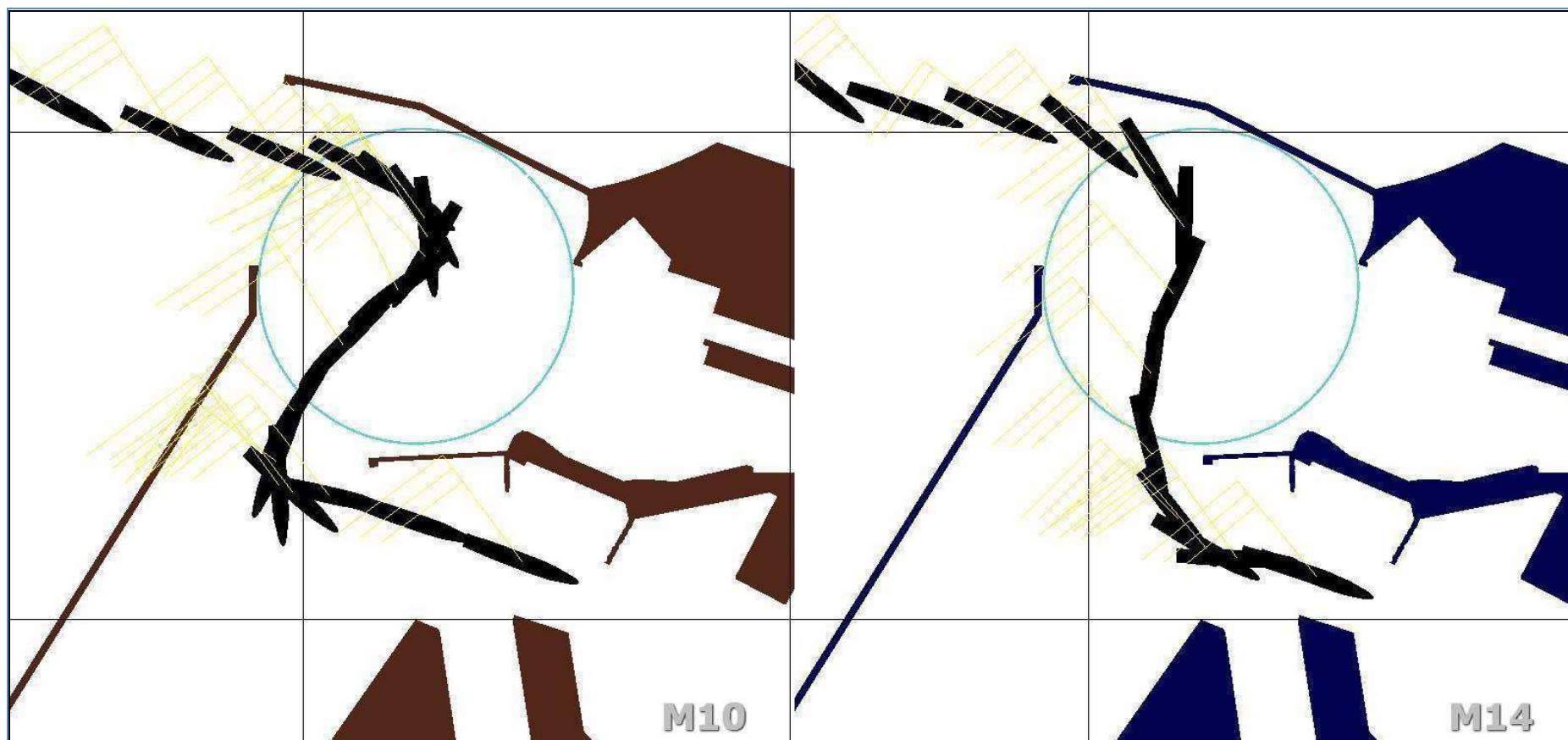


M05 e M08 – Nave Mercantile - Confronto tra le manovre di ingresso in presenza di vento da NE di 25 kn, mare associato e corrente di 2 nodi – Molo Nord attuale (sin) e demolito (ds)

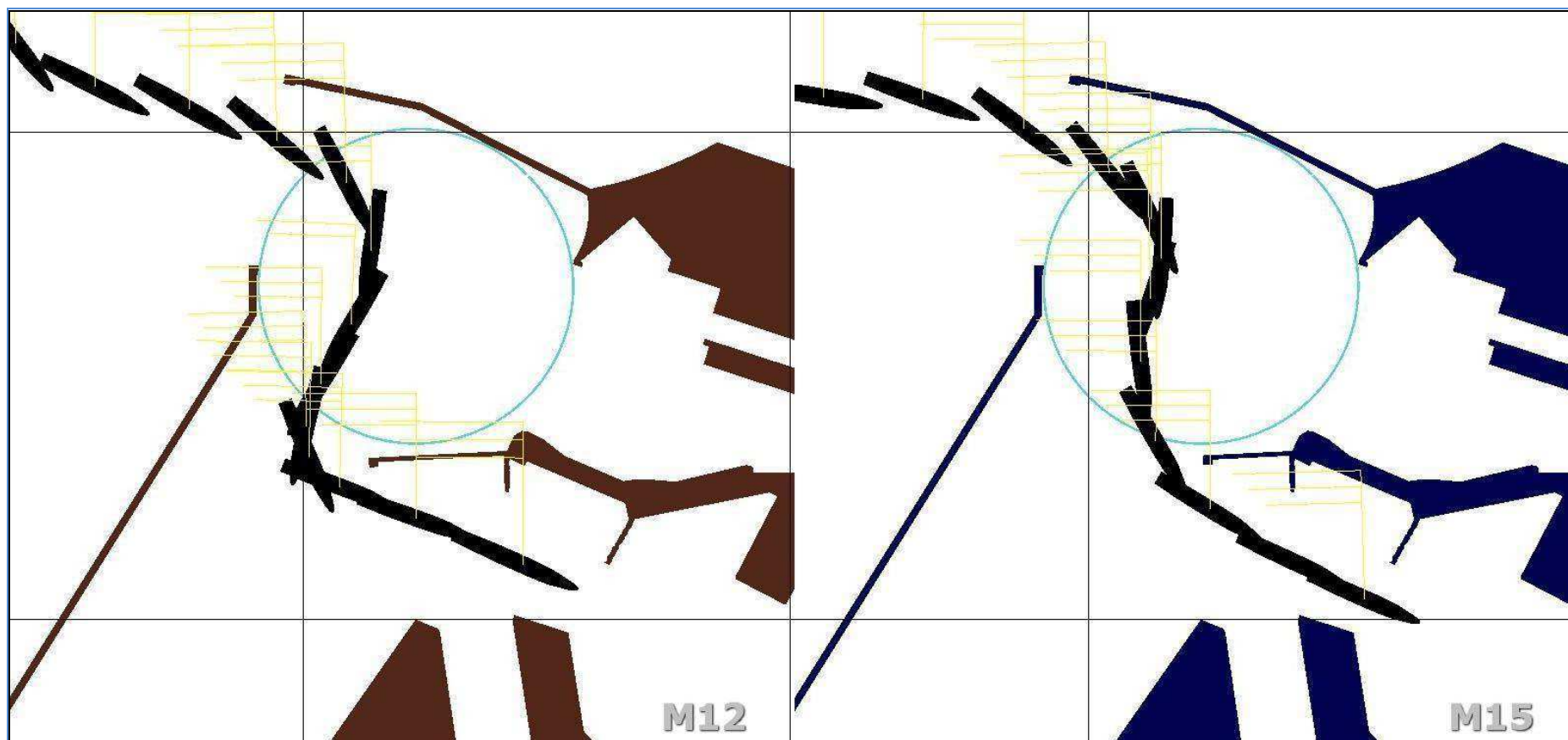
Studio di navigabilità nel nuovo Porto di Ancona, ad opere di
sopraflutto completate, con e senza demolizione di 100 m del Molo
Nord

11768

79/95



M10 e M14 – Nave da Crociera - Confronto tra le manovre di ingresso in presenza di vento da NW di 25 kn, mare associato e corrente di 2 nodi – Molo Nord attuale (sin) e demolito (ds)

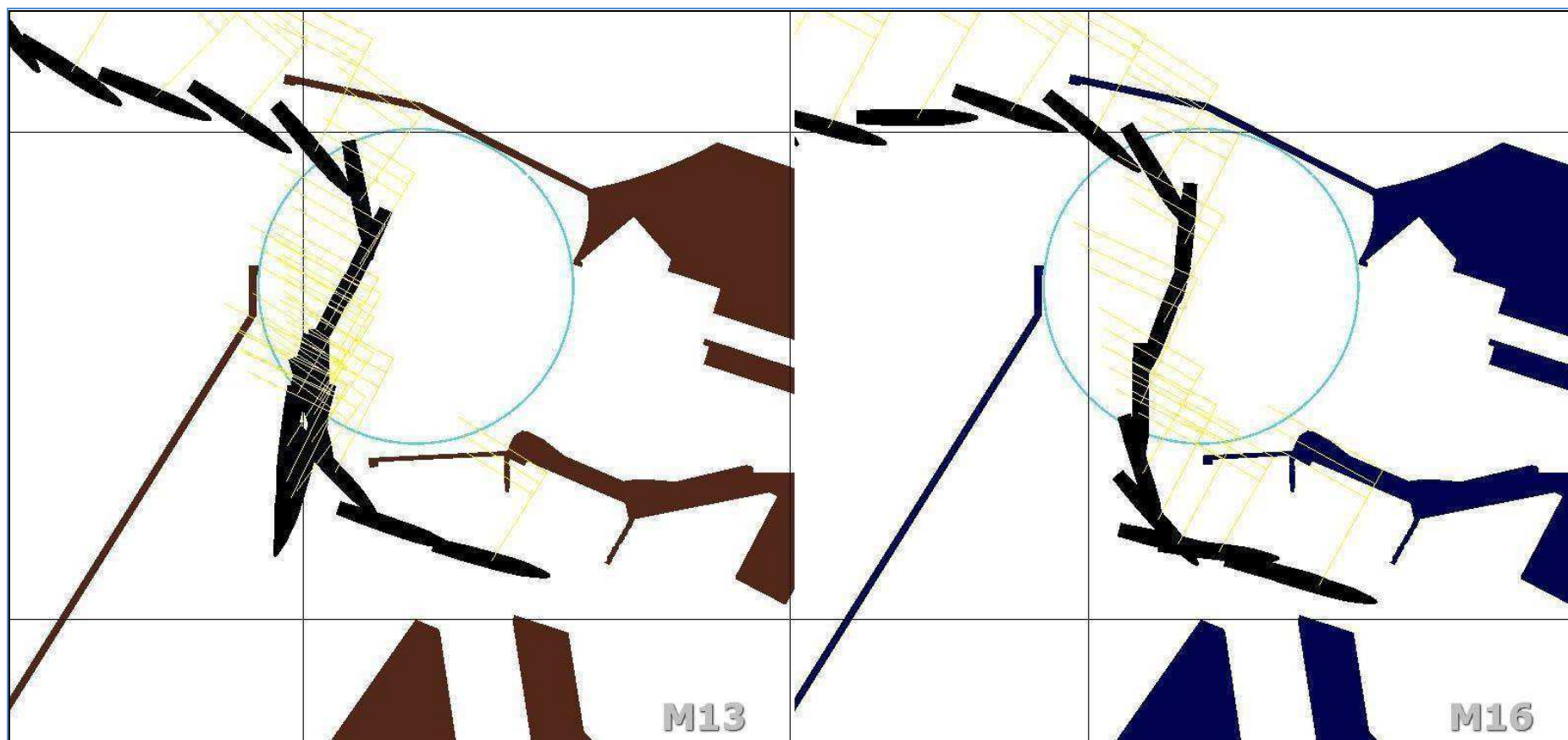


M12 e M15 – Nave da Crociera - Confronto tra le manovre di ingresso in presenza di vento da N di 25 kn, mare associato e corrente di 2 nodi – Molo Nord attuale (sin) e demolito (ds)

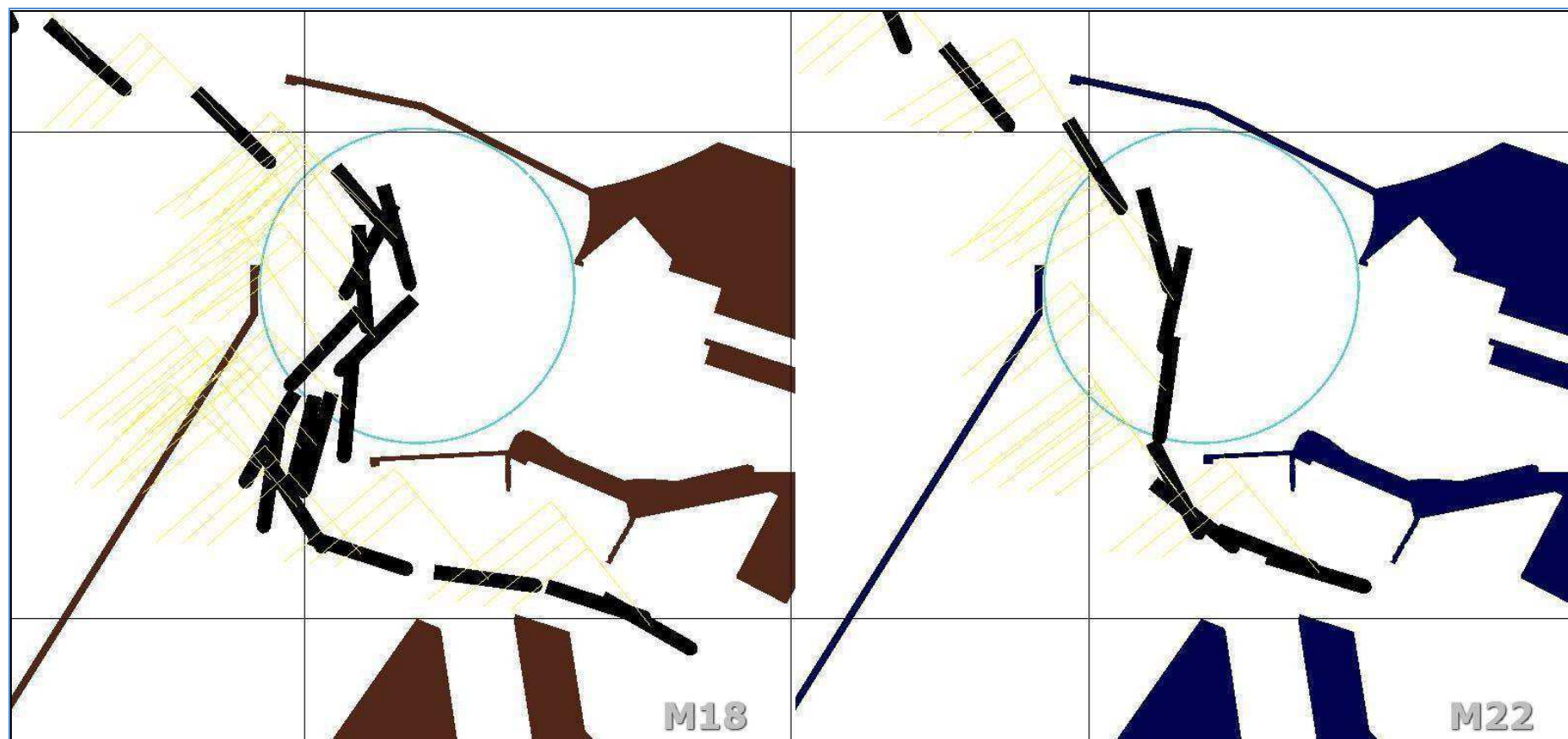
Studio di navigabilità nel nuovo Porto di Ancona, ad opere di
sopraflutto completate, con e senza demolizione di 100 m del Molo
Nord

11768

81/95



M13 e M16 – Nave da Crociera - Confronto tra le manovre di ingresso in presenza di vento da NE di 25 kn, mare associato e corrente di 2 nodi – Molo Nord attuale (sin) e demolito (ds)

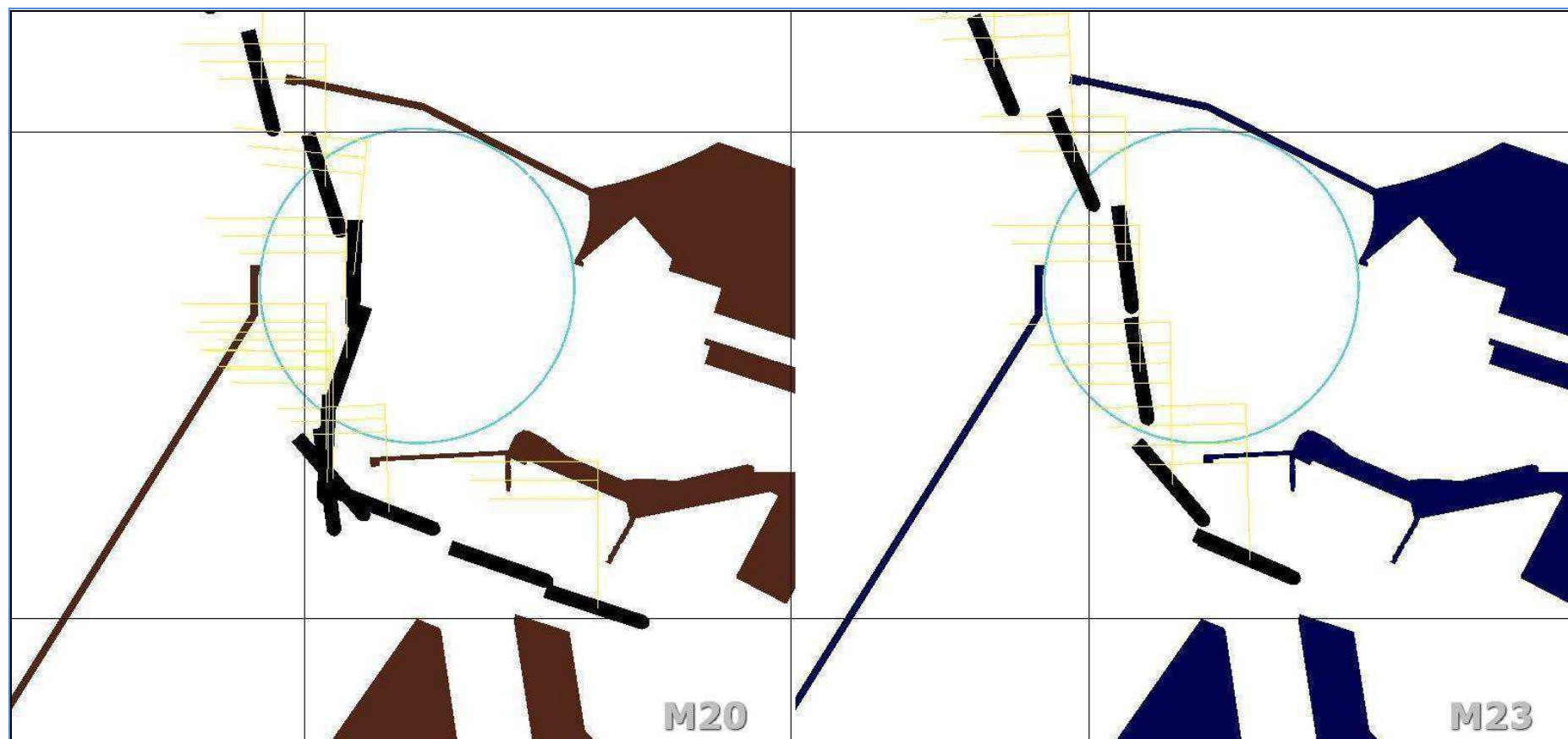


M18 e M22 – Nave Traghetto - Confronto tra le manovre di ingresso in presenza di vento da NW di 30 kn, mare associato e corrente di 3 nodi – Molo Nord attuale (sin) e demolito (ds)

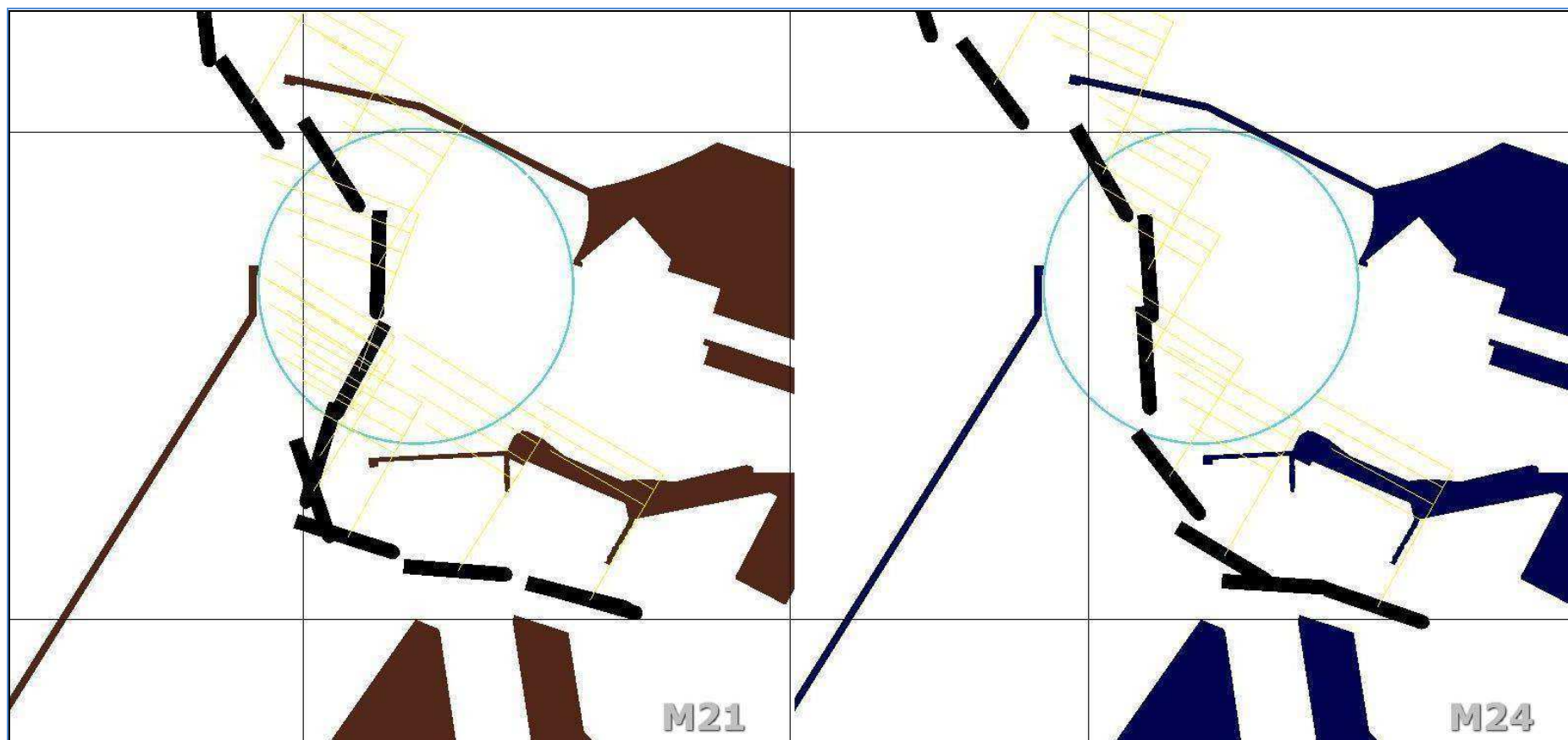
Studio di navigabilità nel nuovo Porto di Ancona, ad opere di
sopraflutto completate, con e senza demolizione di 100 m del Molo
Nord

11768

83/95



M20 e M23 – Nave Traghetto - Confronto tra le manovre di ingresso in presenza di vento da N di 30 kn, mare associato e corrente di 3 nodi – Molo Nord attuale (sin) e demolito (ds)



M21 e M24 – Nave Traghetto - Confronto tra le manovre di ingresso in presenza di vento da NE di 30 kn, mare associato e corrente di 3 nodi – Molo Nord attuale (sin) e demolito (ds)

APPENDICE B: FOTO DELLE SIMULAZIONI

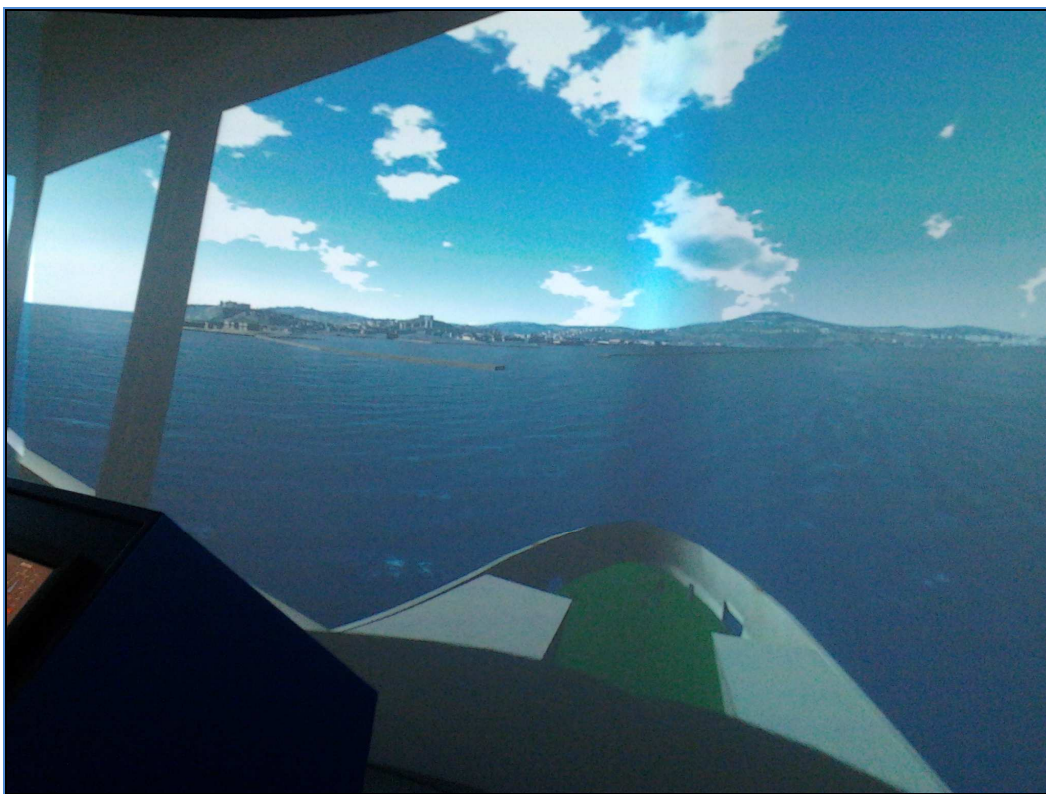


Fig. B- 1 Scenario 3D del porto di Ancona, vista dalla plancia della nave traghetto in arrivo



Fig. B- 2 Simulatore SAND. In questa immagine sono presenti, da sinistra: l'ing. Notaro – CETENA, il Com. Menghini – Corpo Piloti AN, l'ing. Renzi A.P. Ancona e l'ing. Peverero – CETENA



Fig. B- 3 Simulatore SAND. In questa immagine sono presenti, da sinistra: l'ing. Notaro – CETENA, l'ing. Rotoloni e l'ing. Renzi A.P. Ancona, il Com. Menghini – Corpo Piloti AN

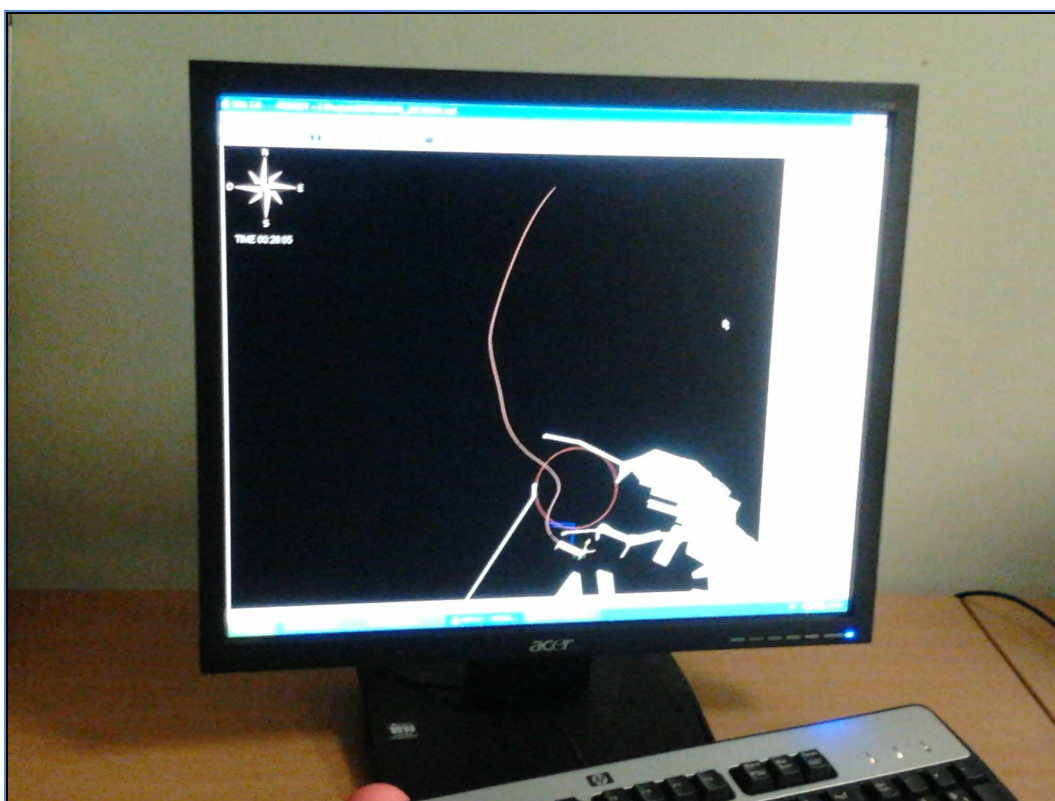


Fig. B- 4 Immagine ripresa da uno degli schermi dei computer del VISLAB, dove gli ospiti presenti possono seguire il tracciato della nave durante l'esecuzione della manovra in tempo reale. Si nota bene in questo caso (molo N non demolito) l'andamento della traiettoria della nave, rappresentata in arancione, che presenta due forti variazioni di rotta.



Fig. B- 5 Un momento delle riunioni di debriefing svoltesi durante le giornate di simulazione. L'ing. Peverero del CETENA (al centro) presenta i risultati delle simulazioni svolte fino a quel momento tramite filmati e immagini, promuovendo il dibattito fra tutti i presenti. Ai lati si vedono il Com. Bozzo – ex-Corpo Piloti GE (a sinistra) e l'ing. Rotoloni dell'A.P. di Ancona (a destra)

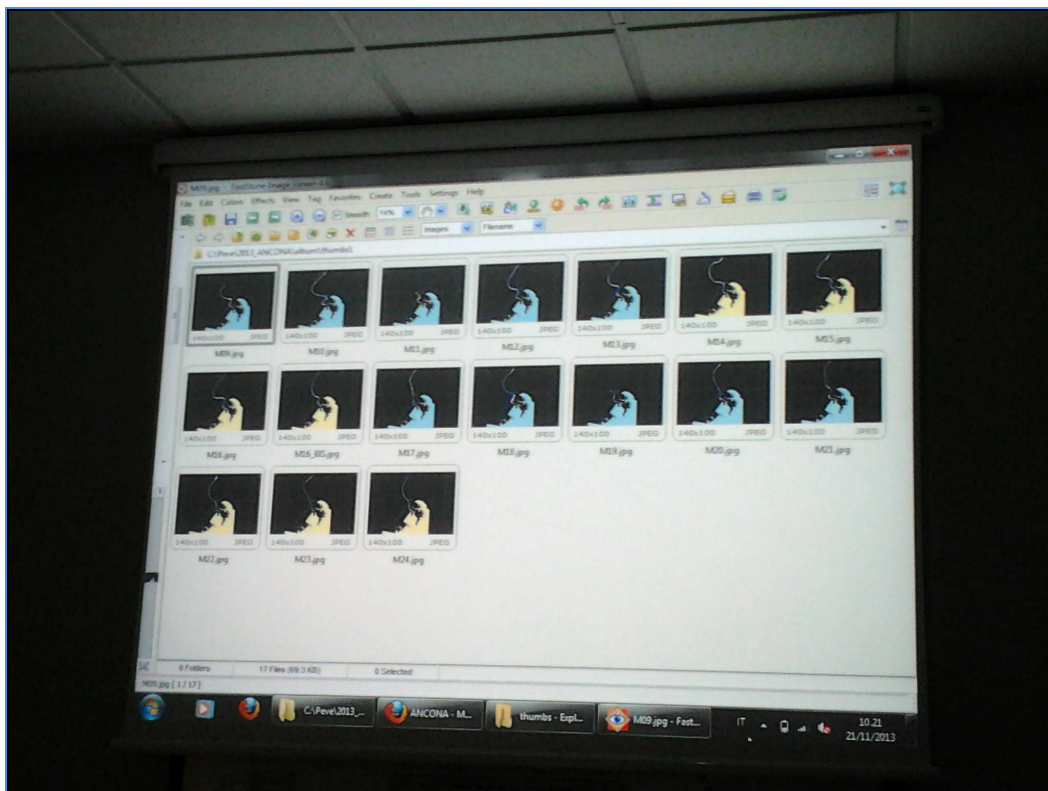


Fig. B- 6 I tracciati delle manovre svoltesi nei due layout da confrontare (di colori diversi) sono proiettati sullo schermo della sala riunioni.



Fig. B- 7 Simulatore SAND. In questa immagine sono presenti, da sinistra: l'ing. Notaro – CETENA, il Com. Bozzo – ex Corpo Piloti GE e il Com. Menghini – Corpo Piloti AN



Fig. B- 8 Simulatore SAND. In questa immagine sono presenti, di spalle da sinistra: l'ing. Rotoloni dell'A.P. di Ancona, il Com. Menghini – Corpo Piloti AN e l'ing. Notaro – CETENA



Fig. B- 9 Simulatore SAND. In questa immagine sono ritratti, da sinistra: l'ing. Lorenzoni dell'ICEA dell'Università Politecnica delle Marche, il Com. Bozzo – ex Corpo Piloti GE, il Com. Menghini – Corpo Piloti AN e l'ing. Renzi dell'A.P. di Ancona



Fig. B- 10 Simulatore SAND. Sono ritratti da sinistra: l'ing. Lorenzoni dell'ICEA dell'Università Politecnica delle Marche, l'ing. Rotoloni dell'A.P. di Ancona, il Com. Bozzo – ex Corpo Piloti GE ed il Com. Menghini – Corpo Piloti AN. Sullo sfondo lo scenario 3D del Porto di Ancona con nave mercantile di fronte alla nuova darsena.



Fig. B- 11 Simulatore SAND. Sono ritratti da sinistra: l'ing. Rotoloni dell'A.P. di Ancona, il Com. Bozzo – ex Corpo Piloti GE, l'ing. Notaro - CETENA ed il Com. Menghini – Corpo Piloti AN. Sullo sfondo lo scenario 3D del Porto di Ancona con nave mercantile di fronte alla nuova darsena.



Fig. B- 12 Il Com. Menghini – Corpo Piloti AN ed il Com. Bozzo – ex Corpo Piloti GE ai comandi del simulatore SAND, durante una manovra di uscita della nave mercantile.



Fig. B- 13 Il Com. Menghini – Corpo Piloti AN ritratto al simulatore durante una manovra di ingresso con la nave ro-pax (nel layout con molo N demolito di 100 m)



Fig. B- 14 Simulatore SAND. Ingresso della nave ro-pax vista dalla plancia, nel layout di molo N demolito. Si nota la maggiore sinuosità della traiettoria (in arancione, sullo schermo 2D della plancia), indicativa di una manovra più fluida rispetto al layout con molo integro. Si confronti a questo proposito la Fig. B- 4 commentata in precedenza.



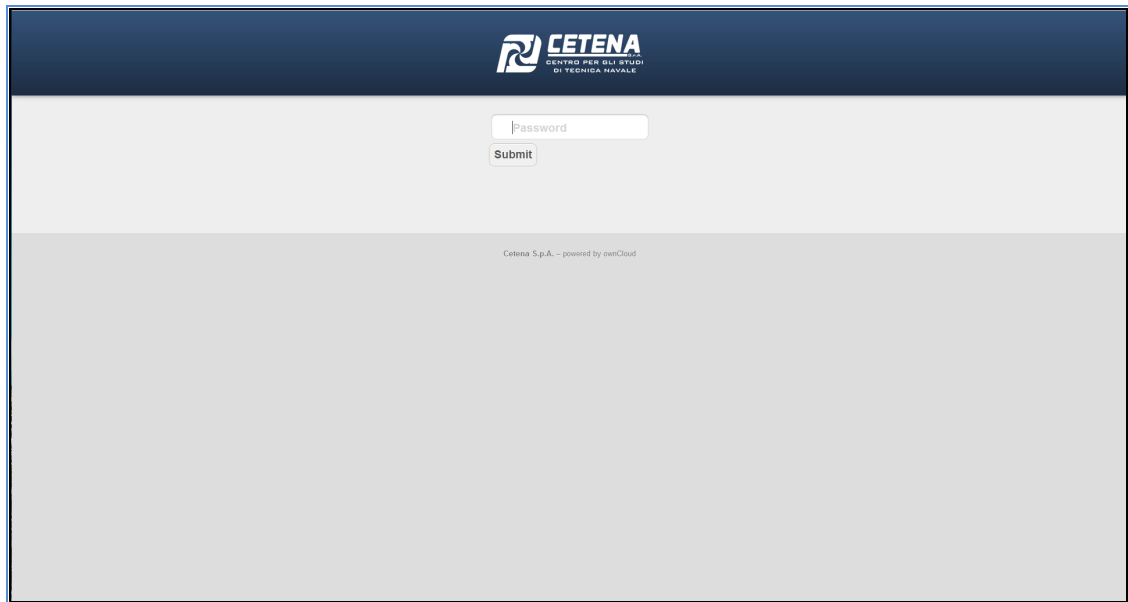
Fig. B- 15 Simulatore SAND. In questa immagine sono presenti, da sinistra: l'ing. Notaro – CETENA, l'ing. Rotoloni e l'ing. Renzi A.P. Ancona, il Com. Menghini – Corpo Piloti AN ed il Com. Bozzo – ex Corpo Piloti GE



Fig. B- 16 Simulatore SAND. In questa immagine sono presenti (a sinistra) il Com. Menghini – Corpo Piloti AN e l'ing. Notaro – CETENA (a destra)

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 sul cloud CETENA, accessibile solo tramite password:



I file messi a disposizione del Cliente contengono, in sintesi: le immagini delle traiettorie, sia integrali *sia della sola area di manovra attorno al Molo Nord*; i relativi involuppi (sovrapposizione di più traiettorie), suddivisi per tipologia di manovra e di unità navale; i video di ogni test, così come visualizzati sulla plancia 2D del SAND; infine, le storie temporali di tutte le grandezze simulate.

