



Autorità di Sistema Portuale
del Mare Adriatico Meridionale

Bari, Brindisi, Manfredonia, Barletta, Monopoli

PORTO DI BARLETTA

Lavori di prolungamento dei moli foranei del porto di Barletta,
secondo le previsioni del vigente piano regolatore portuale.
progetto definitivo



titolo

elaborato

relazione specialistica
verifiche di manovrabilità mediante simulazione

6.3

data e aggiornamenti

01		
00	dicembre 2021	emissione

progetto

ing. Francesco Di Leverano
AdSP MAM
Direttore Dip. Tecnico

ing. Eugenio Pagnotta
AdSP MAM
Funzionario Dip. Tecnico

CETENA SpA
centro per gli studi di tecnica navale
Genova

responsabile unico del procedimento

ing. Paolo Iusco

Rapporto n° 9440

Verifiche di manovrabilità nel nuovo
porto di Barletta
(configurazione "alternativa 4")

M. Giannini, R. Depascale
Genova, Maggio 2006

Rapporto Cetena n° 9440

Titolo/Title

Verifiche di manovrabilità nel nuovo porto di Barletta (configurazione "alternativa 4")

Autori/Authors Roberta Depascale, Mauro Giannini

Sommario

Il presente rapporto illustra i risultati delle simulazioni di manovra condotte dal CETENA S.p.A. mediante il proprio simulatore di manovra SIMON II per conto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, regioni Puglia e Basilicata.
 Lo studio riguarda la verifica di navigabilità, mediante simulazione, di manovre di arrivo e partenza di due navi Bulk Carrier di diversa dimensione (200 m e 135 m di lunghezza fuori tutto) in condizioni meteorologiche avverse all'esterno ed all'interno dell'area portuale di Barletta, avente una planimetria modificata rispetto al vigente P.R.P. In particolare, la configurazione portuale oggetto di questo studio è quella designata come "Alternativa 4", con fondali non dragati e da dragare fino alla profondità di 9.5 m.

Abstract

Autori R. Depascale <i>M. Giannini</i>	Capo Servizio <i>[Signature]</i>	Capo Settore <i>[Signature]</i>	Resp. Sicurezza Segreto di Stato <i>[Signature]</i>
--	--	---	---

CIRCOLAZIONE	Interna <input type="checkbox"/> Internal Only Libera <input type="checkbox"/> Free Riservata Industriale <input checked="" type="checkbox"/> Commercial in confidence Classificata <input type="checkbox"/> Classified	CIRCULATION
---------------------	--	--------------------

Pagine /Sheets 65	Note / Notes Software: SIMON II IDN 01
-----------------------------	---

Commessa /Job 516011000013	Codici distribuzione / Distribution codes Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – S.I.I.T. Puglia-Basilicata Settore Infrastrutture - Ufficio Opere Marittime
--------------------------------------	---

INDICE

Indice	2
1. Introduzione	3
2. Descrizione del simulatore di manovra	4
3. Simulazioni	6
3.1. Manovre con nave Bulk Carrier di lunghezza fuori tutto pari a 200 m (nave di progetto).....	8
3.2. Manovre con nave Bulk Carrier di lunghezza fuori tutto pari a 135 m	13
4. Conclusioni	17
Elenco tabelle.....	21
Elenco figure.....	21
Bibliografia	23

1. INTRODUZIONE

Il presente rapporto illustra i risultati delle simulazioni di manovra condotte dal CETENA S.p.A. mediante il proprio simulatore di manovra SIMON II per conto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, S.I.I.T. Puglia e Basilicata. Le simulazioni sono state eseguite dai Comandanti Aldo Baffo ed Ottavio Lanzola. Entrambi i comandanti hanno ricoperto il ruolo di capo pilota del corpo piloti del Porto di Genova. Alcune simulazioni ritenute più gravose sono state ripetute dai due comandanti.

Lo studio riguarda la verifica di navigabilità, mediante simulazione, di manovre di arrivo e partenza di due navi Bulk Carrier di diversa dimensione (200 m e 135 m di lunghezza fuori tutto) in condizioni meteomarine avverse all'esterno ed all'interno dell'area portuale di Barletta, avente una planimetria modificata rispetto al vigente P.R.P. In particolare, la configurazione portuale oggetto di questo studio è quella designata come "Alternativa 4" (Figura 3). Le navi vengono ormeggiate nelle banchine A e B indicate in Figura 3. Nell'attuale piano regolatore, all'interno dell'area portuale è prevista una zona da dragare a 9.5 m di profondità (Figura 4). Durante le simulazioni è stato ipotizzato che tale zona fosse stata già dragata..

2. DESCRIZIONE DEL SIMULATORE DI MANOVRA

Lo strumento utilizzato per lo studio è il simulatore di manovra SIMON II, progettato e sviluppato dal CETENA, e utilizzato correntemente dal CETENA per studi di navigabilità di configurazioni portuali.

Il simulatore di manovra consiste dei seguenti elementi:

- simulacro di plancia che alloggia i controlli per il governo e la propulsione della nave oltre agli indicatori di bordo necessari per la navigazione;
- PC work-station su cui è installato il modello matematico di simulazione per navi di superficie (SIMSUP);
- monitor per la visualizzazione 2D della manovra;
- monitor cilindrico per la visualizzazione 3D della manovra.

Il modello matematico della nave è connesso tramite il PC sia alla plancia di comando sia al display. L'affidabilità del modello matematico SIMSUP utilizzato dal SIMON II nel riprodurre il comportamento manovriero per le diverse tipologie di nave e configurazioni degli organi propulsivi e di governo è assicurata da una sistematica opera di validazione rispetto ai risultati delle prove in mare di manovrabilità che fanno parte della Banca Dati al Vero continuamente aggiornata dal CETENA. Tale opera di validazione è testimoniata da diverse relazioni cui si rimanda in Bibliografia [1] [2].

Per maggiori dettagli sul simulatore di manovra SIMON II si può fare riferimento a [3].



Figura 1. Simulatore di manovra - Vista della plancia e della visualizzazione 3D

3. SIMULAZIONI

Di seguito vengono descritte le singole manovre e riportati i relativi commenti dei comandanti esecutori delle simulazioni.

I comandanti escludono la possibilità di effettuare qualunque manovra di rotazione ed accosto in banchina con la nave da 200 m in presenza di un solo rimorchiatore, anche in assenza di vento ed onda; con la nave da 135 m in alcuni casi è invece possibile effettuare la rotazione e l'accosto in banchina con un solo rimorchiatore. Per cui durante le simulazioni sono stati messi a disposizione dei comandanti due rimorchiatori identici, di tipo tradizionale ed aventi caratteristiche pari a quelle del rimorchiatore attualmente in servizio presso il porto di Barletta.

Le loro caratteristiche principali sono:

lunghezza 33.32 m

larghezza 8.0 m

potenza 1176 kW (corrispondente ad un tiro a punto fisso di circa 20 t)

Va subito sottolineato come in presenza di mare agitato all'esterno del porto, il rimorchiatore può avvicinarsi alla nave solo quando il relativo punto di aggancio è al riparo dalle onde, è cioè quando la prora o la poppa della nave ha superato l'inizio del molo foraneo. Da questo istante sono necessari circa 4 minuti per consentire al rimorchiatore di prora di avvicinarsi sotto bordo, prendere il cavo di rimorchio ed essere pronto al tiro. Per quanto riguarda il rimorchiatore di poppa è necessaria un'ulteriore considerazione. Esso non può portarsi sotto bordo a poppa fin quando l'elica della nave è in movimento; infatti l'acqua messa in agitazione dal propulsore crea problemi all'avvicinamento di un rimorchiatore di tipo tradizionale (i rimorchiatori con propulsione azimutale o Voith Schneider di nuova generazione non avrebbero questo problema). Per cui, superato l'inizio della diga foranea, il rimorchiatore di poppa può semplicemente avvicinarsi al fianco poppiero della nave e seguirla; per potersi mettere sotto bordo e ricevere il cavo di rimorchio è necessario attendere l'arresto delle macchine della nave. Dal momento in cui l'elica risulta praticamente ferma al momento in cui il rimorchiatore è pronto al tiro, sono necessari circa 2 minuti. Per circa metà di tale intervallo temporale, le macchine della nave devono pertanto rimanere ferme. Inoltre, date le caratteristiche dei rimorchiatori utilizzati, per questioni di sicurezza essi non possono svolgere un'azione di freno alla nave. In particolare, il rimorchiatore di poppa, non può essere utilizzato per frenare la nave.

Da queste considerazioni ne segue che la nave, per effettuare le operazioni di ingresso, deve fare affidamento solo sui propri mezzi fino all'interno dell'area portuale. Per poter governare con mare agitato e vento (soprattutto se al traverso), la nave inoltre deve entrare in porto piuttosto velocemente (circa 5-6 nodi). Ciò porta ad una riduzione dello spazio di arresto, ed alla necessità di fermare la nave in presenza di un forte abbrivio senza poter essere aiutata dal rimorchiatore di poppa, ma provvedendo autonomamente al proprio arresto.

All'atto della manovra di ingresso risulta pertanto evidente l'importanza del canale di accesso creato nella nuova configurazione portuale in quanto crea un'attenuazione del moto ondoso che consente un intervento anticipato dei rimorchiatori rispetto alla configurazione portuale attualmente prevista dal piano regolatore. Come è possibile vedere dai tracciati delle varie manovre, anche nella nuova configurazione i margini di sicurezza delle manovre di accosto possono risultare comunque ridotti, si rischia infatti di andare molto vicino alla banchina posta immediatamente di fronte all'entrata del porto (indicata con una X nella mappa di Figura 3). Risulta pertanto fondamentale per la buona riuscita della manovra di accosto l'intervento tempestivo dei rimorchiatori in quanto in caso di ritardo nell'attuazione del tiro da parte di un rimorchiatore, o in caso di rottura di un cavo di rimorchio, si rischia l'urto contro la suddetta banchina.

I problemi derivanti dal ritardo nell'azione dei rimorchiatori sono particolarmente evidenti nella nave da 200 m.

Al fine di garantire maggiori margini di sicurezza sarebbe utile disporre di 3 rimorchiatori o meglio l'utilizzo di rimorchiatori azimutali, questi ultimi infatti forniscono una risposta notevolmente più rapida disponendo di cavi propri per il tiro e di elevate capacità manovriere.

Per simulare il tiro dei cavi di ormeggio, normalmente utilizzati nella fase finale della manovra di attracco per avvicinare la nave alla banchina, sono stati utilizzati dei thruster. La loro capacità massima di tiro è stata impostata a 20t per la nave da 200 m ed a 10 t per la nave da 135 m.

Durante le simulazioni è stato considerato l'effetto del moto ondoso sulla nave. L'agitazione ondosa all'interno del porto è quella ottenuta dallo studio "Analisi dell'agitazione ondosa nel bacino portuale" redatto dal Prof. Ing. Giuseppe Tomasicchio e dal Prof. Ing. Francisco Rivero [4]. In particolare le simulazioni di manovra sono state eseguite con i mari provenienti da NW (mare al traverso rispetto all'imboccatura) e NNE (mare in asse con l'imboccatura). Le mappe di tali agitazioni ondose sono riportate rispettivamente in Figura 5 e Figura 6.

Un elenco completo delle simulazioni effettuate, comprensivo delle condizioni meteomarine, è contenuto nella Tabella 3 e nella Tabella 4.

3.1. Manovre con nave Bulk Carrier di lunghezza fuori tutto pari a 200 m (nave di progetto)

Questa nave costituisce la nave di progetto nell'ambito del progetto di prolungamento del molo foraneo, ed ha le dimensioni massime (in particolare lunghezza fuori tutto ed immersione) per operare all'interno dell'area portuale.

In tutte le manovre sono stati utilizzati due rimorchiatori, generalmente disposti uno a prora ed uno a poppa.

Tutte le simulazioni evidenziano che l'ingresso nel porto non dà problemi, a differenza della successiva fase di rotazione che talvolta risulta difficoltosa.

1) Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A in assenza di vento ed onda (Figura 7)

L'analisi della traiettoria della nave durante la rotazione mette in evidenza i ridotti spazi in cui i rimorchiatori si devono muovere, soprattutto quando la nave è prossima alla banchina. Nella fase finale di accosto in banchina è stato fatto utilizzo dei cavi di ormeggio.

La presenza di un molo più lungo all'imboccatura non costituisce alcun intralcio all'esecuzione della manovra.

2) Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina B in assenza di vento ed onda (Figura 8)

La rotazione della nave può essere effettuata sia prima che dopo la testata del molo X. In questo caso è stata effettuata dopo, nelle successive manovre sarà quasi sempre effettuata prima. Questa duplice possibilità rappresenta un margine di sicurezza, in quanto se si entra troppo veloci si può ritardare la rotazione. Per incrementare tale margine di sicurezza si suggerisce di effettuare un dragaggio più esteso verso la parte interna del porto rispetto a quanto già previsto dall'attuale piano regolatore.

Nella fase finale di accosto in banchina è stato fatto utilizzo dei cavi di ormeggio.

3) Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A con vento a 10 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 2.0 m (Figura 9 e Figura 10)

Poiché il mare non è eccessivamente agitato, il ritardo nell'utilizzo dei rimorchiatori non provoca particolari problemi all'esecuzione della manovra; infatti, poiché le azioni di disturbo dell'onda e del vento al traverso non sono particolarmente gravose, è possibile effettuare l'ingresso ad una velocità non eccessivamente elevata, mantenendo comunque un buon livello di governo della nave. Nella fase finale di accosto in banchina è stato fatto utilizzo dei cavi di ormeggio, che si rivelano necessari quando i rimorchiatori, per motivi di spazio, non possono più svolgere a pieno l'azione di spinta verso la banchina. Si tenga presente che in questa fase il vento soffia al traverso della nave.

4) Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina B con vento a 10 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 2.0 m (Figura 11)

Per questa manovra valgono sostanzialmente gli stessi commenti della manovra 3. Non avendo il vento pienamente al traverso, la fase di avvicinamento alla banchina risulta però meno gravosa.

5) Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A con vento a 10 nodi da NNE e mare da NNE con onda di altezza 2.0 m (Figura 12)

La presenza di mare e vento in poppa, ha portato la nave ad un passaggio molto vicino alla banchina X. Durante la rotazione, nel tentativo di mettere in sicurezza la nave dall'azione del vento che tenderebbe a spingerla verso sud, si porta la nave verso la direzione di provenienza del vento. Questa manovra è stata la causa di un urto, pur se lieve, della poppa contro la banchina. Complice di tale incidente è anche il vento, che negli ultimi minuti della manovra, fa ruotare la nave verso dritta, portando così la poppa in direzione della banchina. Una maggiore prontezza del rimorchiatore di poppa avrebbe potuto riprendere la poppa in tempo, evitando l'urto (si ricorda che i rimorchiatori utilizzati in tale studio sono di tipo tradizionale, e quindi più lenti nel ruotare intorno alla poppa). Questa manovra mette chiaramente in evidenza la ristrettezza dei margini di sicurezza durante la manovra di rotazione, anche con vento e mare di modesta intensità; è sufficiente infatti il minimo imprevisto o il minimo errore per urtare contro qualche banchina.

6) Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina B con vento a 10 nodi da NNE e mare da NNE con onda di altezza 2.0 m (Figura 13)

Questa manovra può considerarsi pienamente riuscita. Nella fase finale di avvicinamento alla banchina sono stati massicciamente utilizzati i cavi di ormeggio quando i rimorchiatori, non potendosi più disporre al traverso a sinistra nave per motivi di spazio, sospendono l'azione di tiro verso la banchina per il tempo necessario a mollare il cavo di rimorchio e disporsi sul lato di dritta a spingere.

7) Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A con vento a 20 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 3.0 m (Figura 14, Figura 15, Figura 16, Figura 17)

Come è possibile vedere dai tracciati delle manovre, tale manovra è stata ripetuta più volte con esito non sempre positivo. La non riuscita della manovra è da ricercare nella fase di entrata. Per poter governare la nave, e quindi contrastare le azioni di vento e mare al traverso prima che i rimorchiatori possano iniziare a svolgere la loro azione, è necessario mantenere una velocità sostenuta. Nella manovra di Figura 14 la velocità di ingresso è stata eccessiva; la nave termina la sua corsa in una zona di fondale insufficiente. In Figura 15 il comandante è riuscito a rallentare la nave in maniera più rapida anticipando la frenata. Tuttavia l'azione evolutiva dell'elica che tende a spostare la prora verso dritta, ed il ritardo con cui il rimorchiatore di prora riesce ad iniziare la sua azione di tiro a sinistra per evitare la banchina X, non consentono

di evitare l'estremità di tale banchina, con conseguente urto. Nelle ultime due simulazioni (Figura 16 e Figura 17) si riesce a completare la manovra cercando di anticipare la frenata, limitando la velocità di ingresso e facendo in modo che i rimorchiatori possano iniziare la loro azione il prima possibile. Si fa osservare che, poiché il tempo fra l'avvicinamento dei rimorchiatori alla nave, che si verifica sempre all'imboccatura del porto, e l'istante in cui inizia la loro azione di tiro è sempre lo stesso, il fatto di avere i rimorchiatori in tiro prima di avvicinarsi troppo alla banchina X, si traduce in una riduzione anticipata della velocità.

Un allungamento dell'ingresso del porto (soprattutto a ponente) è fondamentale per consentire ai rimorchiatori di entrare anticipatamente in azione.

Questa manovra è rappresentativa dei problemi di tipo nautico che la configurazione portuale presenta nei confronti dell'esecuzione della manovra; tali problemi sono legati alla tempestività con cui i rimorchiatori possono entrare in azione e trovano due soluzioni possibili: impiego di rimorchiatori più manovrieri quali sono i moderni rimorchiatori azimutali o aumento della zona protetta dall'onda nei pressi dell'ingresso. In tal senso, l'allungamento del molo di ponente è di fondamentale importanza.

La non ripetuta riuscita della manovra ne mette in evidenza la sua criticità e difficoltà, rimarcando ancora il concetto che al minimo errore o problema è difficile porre rimedio.

Pertanto questa condizione meteomarina è da assumersi come condizione limite di operatività all'interno del porto.

8) Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina B con vento a 20 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 3.0 m (Figura 18 e Figura 19)

Tale manovra, fino alla fine della rotazione è molto simile alla manovra 7. Per cui valgono gli stessi commenti circa la velocità di ingresso in porto e la gestione della frenata. Si può inoltre evidenziare la convenienza di dragare ulteriormente la zona antistante la banchina B in modo da garantire una zona sicura nel caso in cui, per qualche ragione (ad es. vento al traverso o manovra non del tutto composta), ci si allontani troppo da tale banchina.

9) Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A con vento a 20 nodi da NNE e mare da NNE con onda di altezza 3.0 m (Figura 20 e Figura 21)

Come già evidenziato in precedenza, anche per questa manovra la parte critica è l'arresto. La Figura 20 permette di evidenziare tale fatto; infatti la nave termina la sua corsa oltre la testata della banchina X. Il comandante però si è accorto di non riuscire ad arrestare in tempo la nave, e quindi ha deviato la rotta verso est. Si osservi che tale deviazione è stata eseguita senza l'apporto dei rimorchiatori che hanno iniziato la loro azione di tiro a nave praticamente ferma. Avendo il vento ed il mare praticamente di poppa, è stato possibile eseguire la manovra di deviazione a sinistra senza correre rischi e con relativa semplicità. Con mare da NW, e quindi al traverso della nave durante l'ingresso, tale manovra, oltre ad essere più complicata in quanto il disturbo alla rotta dovuto al mare ed al vento è più evidente, non è consigliata in quanto ci si avvicinerebbe troppo alla diga orientale del porto. Nel caso in cui dovesse verificarsi qualche

problema, il vento spingerebbe la nave ulteriormente verso tale diga; per cui è consigliabile mantenere una distanza di sicurezza più grande possibile con la diga. Tutto ciò fa parte della pratica marinaresca che suggerisce di tenere la nave il più possibile verso il vento.

In ogni caso, la possibilità di disporre anticipatamente dell'azione dei rimorchiatori, renderebbe la manovra più sicura.

Durante la rotazione la nave ha il vento al traverso, per cui è consigliabile effettuare la rotazione il più possibile verso l'imboccatura, in modo da avere un certo margine con la banchina X. La fase di avvicinamento in banchina non presenta particolari problemi in quanto la nave ha il vento di prora.

Questa condizione meteomarina è da assumersi come condizione limite di operatività all'interno del porto.

10) Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina B con vento a 20 nodi da NNE e mare da NNE con onda di altezza 3.0 m (Figura 22 e Figura 23)

Tale manovra è molto simile alla precedente, per cui valgono sostanzialmente gli stessi commenti. L'unica differenza di rilievo è la fase di accosto in banchina che in questo caso viene eseguita con vento quasi al traverso (circa 45° di prora).

La manovra è stata eseguita due volte effettuando la rotazione prima e dopo la testata della banchina X. E' consigliabile eseguire la rotazione prima di tale molo (Figura 22) per evitare di andare ad operare al limite della zona dragata.. Inoltre, durante l'evoluzione, il vento spinge la nave verso sud; nel caso in cui la rotazione venga effettuata davanti la banchina B (Figura 23), tale fatto si traduce in uno scarroccio verso zone a ridotto fondale. Tali osservazioni suggeriscono ancora una volta di estendere ulteriormente la zona dragata, rispetto a quanto previsto dall'attuale piano regolatore, verso l'interno del porto.

11) Manovra di allontanamento dalla banchina A con vento a 20 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 3.0 m (Figura 24 e Figura 25)

Le manovre di uscita sono generalmente più semplici, in quanto non è necessario effettuare alcuna rotazione o manovra particolarmente complessa. Per questa ragione le manovre di partenza sono state eseguite solo nelle condizioni meteomarine considerate come limite per l'operatività del porto. Le uscite con mare e vento da NW sono le più gravose in quanto la nave è sollecitata a scarrocciare durante la fase di uscita. Tuttavia le macchine di propulsione vengono utilizzate alla massima potenza, per cui il timone è molto efficace in quanto può beneficiare del flusso proveniente dalle eliche e della velocità della nave che aumenta durante l'uscita dal porto (la nave esce dal porto a velocità comprese fra i 6 ed i 7 nodi). Il distacco da banchina, sia dalla A che dalla B, è favorito dal vento. Per mantenere la nave parallela alla banchina ed evitare che una sua estremità possa urtare contro di essa, durante il distacco è comunque necessario l'ausilio di due rimorchiatori disposti a prora ed a poppa.

La presenza dei moli allungati all'imboccatura del porto non crea alcuna interferenza alla manovra. Anzi costituisce un beneficio in quanto aumenta la zona in cui la nave è protetta dalle

onde al traverso, consentendole quindi di raggiungere una maggiore velocità ed affrontare le onde con una più elevata capacità manovriera.

12) Manovra di allontanamento dalla banchina B con vento a 20 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 3.0 m (Figura 26 e Figura 27)

Valgono gli stessi commenti della manovra 11. Durante l'evoluzione intorno al molo X si può contare sul pieno aiuto dei rimorchiatori e del timone che può contare sul flusso proveniente dall'elica utilizzata a mezza/tutta forza.

13) Manovra di allontanamento dalla banchina B con vento a 20 nodi da NNE e mare da NNE con onda di altezza 3.0 m (Figura 28)

Valgono gli stessi commenti delle manovre 11 e 12.

14) Manovra di allontanamento dalla banchina A con vento a 20 nodi da NNE e mare da NNE con onda di altezza 3.0 m (Figura 29)

Valgono gli stessi commenti della manovra 11. Durante tutta la manovra il vento proviene da prora con effetto neutro sulla stabilità direzionale della nave.

15) Manovra di ingresso nel porto per l'accosto alla banchina A con vento a 35 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 4.5 m (Figura 30)

Come detto in precedenza, le condizioni limite per la manovra in porto con una nave di queste dimensioni (200 m di lunghezza fuori tutto) sono 20 nodi di vento e 3 m di onda. Tuttavia sono state condotte anche alcune simulazioni con condizioni veramente estreme al fine di verificare l'elevato rischio della manovra in tali condizioni.

In queste condizioni estreme l'ingresso in porto deve essere fatto a velocità sostenuta per poter governare al meglio sotto l'effetto di un mare ed un vento al traverso. Il comandante, per arrestare la nave in tempo, utilizza le macchine indietro a tutta forza non appena superato l'ingresso del porto. In questo modo mette la nave in condizioni di scarsa manovrabilità (il timone diventa poco efficace ed i rimorchiatori non sono ancora in azione) e la espone pesantemente all'effetto evolutivo verso dritta dell'elica. Ciò conduce la nave a sfiorare il molo antistante la banchina A con un elevato rischio di colpirlo. La manovra è estremamente azzardata e riesce solo con una fortunata combinazione di eventi. Infatti qualora per qualche motivo non si potesse invertire subito la rotazione dell'elica si esporrebbe la nave a rischio collisione. Oltre a ritardi di tipo meccanico o dovuti alla prontezza dell'equipaggio, una causa che può portare al ritardo dell'inversione della spinta può essere la rotta della nave. Se questa a causa del disturbo del mare e del vento, è tale da dirigere la nave verso ovest, prima di arrestare la nave è necessario effettuare una correzione di rotta con conseguente avanzamento della nave. L'inizio della fase di arresto coincide con l'imboccatura del porto, cioè con la zona in cui il moto ondoso si riduce sensibilmente. La presenza di moli allungati in tale zona consente l'anticipo di tale fase.

La fase di accosto in banchina, effettuata con il vento al traverso, risulta piuttosto difficoltosa e richiede l'utilizzo prolungato a pieno regime dei rimorchiatori e dei cavi di ormeggio.

Manovre effettuate con queste condizioni meteomarine sono da considerarsi azzardate ed estremamente pericolose.

16) Manovra di ingresso nel porto per l'accosto alla banchina B con vento a 35 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 5 m (Figura 31)

In tale manovra si ha a disposizione uno spazio maggiore per l'arresto della nave. Tale spazio viene però in parte consumato per indirizzare la rotta della nave verso est. Nella fase finale dell'arresto, l'effetto evolutivo dell'elica posta a frenare, conduce la nave ad un passaggio ravvicinato con lo spigolo della banchina X.

Per quanto riguarda la pericolosità della manovra valgono le stesse osservazioni della manovra 15.

3.2. Manovre con nave Bulk Carrier di lunghezza fuori tutto pari a 135 m

La nave utilizzata per le simulazioni è dotata di un'elica prodiera di manovra, come sempre più spesso accade per navi di questa dimensione. Questa caratteristica consente di utilizzare in alcune manovre un solo rimorchiatore disposto a poppa. Qualora la nave in ingresso nel porto non sia dotata di un'elica di manovra prodiera, è necessario l'utilizzo di due rimorchiatori in ogni circostanza.

L'accoppiata fra la banchina di arrivo/partenza e la direzione del vento e del mare è stata effettuata in modo da eseguire le manovre ritenute più difficoltose.

Tutte le simulazioni evidenziano che l'ingresso nel porto non dà problemi, a differenza della successiva fase di rotazione che talvolta risulta difficoltosa.

1) Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A in assenza di vento ed onda (Figura 32)

La manovra è stata eseguita con un solo rimorchiatore a poppa. Date le ridotte dimensioni della nave e le sue conseguenti buone capacità evolutive ed i ridotti spazi di arresto, le manovre in porto in assenza di vento o mare, o con vento e mare di modesta intensità, possono essere eseguite con tranquillità e maneggevolezza da e per entrambe le banchine A e B.

2) Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A con vento a 15 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 2.5 m (Figura 33)

La manovra è stata eseguita con un solo rimorchiatore disposto sul lato di dritta a spingere, prima a poppa e poi a centro nave. Nella fase finale di accosto in banchina è stato fatto utilizzo dei cavi di ormeggio. Con tale condizione meteomarina la manovra può essere agevolmente portata a termine.

3) Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A con vento a 25 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 3.0 m (Figura 34)

La manovra è stata eseguita con l'ausilio di due rimorchiatori, uno disposto a poppa e l'altro disposto a spingere sul lato di dritta a centro nave.

Rispetto alle precedenti, tale manovra presenta qualche difficoltà nella fase di avvicinamento alla banchina dove il vento soffia al traverso. Nonostante la presenza di due rimorchiatori, l'elica di prora ed i cavi di ormeggio si sono rivelati degli strumenti molto utili, soprattutto nell'ultimissima fase quando il rimorchiatore di poppa, per motivi di spazio, ha dovuto cessare la sua attività di tiro.

4) Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A con vento a 35 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 3.5 m (Figura 35)

Tale manovra presenta in maniera più evidente le stesse difficoltà della manovra 3. I due rimorchiatori vengono utilizzati nel seguente modo. Un rimorchiatore viene inizialmente utilizzato a poppa e poi spostato a spingere sul lato di dritta, mentre l'altro viene sempre utilizzato a spingere sul lato di dritta, prima al centro e poi a prora. Tale condizione di vento e mare viene giudicata come condizione limite per manovrare in porto con una nave di queste caratteristiche. Il minimo problema o la minima disattenzione, soprattutto nella fase di avvicinamento alla banchina, può portare ad un urto, pur se di lieve intensità, contro la banchina stessa.

Questa nave, date le ridotte dimensioni, le elevate capacità evolutive ed i ridotti spazi di arresto, non presenta particolari problemi nella fase antecedente la rotazione. Il limite è infatti principalmente costituito dalla fase di accosto alla banchina. Tuttavia, soprattutto con mari e venti particolarmente gravosi come in questa simulazione, l'allungamento verso l'esterno del porto dei moli presenti all'imboccatura contribuisce sensibilmente all'aumento dei margini di sicurezza durante la manovra, permettendo al comandante di ridurre la velocità in anticipo in quanto la nave si trova anticipatamente al riparo dalle onde; inoltre anche l'intervento dei rimorchiatori può essere più tempestivo. Tutto ciò si traduce in maggiore tempo e spazio a disposizione per compiere l'intera manovra, a tutto vantaggio della sicurezza e con più margini nei confronti di eventuali problemi che possono verificarsi.

5) Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina B con vento a 35 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 3.5 m (Figura 36)

La manovra viene eseguita effettuando la rotazione davanti alla banchina B. Per questa nave, grazie alle dimensioni più piccole e ad un'immersione inferiore di circa 0.5 m, il problema di transitare o di essere spinti dal vento in zone non dragate è meno sentito. Per cui la rotazione può essere eseguita indifferentemente e con gli stessi margini di sicurezza sia prima che dopo la testata del molo X. I rimorchiatori vengono utilizzati come nella manovra 4.

6) Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A con vento a 25 nodi da NNE e mare da NNE con onda di altezza 3.0 m (Figura 37)

La manovra viene eseguita con l'ausilio di due rimorchiatori, uno disposto sempre a poppa e l'altro disposto prima a prora e poi a spingere sul lato di dritta.

La fase critica di tale manovra è la parte centrale della rotazione quando il vento è al traverso. E' quindi consigliabile effettuare tale parte della manovra un po' più vicini all'imboccatura del porto. L'accosto in banchina, avendo il mare di prora, non presenta particolari difficoltà.

7) Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina B con vento a 35 nodi da NNE e mare da NNE con onda di altezza 3.5 m (Figura 38)

La manovra viene eseguita con due rimorchiatori, uno a prora ed uno a poppa. Nella fase finale di accosto alla banchina, dove il vento è al traverso, si fa ricorso al prezioso aiuto dei cavi di ormeggio e dell'elica di manovra.

La manovra di ingresso alla banchina A è analoga a quella di arrivo alla banchina B. Infatti in entrambe le manovre deve essere effettuata la rotazione con vento al traverso. Nell'arrivo alla banchina A tale rotazione viene completata fino a portare la nave con il vento in prora. L'accosto finale viene poi eseguito con vento frontale, che quindi non disturba la stabilità direzionale della nave. Pertanto, la riuscita della manovra di arrivo alla banchina B permette di affermare la riuscita della manovra di arrivo alla banchina A.

Tale condizione di vento e mare viene giudicata come condizione limite per manovrare in porto con una nave di queste caratteristiche. Il minimo problema o la minima disattenzione, soprattutto nella fase di avvicinamento alla banchina, può portare ad un urto, pur se di lieve intensità, contro la banchina stessa.

8) Manovra di allontanamento dalla banchina A con vento a 35 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 3.5 m (Figura 39)

Le manovre di uscita sono state simulate solo con mare e vento provenienti da NW, in quanto in questa condizione la nave viene sollecitata allo scarroccio durante la fase di uscita. Il vento da NNE è neutro durante lo scostamento dalla banchina A (a differenza del vento da NW che aiuta il distacco), produce lo stesso effetto del vento da NW durante il disormeggio dalla banchina B e non destabilizza la rotta nella fase di uscita.

Dopo l'allontanamento dalla banchina, le macchine di propulsione vengono utilizzate alla massima potenza, per cui il timone è molto efficace in quanto può beneficiare del flusso proveniente dalle eliche e della velocità della nave che aumenta durante l'uscita dal porto (la nave esce dal porto a velocità comprese fra i 7 e gli 8 nodi).

Le manovre di allontanamento vengono eseguite con l'ausilio di un rimorchiatore a prora per agevolare il distacco dalla banchina e garantire un maggiore controllo sulla direzione della nave. La poppa viene allontanata dalla banchina dall'azione del vento, maggiore a poppa data la presenza della sovrastruttura, o dalla forza che si riesce ad esercitare sul timone utilizzando le macchine a basso/medio regime.

9) *Manovra di allontanamento dalla banchina B con vento a 35 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 3.5 m (Figura 40)*

Per tale manovra valgono le stesse osservazioni della manovra 8.

10) *Manovra di ingresso nel porto per l'accosto alla banchina A con vento a 35 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 4.5 m (Figura 41)*

Come detto in precedenza, le condizioni limite per la manovra in porto con una nave di queste dimensioni (135 m di lunghezza fuori tutto) sono 35 nodi di vento e 3.5 m di onda. Tuttavia sono state condotte anche alcune simulazioni con condizioni veramente estreme al fine di verificare l'elevato rischio della manovra in tali condizioni.

La manovra è stata portata a termine con margini di sicurezza ridottissimi e valgono sostanzialmente gli stessi commenti della manovra 4. Il mare più agitato crea però più disturbi durante l'ingresso costringendo il comandante a mantenere una velocità più sostenuta, con conseguente aumento del rischio nella fase antecedente la rotazione. In tal senso la presenza di moli allungati all'imboccatura dà un contributo benefico alla sicurezza della manovra, permettendo l'anticipo della fase di arresto e dell'azione dei rimorchiatori.

11) *Manovra di ingresso nel porto per l'accosto alla banchina B con vento a 35 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 5 m (Figura 42)*

Per tale manovra valgono gli stessi commenti della manovra 10.

4. CONCLUSIONI

L'analisi delle manovre simulate evidenzia che con la nave di progetto (bulk carrier da 200 m di lunghezza fuori tutto) le manovre vengono effettuate con margini di sicurezza fortemente limitati, anche in assenza di vento e mare. Per tutte le manovre è necessario l'ausilio di due rimorchiatori. Date le piccole dimensioni del porto e la relativa grandezza della nave, il ritardo con cui i rimorchiatori riescono ad iniziare la loro azione di tiro (le cui cause sono descritte nella parte introduttiva del capitolo 3) ha una notevole influenza sullo svolgimento e sulla sicurezza delle manovre. Infatti se i rimorchiatori potessero intervenire sin dall'inizio (l'ottimo sarebbe avere i rimorchiatori in forza all'imboccatura del porto) si ridurrebbe fortemente il rischio di urtare contro il molo X. Inoltre l'utilizzo di un rimorchiatore di tipo azimutale a poppa permetterebbe un più rapido arresto della nave.

La modifica portuale che prevede l'allungamento dei moli all'imboccatura risulta pertanto fondamentale al fine dell'esecuzione delle manovre in quanto comunque garantisce un intervento anticipato dei rimorchiatori rispetto alla configurazione prevista dal piano regolatore vigente, fondamentale soprattutto se si prevede l'arrivo di navi di dimensioni elevate (200m) come quella utilizzata nelle simulazioni.¹

La nave più piccola (bulk carrier da 135 m di lunghezza fuori tutto) riesce a manovrare con maggiore disinvoltura all'interno del porto. Tutte le manovre di uscita e le manovre di ingresso in assenza di vento e mare, o con vento e mare di debole intensità (indicativamente con venti fino a 15 nodi), possono essere effettuate con un solo rimorchiatore, qualora la nave sia dotata di elica di manovra a prora. In tutti gli altri casi sono necessari due rimorchiatori. Il ritardo con cui quest'ultimi esercitano la loro azione di tiro non causa particolari problemi all'esecuzione della manovra, se non nelle condizioni estreme dove i margini di sicurezza risultano fortemente ridotti. Tuttavia senza l'allungamento dei moli all'ingresso, tali margini di sicurezza risulterebbero ulteriormente ridotti. Inoltre, un ulteriore allungamento di tali moli come suggerito in Figura 2, contribuirebbe ulteriormente ad agevolare la manovra, soprattutto nelle condizioni di mare e vento più estreme.

Per le due navi, le manovre sono state eseguite con venti fino a 35 nodi e mare con onda fino a 5 m di altezza al fine di verificare l'agibilità del porto in condizioni meteo-marine limite, anche se in tali condizioni i margini di sicurezza risultano decisamente ridotti e le manovre presentano un elevato livello di rischio (maggiore ovviamente per la nave da 200m).

Dalle manovre condotte e sulla base dei commenti riportati in precedenza si possono considerare come limiti operativi per la nave più grande (bulk carrier da 200 m) 20 nodi di vento e mare con onda fino a 3 m di altezza, e per la nave più piccola (bulk carrier da 135 m) 25 nodi di vento e mare con onda fino a 3 m di altezza. Tali limiti di vento e di mare sono da

¹ Al fine di consentire ai rimorchiatori di intervenire ancora più anticipatamente aumentando così i margini di sicurezza delle manovre potrebbe risultare opportuno un'ulteriore allungamento del molo di ponente

ritenersi abbastanza gravosi, per cui in condizioni meteomarine ancora più severe (35 nodi di vento e 5 metri di onda) le navi rimarranno a largo.

Le manovre di uscita sono state effettuate con le navi alle stesse immersioni dell'ingresso. Nella realtà è estremamente probabile che le navi si troveranno ad uscire dal porto con un'immersione minore. Ciò espone le navi ad una maggiore azione del vento (soprattutto la nave da 135 m che potrebbe avere una riduzione di immersione percentualmente superiore). Tuttavia questa maggiore superficie velica non è tale da influenzare significativamente l'esito delle manovre di uscita, che possono quindi essere eseguite con le stesse modalità e con lo stesso livello di difficoltà.

In generale la banchina che presenta più difficoltà è la banchina A. Infatti, essendo molto prossima all'ingresso del porto, costringe ad una rapida manovra di arresto, e per venti da NW obbliga ad un passaggio ravvicinato. Ne segue il rischio di urtare la banchina X, come più volte indicato nella presente relazione. Pertanto, soprattutto in condizioni estreme e con la nave grande, è consigliabile utilizzare la banchina B, o impostare la manovra sin dall'inizio per effettuare la rotazione in prossimità di tale banchina e poi raggiungere l'approdo A in marcia indietro. Come più volte sottolineato, l'allungamento dei moli esterni consente di anticipare la suddetta fase di arresto della nave, a tutto vantaggio di una maggiore sicurezza della manovra di arrivo, soprattutto verso la banchina A.

La presenza del molo frangiflutti all'estremità della banchina A è ritenuta molto utile dai comandanti, non tanto per riparare la nave durante la fase finale della manovra, ma soprattutto per diminuire le tensioni sui cavi, in particolare quelle impulsive, quando la nave è ormeggiata.

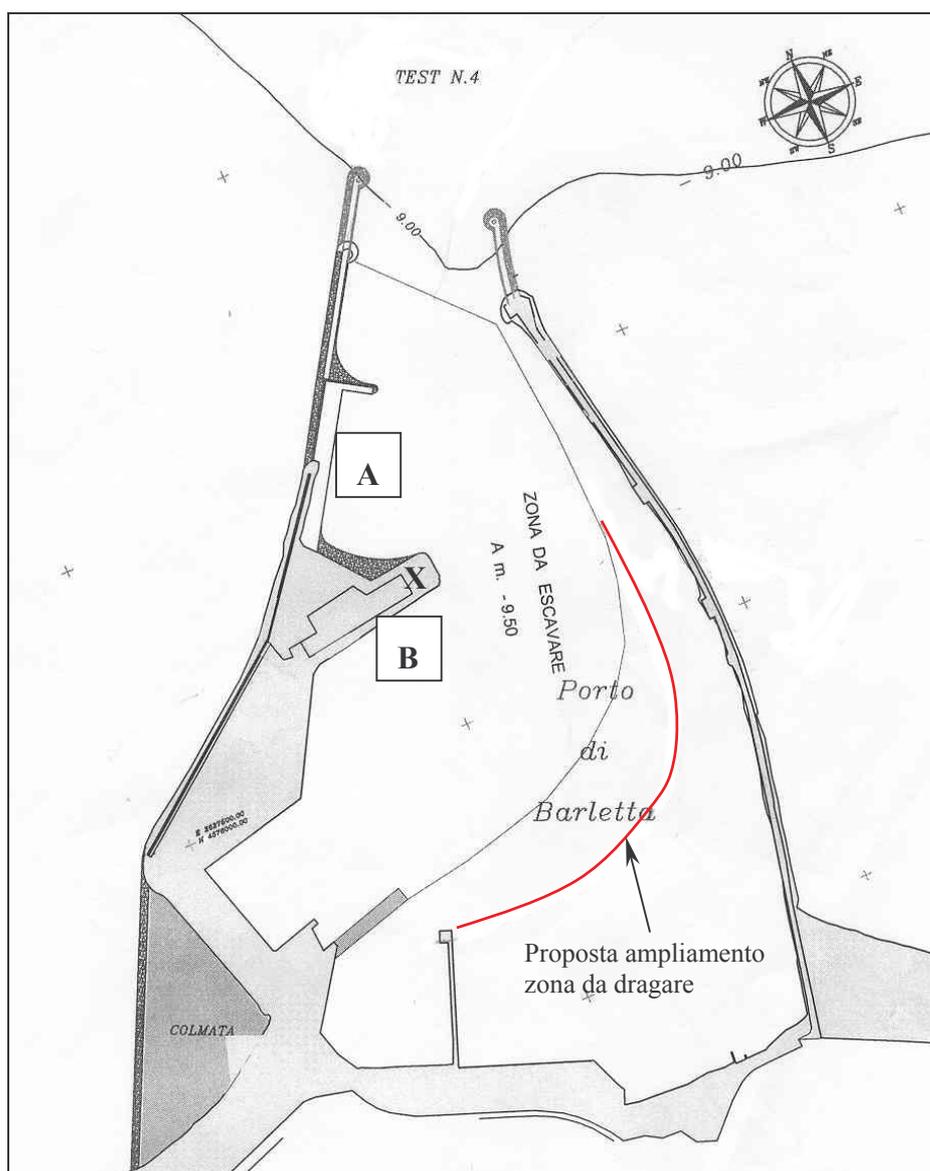
La direzione di provenienza del vento e del mare che offre maggiori difficoltà all'esecuzione della manovra è NW; in tale condizione il vento ed il mare sono al traverso della nave, causando uno scarroccio durante l'ingresso e l'uscita e costringendo quindi il comandante a mettere in atto tutte le procedure idonee per incrementare la manovrabilità della nave, soprattutto durante l'ingresso dove non si può contare pienamente sull'aiuto dei rimorchiatori. L'allungamento già previsto dei moli all'imboccatura del porto, contribuisce in maniera sensibile ad agevolare la fase di ingresso con i venti da NW, dando alla nave un maggiore spazio di arresto e permettendole di poter disporre anticipatamente dei rimorchiatori.²

Al fine di aumentare i margini di sicurezza delle manovre sarebbe utile prevedere un'estensione della zona da dragare all'interno del bacino portuale (come proposto in Figura

² Al fine di consentire ai rimorchiatori di intervenire ancora più anticipatamente aumentando così i margini di sicurezza delle manovre, soprattutto con navi di dimensioni prossime ai 150/200m, potrebbe risultare opportuno un'ulteriore allungamento del molo di ponente

2) fino a garantire almeno 9m di profondità. Una maggiore area dragata, oltre a rendere più agevole la manovra di attracco presso la banchina B, offrirebbe un più ampio spazio di evoluzione da sfruttare in presenza di condizioni meteo limite, oppure in caso di ritardi nell'arresto della nave dovuti a problemi durante l'esecuzione della manovra, in special modo quella di attracco alla banchina A.

Figura 2. Proposta di ampliamento della zona da dragare a seguito dell'analisi delle simulazioni



Come più volte evidenziato, la presenza di rimorchiatori di tipo tradizionale quali quelli in servizio nel porto di Barletta, non permette alla nave in manovra di poter contare su di essi come sarebbe necessario. Rimorchiatori più moderni di tipo azimutale o Voith Schneider, grazie alle loro maggiori capacità manovriere, si muovono più agevolmente intorno alla nave, impiegano meno tempo per avvicinarsi ad essa e prelevare il cavo di rimorchio, non necessitano d un arresto delle eliche per poter prelevare il cavo di poppa e possono essere

utilizzati come freno. Queste caratteristiche consentirebbero alla nave di disporre anticipatamente dei due rimorchiatori (sia di prora che di poppa) con sensibile aumento della sua capacità di controllare la rotta. Tale fatto, unito alla possibilità di avere un aiuto nell'arresto, ridurrebbe sensibilmente il rischio di avvicinarsi troppo alla banchina X. Tuttavia la maggiore protezione dal mare, soprattutto da quello più fastidioso proveniente da NW, offerta dall'allungamento dei moli all'ingresso del porto, rimarrebbe di fondamentale importanza, soprattutto nelle condizioni meteo più estreme

ELENCO TABELLE

Tabella 1. Caratteristiche principali della nave “Bulk Carrier da 200 m”	24
Tabella 2. Caratteristiche principali della nave “Bulk Carrier da 135 m”	25
Tabella 3. Elenco simulazioni – Nave da 200 m	26
Tabella 4. Elenco simulazioni – Nave da 135 m	26

ELENCO FIGURE

Figura 1. Simulatore di manovra - Vista della plancia e della visualizzazione 3D	5
Figura 2. Proposta di ampliamento della zona da dragare a seguito dell'analisi delle simulazioni	19
Figura 3. Mappa porto - Alternativa 4	27
Figura 4. Fondali all'interno dell'area portuale come previsti dall'attuale piano regolatore ed assunti nelle simulazioni	28
Figura 5. Penetrazione ondosa per mare proveniente da NW – Tp=8 sec	29
Figura 6. Penetrazione ondosa per mare proveniente da NNE– Tp=9 sec	29
Figura 7. Nave da 200 m - Manovra 1	30
Figura 8. Nave da 200 m - Manovra 2	31
Figura 9. Nave da 200 m - Manovra 3	32
Figura 10. Nave da 200 m - Manovra 3	33
Figura 11. Nave da 200 m - Manovra 4	34
Figura 12. Nave da 200 m - Manovra 5	35
Figura 13. Nave da 200 m - Manovra 6	36
Figura 14. Nave da 200 m - Manovra 7	37
Figura 15. Nave da 200 m - Manovra 7	38
Figura 16. Nave da 200 m - Manovra 7	39
Figura 17. Nave da 200 m - Manovra 7	40
Figura 18. Nave da 200 m - Manovra 8	41
Figura 19. Nave da 200 m - Manovra 8	42
Figura 20. Nave da 200 m - Manovra 9	43
Figura 21. Nave da 200 m - Manovra 9	44
Figura 22. Nave da 200 m - Manovra 10	45
Figura 23. Nave da 200 m - Manovra 10	46
Figura 24. Nave da 200 m - Manovra 11	47
Figura 25. Nave da 200 m - Manovra 11	48
Figura 26. Nave da 200 m - Manovra 12	49
Figura 27. Nave da 200 m - Manovra 12	50
Figura 28. Nave da 200 m - Manovra 13	51

Figura 29. Nave da 200 m - Manovra 14.....	52
Figura 30. Nave da 200 m - Manovra 15.....	53
Figura 31. Nave da 200 m - Manovra 16.....	54
Figura 32. Nave da 135 m - Manovra 1.....	55
Figura 33. Nave da 135 m - Manovra 2.....	56
Figura 34. Nave da 135 m - Manovra 3.....	57
Figura 35. Nave da 135 m - Manovra 4.....	58
Figura 36. Nave da 135 m - Manovra 5.....	59
Figura 37. Nave da 135 m - Manovra 6.....	60
Figura 38. Nave da 135 m - Manovra 7.....	61
Figura 39. Nave da 135 m - Manovra 8.....	62
Figura 40. Nave da 135 m - Manovra 9.....	63
Figura 41. Nave da 135 m - Manovra 10.....	64
Figura 42. Nave da 135 m - Manovra 11.....	65

BIBLIOGRAFIA

- [1] G.Capurro, P.Puccio
'Primi risultati del programma SIMSUP per navi monoelica. Confronto teorico-sperimentale'
Rapporto tecnico CETENA n. 3832, Dicembre 1989
- [2] G.Capurro, P.Puccio
'Primi risultati del programma SIMSUP per navi bielica. Confronto teorico-sperimentale'
Rapporto tecnico CETENA n. 4037, Agosto 1990
- [3] G.Capurro
'Description of CETENA manoeuvring simulator SIMON II'
Rapporto tecnico CETENA n. 7459, Gennaio 2001
- [4] Prof. Ing. Giuseppe Tomasicchio, Prof. Ing. Francisco Rivero
"Porto di Barletta progettazione del prolungamento del molo foraneo secondo il vigente P.R.P. - Analisi dell'agitazione ondosa nel bacino portuale"
30 novembre 2005

Tabella 1
Caratteristiche principali della nave "Bulk Carrier da 200 m"

Caratteristiche generali		
Lunghezza tra le perpendicolari	185.0	m
Lunghezza fuori tutto	200.0	m
Larghezza B	32.25	m
Immersione T	7.50	m
Dislocamento	37000	t
Area frontale opera morta	650.0	m ²
Area laterale opera morta	2150.0	m ²
Caratteristiche dell'elica		
Numero eliche / Tipo	1 / pale fisse	
Numero delle pale	5	
Diametro	5.5	m
Apparato Motore		
Diesel 2 tempi reversibile	8200	kW
Giri	120	rpm

Tabella 2
Caratteristiche principali della nave "Bulk Carrier da 135 m"

Caratteristiche generali		
Lunghezza tra le perpendicolari	125.0	m
Lunghezza fuori tutto	135.0	m
Larghezza B	21.7	m
Immersione T	7.0	m
Dislocamento	15500	t
Area frontale opera morta	550.0	m ²
Area laterale opera morta	850.0	m ²
Caratteristiche dell'elica		
Numero eliche / Tipo	1 / pale orientabili	
Numero delle pale	4	
Diametro	4.35	m
Apparato Motore		
Diesel 4 tempi non reversibile	3600	kW
Giri motore	700	rpm
Propulsione ausiliaria		
1 elica di manovra prodiera	600	kW

Tabella 3
Elenco simulazioni - Nave da 200 m

Manovra	Vento	Mare	Utilizzo dei rimorchiatori
1. Ingresso alla banchina A	assente	assente	2 rimorchiatori
2. Ingresso alla banchina B	assente	assente	2 rimorchiatori
3. Ingresso alla banchina A	10 nodi da NW	H=2 m Tp=8 sec da NW	2 rimorchiatori
4. Ingresso alla banchina B	10 nodi da NW	H=2 m Tp=8 sec da NW	2 rimorchiatori
5. Ingresso alla banchina A	10 nodi da NNE	H=2 m Tp=9 sec da NNE	2 rimorchiatori
6. Ingresso alla banchina B	10 nodi da NNE	H=2 m Tp=9 sec da NNE	2 rimorchiatori
7. Ingresso alla banchina A	20 nodi da NW	H=3 m Tp=8 sec da NW	2 rimorchiatori
8. Ingresso alla banchina B	20 nodi da NW	H=3 m Tp=8 sec da NW	2 rimorchiatori
9. Ingresso alla banchina A	20 nodi da NNE	H=3 m Tp=9 sec da NNE	2 rimorchiatori
10. Ingresso alla banchina B	20 nodi da NNE	H=3 m Tp=9 sec da NNE	2 rimorchiatori
11. Uscita dalla banchina A	20 nodi da NW	H=3 m Tp=8 sec da NW	2 rimorchiatori
12. Uscita dalla banchina B	20 nodi da NW	H=3 m Tp=8 sec da NW	2 rimorchiatori
13. Uscita dalla banchina B	20 nodi da NNE	H=3 m Tp=9 sec da NNE	2 rimorchiatori
14. Uscita dalla banchina A	20 nodi da NNE	H=3 m Tp=9 sec da NNE	2 rimorchiatori
15. Ingresso alla banchina A	35 nodi da NW	H=4.5 m Tp=8 sec da NW	2 rimorchiatori
16. Ingresso alla banchina B	35 nodi da NW	H=5 m Tp=8 sec da NW	2 rimorchiatori

Tabella 4
Elenco simulazioni - Nave da 135 m

Manovra	Vento	Mare	Utilizzo dei rimorchiatori
1. Ingresso alla banchina A	assente	assente	1 rimorchiatore
2. Ingresso alla banchina A	15 nodi da NW	H=2.5 m Tp=8 sec da NW	1 rimorchiatore
3. Ingresso alla banchina A	25 nodi da NW	H=3 m Tp=8 sec da NW	2 rimorchiatori
4. Ingresso alla banchina A	35 nodi da NW	H=3.5 m Tp=8 sec da NW	2 rimorchiatori
5. Ingresso alla banchina B	35 nodi da NW	H=3.5 m Tp=8 sec da NW	2 rimorchiatori
6. Ingresso alla banchina A	25 nodi da NNE	H=3 m Tp=9 sec da NNE	2 rimorchiatori
7. Ingresso alla banchina B	35 nodi da NNE	H=3.5 m Tp=9 sec da NNE	2 rimorchiatori
8. Uscita dalla banchina A	35 nodi da NW	H=3.5 m Tp=8 sec da NW	1 rimorchiatore
9. Uscita dalla banchina B	35 nodi da NW	H=3.5 m Tp=8 sec da NW	1 rimorchiatore
10. Ingresso alla banchina A	35 nodi da NW	H=4.5 m Tp=8 sec da NW	2 rimorchiatori
11. Ingresso alla banchina B	35 nodi da NW	H=5 m Tp=8 sec da NW	2 rimorchiatori

Figura 3. Mappa porto - Alternativa 4

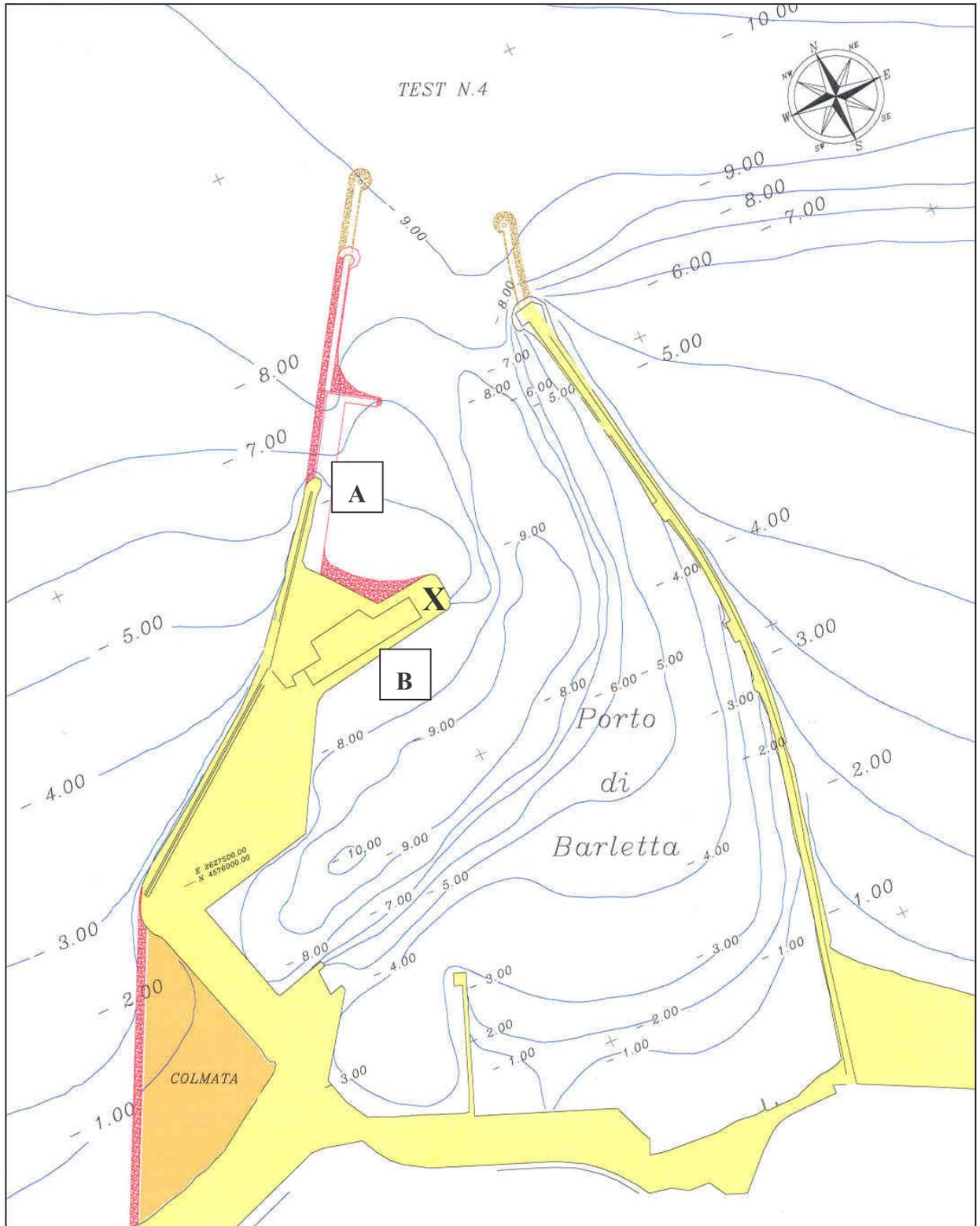
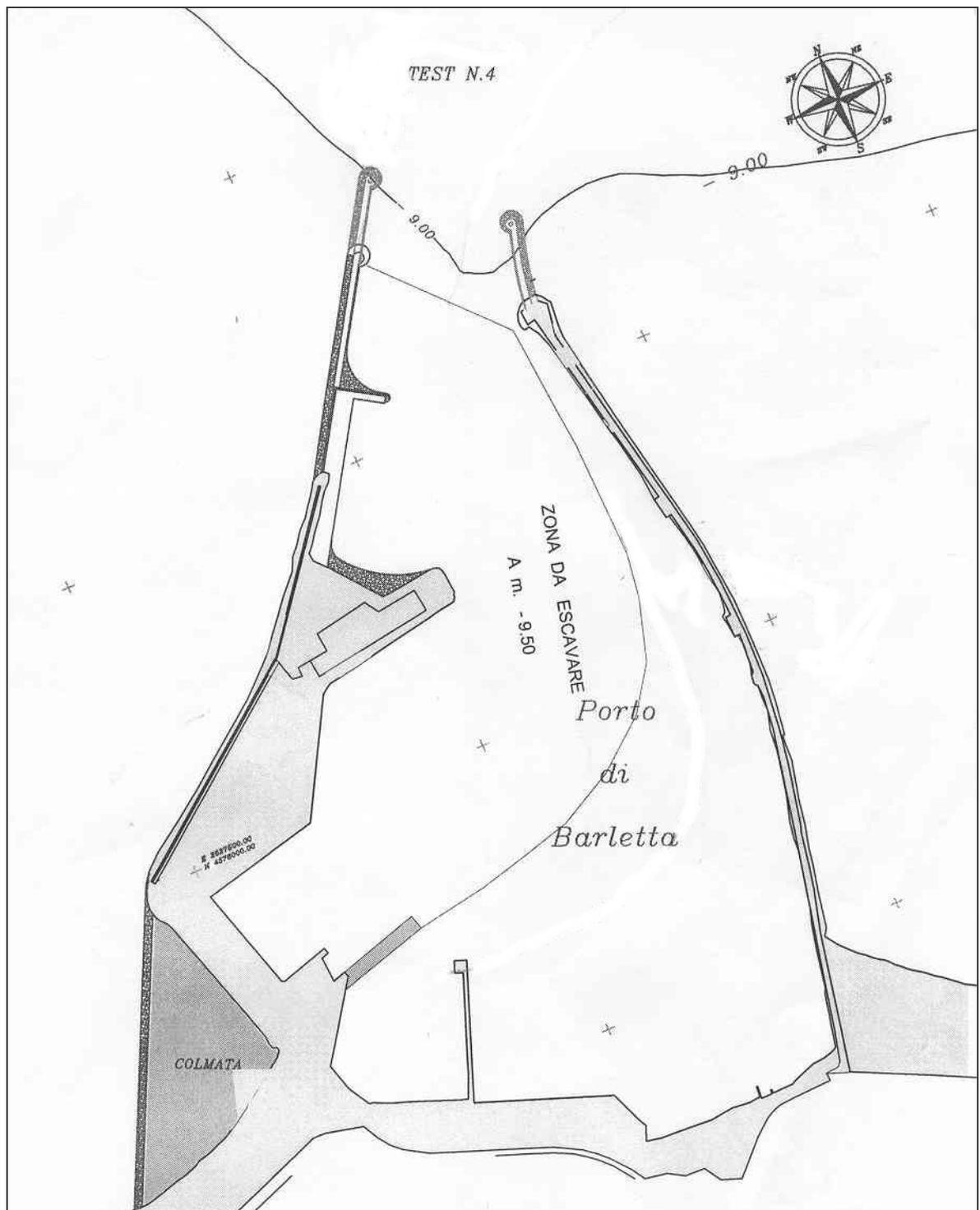


Figura 4. Fondali all'interno dell'area portuale come previsti dall'attuale piano regolatore ed assunti nelle simulazioni



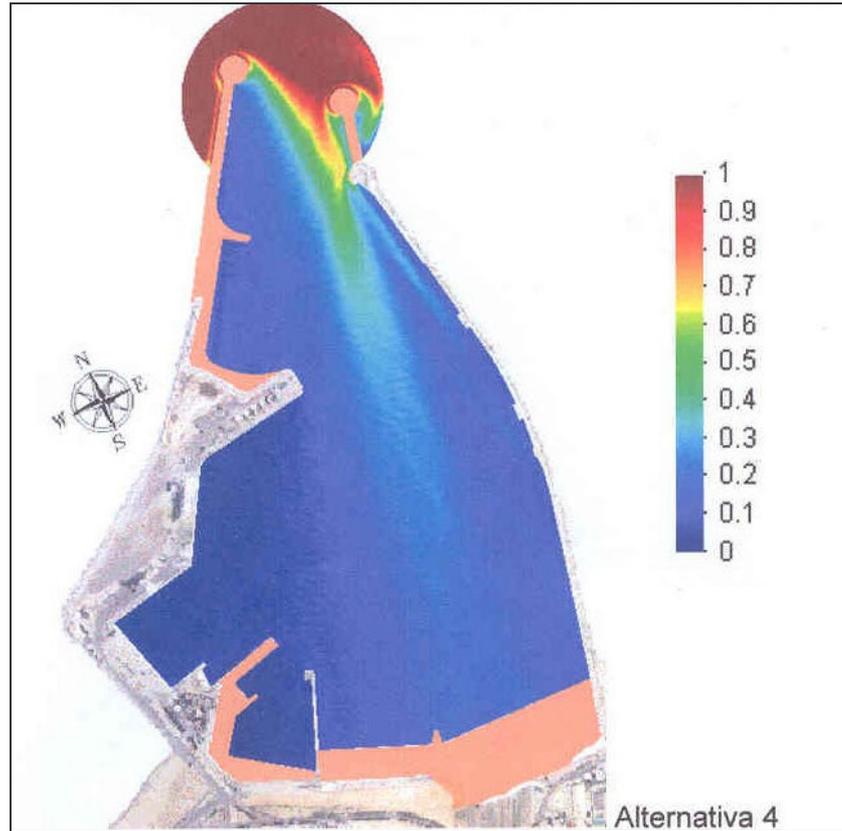


Figura 5. Penetrazione ondosa per mare proveniente da NW – $T_p=8$ sec

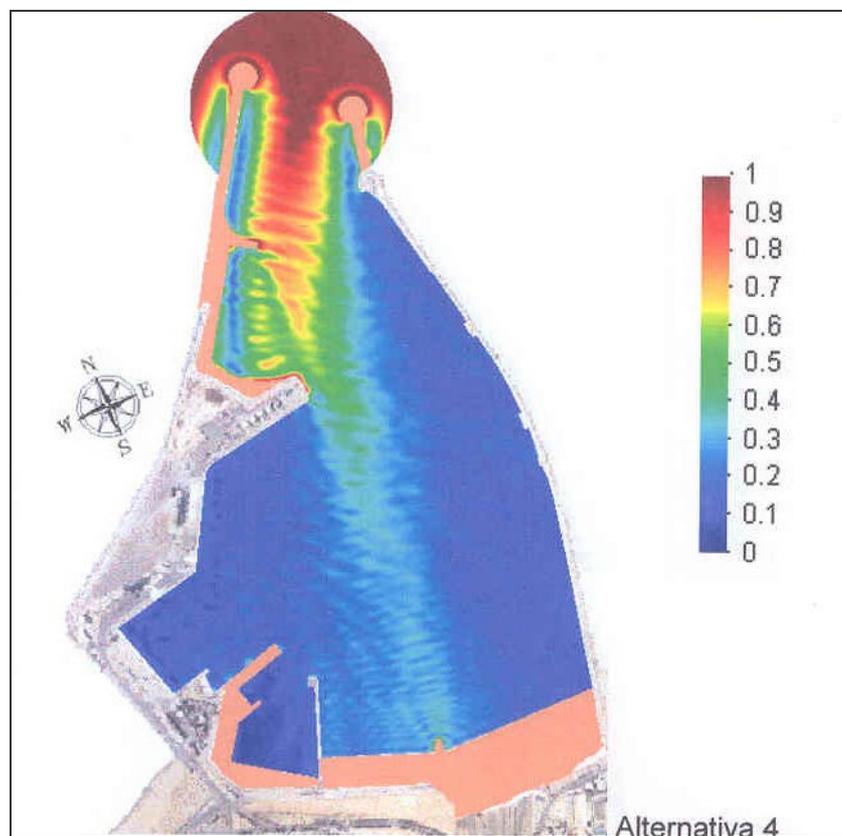


Figura 6. Penetrazione ondosa per mare proveniente da NNE– $T_p=9$ sec

Figura 7. Nave da 200 m - Manovra 1
Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A - Assenza di vento ed onda

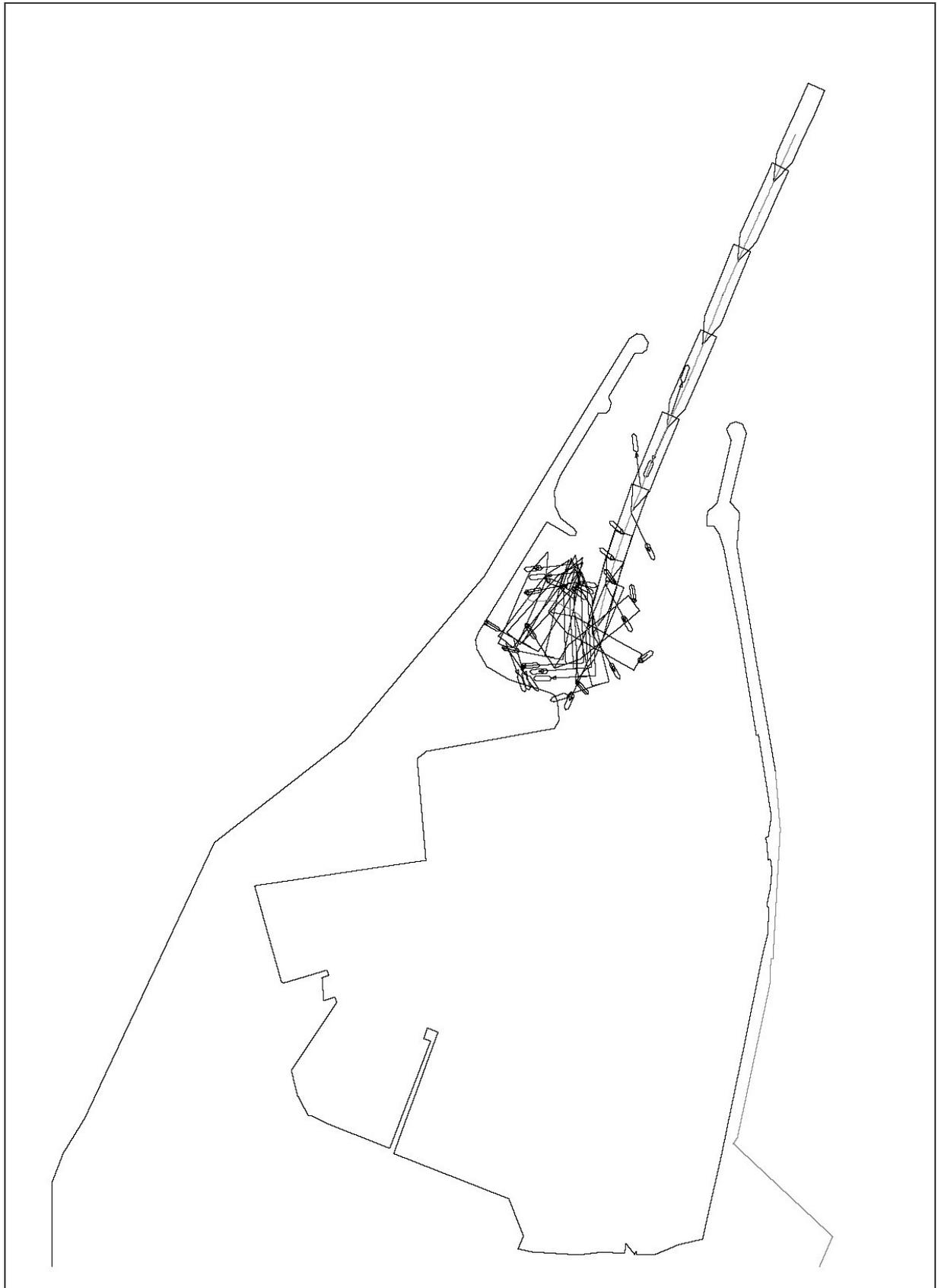


Figura 8. Nave da 200 m - Manovra 2
Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina B - Assenza di vento ed onda

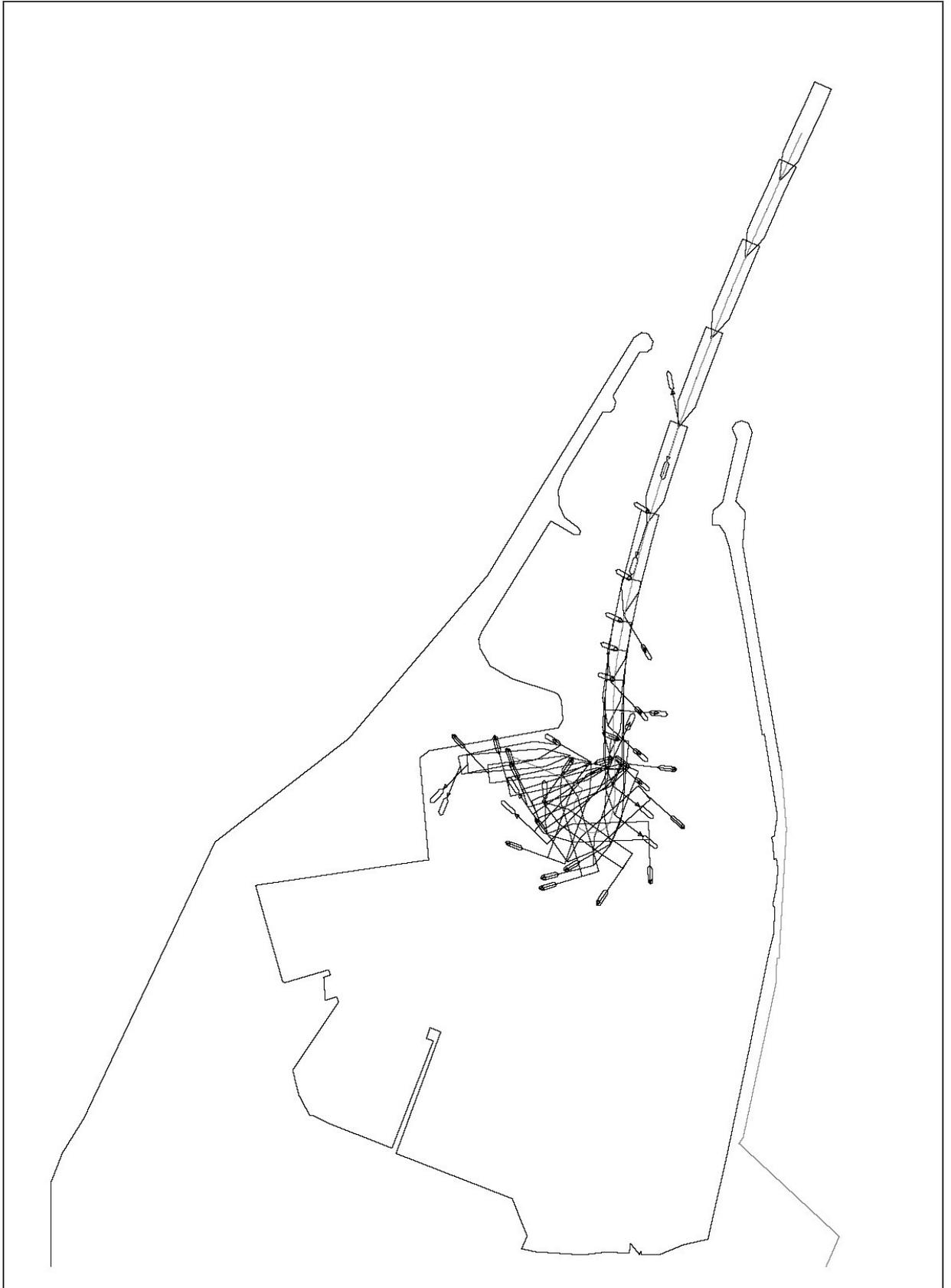


Figura 9. Nave da 200 m - Manovra 3

Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A - Vento a 10 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 2 m

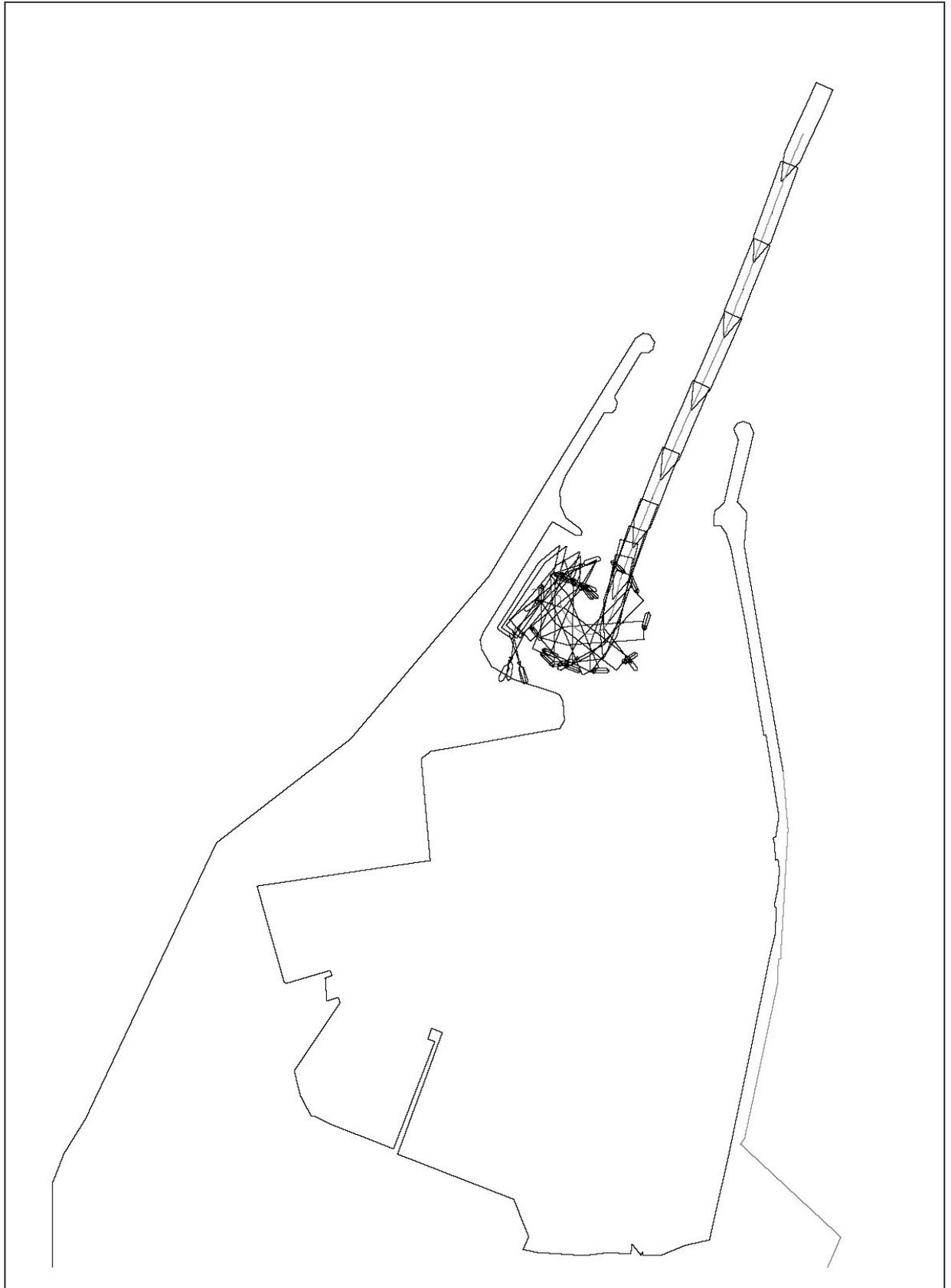


Figura 10. Nave da 200 m - Manovra 3
Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A - Vento a 10 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 2 m

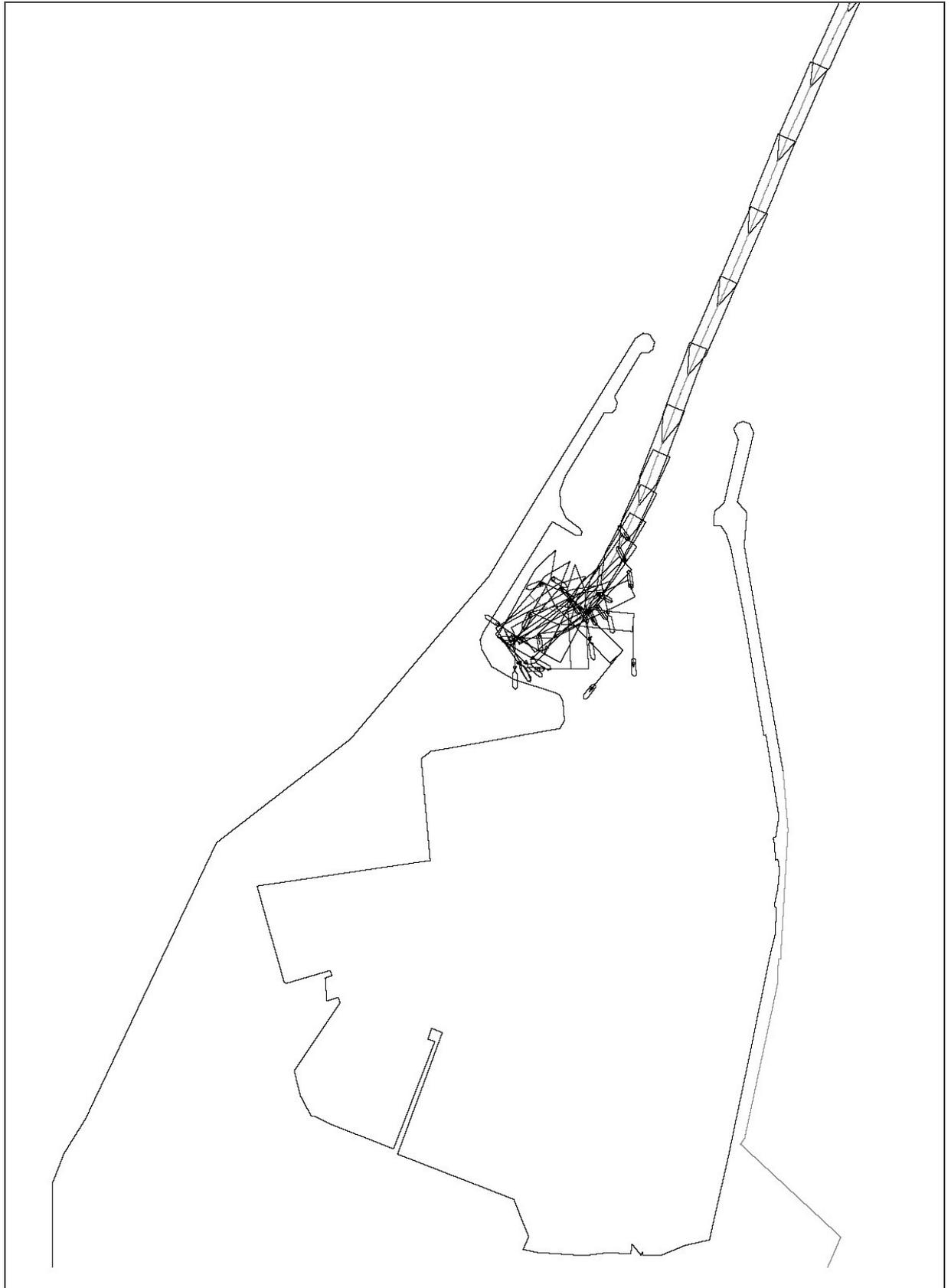


Figura 11. Nave da 200 m - Manovra 4
Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina B - Vento a 10 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 2 m

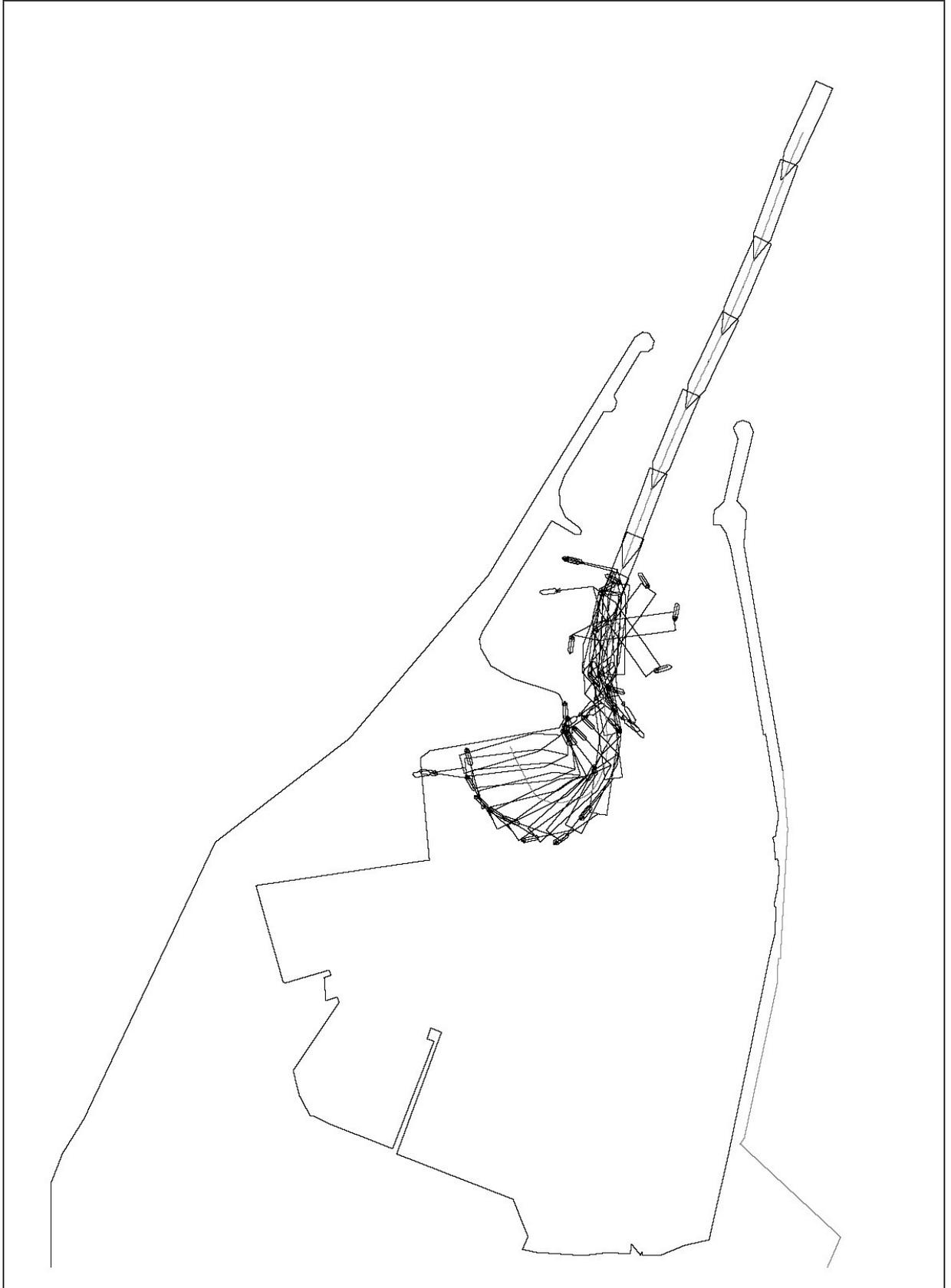


Figura 12. Nave da 200 m - Manovra 5
Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A - Vento a 10 nodi da NNE e mare da NNE con onda di altezza 2 m

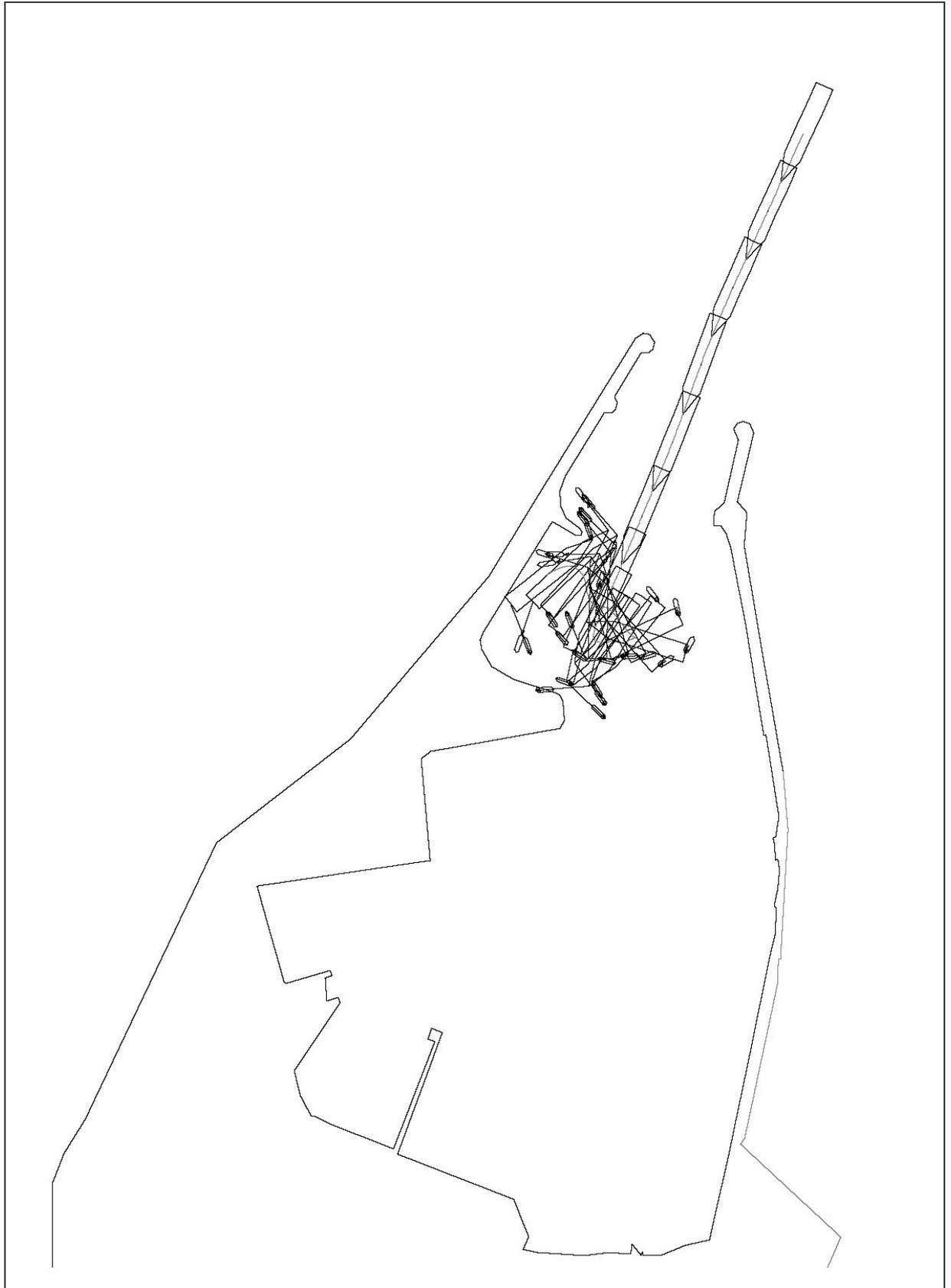


Figura 13. Nave da 200 m - Manovra 6
Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina B - Vento a 10 nodi da NNE e mare da NNE con onda di altezza 2 m

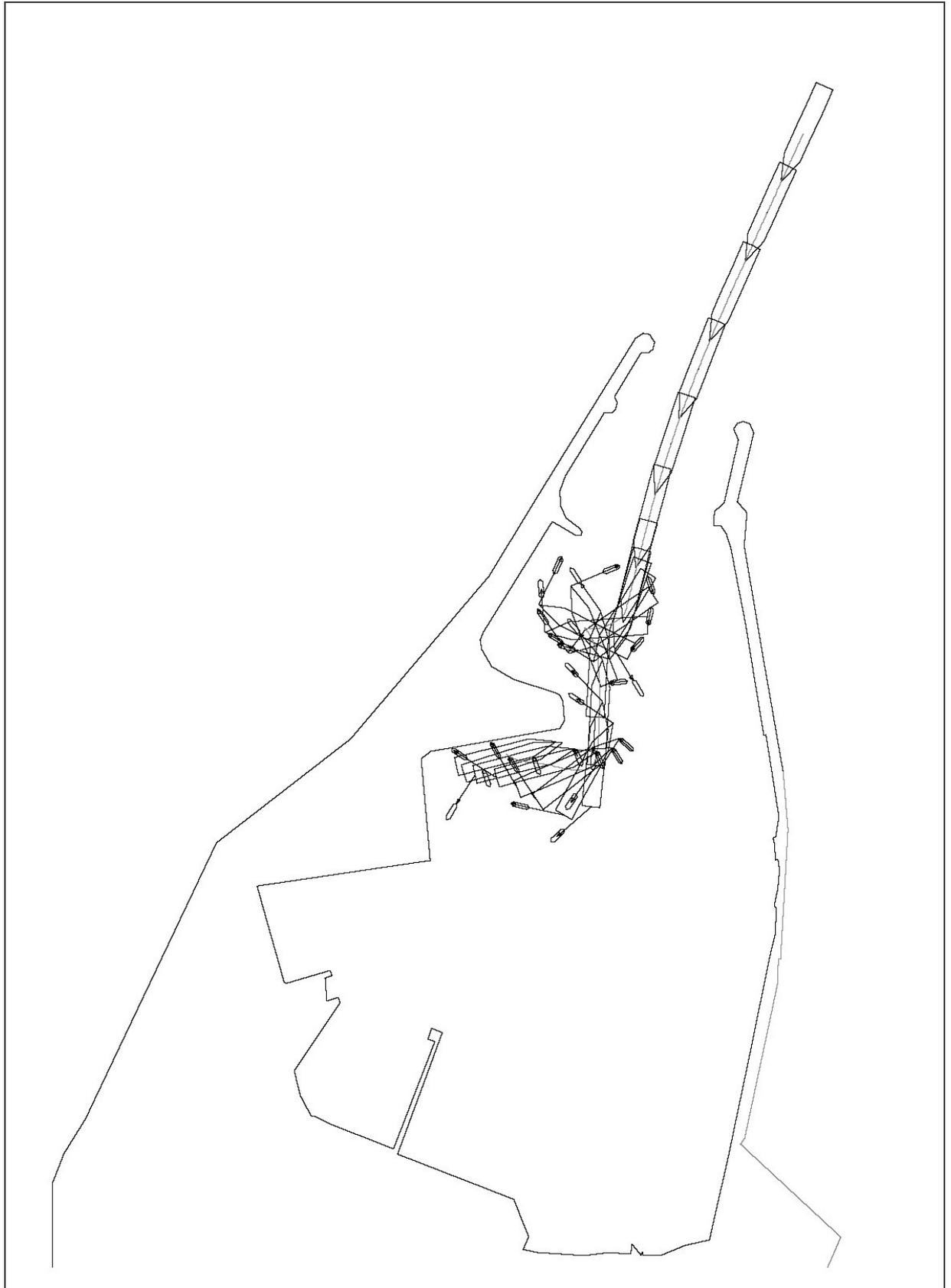


Figura 14. Nave da 200 m - Manovra 7
Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A - Vento a 20 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 3 m

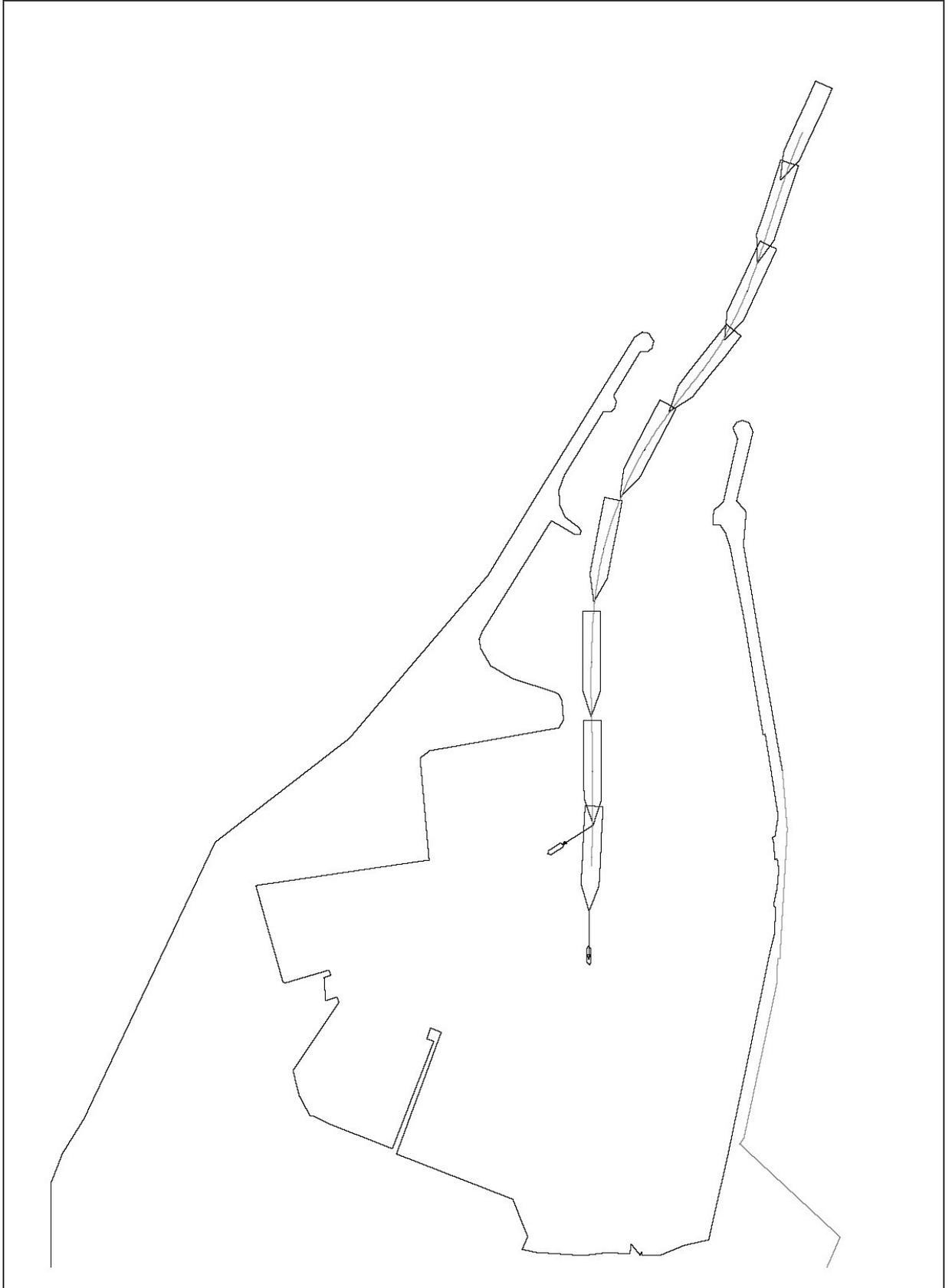


Figura 15. Nave da 200 m - Manovra 7
Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A - Vento a 20 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 3 m

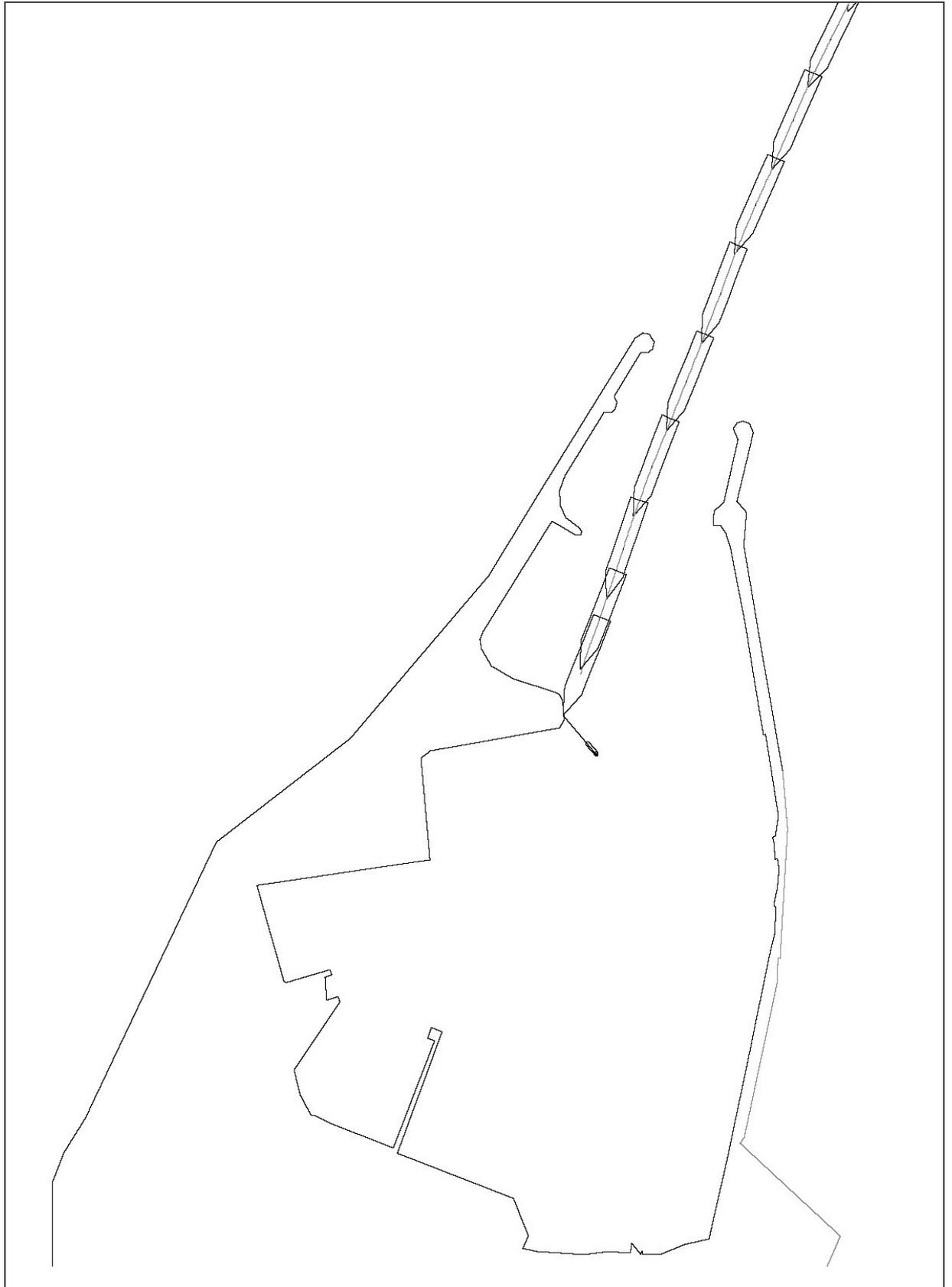


Figura 16. Nave da 200 m - Manovra 7
Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A - Vento a 20 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 3 m

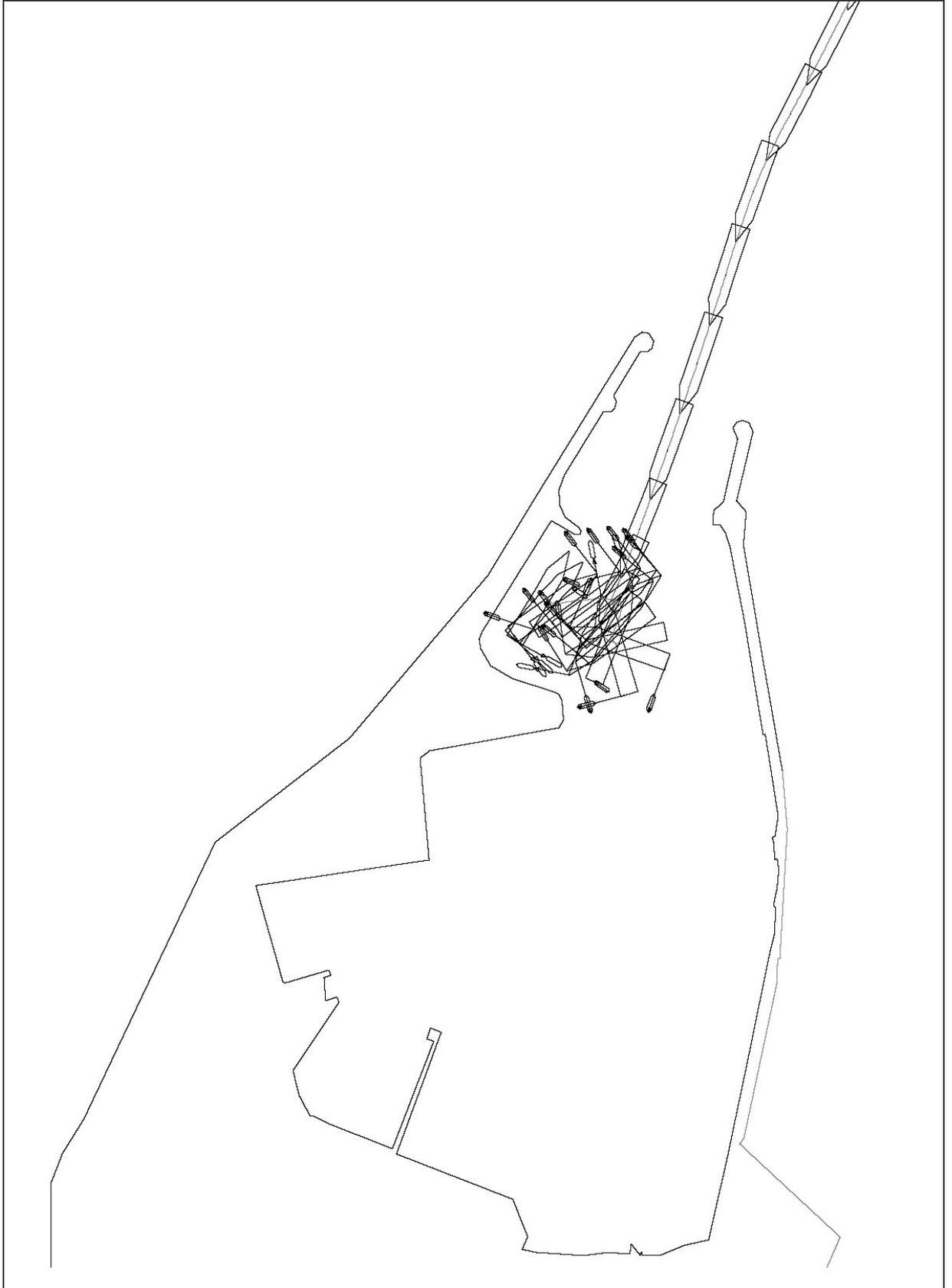


Figura 17. Nave da 200 m - Manovra 7

Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A - Vento a 20 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 3 m

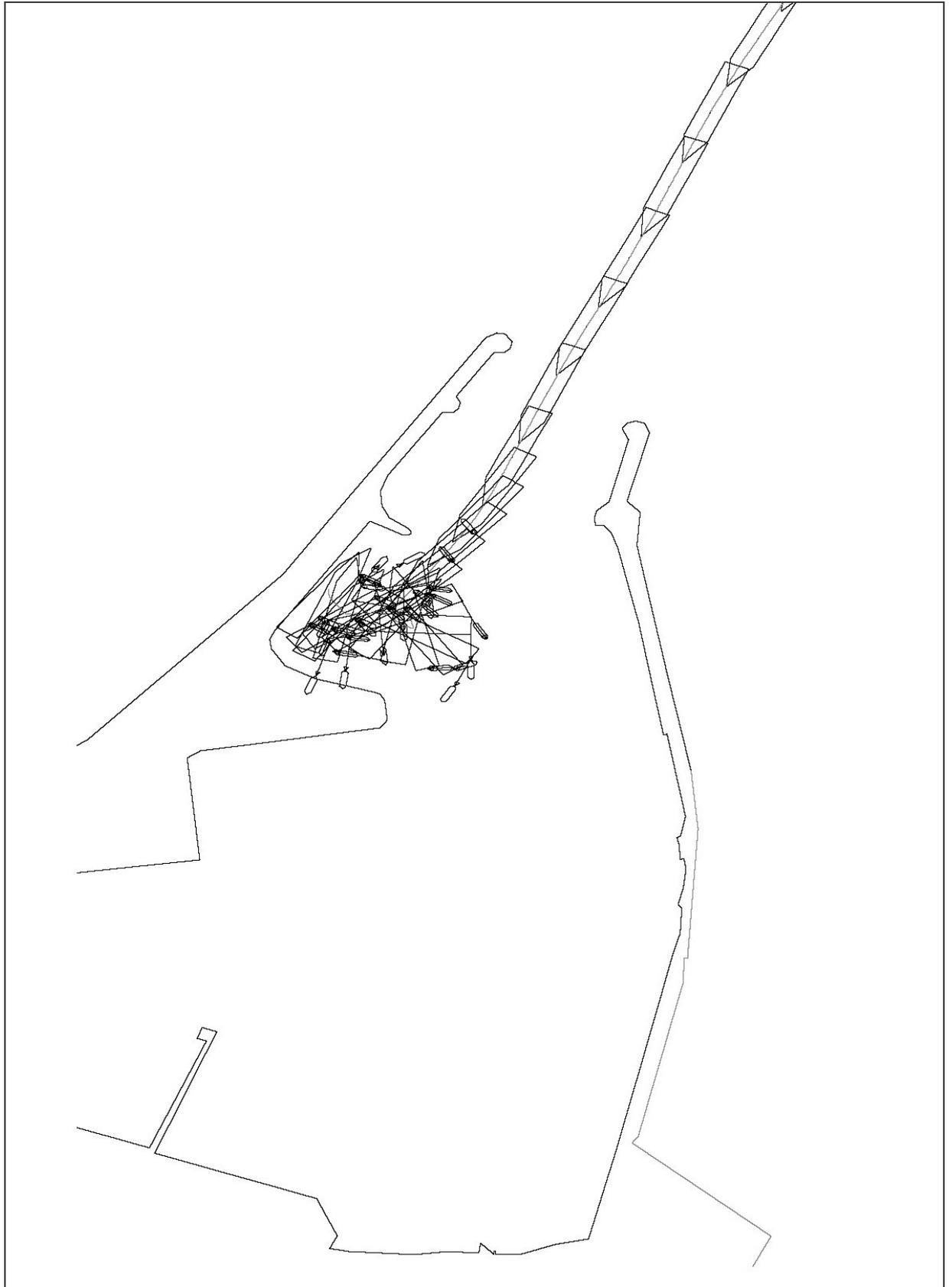


Figura 18. Nave da 200 m - Manovra 8
Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina B - Vento a 20 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 3 m

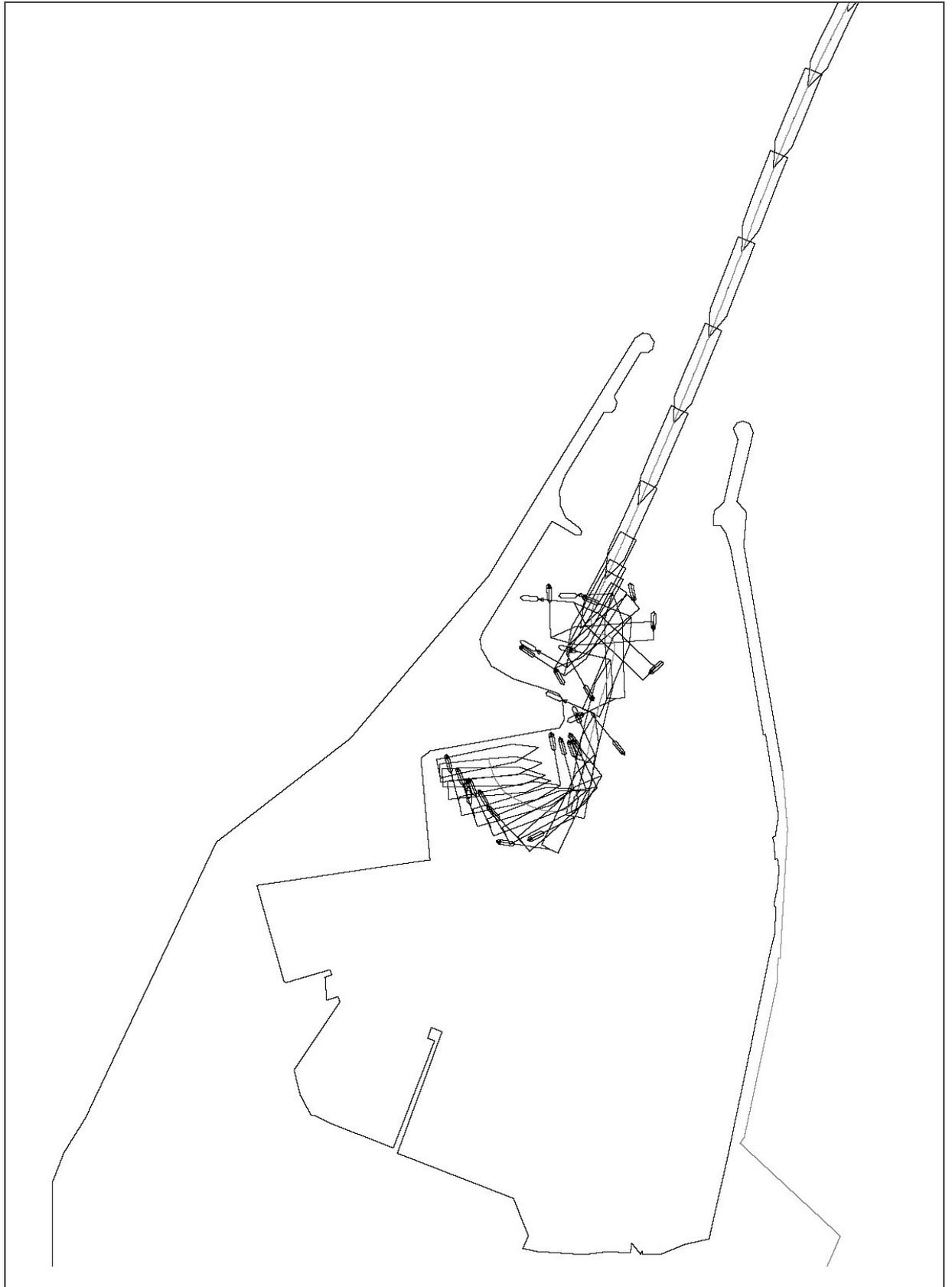


Figura 19. Nave da 200 m - Manovra 8
Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina B - Vento a 20 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 3 m

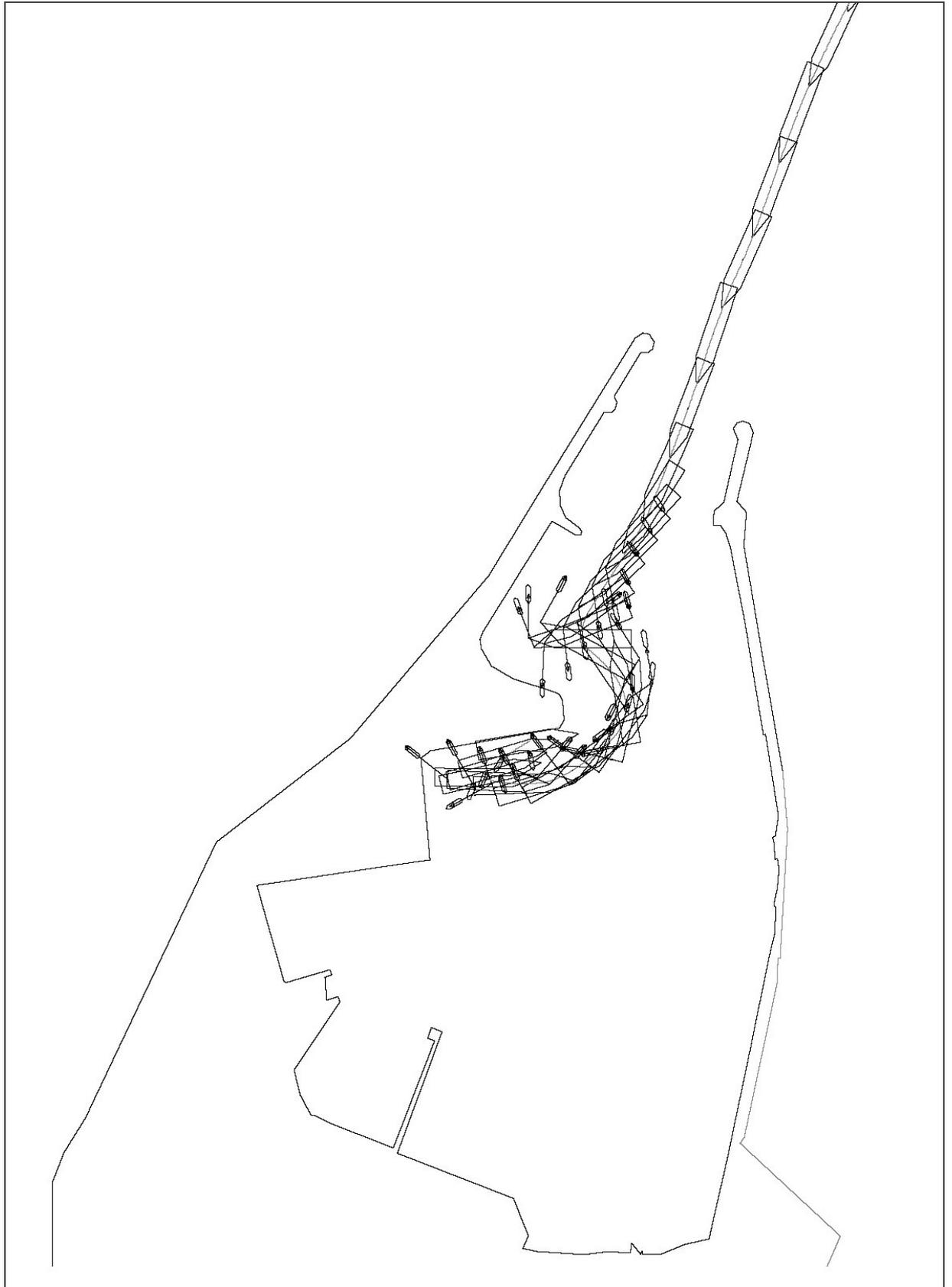


Figura 20. Nave da 200 m - Manovra 9
Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A - Vento a 20 nodi da NNE e mare da NNE con onda di altezza 3 m



Figura 21. Nave da 200 m - Manovra 9

Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A - Vento a 20 nodi da NNE e mare da NNE con onda di altezza 3 m

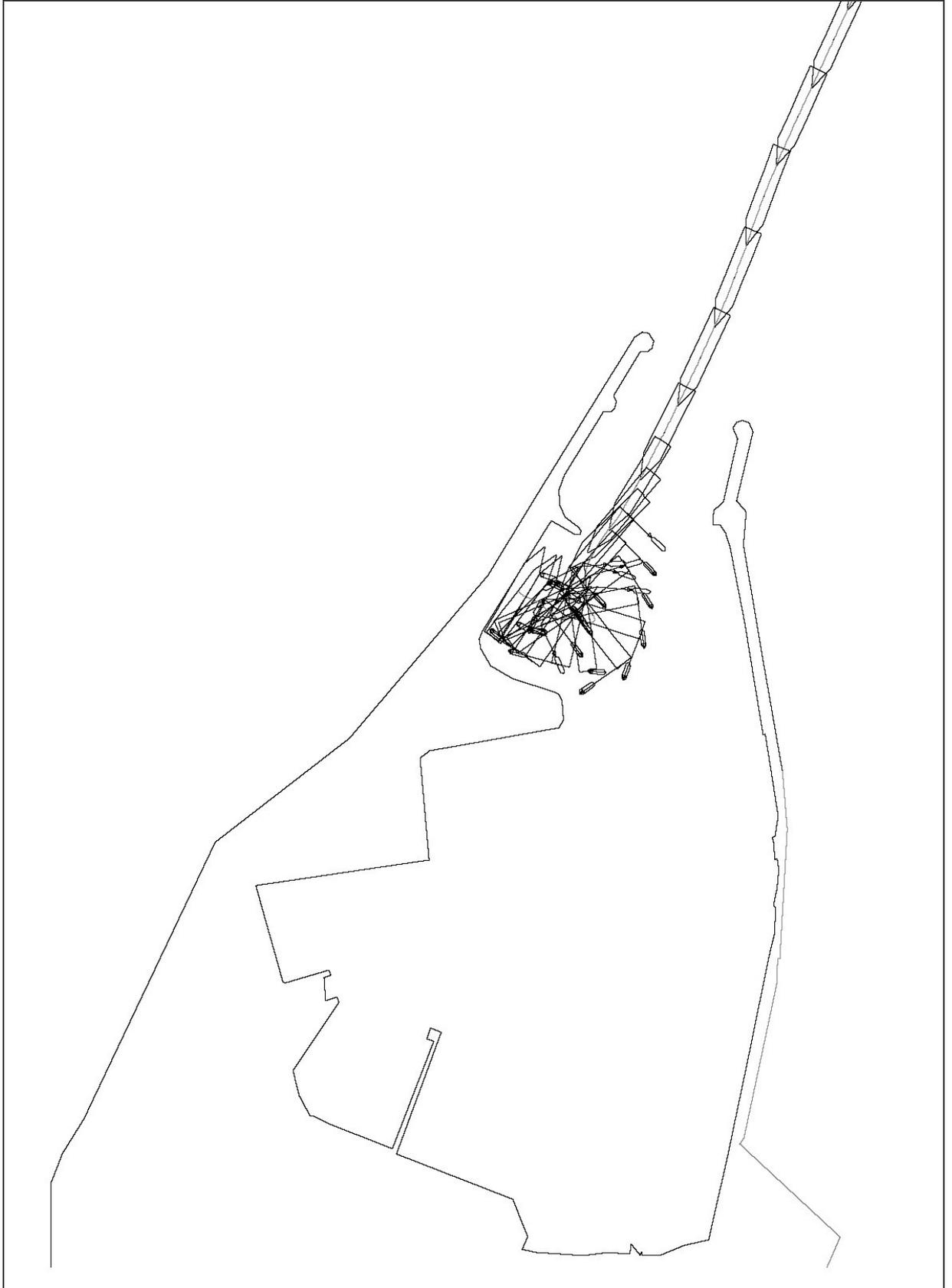


Figura 22. Nave da 200 m - Manovra 10
Manovra di evoluzione per l'accosto alla vanchina B - Vento a 20 nodi da NNE e mare da NNE con onda di altezza 3 m

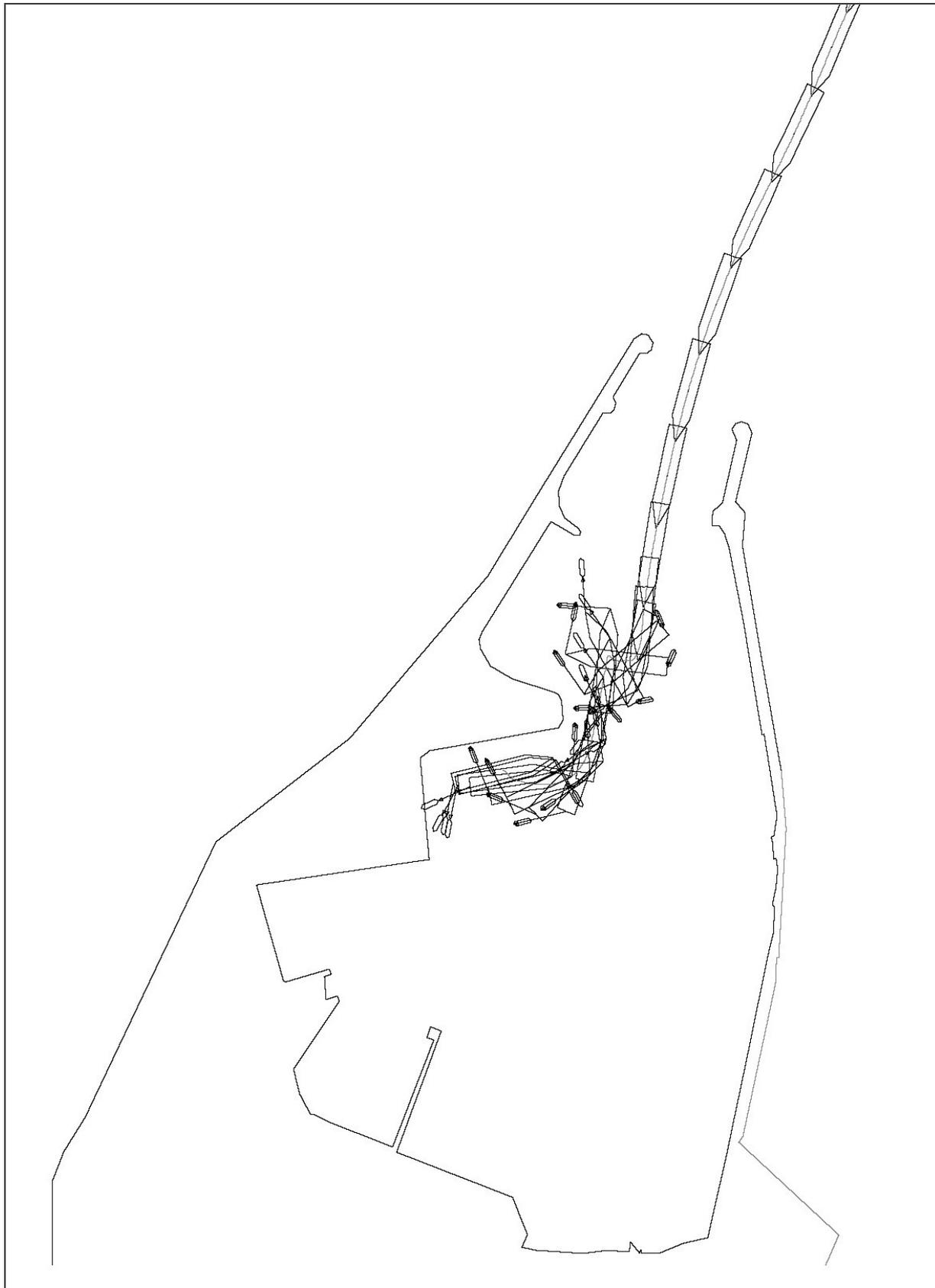


Figura 23. Nave da 200 m - Manovra 10
Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina B - Vento a 20 nodi da NNE e mare da NNE con onda di altezza 3 m

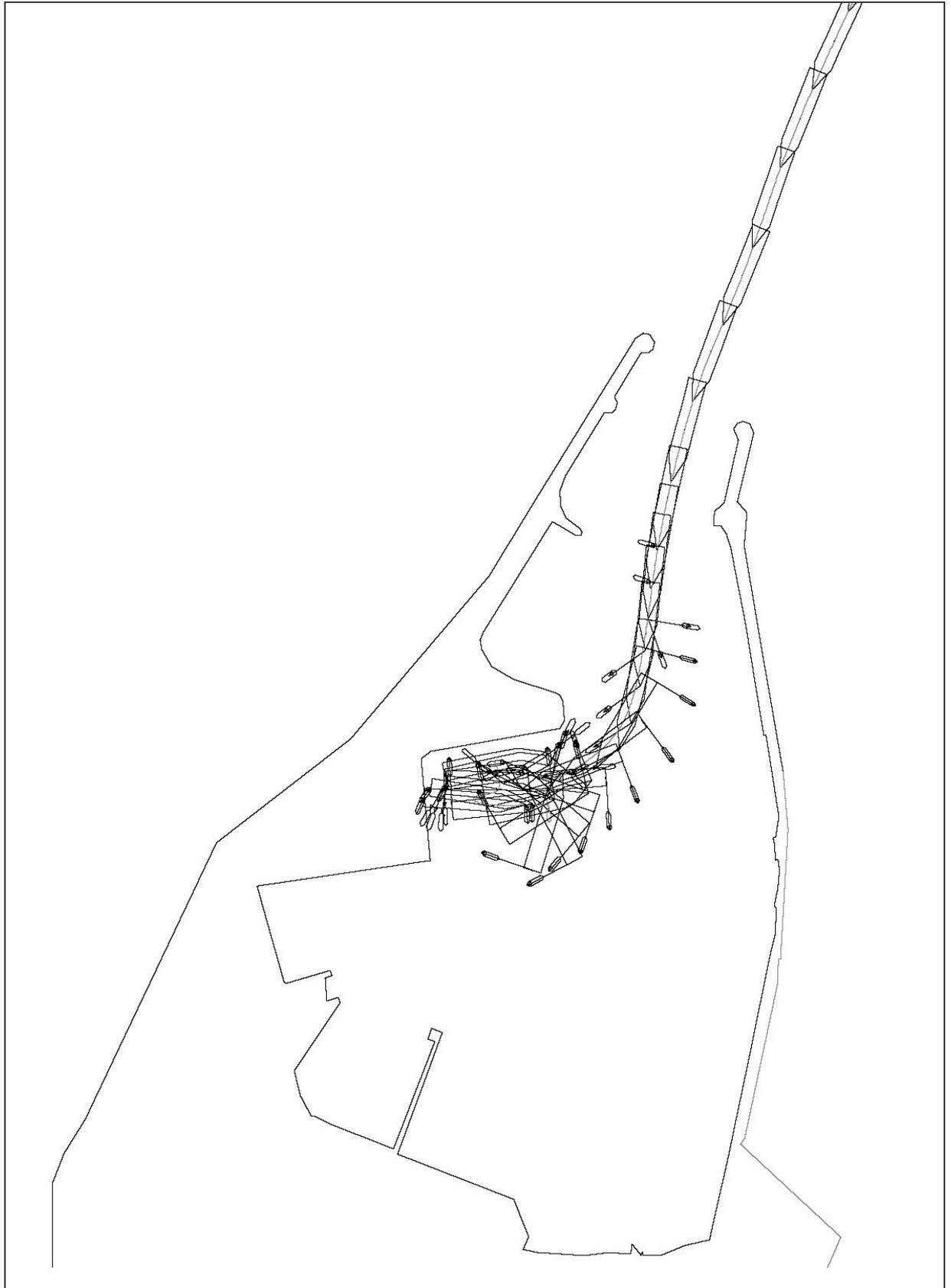


Figura 24. Nave da 200 m - Manovra 11
Manovra di allontanamento dalla banchina A - Vento a 20 nodi da NW e mare da NW
con onda di altezza 3 m

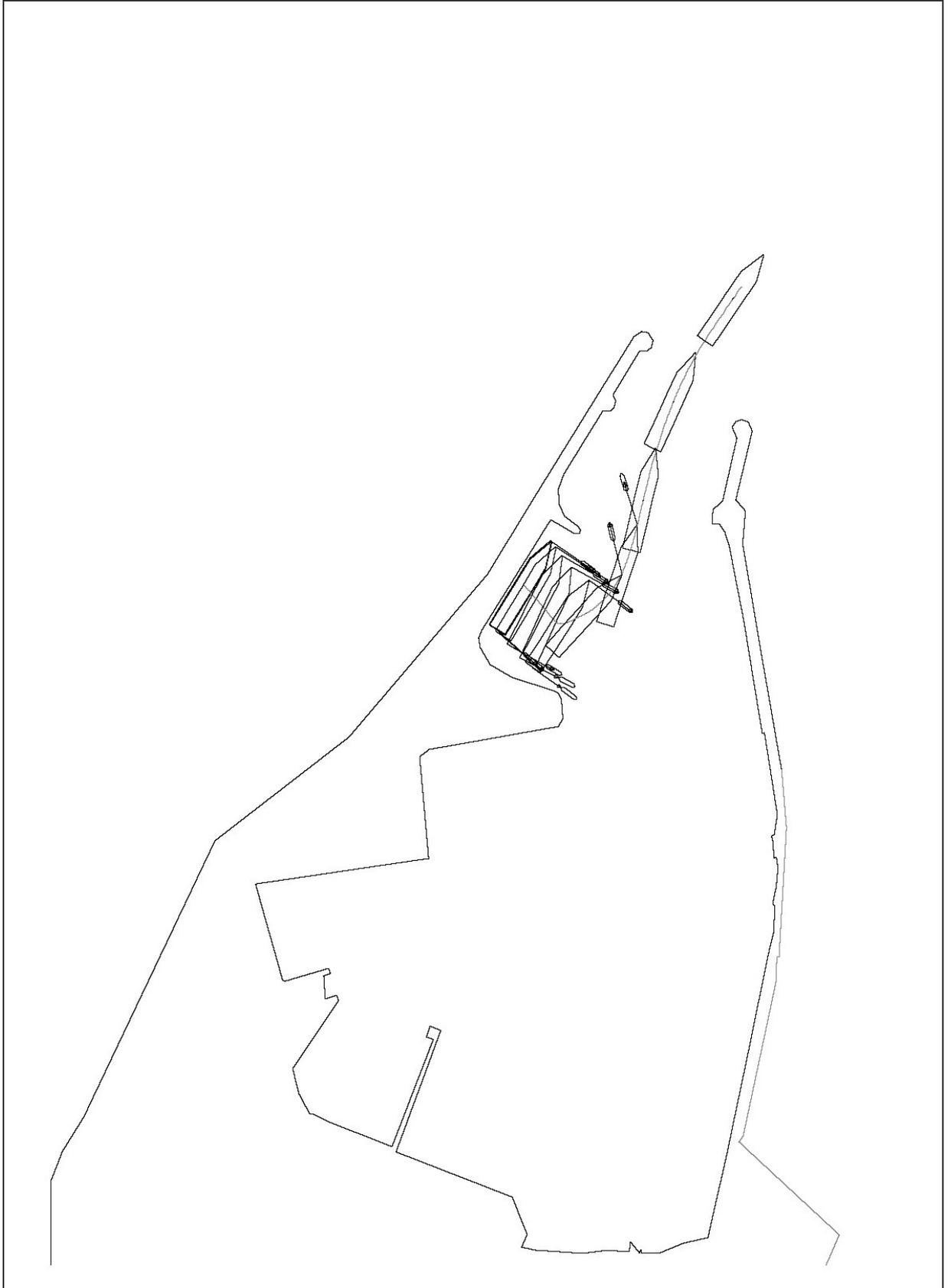


Figura 25. Nave da 200 m - Manovra 11
Manovra di allontanamento dalla banchina A - Vento a 20 nodi da NW e mare da NW
con onda di altezza 3 m

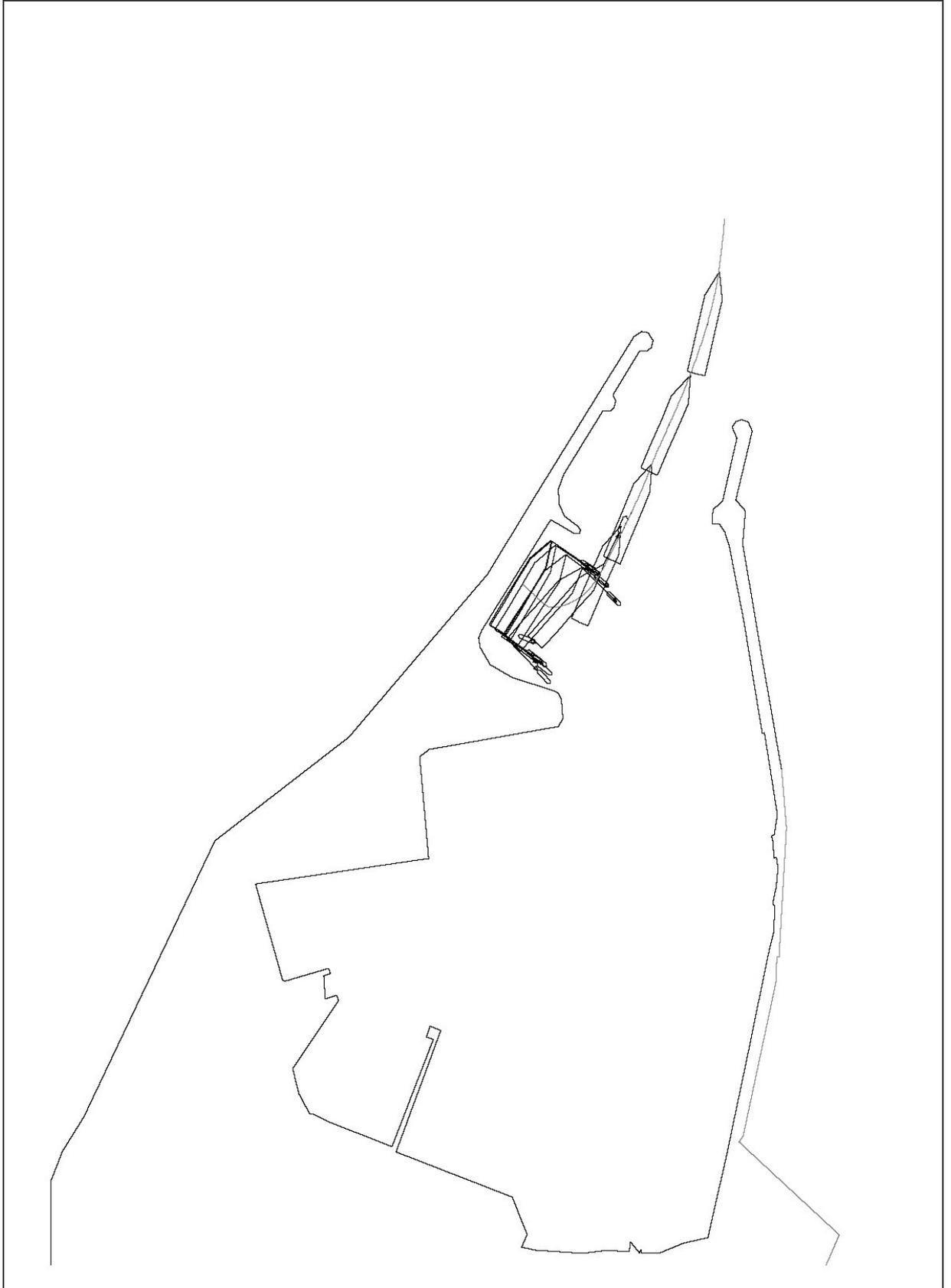


Figura 26. Nave da 200 m - Manovra 12
Manovra di allontanamento dalla banchina B - Vento a 20 nodi da NW e mare da NW
con onda di altezza 3 m

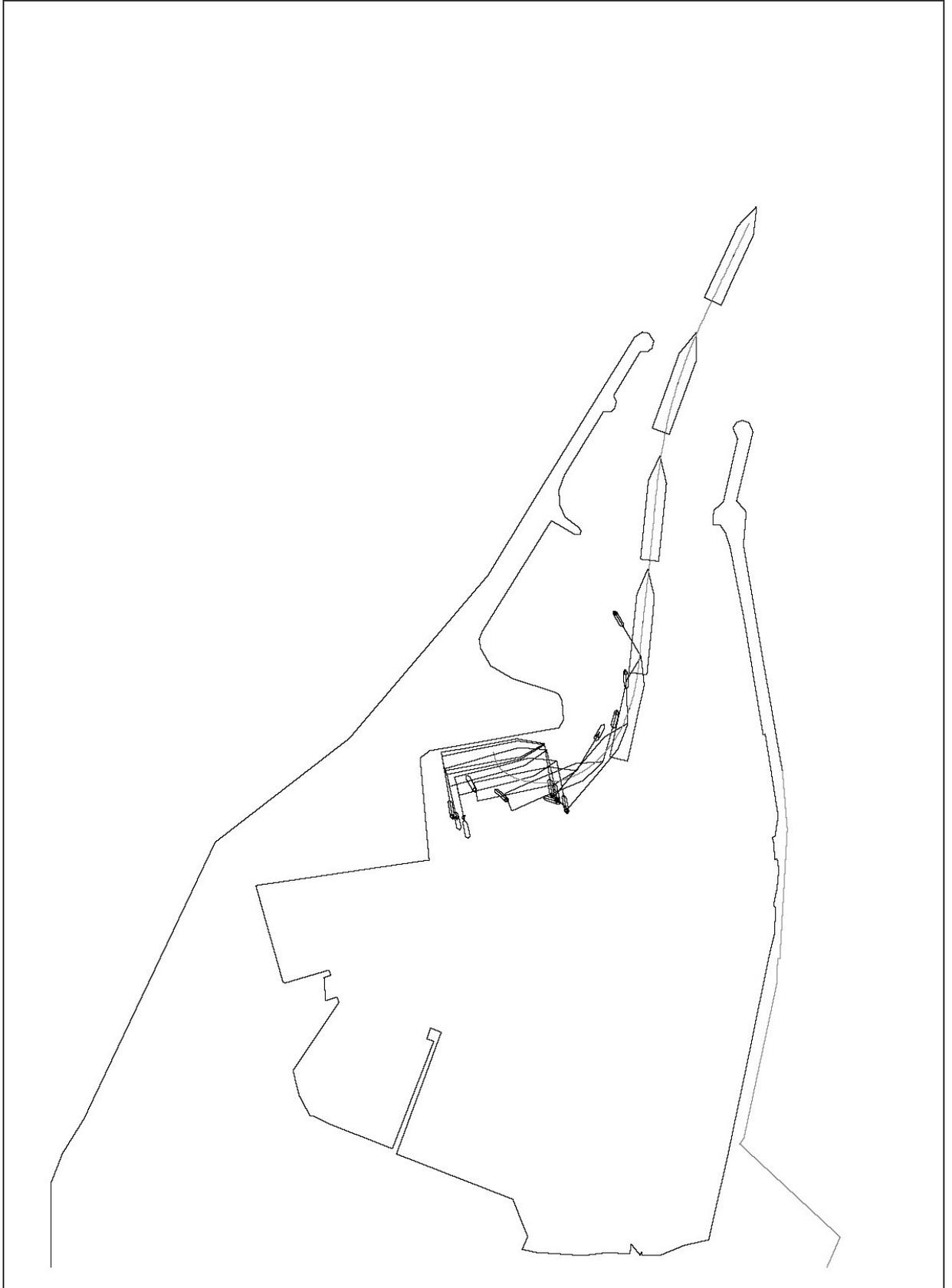


Figura 27. Nave da 200 m - Manovra 12
Manovra di allontanamento dalla banchina B - Vento a 20 nodi da NW e mare da NW
con onda di altezza 3 m

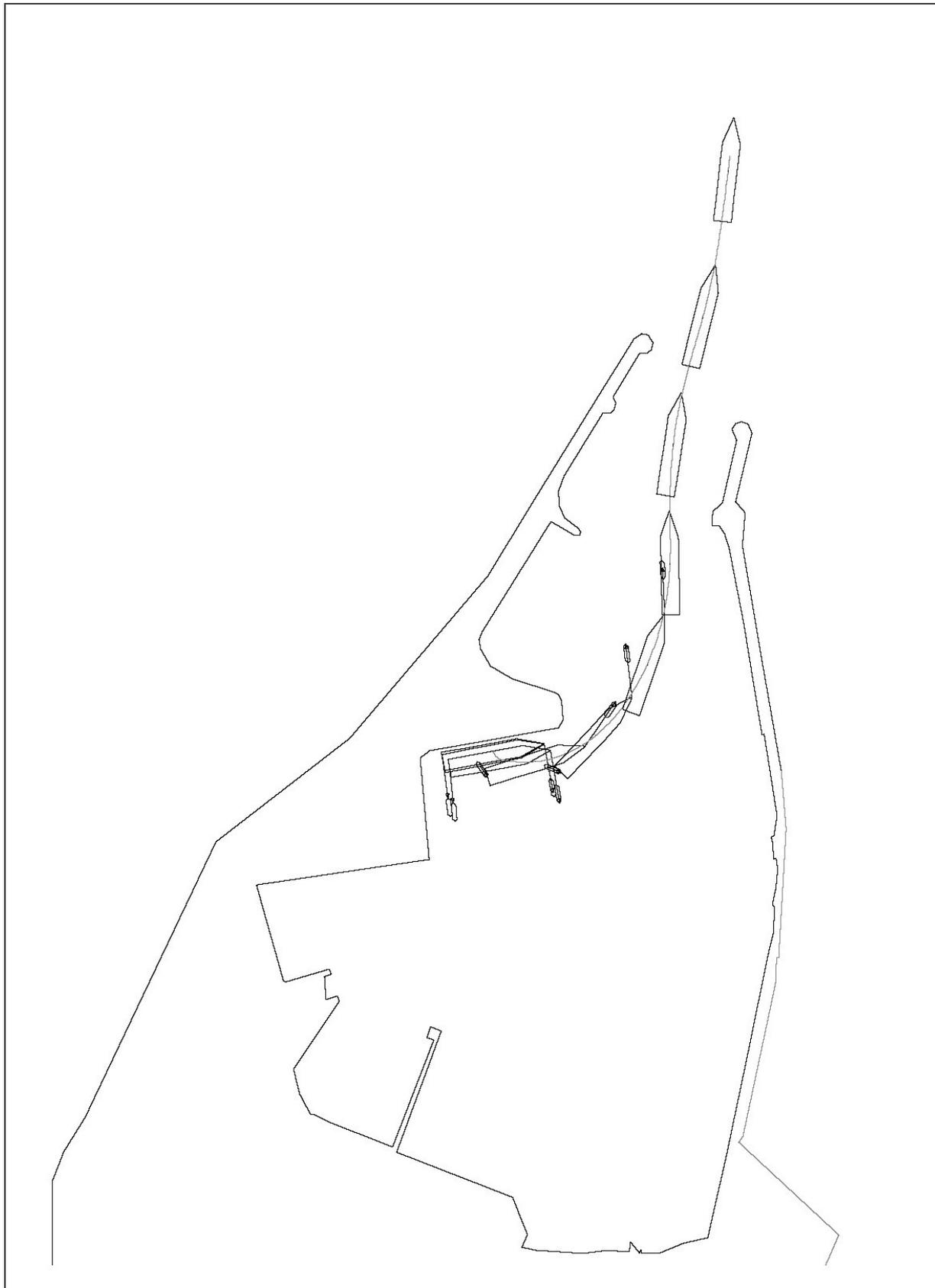


Figura 28. Nave da 200 m - Manovra 13

**Manovra di allontanamento dalla banchina B - Vento a 20 nodi da NNE e mare da NNE
con onda di altezza 3 m**

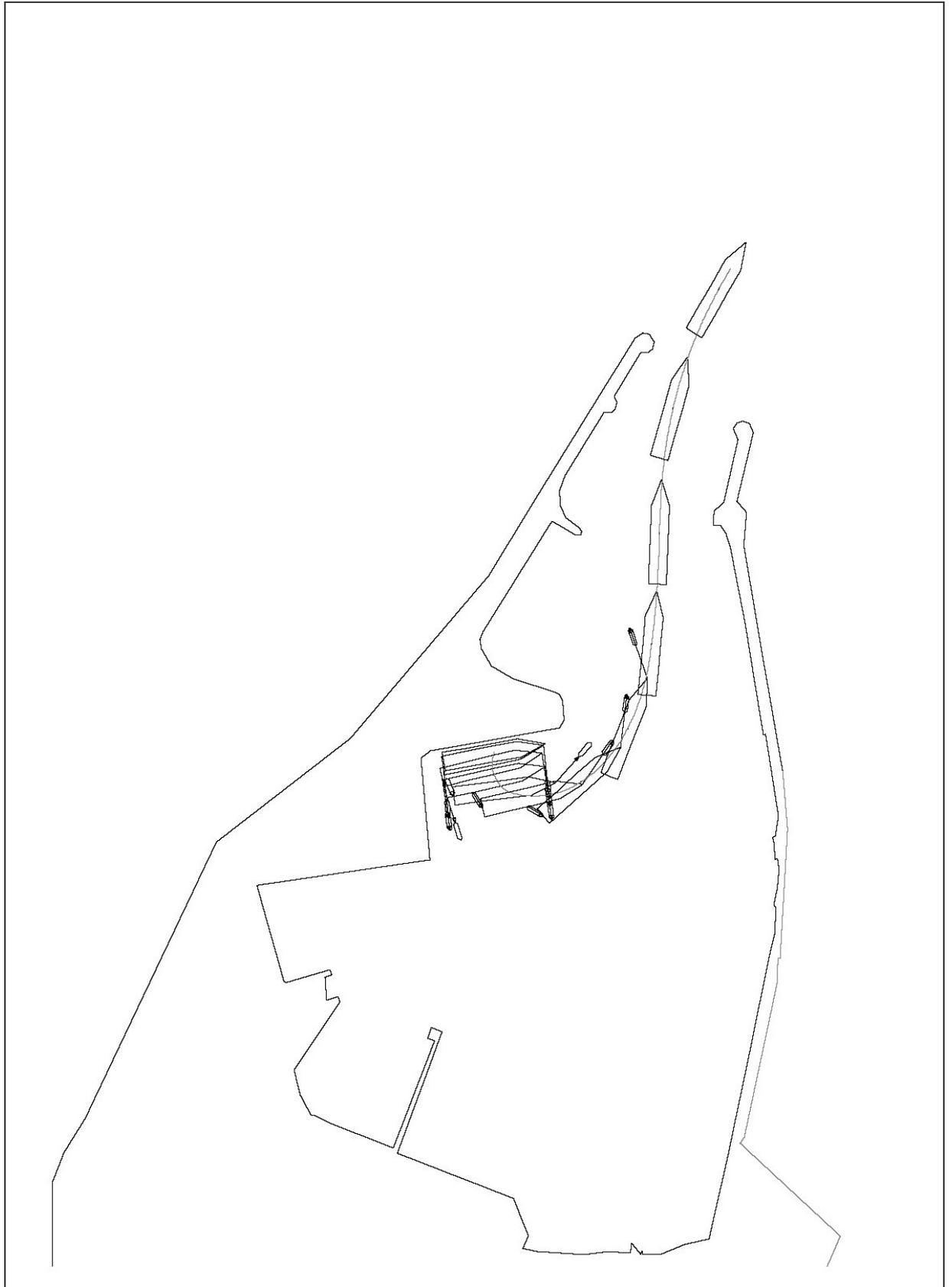


Figura 29. Nave da 200 m - Manovra 14
Manovra di allontanamento dalla banchina A - Vento a 20 nodi da NNE e mare da NNE
con onda di altezza 3 m

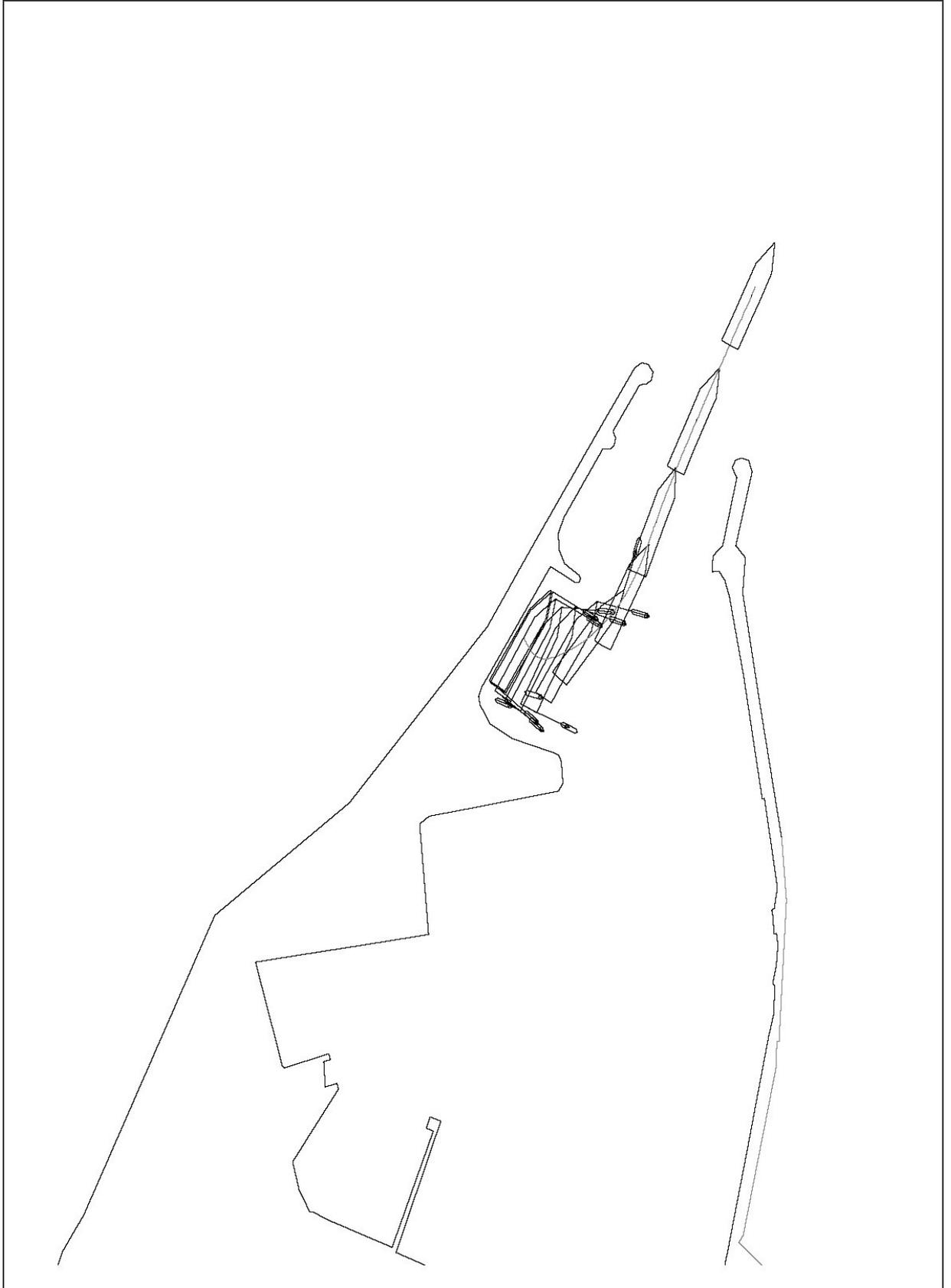


Figura 30. Nave da 200 m - Manovra 15
Ingresso nel porto per l'accosto alla banchina A - Vento a 35 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 4.5 m

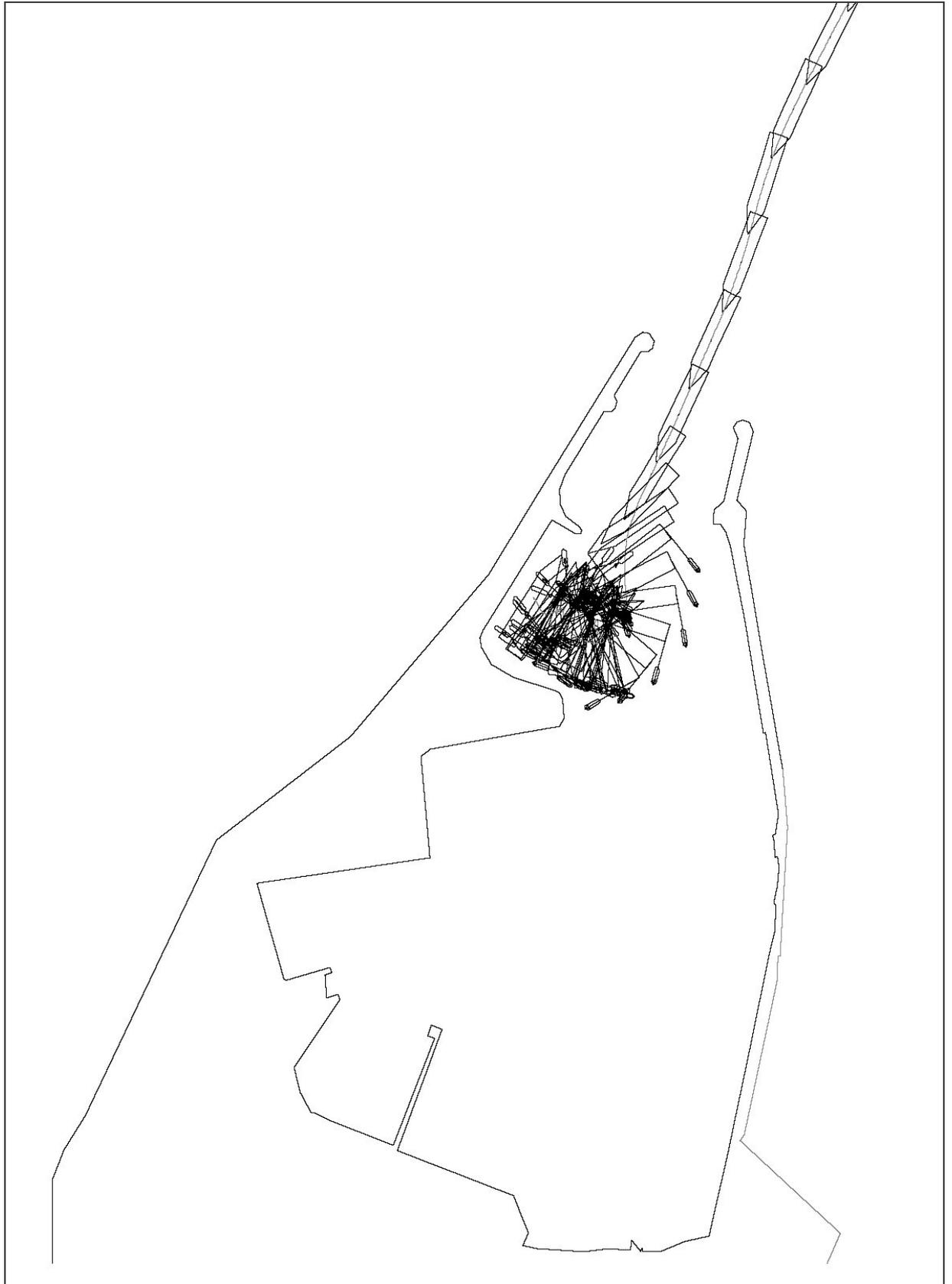


Figura 31. Nave da 200 m - Manovra 16
Ingresso nel porto per l'accosto alla banchina B - Vento a 35 nodi da NW e mare da NW
con onda di altezza 5 m

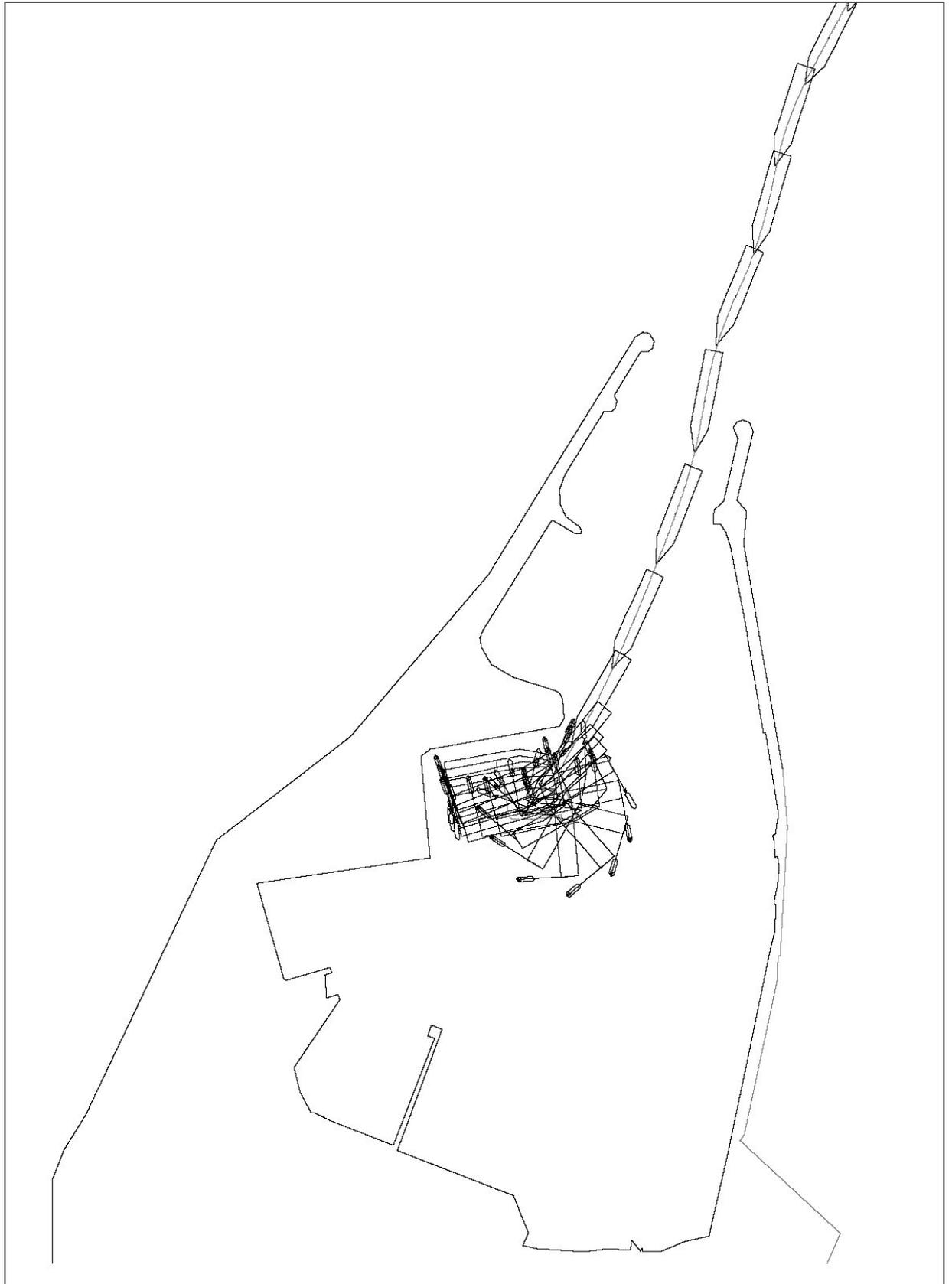


Figura 32. Nave da 135 m - Manovra 1
Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A - Assenza di vento ed onda

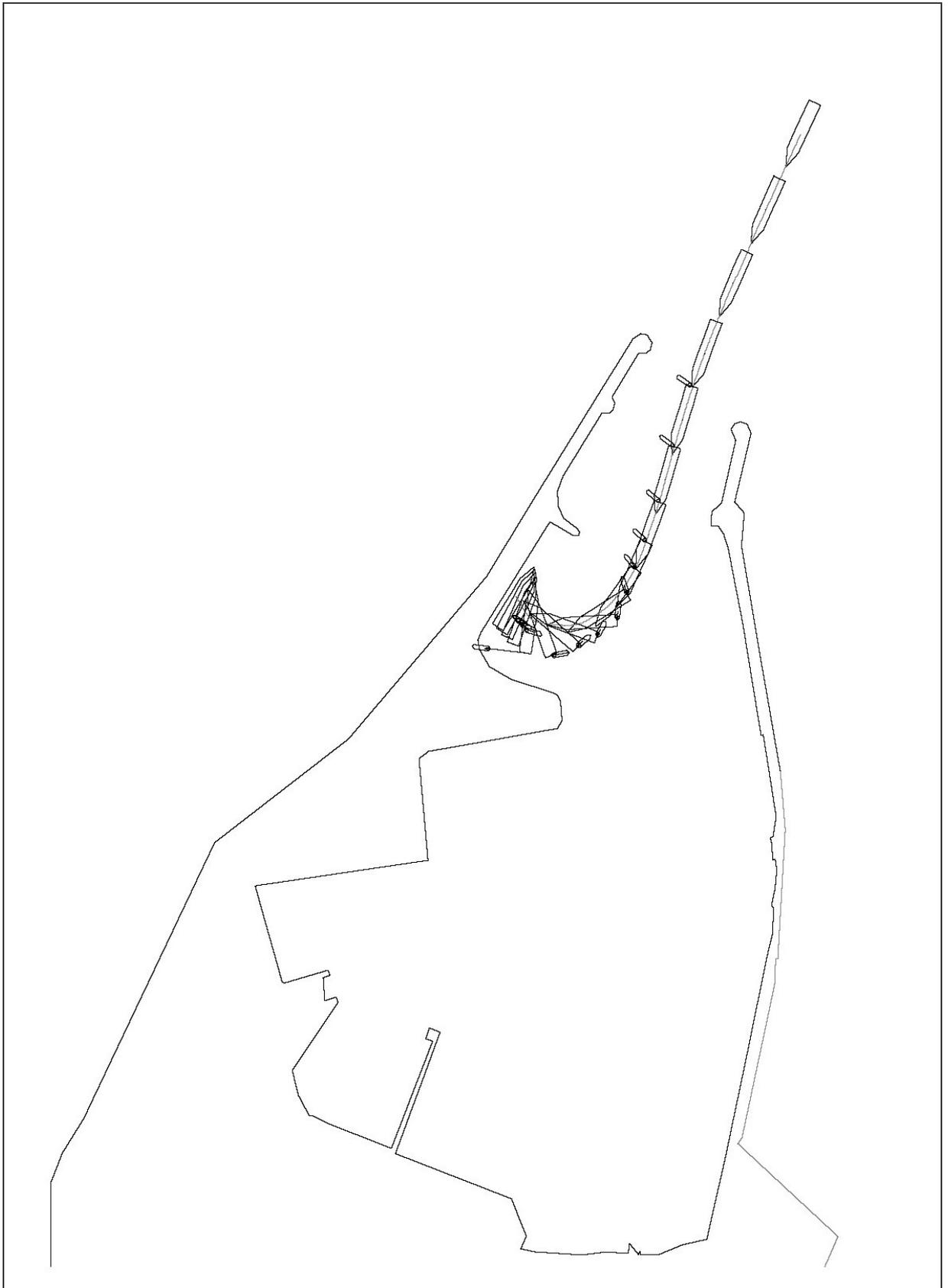


Figura 33. Nave da 135 m - Manovra 2
Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A - Vento a 15 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 2.5 m

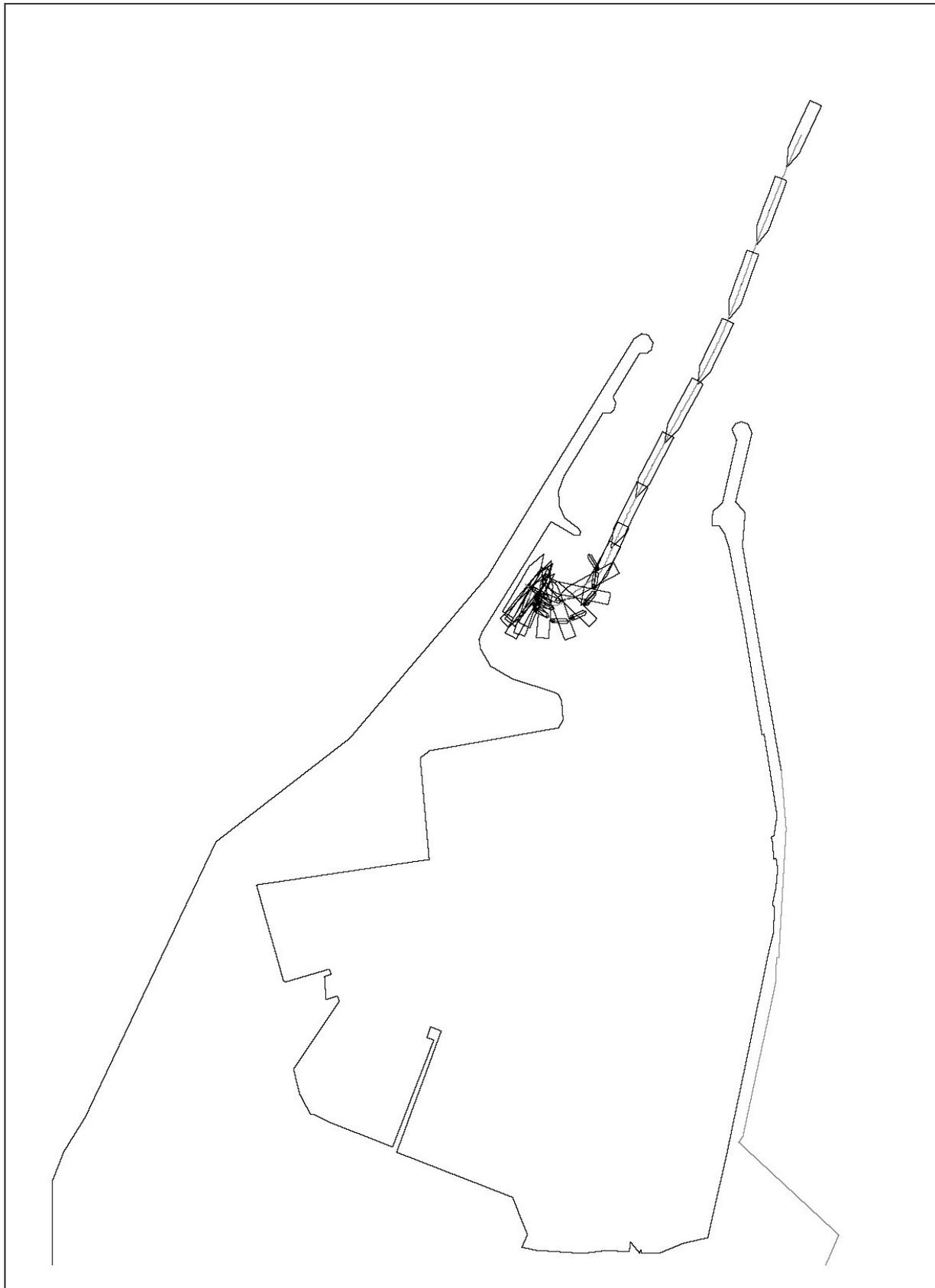


Figura 34. Nave da 135 m - Manovra 3
Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A - Vento a 25 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 3.0 m

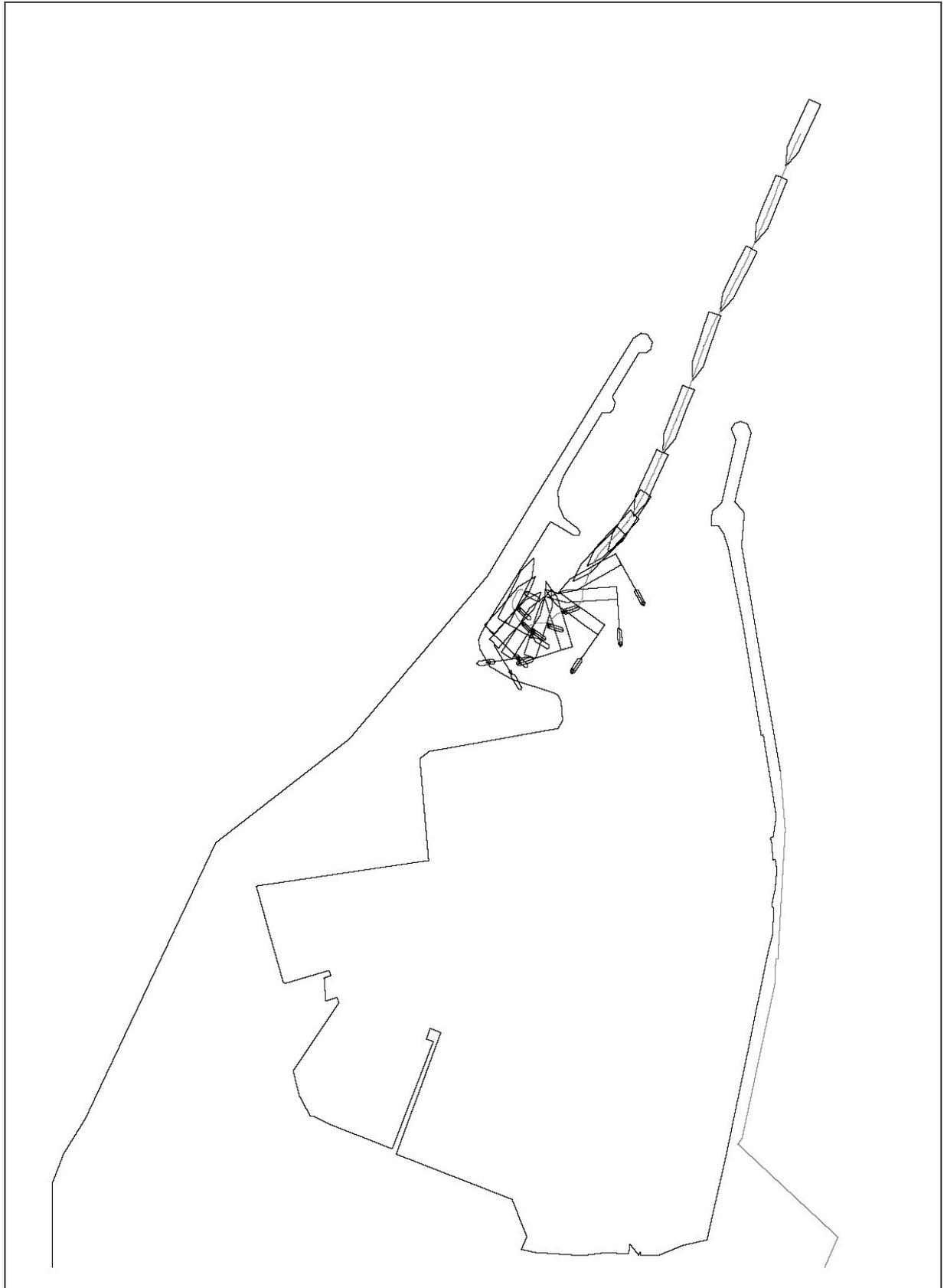


Figura 35. Nave da 135 m - Manovra 4
Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A - Vento a 35 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 3.5 m

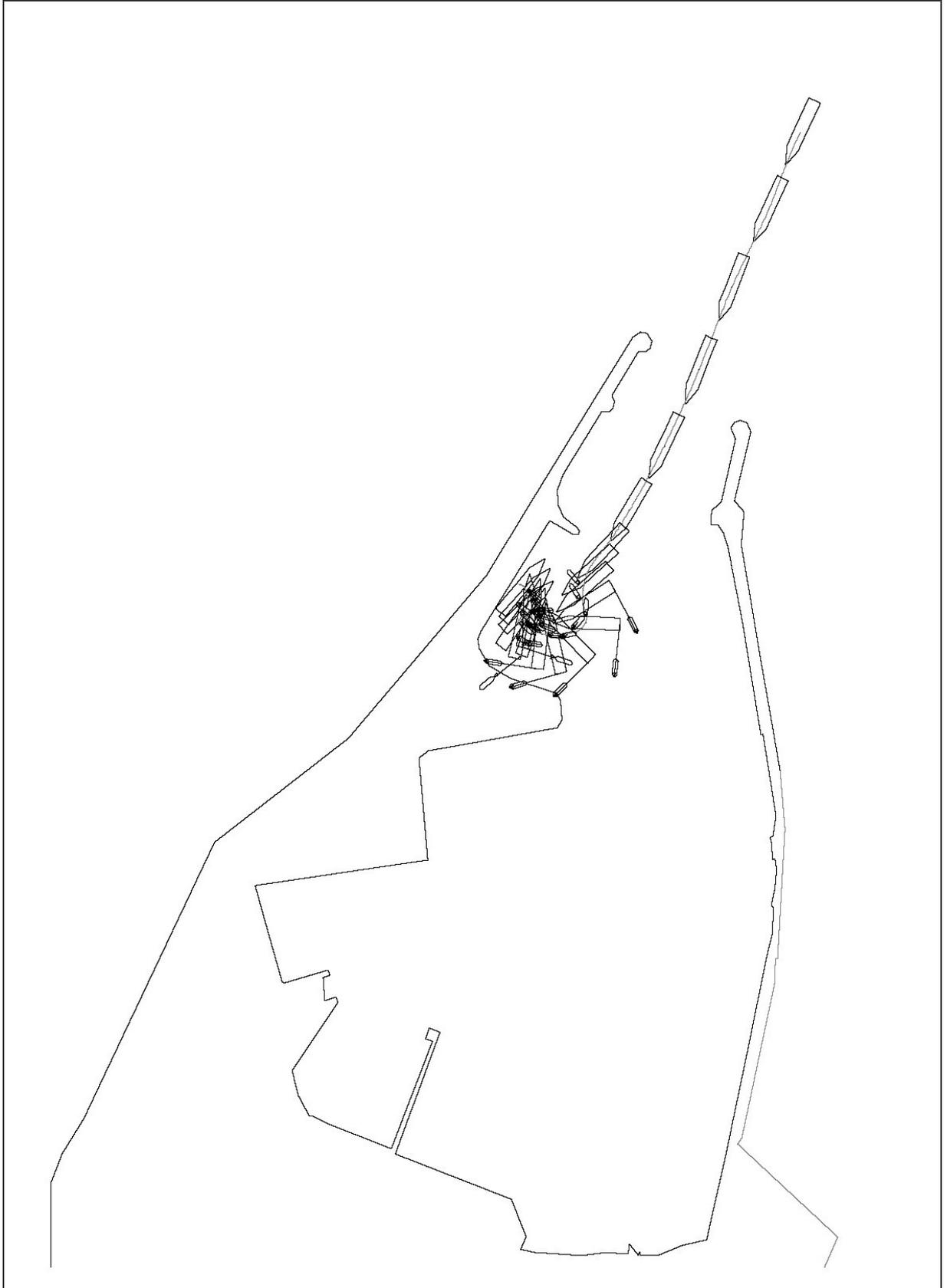


Figura 36. Nave da 135 m - Manovra 5
Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina B - Vento a 35 nodi da NW e mare da NW con onda di altezza 3.5 m

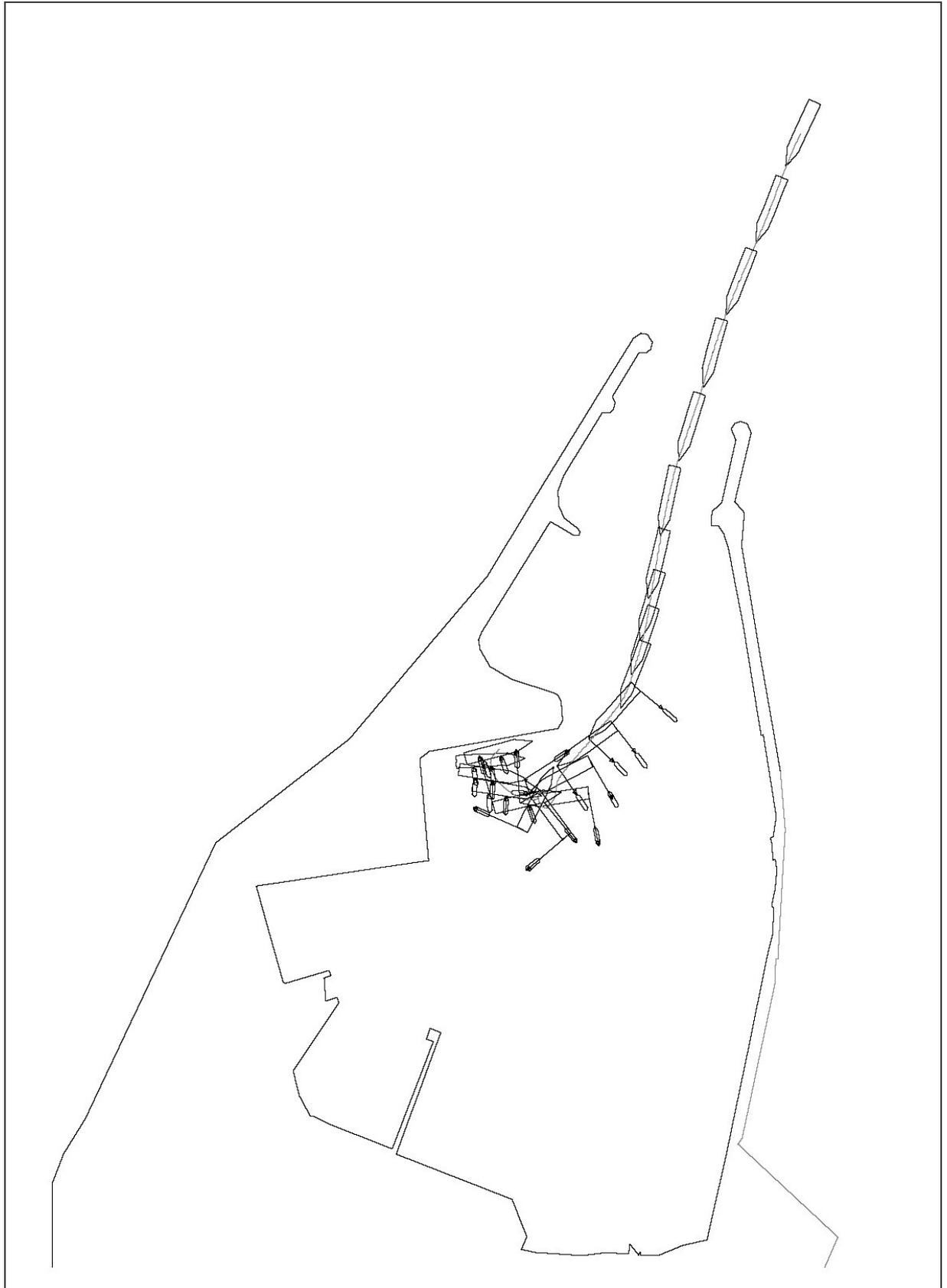


Figura 37. Nave da 135 m - Manovra 6
Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina A - Vento a 25 nodi da NNE e mare da NNE con onda di altezza 3.0 m

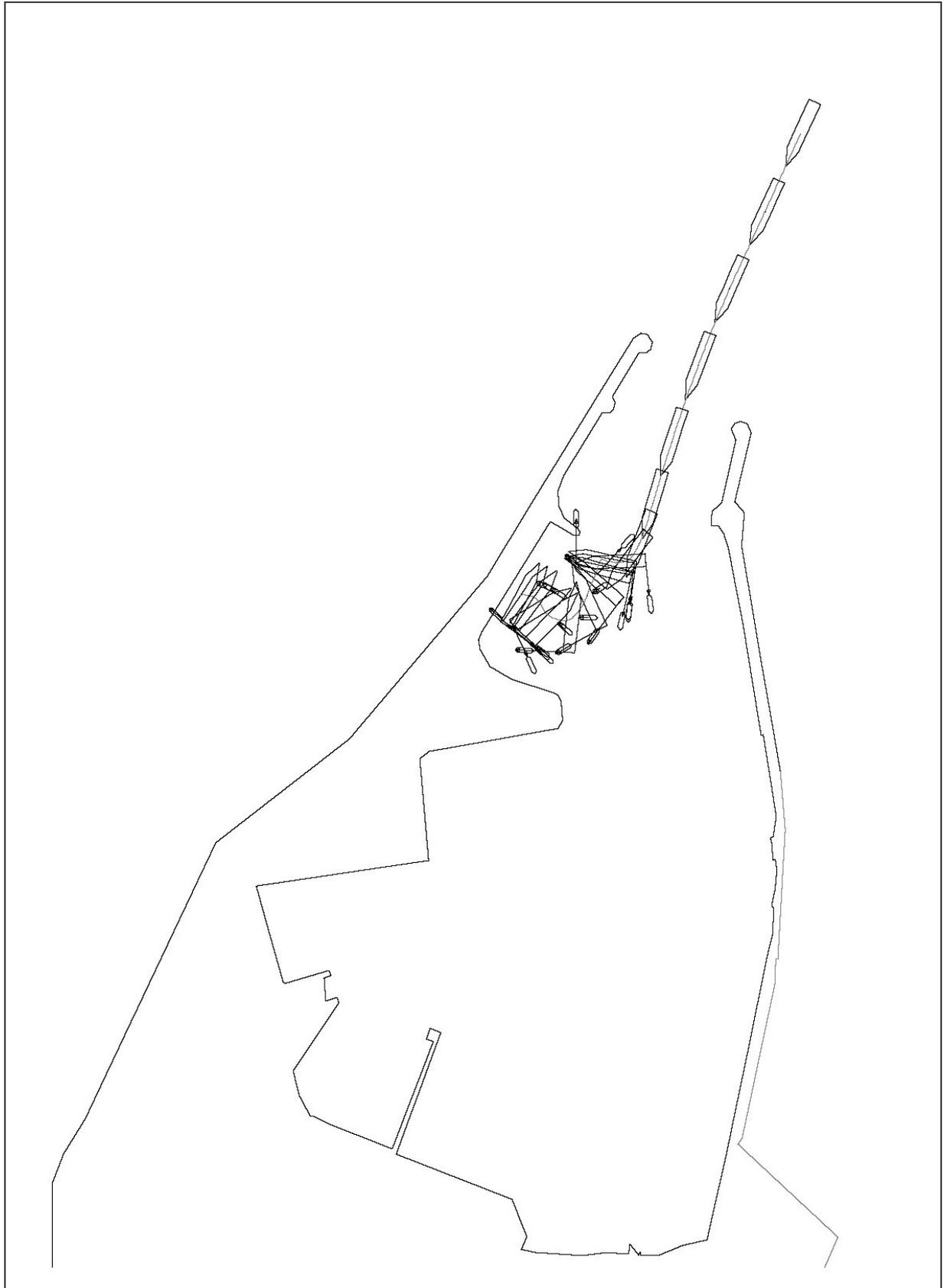


Figura 38. Nave da 135 m - Manovra 7
Manovra di evoluzione per l'accosto alla banchina B - Vento a 35 nodi da NNE e mare da NNE con onda di altezza 3.5 m

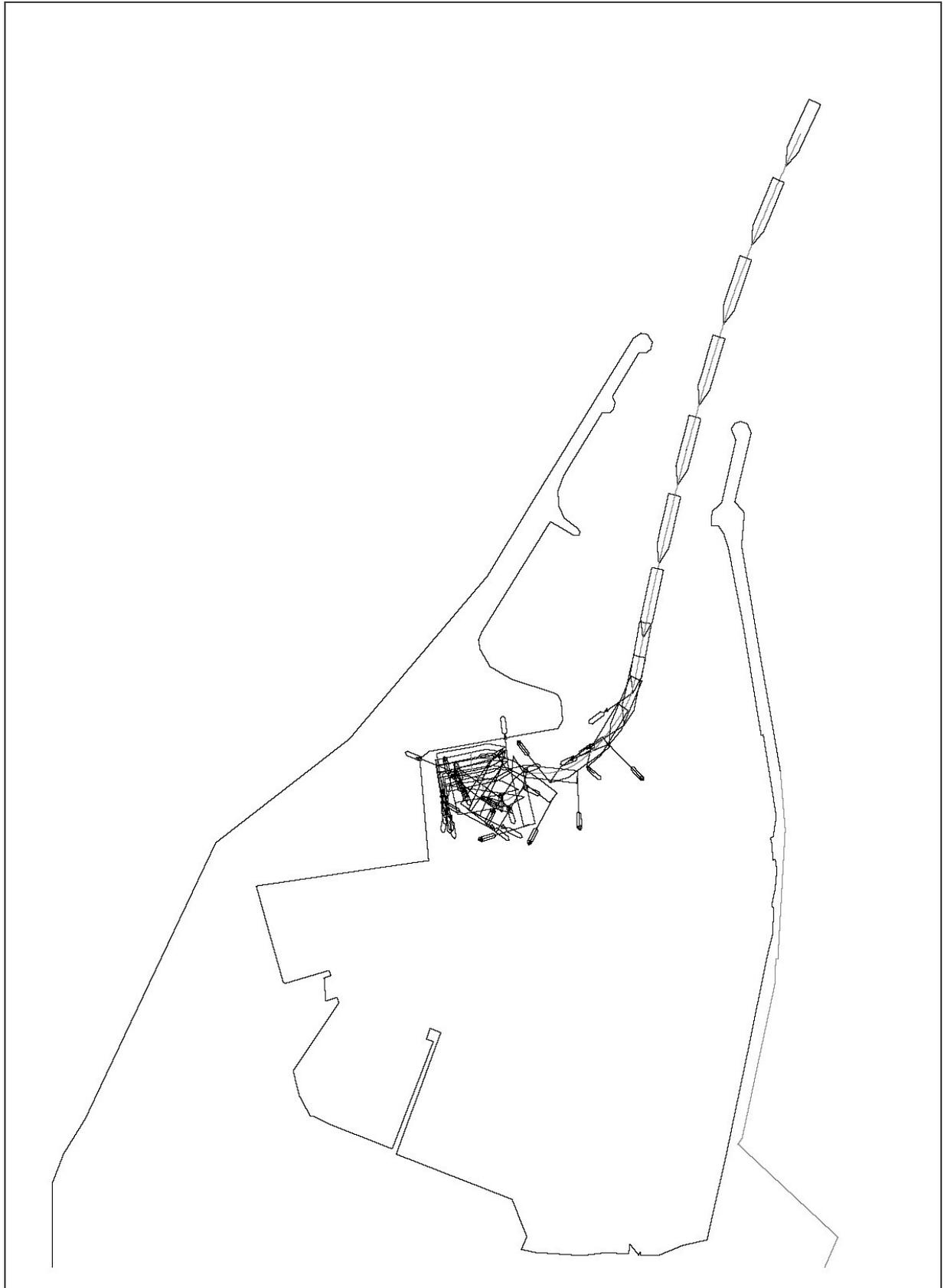


Figura 39. Nave da 135 m - Manovra 8
Manovra di allontanamento dalla banchina A - Vento a 35 nodi da NW e mare da NW
con onda di altezza 3.5 m

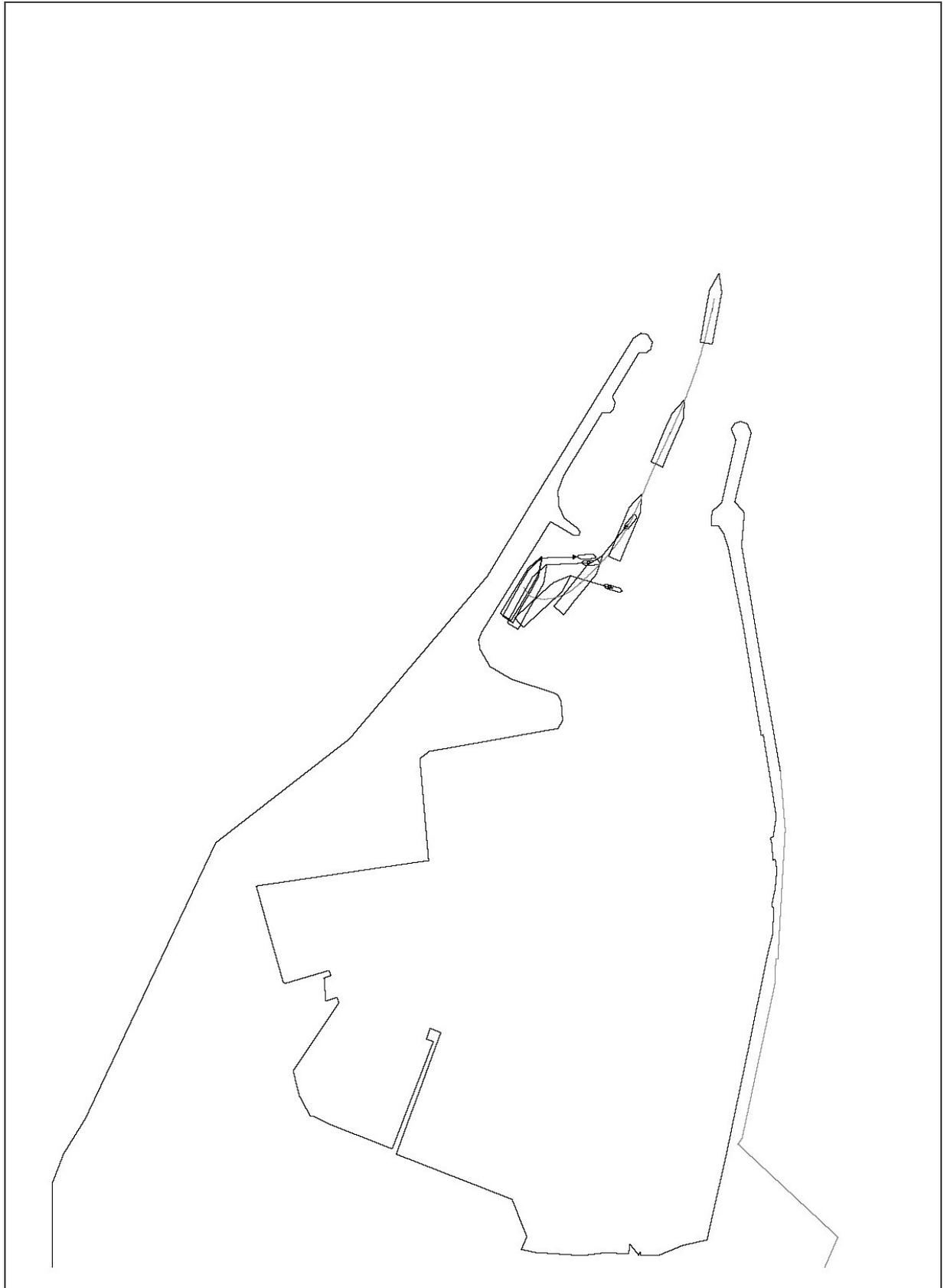


Figura 40. Nave da 135 m - Manovra 9
Manovra di allontanamento dalla banchina B - Vento a 35 nodi da NW e mare da NW
con onda di altezza 3.5 m

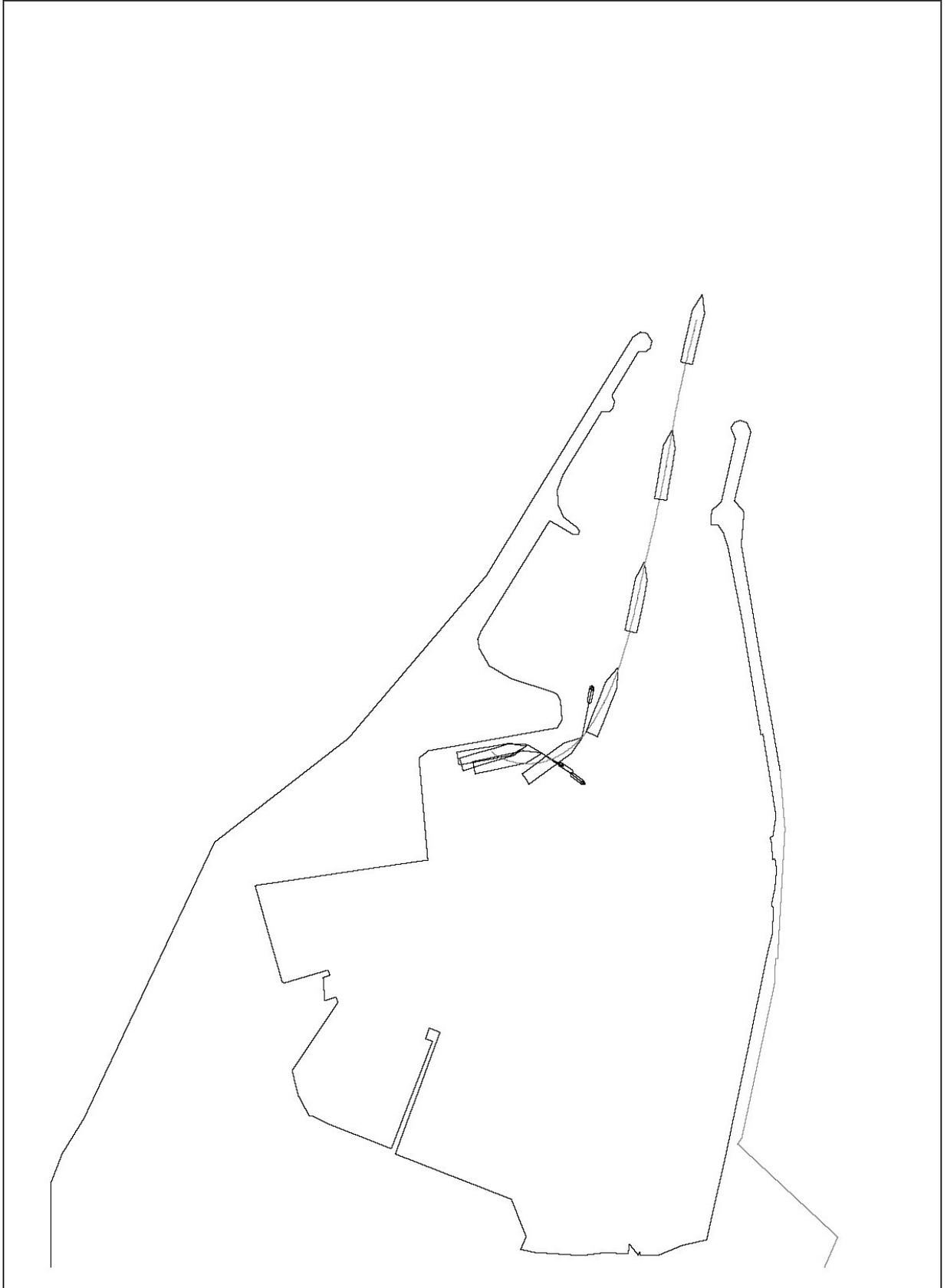


Figura 41. Nave da 135 m - Manovra 10
Manovra di ingresso nel porto per l'accosto alla banchina A - Vento a 35 nodi da NW e
mare da NW con onda di altezza 4.5 m

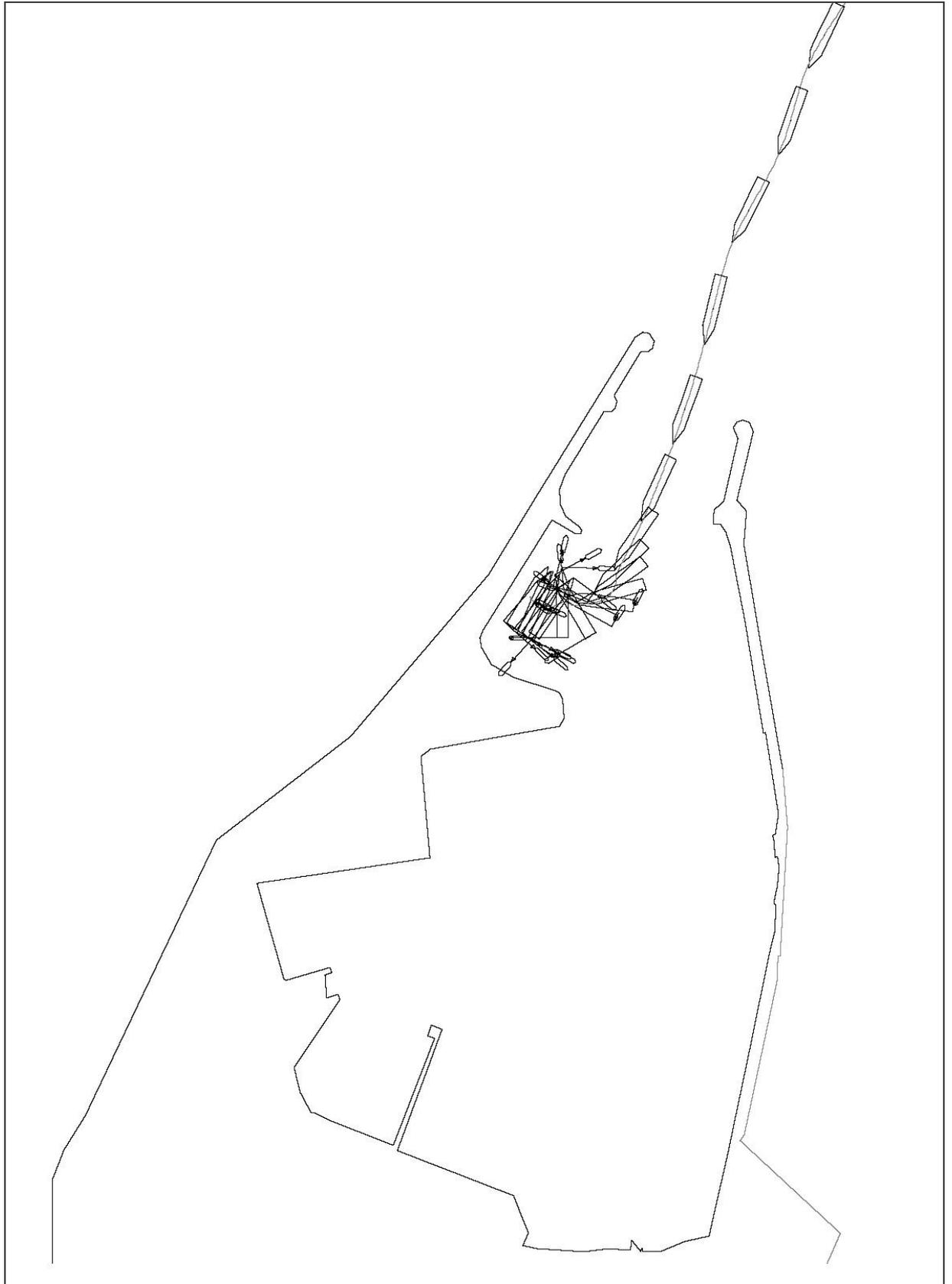


Figura 42. Nave da 135 m - Manovra 11
Manovra di I ingresso nel porto per l'accosto alla banchina B - Vento a 35 nodi da NW e
mare da NW con onda di altezza 5 m

