



# LNG Logistics Monfalcone, Italia

## Distribuzione GNL in Regione Friuli-Venezia Giulia

### Studio di manovrabilità

Doc. No. P0030812-1-H8 Rev. 0 - Agosto 2022

| Rev. | Descrizione     | Preparato da | Controllato da | Approvato da | Data       |
|------|-----------------|--------------|----------------|--------------|------------|
| 0    | Prima Emissione | N. Vattuone  | A. Rossi       | A. Lo Nigro  | 04/08/2022 |

Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto di RINA Consulting S.p.A.

## INDICE

|   | Pag.      |
|---|-----------|
| <b>LISTA DELLE TABELLE</b>                                    | <b>2</b>  |
| <b>LISTA DELLE FIGURE</b>                                     | <b>2</b>  |
| <b>ABBREVIAZIONI E ACRONIMI</b>                               | <b>3</b>  |
| <b>1 INTRODUZIONE</b>   | <b>4</b>  |
| <b>2 SCOPO DEL DOCUMENTO</b>                                  | <b>5</b>  |
| <b>3 UNITÀ NAVALI IN ESAME</b>                                | <b>6</b>  |
| <b>4 MANOVRABILITÀ PRESSO TERMINALE OFFSHORE</b>              | <b>7</b>  |
| 4.1 MANOVRA DI ARRIVO NAVE GASIERA RIFORNITRICE               | 7         |
| 4.2 MANOVRA DI ARRIVO SHUTTLE TANKER                          | 9         |
| <b>5 SIMULAZIONI DI MANOVRA PRESSO IL PORTO DI MONFALCONE</b> | <b>10</b> |
| 5.1 DESCRIZIONE DEL SIMULATORE                                | 10        |
| 5.2 DESCRIZIONE AREA DI INTERESSE                             | 12        |
| 5.3 DATI DI INPUT   | 13        |
| 5.4 MODELLI NAVE SIMULATI                                     | 15        |
| 5.5 MATRICE DELLE SIMULAZIONI DI MANOVRA                      | 16        |
| 5.6 PRESENTAZIONE DEI RISULTATI                               | 16        |
| <b>6 CONCLUSIONI</b>  | <b>19</b> |
| <b>REFERENZE</b>  | <b>20</b> |

**APPENDICE A: Manovre testate**

## LISTA DELLE TABELLE

|   |    |
|---|----|
| Tabella 3-1: Caratteristiche principali della nave madre  | 6  |
| Tabella 3-2: Caratteristiche principali della shuttle tanker  | 6  |
| Tabella 4-1: Limiti meteomarini per la shuttle tanker alla nave madre   | 9  |
| Tabella 5-1: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza - Annuale – Zona 2 e 3 | 14 |
| Tabella 5-2: Dati principali rimorchiatori disponibili a Monfalcone   | 15 |
| Tabella 5-3: Matrice dei casi simulati  | 16 |

## LISTA DELLE FIGURE

|   |    |
|---|----|
| Figura 1-1: Porto di Monfalcone ed indicazione della banchina Molino Casillo            | 4  |
| Figura 4-1: Posizionamento della nave madre rispetto ai principali corridoi di traffico | 7  |
| Figura 5-1: Numero di Installazioni di Simulatori Transas                               | 10 |
| Figura 5-2: Simulatore di manovra   | 11 |
| Figura 5-3: Aree oggetto delle simulazioni nel porto di Monfalcone                      | 12 |
| Figura 5-4: Aree di evoluzione della shuttle tanker a Monfalcone                        | 13 |
| Figura 5-5: Carta nautica dell'area oggetto delle simulazioni di manovra                | 14 |
| Figura 5-6: Rosa Annuale del Vento  | 15 |
| Figura 5-7: Traiettoria della manovra nel caso 2  | 17 |
| Figura 5-8: Traiettoria della manovra nel caso 7  | 18 |
| Figura 5-9: Traiettoria della manovra nel caso 10                                       | 18 |
| Figura 6-1: Traiettoria della manovra nel caso 1  | 1  |
| Figura 6-2: Traiettoria della manovra nel caso 2  | 1  |
| Figura 6-3: Traiettoria della manovra nel caso 3  | 2  |
| Figura 6-4: Traiettoria della manovra nel caso 4  | 2  |
| Figura 6-5: Traiettoria della manovra nel caso 5  | 3  |
| Figura 6-6: Traiettoria della manovra nel caso 6  | 3  |
| Figura 6-7: Traiettoria della manovra nel caso 7  | 4  |
| Figura 6-8: Traiettoria della manovra nel caso 8  | 4  |
| Figura 6-9: Traiettoria della manovra nel caso 9  | 5  |
| Figura 6-10: Traiettoria della manovra nel caso 10                                      | 5  |

## ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

|                 |  |
|-----------------|--|
| <b>CLIENTE</b>  | LNG Logistic                                       |
| <b>PROGETTO</b> | Distribuzione GNL in Regione Friuli-Venezia Giulia |

|              |  |
|--------------|--|
| <b>GNL</b>   | Gas Naturale Liquefatto                                      |
| <b>LNG</b>   | Liquefied Natural Gas  |
| <b>PIANC</b> | Permanent International Association of Navigation Congresses |

## 1 INTRODUZIONE

La società costituenda LNG LOGISTICS, cui soci fondatori sono SBE-VARVIT, DANIELI, ACCIAIERIE VENETE e MOLINO CASILLO, si farà carico di gestire l'importazione e la distribuzione di gas naturale liquefatto a imprese manifatturiere del Nord-Est Italia, grandi consumatrici di gas naturale. Tale iniziativa ha lo scopo di contribuire in maniera significativa al raggiungimento dell'indipendenza dalle forniture di gas dalla Russia, con un target di distribuzione di gas ai consumatori finali pari a 1 bcm/anno.

RINA è stata selezionata per condurre le verifiche tecniche necessarie per verificare la fattibilità del progetto, coprendo diverse tematiche all'interno dell'intero ciclo logistico considerato.

Il progetto consiste dei seguenti elementi chiave:

- ✓ Una nave madre (di taglia pari a 145,000 m<sup>3</sup> di GNL stoccato) ormeggiata al largo della rada di Monfalcone e della costa veneto-friulana. Il rifornimento di GNL a tale nave verrà garantito da una nave gasiera, non tratta in questo progetto;
- ✓ Una "shuttle carrier" (di taglia pari a 12,000 m<sup>3</sup> di GNL stoccato) adibita al trasporto di GNL dalla nave madre a terra;
- ✓ Una banchina per il trasferimento di GNL dalla shuttle carrier a terra. La banchina "Molino-Casillo", sita all'interno del porto di Monfalcone, è stata selezionata per questo scopo, avendo la possibilità di allaccio ad un collegamento ferroviario esistente. Un'immagine satellitare dell'area e della banchina è fornita nella seguente Figura 1-1:



**Figura 1-1: Porto di Monfalcone ed indicazione della banchina Molino Casillo**

- ✓ Un sistema di trasferimento del GNL installato sulla banchina, per permettere il riempimento di ISO-container dalla shuttle carrier ormeggiata. Gli ISO-container saranno poi caricati su treni per la distribuzione nell'area del Nord-Est Italia. Una parte del GNL sarà invece trasportata su gomma, con lo scopo di rifornire i clienti che si trovano in prossimità di Monfalcone;
- ✓ Cinque Hub (aree individuate: Udine, Verona, Padova, Brescia, Marzaglia) destinati ad accogliere gli ISO-container trasportati su rotaia e smistare il GNL capillarmente verso gli utenti finali. La tratta tra ciascun hub e l'utente finale sarà coperta da trasporto su gomma;
- ✓ Gli utenti finali, dove il GNL consegnato sarà rigassificato in loco e reso disponibile al loro stesso utilizzo.

La soluzione tecnica proposta è altamente flessibile, avente pertanto la potenzialità di essere adattata ad aree differenti con caratteristiche analoghe a quelle individuate per il terminale di Monfalcone.

---

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Lo scopo di questo documento è descrivere gli aspetti inerenti alla manovrabilità delle navi in esame (nave gasiera di rifornimento e shuttle tanker) ai terminali offshore (nave madre) ed onshore (Porto di Monfalcone).

La manovra delle imbarcazioni in arrivo presso la nave madre è stata descritta nel rapporto, dettagliando le varie fasi in cui tale operazione si articola.

La manovrabilità delle shuttle tanker presso il porto di Monfalcone è stata invece studiata con simulazioni di manovra “Real Time” dedicate condotte da un Pilota esperto presso un simulatore.

### 3 UNITÀ NAVALI IN ESAME

Le unità navali analizzate nel presente studio di manovrabilità sono presentate di seguito.

La nave madre e la shuttle tanker sono incluse nel progetto e pertanto le loro caratteristiche principali sono state definite. Inoltre, per entrambe le navi il Cliente ha individuato delle possibili soluzioni disponibili sul mercato, le cui proprietà principali sono state usate come riferimento nel progetto. I dati di maggior interesse per il presente studio sono sintetizzati nelle tabelle seguenti:

**Tabella 3-1: Caratteristiche principali della nave madre**

| Caratteristica                                   | Valore  |
|--|---------|
| Lunghezza fuoritutto [m]                         | 283.1   |
| Larghezza [m]                                    | 43.4    |
| Altezza di costruzione [m]                       | 26.0    |
| Immersione massima [m]                           | 12.4    |
| Capacità di stoccaggio massima [m <sup>3</sup> ] | 145,611 |

**Tabella 3-2: Caratteristiche principali della shuttle tanker**

| Caratteristica                                   | Valore                   |
|--|--------------------------|
| Lunghezza fuoritutto [m]                         | 152.3                    |
| Larghezza [m]                                    | 19.8                     |
| Altezza di costruzione [m]                       | 11.5                     |
| Immersione massima [m]                           | 8.3                      |
| Capacità di stoccaggio massima [m <sup>3</sup> ] | 12,052                   |
| Potenza propulsiva massima [kW]                  | 8,280                    |
| Tipologia di propulsore                          | Elica a pale orientabili |
| Potenza elica di prora                           | 700 kW                   |

Al contrario, la nave gasiera rifornitrice non rientra nei limiti di batteria del progetto, pertanto non è stata identificata una nave di riferimento. Ai fini della presente analisi, è stato assunto che la taglia di tale nave sia intorno alle 173,000 m<sup>3</sup> di stoccaggio di GNL, essendo tale tipologia di nave la più comune nel panorama mondiale di navi gasiere. Non è tuttavia necessario definirne le dimensioni, poiché non rientrano all'interno delle valutazioni condotte.

## 4 MANOVRABILITÀ PRESSO TERMINALE OFFSHORE

In questo Paragrafo sono descritte, in modo preliminare, le fasi principali delle manovre di arrivo della nave gasiera e della shuttle tanker al terminale offshore. La posizione della nave madre nello specchio acqueo antistante la costa veneta/friulana è stata determinata nel documento “Ubicazione nave madre e sistema di ormeggio” (Ref. [1]) ed è riportata per riferimento nella seguente Figura 4-1.

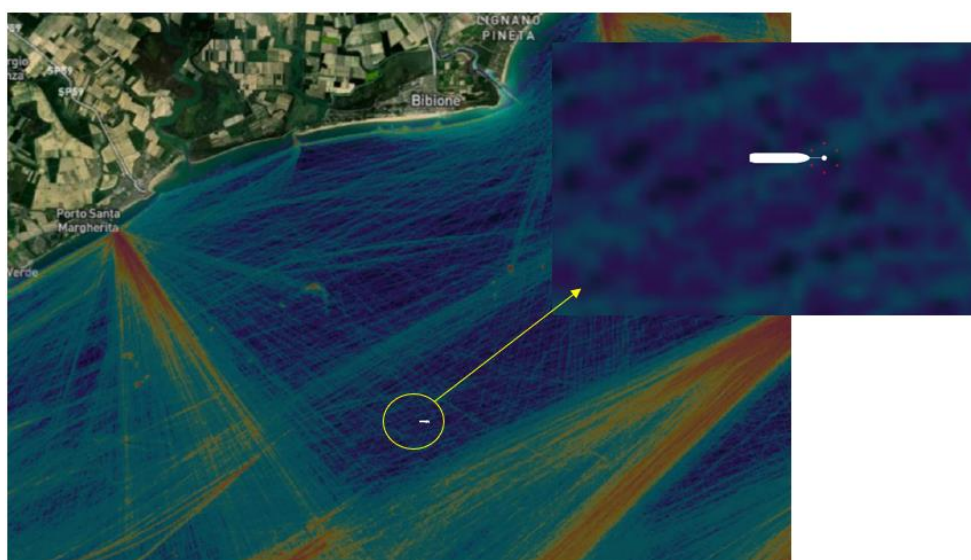


Figura 4-1: Posizionamento della nave madre rispetto ai principali corridoi di traffico

La nave gasiera rifornitrice è attesa al terminale circa 12-15 volte l'anno, con lo scopo di rifornire il GNL alla nave madre ogni qualvolta sia necessario. La shuttle tanker è invece attesa regolarmente alla nave madre ed è stato stimato dallo studio logistico (Ref. [2]) un numero totale di allibi annui di 167.

La strategia da adottare per entrambe le operazioni è descritta genericamente nei successivi paragrafi.

### 4.1 MANOVRA DI ARRIVO NAVE GASIERA RIFORNITRICE

Nel presente Paragrafo viene effettuata una descrizione preliminare delle operazioni di accosto, ormeggio, allibo e disormeggio delle navi gasiere destinate a rifornire la nave madre.

Si prevede che nella fase di ormeggio e disormeggio la nave gasiera venga assistita nelle varie operazioni da tre rimorchiatori come indicato dai principali standards e linee guida del settore.

A monte dell'operazione di allibo va tipicamente verificata la compatibilità della nave in arrivo con il terminale ricevente ai fini di assicurarsi che la nave gasiera sia compatibile con la nave madre e che rispetti gli standards internazionali. Tale verifica comprende tipicamente sistemi di ormeggio, sistema di trasferimento del GNL, sistemi di comunicazione e sistemi di sicurezza. Come prima azione, laddove non già verificato in precedenza, la nave madre si occuperà di verificare tale compatibilità. Confermata questa, una volta che la gasiera sarà in viaggio verso la nave madre e/o in zona di attesa, si darà inizio alle operazioni di avvicinamento e ormeggio alla nave madre che tipicamente seguiranno le regolamentazioni previste per tale traffico nello specifico porto di interesse. A tal proposito, dovranno essere emanate ordinanze dedicate della Capitaneria di Porto per il nuovo servizio.

In primo luogo, si dovrà rendere noto alla nave gasiera quali siano i canali di comunicazione da utilizzare durante tutte le fasi di manovra, tenendo conto delle condizioni meteomarine presenti al momento e valutando le previsioni meteorologiche per le successive 24-48 ore. In questo modo si accerta che le condizioni meteorologiche permettano di svolgere in sicurezza tutte le operazioni di manovra e trasferimento del carico e che tale condizione possa ragionevolmente permanere per tutta la durata delle operazioni. Tale verifica deve essere effettuata dal terminalista, dal bordo della nave, entrambi in comunicazione con la Capitaneria di Porto. Tipicamente i parametri di valutazione che vengono valutati grazie ai sistemi di bordo sono:



- ✓ Direzione, altezza significativa e periodo d'onda,
- ✓ Direzione e intensità del vento;
- ✓ Direzione e intensità della corrente;
- ✓ Orientamento nave madre.

Oltre alle verifiche meteorologiche, alla nave madre spetta il compito di eseguire le verifiche di sicurezza ed efficienza delle attrezzature che verranno utilizzate nelle operazioni di ormeggio e trasferimento del carico. Al Comandante della nave gasiera spetta invece il compito di verificare che la nave sia in condizioni idonee per poter svolgere tali operazioni e successivamente fornirne comunicazione scritta al Comandante della nave madre. Successivamente la Capitaneria di Porto darà le disposizioni necessarie al Comandante della nave gasiera in modo che quest'ultimo possa eseguire le operazioni di preparazione all'ormeggio e coordinarsi con i rimorchiatori in assistenza.

Prima di effettuare la manovra di avvicinamento alla nave madre, si prevede l'imbarco a bordo della nave gasiera di un pilota nominato dal Corpo Piloti del Porto di competenza. Il pilota assisterà il Comandante della nave gasiera durante la manovra di ormeggio e rimarrà a bordo della nave fino al completamento della manovra di disormeggio. Il servizio di pilotaggio dovrà essere comunque regolamentato da Ordinanze ad hoc emanate dalla Capitaneria di Porto

Data la natura del sistema d'ormeggio, la nave madre sarà orientata secondo la direzione degli agenti meteorologici prevalenti in quello specifico momento.

Quando la nave gasiera si troverà a circa 2 miglia dalla nave madre, 2 rimorchiatori verranno voltati a prora e poppa e cominceranno le operazioni di assistenza, fino al completamento della manovra, nella quale verranno impiegati altri 2 rimorchiatori (tipicamente operanti alla spinta sul fianco della gasiera) per gestire la fase finale di affiancamento ai parabordi della nave madre.

La nave gasiera dovrà impostare la manovra in modo da poter arrivare il più possibile parallela alla nave madre, utilizzando i propri organi di governo e i rimorchiatori in assistenza ad una distanza di circa 100 metri. Una volta raggiunta questa posizione si utilizzeranno i due rimorchiatori alla spinta per affiancare la gasiera al terminale rispettando le velocità massime di approccio ai fini di preservare l'integrità dei parabordi. Il punto di allineamento tra i due scafi sarà la linea vapore di entrambe le navi (altrimenti detta "spotting line").

Terminate le operazioni di affiancamento, a nave ferma e in posizione parallela rispetto alla nave madre, si potrà procedere con le operazioni di ormeggio. Dalla prora e dalla poppa della nave madre verranno lanciate, a prora e poppa della nave gasiera, delle sagole leggere a cui verrà collegata la messaggera. L'equipaggio della nave procederà passando a prora e a poppa due cavi di ormeggio, che verranno virati a bordo della nave madre e posizionati sui rispettivi ganci di ormeggio. Dopo che i cavi d'ormeggio saranno recuperati dai verricelli della nave gasiera si provvederà a completare la manovra assicurando la nave alla nave madre con ulteriori cavi d'ormeggio, disponendo il numero di cavi minimi previsti dal piano di ormeggio e pretensionando tutte le linee.

A questo punto, i rimorchiatori di assistenza potranno allontanarsi e posizionarsi a circa mezzo miglio dal Terminale, pronti ad intervenire in qualsiasi momento. In caso di emergenza i rimorchiatori potranno utilizzare i cavi di rimorchio di emergenza che verranno lasciati predisposti sulla nave gasiera.

Nella fase successiva le manichette criogeniche e i relativi sistemi di emergenza (Emergency Release Coupling) saranno connesse alle flange dei manifold e si provvederà ad abbassare la temperatura delle condotte, in modo da evitarne così il conseguente choc termico. Tale operazione viene effettuata aumentando gradualmente il flusso di GNL di raffreddamento. Terminata la fase di preparazione e raffreddamento delle linee si procederà dunque con le operazioni di trasferimento del GNL.

A fine scarica, sarà effettuato il drenaggio delle manichette e condotte del terminale, introducendo al loro interno azoto sotto pressione.

Ultimate le operazioni di trasferimento del carico, chiuse tutte le valvole di blocco e sconnesse le manichette criogeniche, l'equipaggio della nave gasiera procederà effettuando i controlli previsti, assicurandosi di non rilevare alcuna anomalia e iniziando la manovra di disormeggio. Tale manovra inizierà con l'avvicinamento e l'accoppiamento dei rimorchiatori alla nave gasiera e con l'allentando della tensione dei cavi di ormeggio. Seguendo le indicazioni impartite dal Comandante della nave gasiera, l'equipaggio del Terminale provvederà a mollare i primi cavi di ormeggio. Tipicamente, prima di cominciare la manovra di disormeggio, i due Comandanti concorderanno sulla sequenza di rilascio dei cavi. Una volta che la nave gasiera sarà liberata da tutti i cavi di ormeggio, si allontanerà inizialmente in direzione parallela rispetto al Terminale grazie all'aiuto dei rimorchiatori e successivamente imposterà la manovra di allontanamento.

## 4.2 MANOVRA DI ARRIVO SHUTTLE TANKER

La manovra di avvicinamento della shuttle tanker alla nave madre segue la stessa procedura descritta nel precedente Paragrafo 4.2, con alcune modifiche dovute alla differenza di taglia rispetto alla nave gasiera rifornitrice ed alla maggior frequenza garantita dal servizio.

Le principali differenze con il caso della nave madre sono sintetizzate nella lista seguente:

- ✓ I limiti meteomarini per ormeggio, disormeggio, connessione e disconnessione manichette saranno inferiori rispetto ai limiti vigenti per le navi gasiere di taglia paragonabile alla nave madre. In particolare, sono stati assunti i seguenti limiti, usati come riferimento anche nello studio di logistica (Ref. [2]).

Tabella 4-1: Limiti meteomarini per la shuttle tanker alla nave madre

| Scenario  | Velocità massima del vento [m/s] | Altezza significativa d'onda [m] |
|---|----------------------------------|----------------------------------|
| Condizioni limite per ormeggio e connessione manichette       | 7.5                              | 1.00                             |
| Condizioni limite per disormeggio e disconnessione manichette | 10.0                             | 1.25                             |

- ✓ Il numero minimo di rimorchiatori necessari sarà inferiore rispetto al caso della nave gasiera di taglia maggiore, poiché le shuttle tanker selezionate sono di dimensioni inferiori e caratterizzate da una buona manovrabilità (elica di prora). Seppur siano necessari ulteriori studi a supporto, si può ipotizzare che sia necessario un solo rimorchiatore per assistere ed operare nella manovra di allibo alla nave madre. Tale decisione dovrà comunque essere avallata anche dalle autorità competenti (Capitaneria di Porto);
- ✓ Considerando la frequenza elevata di arrivi della shuttle tanker alla nave madre, non sarà necessario verificare la compatibilità tra le due unità navali ogniqualvolta si verificherà l'allibo presso l'ormeggio offshore. Tale compatibilità dovrà essere determinata prima dell'introduzione del servizio;
- ✓ Dovrà inoltre essere verificata la necessità di avere a bordo della shuttle tanker un pilota del Corpo dei Piloti per ogni allibo effettuato. La presenza di un pilota potrebbe essere necessaria durante la prima fase del progetto, con lo scopo di aiutare l'equipaggio della shuttle tanker a familiarizzare con le operazioni. Questo aspetto dovrà comunque essere discusso approfonditamente con tutte le autorità competenti.

Tralasciando le raccomandazioni di cui sopra, la procedura di ormeggio, connessione/disconnessione manichette e disormeggio sarà in linea con quella descritta nel precedente Paragrafo, con le dovute precauzioni del caso dovute alla differenza delle dimensioni tra le due unità navali affiancate che dovranno essere valutate dettagliatamente in una fase successiva del progetto.

## 5 SIMULAZIONI DI MANOVRA PRESSO IL PORTO DI MONFALCONE

Lo scopo di questo Paragrafo è di descrivere le simulazioni di manovra “real-time” condotte con l’ausilio di un Pilota esperto per valutare la manovrabilità della shuttle tanker all’interno del porto di Monfalcone, durante le manovre di arrivo/partenza verso la Banchina Molino-Casillo.

Dopo una breve introduzione delle caratteristiche del simulatore utilizzato (Paragrafo 5.1), la procedura seguita durante lo studio è presentata nei successivi paragrafi, articolata come segue:

- ✓ Descrizione dell’area di interesse e dell’area di manovra;
- ✓ Definizione dei dati di input necessari (batimetria del porto e condizioni meteomarine registrate);
- ✓ Definizione delle unità navali oggetto delle simulazioni (shuttle tanker e rimorchiatori);
- ✓ Riassunto della matrice dei casi testati;
- ✓ Presentazione dei risultati.

### 5.1 DESCRIZIONE DEL SIMULATORE

Lo strumento di simulazione utilizzato è NAVI-TRAINER PROFESSIONAL 5000, modello sviluppato da Wartsila (precedentemente TRANSAS) o equivalenti, con capacità di visione 3D.

Wartsila (precedentemente TRANSAS) è una delle principali software house che fornisce strumenti di simulazione e ha numerose applicazioni e installazioni in tutto il mondo. Il simulatore di manovra in particolare è utilizzato per lo sviluppo di studi portuali, fluviali o di sessioni di formazione per equipaggi. Il modello matematico è il cuore del simulatore di manovra ed è in grado di rappresentare in maniera realistica il comportamento idrodinamico delle navi oggetto di studio, l’interazione delle stesse con i principali parametri meteomarini (onda, vento e corrente) nonché la capacità di attuare tutte le funzionalità nave legate agli organi di propulsione e governo.



Figura 5-1: Numero di Installazioni di Simulatori Transas

Tale strumento è un simulatore di manovra non lineare a parametri concentrati, che permette di determinare l’andamento temporale della traiettoria e della rotta della nave in risposta ai suoi organi di governo e di propulsione, considerando anche l’azione di disturbi esterni (quali onde, vento e corrente). Il modello di simulazione è in grado anche di tener conto dell’azione dei rimorchiatori e, nel caso di manovra di ormeggio, di quella dei cavi, dei parabordi e di eventuali ancore. Il modello matematico inoltre è in grado di rappresentare dal punto di vista idrodinamico gli effetti di particolari situazioni operative della nave in manovra quali per esempio:

- ✓ Resistenza all'avanzamento dello scafo;
- ✓ Effetto di bassi fondali e di "banco";
- ✓ Effetto squat;
- ✓ Interazioni tra navi;
- ✓ Onda indotta;
- ✓ Sistema di Propulsione;
- ✓ Linee di ormeggio e parabordi;
- ✓ Ancore;
- ✓ Sistemi di governo quali timone ed eliche trasversali di manovra;
- ✓ Rimorchiatori;
- ✓ Emergenze e malfunzionamenti;
- ✓ Registrazione e replay.

La figura sottostante presenta il simulatore di manovra utilizzato da RINA a Genova.



**Figura 5-2: Simulatore di manovra**

Il simulatore mostrato in Figura 5-2 è costituito dai seguenti elementi.

- ✓ Plancia - Software o Conning Software (1 pcs)
  - Navi Sailor 4000 ECDIS Software (2 pcs)
  - Navi Planner 4000 (planning tools) Software (2 pcs) \*
  - RADAR/ARPA Software (2 pcs) \*
  - Interactive Bridge Information Display Module (1 pcs)
  - Canali di visualizzazione (9 pezzi)
- ✓ Plancia- Hardware: Console di manovra o Mini Azipod MA-LH kit
  - Mini Azipod MA-RH kit
  - Steering Shaft
  - Timone;
  - IBID display
  - Mini Telegraph kit
- ✓ Console generale - ECDIS, RADAR, Conning (5 pezzi e 2 console addizionali) o testiera (5 pcs)

- Trackball a 5 tasti (3 pezzi)
- Monitor 24" (5 pezzi)
- Vista binoculare con console dedicate (1 of 5)
- ✓ 3D Scenario
  - Monitor LCD 50 inches (9 pcs: 4 additional visuals) for 270 degrees of vision.

## 5.2 DESCRIZIONE AREA DI INTERESSE

L'area di interesse per le simulazioni è quella riportata nel Paragrafo 1, richiamata nella successiva Figura 5-3, dove la banchina di approdo Molino-Casillo è cerchiata in giallo.



**Figura 5-3: Aree oggetto delle simulazioni nel porto di Monfalcone**

Le operazioni alla suddetta banchina sono regolamentate dall'Ordinanza 52/2017 (Ref. [3]) che, nel suo Articolo 29, fornisce disposizioni per l'ormeggio ed i movimenti alla banchina in esame. Le principali raccomandazioni di interesse per l'iniziativa sono:

- ✓ Massima lunghezza delle navi: 140 m;
- ✓ Massimo pescaggio delle navi: 8.9 m
- ✓ Possibilità di effettuare l'ormeggio solamente in daylight;
- ✓ Necessità di impiego per le operazioni di due rimorchiatori, riducibile ad 1 se la nave è dotata di elica di prora, le condizioni meteo sono benevoli e previo l'assenso del pilota di servizio.

La shuttle tanker in esame risulta circa 10 metri più lunga del limite previsto, ma tale differenza non desta preoccupazioni in fase preliminare, anche considerando che è stato registrato l'arrivo di navi aventi dimensioni fino a 190 metri di lunghezza alla banchina in esame. Non sussistono invece problemi per l'immersione della nave shuttle tanker, il cui pescaggio in pieno carico risulta di 8.3 metri, pertanto compreso nei limiti dell'Ordinanza.

Una valutazione preliminare è stata condotta per definire lo spazio da destinare alla manovra di evoluzione della shuttle tanker, assistita dai rimorchiatori. Le principali linee guida internazionali, tra cui il PIANC 121-2014 (Ref. [4]), concordano che il minimo diametro di tale area debba essere uguale a due volte la lunghezza fuori tutto della

nave interessata, in questo caso un totale di circa 300 m. Va comunque precisato che tali linee guida ammettono valori inferiori qualora opportunamente verificati con simulazioni di manovra dedicate.

Considerando la planimetria del porto, sono state individuate due potenziali zone per l'evoluzione della shuttle tanker, indicate in figura seguente:



**Figura 5-4: Aree di evoluzione della shuttle tanker a Monfalcone**

L'area cerchiata in giallo ha un diametro di 240 metri circa, mentre la rossa di 480 m. Dopo un confronto con alcuni rappresentanti del Corpo dei piloti di Monfalcone e della Capitaneria stessa, è stato deciso di considerare l'area ad ovest del porto (cerchiata in giallo) per la manovra di evoluzione delle shuttle tanker, poiché più vicina al pontile di interesse e ritenuta a priori sufficiente per la manovra di evoluzione della nave in esame.

Sulla base di questa valutazione, si è definita la strategia di manovra da applicare nelle simulazioni. È stato ritenuto non significativo testare il canale di ingresso al porto, poiché esso è stato dimensionato e viene percorso da navi di taglia notevolmente superiore. Le manovre sono dunque impostate con punto di partenza/arrivo nella posizione "1" indicata nella figura sopra.

Nella manovra di arrivo, la shuttle tanker percorre la zona portuale verso ovest ed effettua l'evoluzione nel punto "2", per poi procedere a marcia indietro verso il pontile.

Nella manovra di partenza, la nave è già orientata correttamente e può percorrere l'area in porto senza evoluzioni e raggiungere il canale di uscita.

### 5.3 DATI DI INPUT

I principali dati di input necessari per condurre lo studio sono la batimetria dell'area e la definizione delle condizioni meteomarine in sito.

Per quanto riguarda la batimetria, è stata importata nel modello la carta nautica disponibile nel simulatore, che rispecchia fedelmente i valori ricavabili dalle carte nautiche disponibili online (Ref. [5]). La carta nautica utilizzata è riportata nella seguente figura.

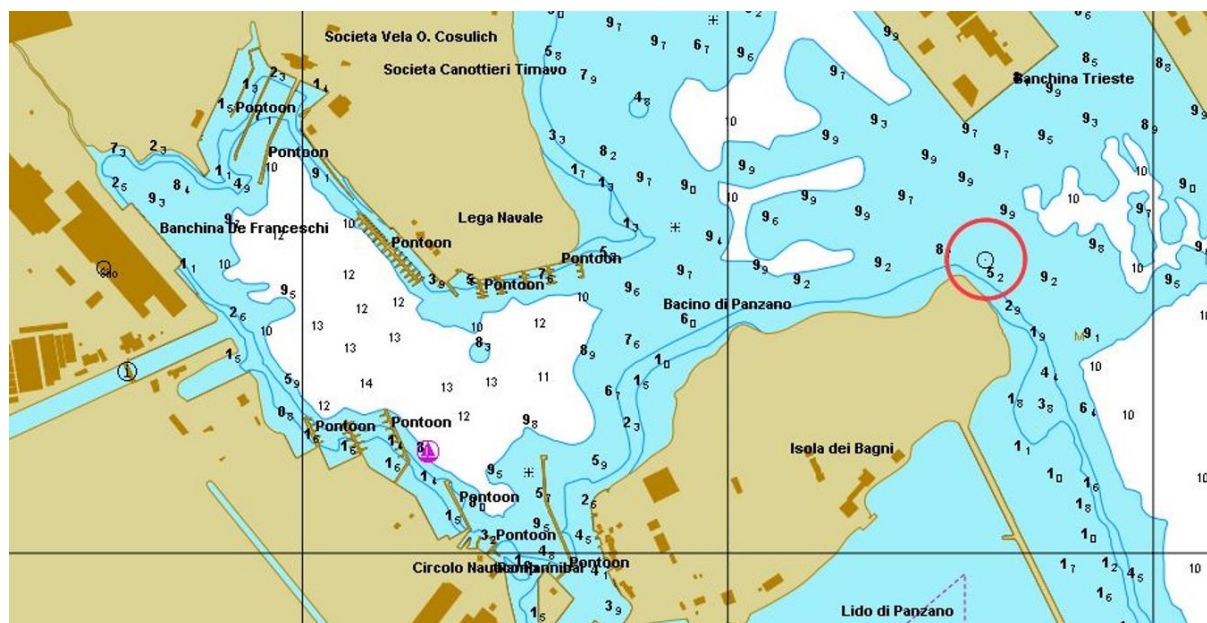


Figura 5-5: Carta nautica dell'area oggetto delle simulazioni di manovra

Le condizioni ambientali nell'area di interesse sono state invece analizzate nello studio meteomarinario (Ref. [6]) condotto nell'ambito di questo progetto. Poiché l'area portuale risulta protetta dai moti ondosi e da eventuali correnti, è stato deciso di considerare solamente l'azione del vento nelle simulazioni.

Lo studio meteo condotto ha determinato i seguenti risultati per le velocità di vento riscontrate in porto.

Tabella 5-1: Distribuzione delle Frequenze Percentuali di Accadimento della Velocità del Vento vs Direzione di Provenienza - Annuale – Zona 2 e 3

| Dir [N] | Velocità del vento (m/s) - Annuale ERA5 13.5°E 45.75°N |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      | TOT. |        |
|---------|--|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
|         | 2.5  | 5     | 7.5   | 10   | 12.5 | 15   | 17.5 | 20   | 22.5 | 25   | 27.5 |      | >27.50 |
| 0       | 1.46   | 1.80  | 0.46  | 0.12 | 0.03 | 0.01 |      |      |      |      |      |      | 3.87   |
| 30      | 2.09   | 5.17  | 3.05  | 0.96 | 0.35 | 0.13 | 0.03 | *    |      |      |      |      | 11.78  |
| 60      | 2.44   | 10.92 | 9.75  | 5.60 | 3.34 | 1.80 | 0.82 | 0.29 | 0.05 | 0.01 | *    |      | 35.02  |
| 90      | 2.17   | 5.66  | 1.79  | 0.63 | 0.22 | 0.06 | 0.01 |      |      |      |      |      | 10.53  |
| 120     | 1.55   | 2.72  | 0.82  | 0.18 | 0.04 | 0.01 | *    | *    |      |      |      |      | 5.31   |
| 150     | 1.23   | 1.90  | 0.95  | 0.42 | 0.21 | 0.13 | 0.03 | *    | *    | *    |      |      | 4.88   |
| 180     | 1.19   | 1.95  | 1.29  | 0.73 | 0.36 | 0.20 | 0.06 | 0.02 | *    |      |      |      | 5.80   |
| 210     | 1.31   | 2.95  | 2.09  | 0.72 | 0.20 | 0.06 | 0.01 | *    |      |      |      |      | 7.34   |
| 240     | 1.38   | 3.41  | 1.53  | 0.18 | 0.01 | *    | *    |      |      |      |      |      | 6.52   |
| 270     | 1.27   | 2.04  | 0.51  | 0.03 | *    |      | *    |      |      |      |      |      | 3.85   |
| 300     | 1.15   | 1.22  | 0.19  | 0.01 | *    |      |      |      |      |      |      |      | 2.57   |
| 330     | 1.19   | 1.10  | 0.20  | 0.03 | 0.01 | *    |      |      |      |      |      |      | 2.53   |
| TOT.    | 18.44  | 40.82 | 22.62 | 9.61 | 4.78 | 2.39 | 0.96 | 0.32 | 0.05 | 0.01 | *    |      | 100.00 |

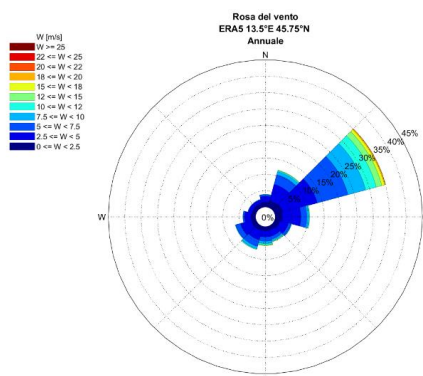


Figura 5-6: Rosa Annuale del Vento

Il 59% circa degli eventi è caratterizzato da velocità inferiori o uguali a 5 m/s, circa il 99% degli eventi totali è caratterizzato da velocità inferiori o al più uguali a 15 m/s, mentre la classe massima 27.5 m/s presenta delle frequenze di occorrenza minori di 0.01%. I venti più intensi provengono dal settore NE.

Questi valori sono stati ulteriormente validati durante un incontro con la Capitaneria di Porto di Monfalcone ed il Corpo dei Piloti, dove è emerso che le condizioni più gravose sono rappresentate dai venti di bora con velocità di 25 nodi e raffiche fino a 35 nodi.

## 5.4 MODELLI NAVE SIMULATI

La libreria di navi disponibili al simulatore è stata analizzata per determinare i modelli più corrispondenti alle navi reali da utilizzare nelle simulazioni di manovra ed è stata selezionata la nave avente caratteristiche più prossime a quelle della nave progetto.

Per quanto riguarda la shuttle tanker, le sue caratteristiche principali sono state presentate nella recedente Tabella 3-2.

Per quanto riguarda i rimorchiatori sono stati invece confermati tipologia e numero dalle autorità competenti del porto di Monfalcone, Tipicamente vengono utilizzati 2 rimorchiatori le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 5-2. Anche per quanto riguarda i rimorchiatori, essi sono stati considerati con lo stesso sistema propulsivo e tiro a punto fisso si quelli utilizzati nelle manovre reali.

Tabella 5-2: Dati principali rimorchiatori disponibili a Monfalcone

| Caratteristica                   | Voith Star      | Voith Bremen    |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|
| Lunghezza [m]                    | 29.50           | 31.35           |
| Larghezza [m]                    | 11.20           | 10.0            |
| Immersione [m]                   | n.a.            | 5.35            |
| Potenza installata a bordo [bhp] | 5,222           | 4,000           |
| Tonnellaggio di stazza lorda [t] | 350             | 368             |
| Capacità di tiro [t]             | 47              | 46              |
| Tipologia propulsore             | Voith Schneider | Voith Schneider |



## 5.5 MATRICE DELLE SIMULAZIONI DI MANOVRA

Alla luce delle considerazioni riportate nelle sezioni precedenti è stata elaborata una matrice delle simulazioni da effettuare per valutare la manovrabilità della shuttle tanker all'interno del porto di Monfalcone. La matrice dei casi da valutare è stata impostata a priori e condivisa con le autorità competenti (Capitaneria di Porto e Corpo dei Piloti) in un incontro dedicato, dopodiché sono state effettuate modifiche sulla base delle indicazioni del Pilota e delle osservazioni trovate nelle prime simulazioni.

La matrice dei casi testati durante la sessione svoltasi a Genova l'1 e 2 Agosto 2022 è riportata nella seguente tabella.

Tabella 5-3: Matrice dei casi simulati

| Test n. | Arrivo / Partenza | Vento   |                        | Failure                           |
|---------|-------------------|---------|------------------------|-----------------------------------|
|         |                   | [°, da] | [kts]                  |                                   |
| 1       | Arrivo            | 0       | 0                      | -                                 |
| 2       | Arrivo            | 30      | 25 (con raffiche a 30) | -                                 |
| 3       | Arrivo            | 180     | 25 (con raffiche a 30) | -                                 |
| 4       | Arrivo            | 135     | 25 (con raffiche a 30) | -                                 |
| 5       | Arrivo            | 225     | 25 (con raffiche a 30) | -                                 |
| 6       | Partenza          | 225     | 25 (con raffiche a 30) | -                                 |
| 7       | Partenza          | 30      | 25 (con raffiche a 30) | -                                 |
| 8       | Partenza          | 135     | 25 (con raffiche a 30) | -                                 |
| 9       | Partenza          | 180     | 25 (con raffiche a 30) | -                                 |
| 10      | Arrivo            | 30      | 25 (con raffiche a 30) | Perdita del rimorchiatore a poppa |

## 5.6 PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

In questo Paragrafo sono riportati i risultati delle simulazioni di manovra condotte e le principali osservazioni e raccomandazioni emerse.

Le manovre di arrivo al pontile Molino-Casillo sono state condotte senza problemi. Un esempio della manovra di arrivo è riportato nella seguente immagine, riferita al caso 2 (ovvero in presenza di bora).

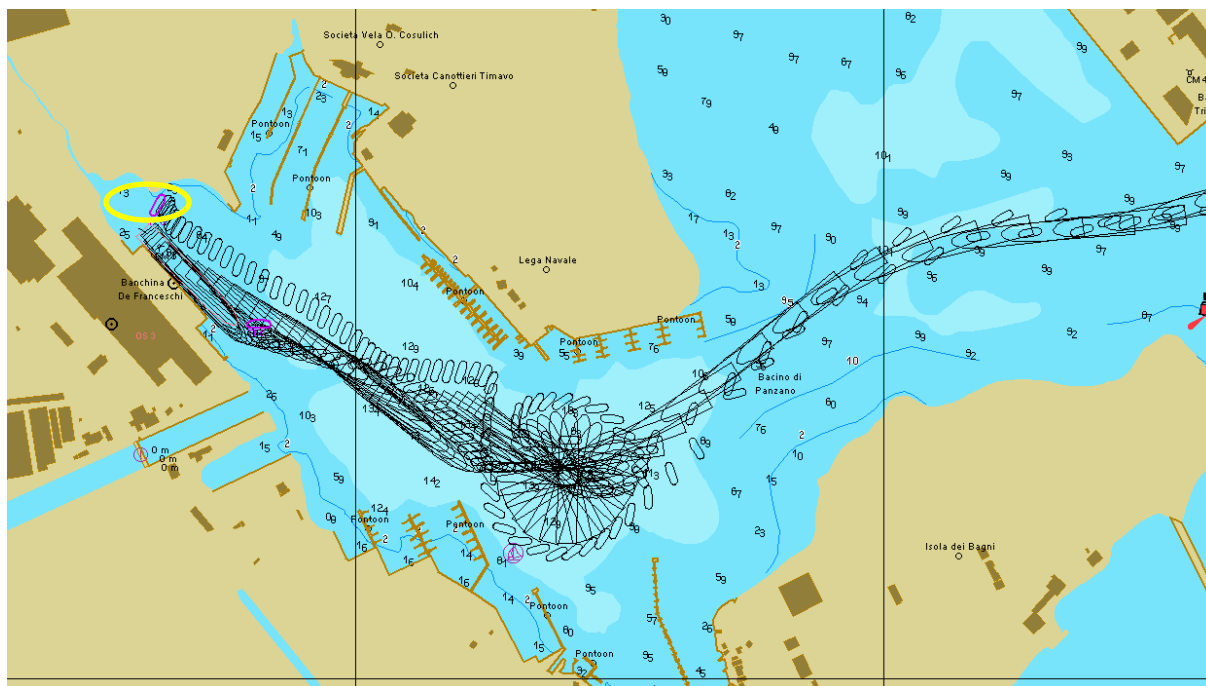


Figura 5-7: Traiettorie della manovra nel caso 2

Tutte le traiettorie delle manovre di arrivo sono riportate in Appendice A.

Le principali osservazioni emerse sono le seguenti:

- ✓ Non sono emersi particolari problemi in merito alla gestione della nave con l'utilizzo di due rimorchiatori, i quali sono sempre sufficienti per assistere la manovra. In condizioni di tempo favorevole, anche un solo rimorchiatore potrebbe essere sufficiente, considerando l'elevata manovrabilità della nave grazie alla presenza dell'elica di prora;
- ✓ Quando la nave è vicina alla posizione finale di ormeggio, il rimorchiatore che agisce a poppa della nave ha uno spazio di manovra limitato (nell'area cerchiata in giallo nella figura precedente). Se la connessione del cavo di rimorchio fosse direttamente sulla poppa della nave, il rimorchiatore sarebbe costretto a lavorare in uno spazio molto ristretto e, spostandosi verso il fianco della nave, il cavo correrebbe il rischio di rompersi. Pertanto, si potrebbe valutare di voltare il rimorchiatore al giardinetto invece che dallo specchio di poppa, in modo tale che possa lavorare a spring senza la possibilità di rompere il cavo.

Le manovre di partenza sono state condotte con ancor maggiore facilità, poiché la nave si trova già orientata verso il percorso da navigare. Un esempio della manovra di partenza è riportato nella seguente Figura 5-8, mentre tutti gli altri casi sono inclusi in Appendice A.

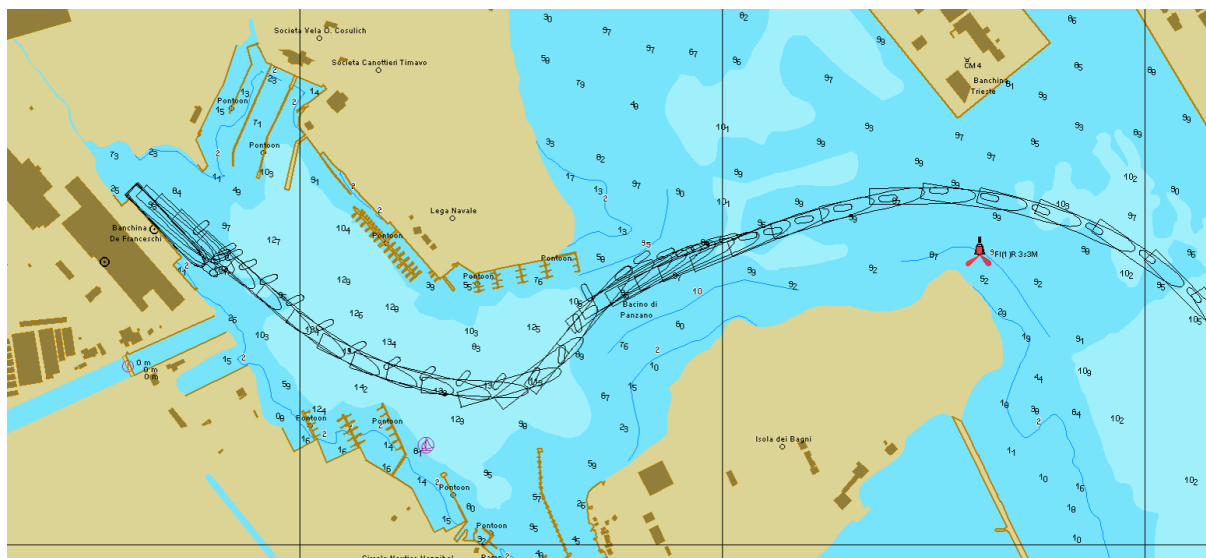


Figura 5-8: Traiettorie della manovra nel caso 7

In seguito alle valutazioni emerse nel corso delle simulazioni, tutte le possibili failure del sistema (blackout nave, malfunzionamento di un rimorchiatore) sono state ritenute facilmente gestibili, grazie alla elevata manovrabilità della nave e le potenze in gioco anche dei rimorchiatori. È stato comunque testato uno scenario di failure (caso 10), simulando la perdita del rimorchiatore di poppa, ritenuto più importante nell'operazione, durante la manovra di evoluzione. Nonostante la disconnessione del rimorchiatore sia stata effettuata quando la prua della nave era vicina alle banchine circostanti, la manovra è stata gestita senza particolari criticità utilizzando opportunamente tutti gli altri elementi di governo. Come si vede dalla seguente Figura 5-9, in queste condizioni la manovra di ormeggio è stata abortita e la nave è stata scortata verso l'uscita del porto senza problemi.

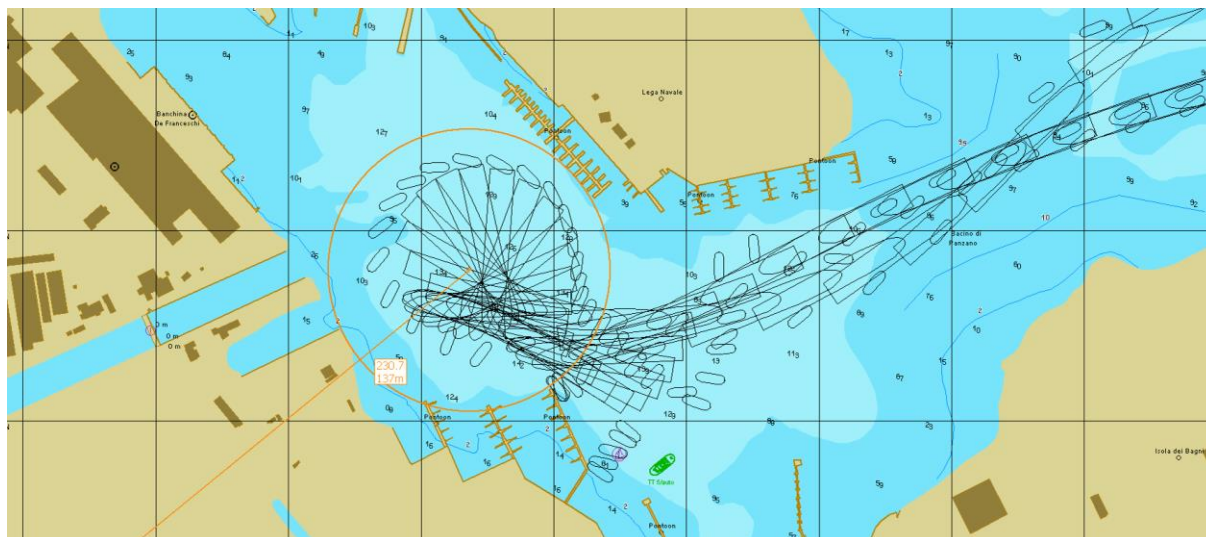


Figura 5-9: Traiettorie della manovra nel caso 10

Si è infine ulteriormente dimostrato in questo scenario che lo spazio previsto per la manovra di evoluzione risulta sufficiente per l'operazione.

## 6 CONCLUSIONI

Questo documento presenta lo studio di manovra condotto per valutare la navigazione delle navi che saranno impiegate nell'iniziativa proposta.

La manovrabilità delle unità navali presso la nave madre è stata dettagliata in una procedura che tiene conto delle raccomandazioni fornite dai principali standard internazionali del settore e delle strategie solitamente seguite per terminali similari. È stata fatta una differenza tra il caso della nave gasiera rifornitrice (assunta di taglia comparabile con la nave madre) e la shuttle tanker. Sebbene le strategie di allibo alla nave madre siano le stesse, alcune differenze sono state identificate a causa delle differenti dimensioni e frequenze di allibo di tali unità.

Per valutare invece la manovrabilità della shuttle tanker nell'area del Porto di Monfalcone sono state eseguite delle simulazioni di manovra dedicate con l'ausilio di un Pilota esperto ai fini di poter valutare con maggior dettaglio un'operazione che prevede l'ormeggio di una nave con lunghezza maggiore rispetto a quella ad oggi autorizzata in ordinanza e che avrà una significativa frequenza di ormeggio in banchina. Nei dieci casi testati non sono emerse criticità da segnalare e le osservazioni emerse sono riassunte nell'elenco sottostante:

- ✓ Gli spazi di manovra sono adeguati alle navi testate, così come l'area identificata per condurre l'evoluzione della nave. La manovra di evoluzione può essere condotta indifferentemente con rotazione verso dritta o sinistra;
- ✓ Sia la manovra di arrivo che di partenza non hanno evidenziato particolari criticità;
- ✓ Il numero e la potenza dei rimorchiatori risultano adeguati a condurre le operazioni in sicurezza;
- ✓ Il sistema nella sua interezza (shuttle tanker e due rimorchiatori) è sovradimensionato dal punto di vista della manovrabilità. Si può ipotizzare di ridurre il numero dei rimorchiatori ad uno in condizioni meteo benevoli;
- ✓ Dopo aver preso familiarità con le manovre e gli spazi circostanti, si è ritenuto che non esistano particolari condizioni di emergenza che non possano essere gestibili con le caratteristiche delle navi e dei rimorchiatori considerate.

---

## REFERENZE

- [1] “Distribuzione GNL in Regione Friuli Venezia Giulia - Ubicazione nave madre e sistema di ormeggio”, RINA Consulting (2022)
- [2] “Distribuzione GNL in Regione Friuli Venezia Giulia - Studio di Logistica”, RINA Consulting (2022)
- [3] “Ordinanza 52/2017 - Regolamento di sicurezza per la navigazione, la sosta e gli accosti delle navi mercantili dei galleggianti nel porto di Monfalcone”, Capitaneria di Porto di Monfalcone (2017)
- [4] “PIANC 121-2014 - Harbour Approach Design Guidelines”, PIANC (2014)
- [5] <https://www.navionics.com/ita/>
- [6] “Distribuzione GNL in Regione Friuli Venezia Giulia - Studio Meteomarino Preliminare”, RINA Consulting (2022)

## Appendice A

### Manovre testate

Doc. No. P0030812-1-H8 Rev. 0 - Agosto 2022



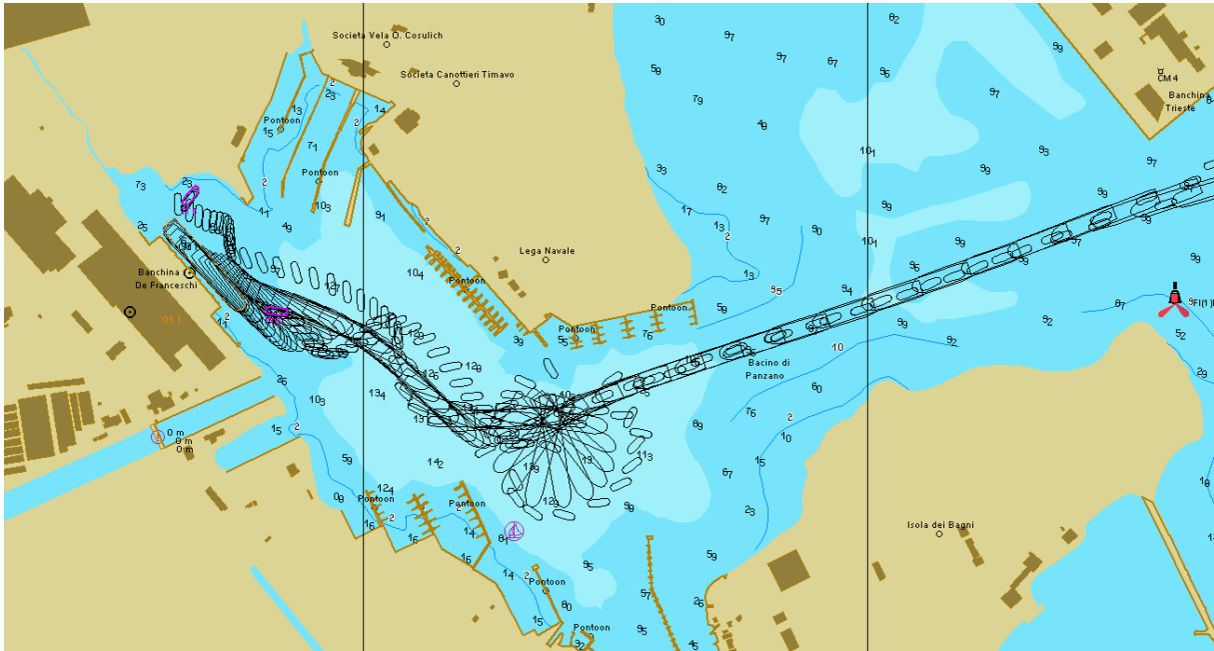


Figura 6-1: Traiettorie della manovra nel caso 1

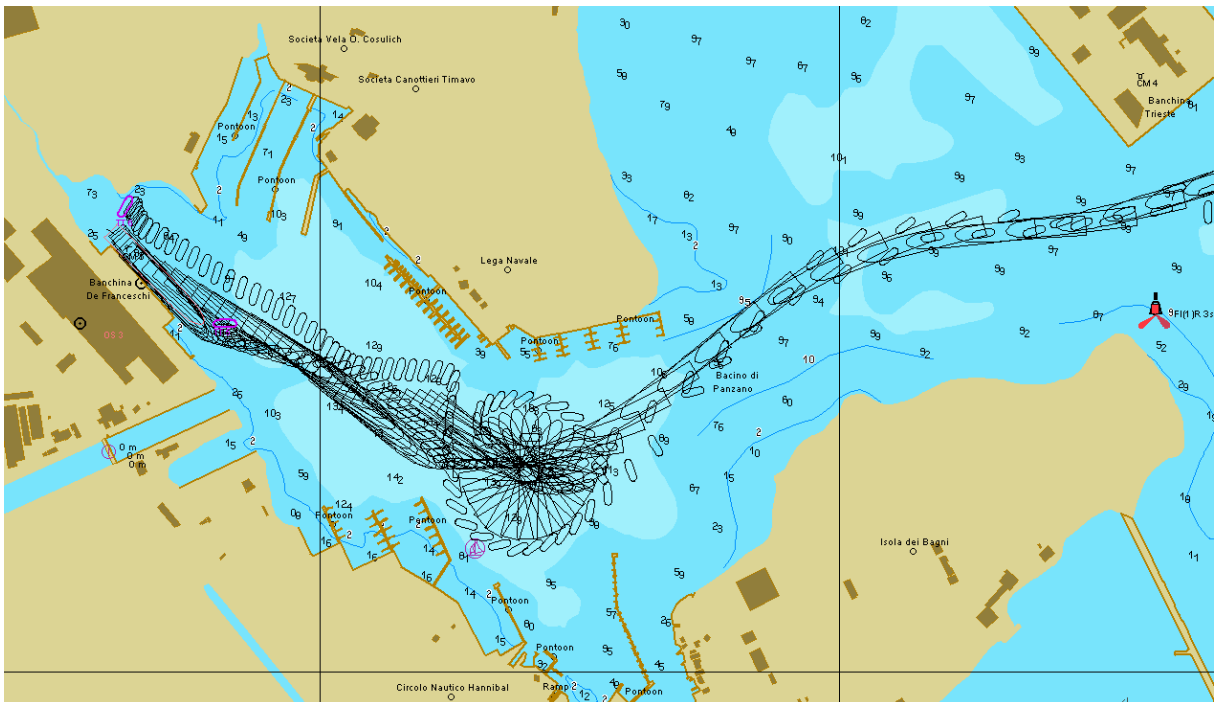


Figura 6-2: Traiettorie della manovra nel caso 2

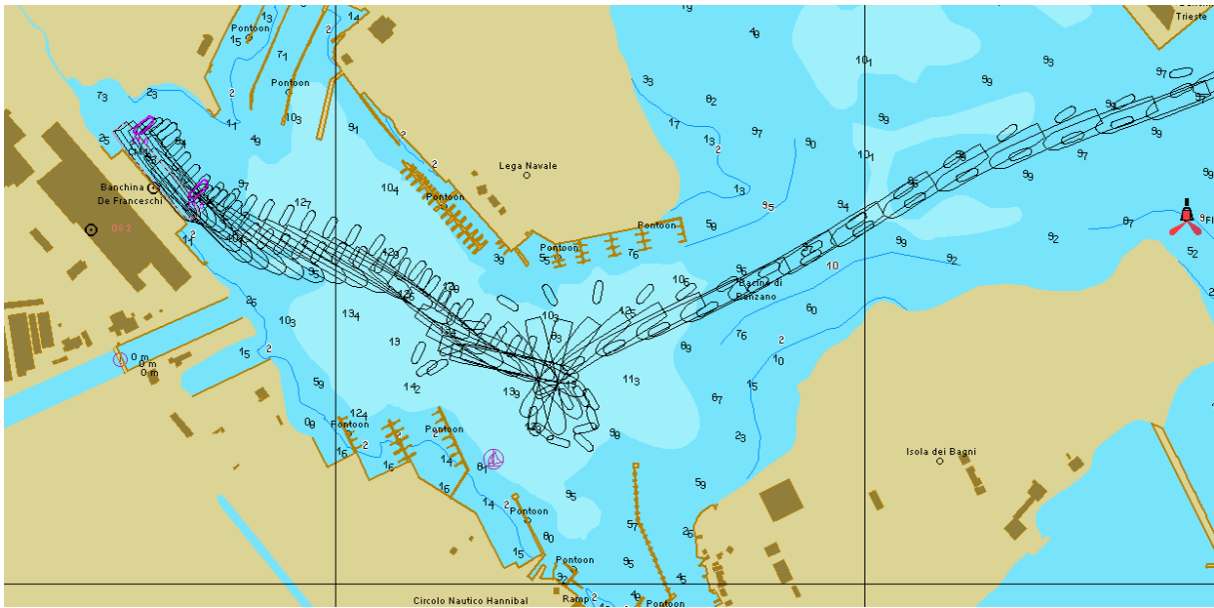


Figura 6-3: Traiettorie della manovra nel caso 3

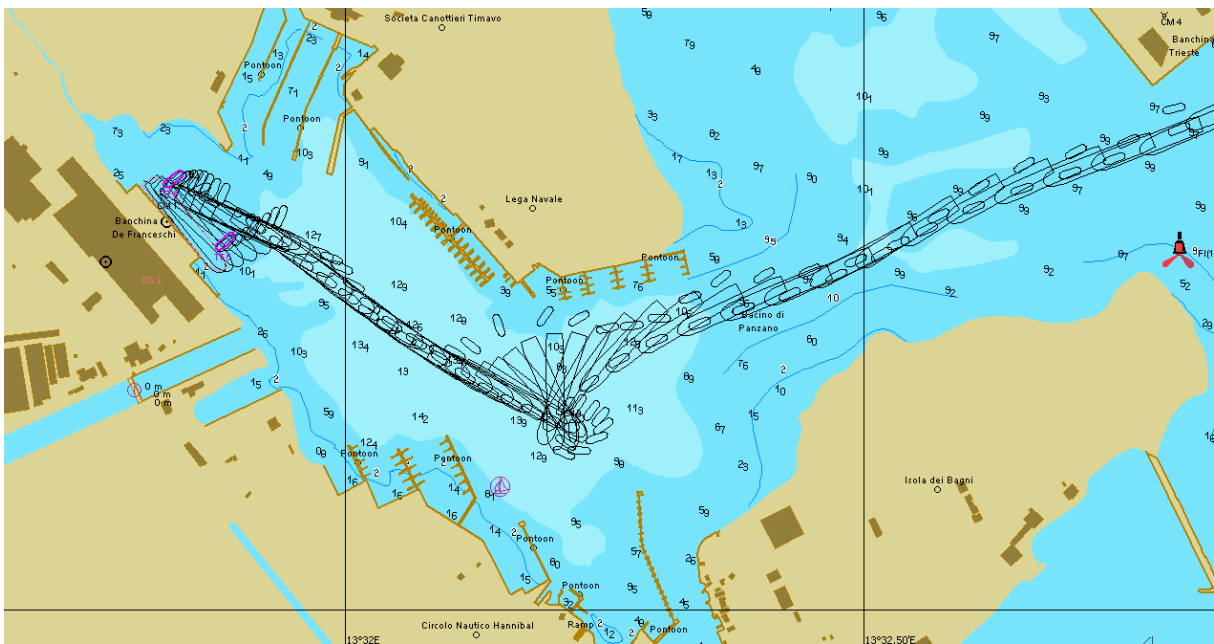


Figura 6-4: Traiettorie della manovra nel caso 4



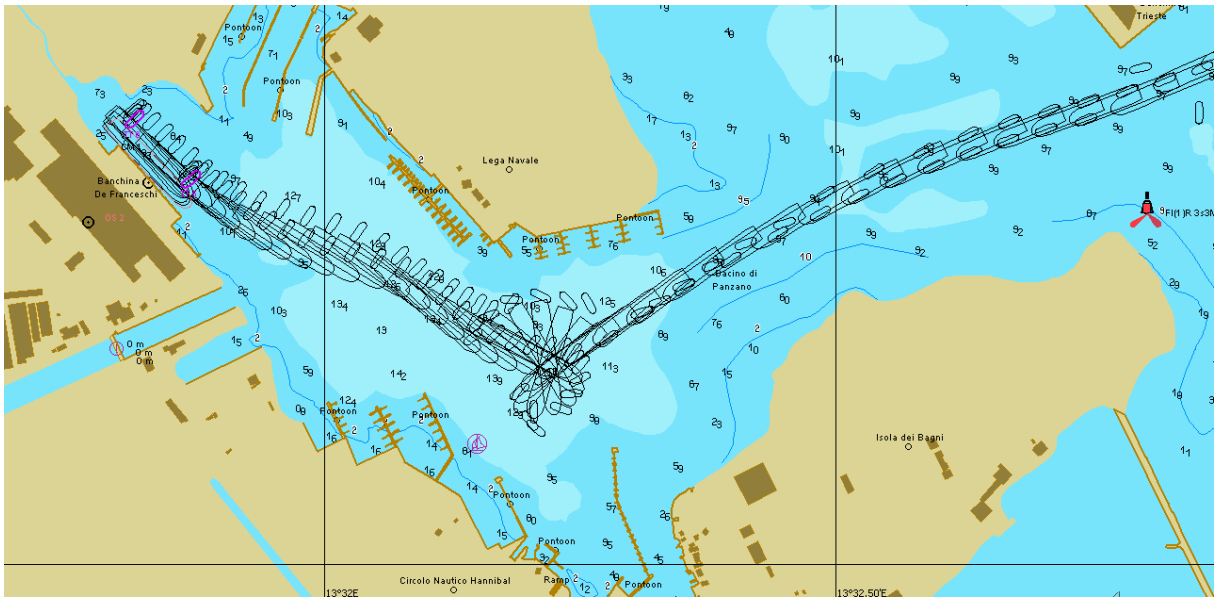


Figura 6-5: Traiettorie della manovra nel caso 5

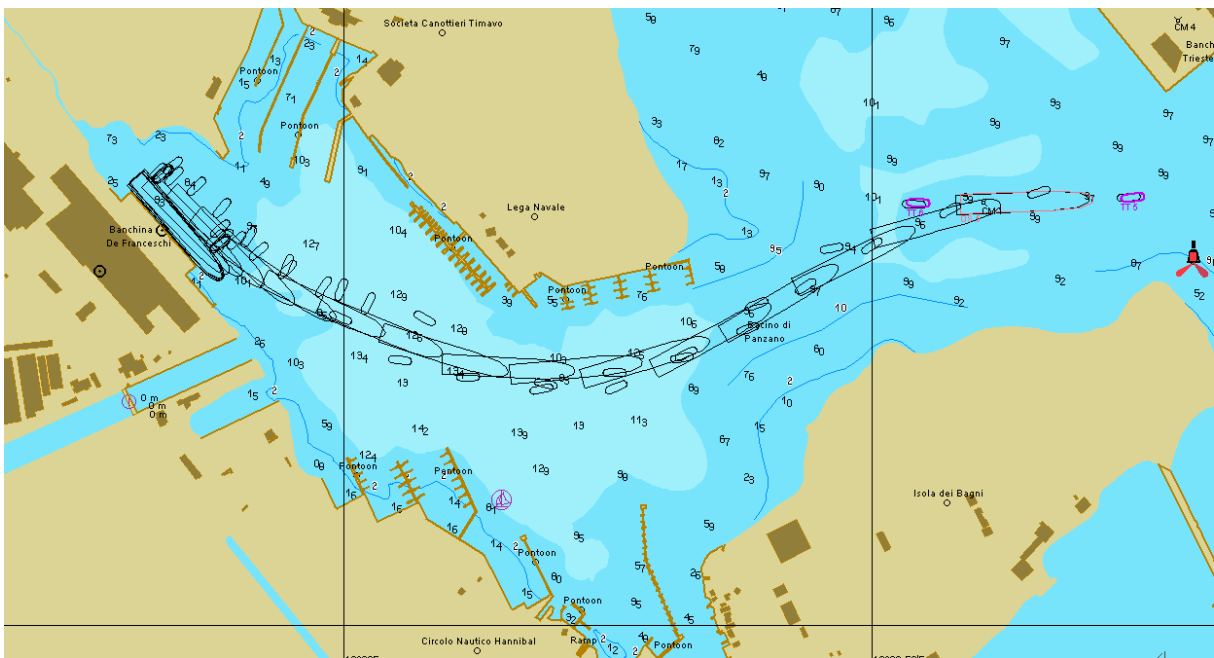


Figura 6-6: Traiettorie della manovra nel caso 6

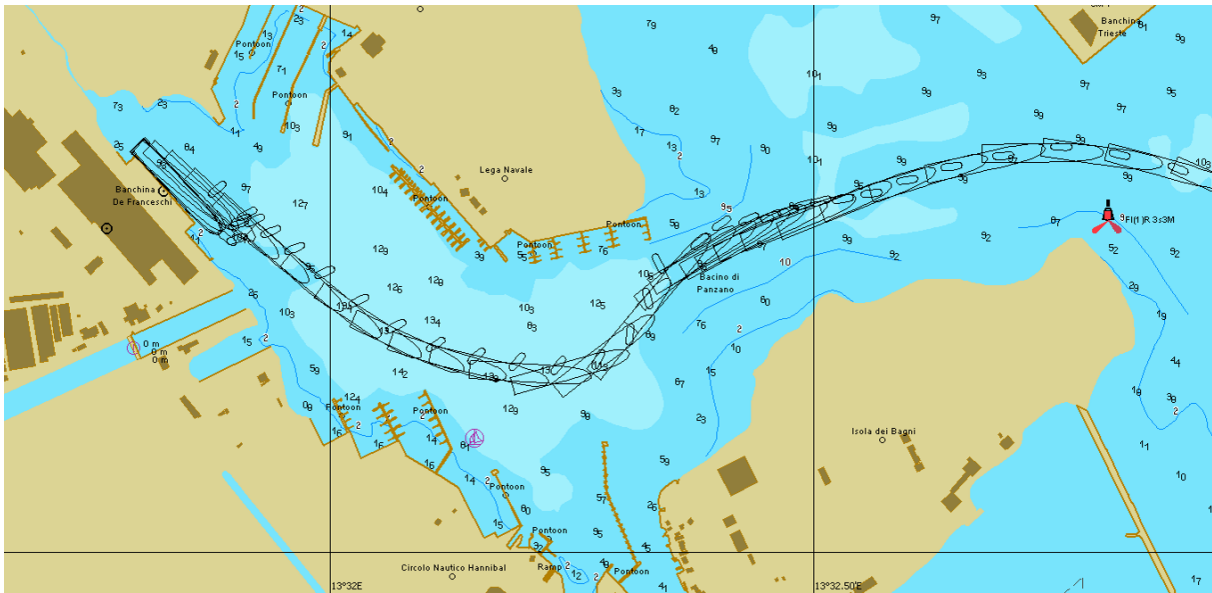


Figura 6-7: Traiettorie della manovra nel caso 7

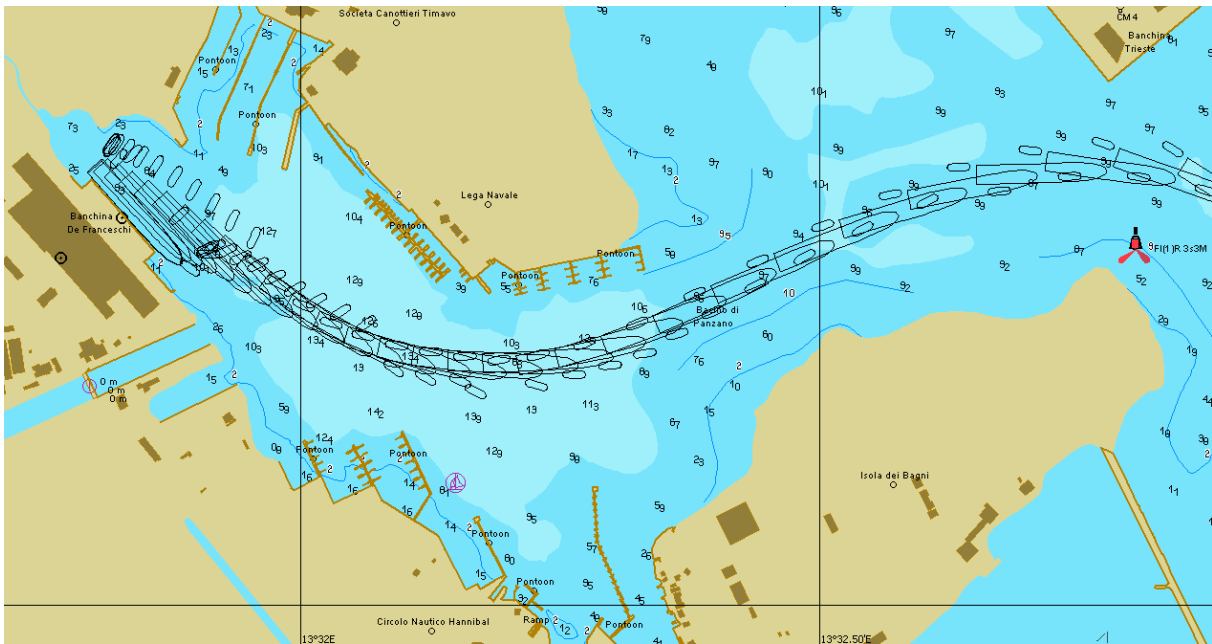


Figura 6-8: Traiettorie della manovra nel caso 8

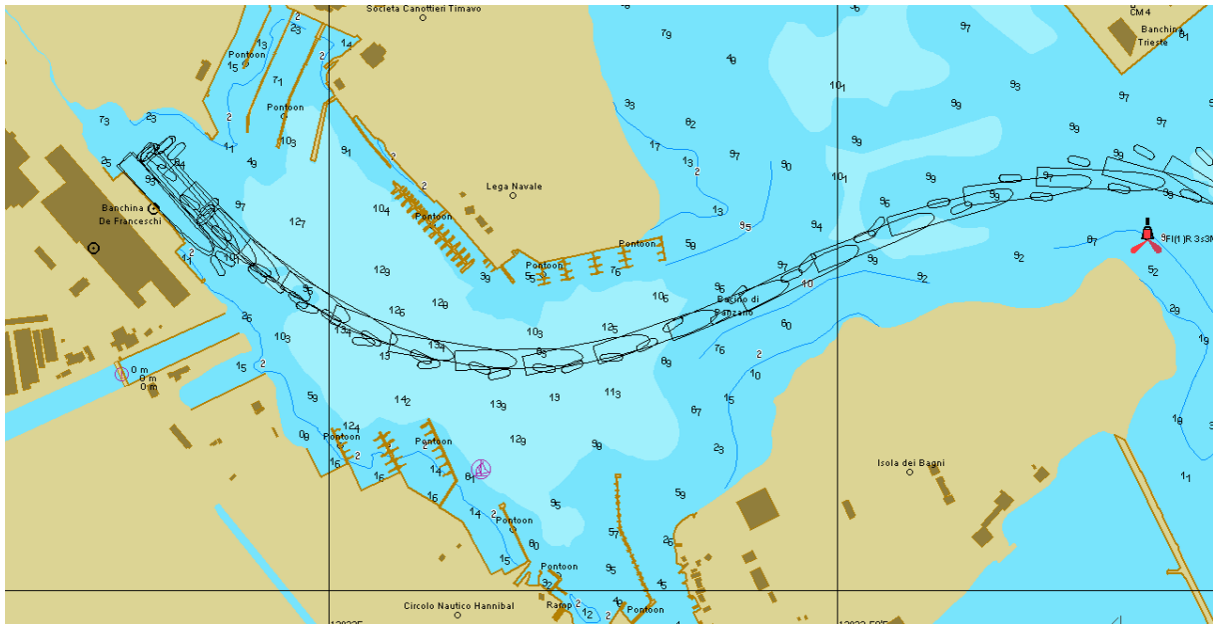


Figura 6-9: Traiettorie della manovra nel caso 9

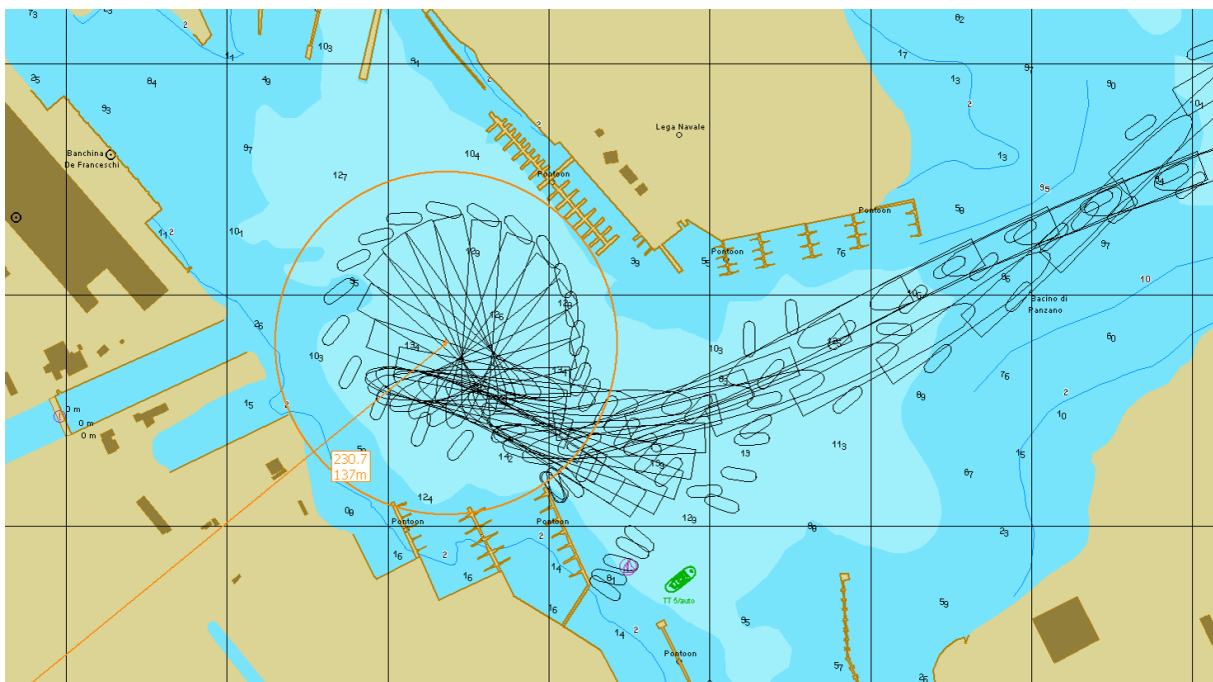


Figura 6-10: Traiettorie della manovra nel caso 10



**RINA Consulting S.p.A.** | Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA S.p.A.  
Via Cecchi, 6 - 16129 GENOVA | P. +39 010 31961 | [rinaconsulting@rina.org](mailto:rinaconsulting@rina.org) | [www.rina.org](http://www.rina.org)  
C.F./P. IVA/R.I. Genova N. 03476550102 | Cap. Soc. € 20.000.000,00 i.v.