



# Venice LNG S.p.A. Porto Marghera, Italia

## Deposito Costiero GNL a Marghera

### Studio Preliminare di Ormeggio

**Doc. No. P0000556-2-H12 Rev. 1 – Gennaio 2018**

Rev.	1
Descrizione	Seconda Emissione
Preparato da	I. Mazza
Controllato da	A. Sola/P. Paci
Approvato da	A. Lo Nigro
Data	Gennaio 2018





Deposito Costiero GNL a Marghera  
Studio Preliminare di Ormezzano

<b>Rev.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Preparato da</b>	<b>Controllato da</b>	<b>Approvato da</b>	<b>Data</b>
1	Seconda Emissione	I. Mazza	S. Cappellozza / A. Sola / P. Paci	A. Lo Nigro	24/01/2018
0	Prima Emissione	I. Mazza	S. Cappellozza / A. Sola / P. Paci	A. Lo Nigro	12/01/2018

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

	<b>Pag.</b>
<b>LISTA DELLE TABELLE</b>	<b>II</b>
<b>LISTA DELLE FIGURE</b>	<b>II</b>
<b>1 INTRODUZIONE</b>	<b>1</b>
<b>2 ACRONIMI, UNITÀ DI MISURA E SISTEMA DI RIFERIMENTO</b>	<b>3</b>
2.1 ACRONIMI	3
2.2 UNITÀ DI MISURA	3
2.3 NORMATIVE E STANDARD DI RIFERIMENTO	3
2.4 SISTEMA DI RIFERIMENTO	3
<b>3 CARATTERISTICHE METEO-CLIMATICHE DELL'AREA</b>	<b>5</b>
3.1 VENTO	5
3.2 MOTO ONDOSI	7
3.3 LIVELLO DEL MARE E CORRENTE	7
<b>4 NAVI DI RIFERIMENTO</b>	<b>8</b>
4.1 APPROVVIGIONAMENTO GNL	8
4.2 DISTRIBUZIONE GNL	9
<b>5 METODOLOGIA</b>	<b>12</b>
5.1 SOFTWARE	12
5.2 CONDIZIONI METEO-MARINE	12
5.3 ARREDI DI ORMEGGIO	13
5.4 ARREDI DI ORMEGGIO – ORMEGGIO CENTRALE	14
5.4.1 Punti di Ormeggio in Banchina	14
5.4.2 Parabordi	17
5.4.3 Linee di Ormeggio	17
5.5 ARREDI DI ORMEGGIO – ORMEGGIO EST	18
5.5.1 Punti di Ormeggio in Banchina	18
5.5.2 Parabordi	19
5.5.3 Linee di Ormeggio	20
<b>6 RISULTATI</b>	<b>22</b>
6.1 ORMEGGIO CENTRALE	22
6.1.1 Scenario 1	22
6.1.2 Scenario 2	23
6.2 ORMEGGIO EST	24
6.2.1 Scenario 3	24
6.2.2 Scenario 4	25
<b>7 CONCLUSIONI</b>	<b>27</b>

## LISTA DELLE TABELLE

Tabella 3.1: Valori Estremi della Velocità del Vento Medio Orario alla Quota di 10 m s.l.m	6
Tabella 3.2: Valori Estremi della Velocità del Vento Medio su 10 Minuti alla Quota di 10 m s.l.m	6
Tabella 3.3: Valori Estremi della Velocità della Raffica di Vento alla Quota di 10 m s.l.m	6
Tabella 4.1: Caratteristiche Principali JS Ineos Inspiration	8
Tabella 4.2: JS Ineos Inspiration Posizione Fairleads	9
Tabella 4.3: WSD59 3K – Caratteristiche Principali	10
Tabella 4.4: WSD59 3K Posizione Fairleads	11
Tabella 5.1: Scenari Considerati	12
Tabella 5.2: Posizione dei Punti di Ormeggio Esistenti in Banchina – Ormeggio Centrale	14
Tabella 5.3: Posizione delle Bitte Esistenti in Banchina – Ormeggio Est	18
Tabella 5.4: Posizione dei Nuovi Parabordi da Installare all’Ormeggio Est	20
Tabella 6.1: Risultati OPTIMOOR Scenario 1	22
Tabella 6.2: Risultati OPTIMOOR Scenario 2	23
Tabella 6.3: Risultati OPTIMOOR Scenario 3	25
Tabella 6.4: Risultati OPTIMOOR Scenario 4	26

## LISTA DELLE FIGURE

Figura 1.1: Inquadramento di Dettaglio dell'Area di Intervento	1
Figura 1.2: Ubicazione degli Accosti (Ormeggio Centrale e Ormeggio Est)	2
Figura 2.1: Sistema di Riferimento Globale	4
Figura 2.2: Sistema di Riferimento Nave – Azioni Meteomarine	4
Figura 3.1: Rosa Annuale del Vento alla Quota di 10 m s.l.m.	5
Figura 4.1: JS Ineos Inspiration	8
Figura 4.2: JS Ineos Inspiration Fairlead Layout	9
Figura 4.3: Mini LNG Wartsila WSD59 3K	10
Figura 4.4: WSD59 3K Fairlead Layout	11
Figura 5.1: Layout di Ormeggio Suggesto dalla Pubblicazione Port Engineer Planning Construction Maintenance and Security	13
Figura 5.2: Layout di Ormeggio Suggesto dalla Pubblicazione OCIMF MEG3	13
Figura 5.3: Layout di ormeggio - Ormeggio Centrale OPTIMOOR	14
Figura 5.4: Gancio a Scocco Triplo (Esempio)	15
Figura 5.5: Gancio a Scocco Singolo	16
Figura 5.6: Gancio a Scocco Doppio	17
Figura 5.7: Layout di ormeggio - Ormeggio Est (OPTIMOOR)	18
Figura 5.8: Caratteristiche Geometriche Fender da Installare in Ormeggio Est	19
Figura 5.9: Curva Risposta Reazione-Deformazione dei Parabordi	20
Figura 6.1: Scenario 1 - Inviluppo Massimo Carico sulle Linee di Ormeggio	23
Figura 6.2: Scenario 2 - Inviluppo Massimo Carico sulle Linee di Ormeggio	24

Figura 6.3: Scenario 3 - Inviluppo Massimo Carico sulle Linee di Ormeggio	25
Figura 6.4: Scenario 4 - Inviluppo Massimo Carico sulle Linee di Ormeggio	26



## 1 INTRODUZIONE

Venice LNG intende installare, all'interno dell'area portuale e industriale di Marghera, un deposito costiero avente taglia di 32,000 m<sup>3</sup>, costituito da No. 1 serbatoio a pressione atmosferica.

Il deposito sarà alimentato mediante navi gasiere di piccola e media taglia, mentre la distribuzione sarà garantita attraverso camion e metaniere di piccola taglia ("bettoline").

Il progetto prevede un transito di 450,000 m<sup>3</sup>/anno di GNL nella fase iniziale delle operazioni e fino a 900,000 m<sup>3</sup>/anno a regime con l'aumento della domanda di mercato.

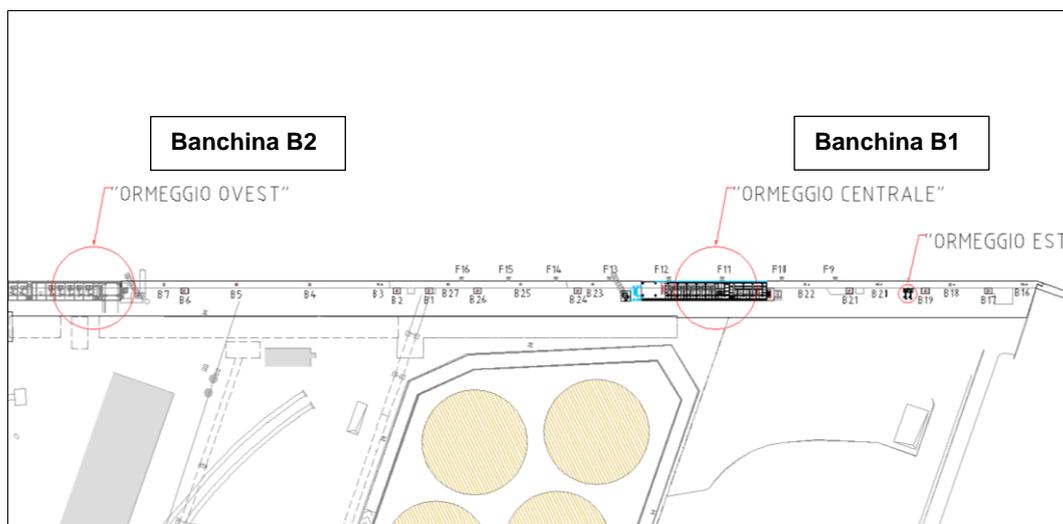
L'area del deposito sarà localizzata a Est dell'attuale deposito oli di proprietà DECAL (Figura 1.1), in una zona attualmente non interessata dalla presenza di attività produttive. Il sito individuato è contiguo ad aree a vocazione industriale (sia a Est sia a Ovest) e attualmente interessate da attività produttive.

L'area di studio è collocata nella zona centro-occidentale della laguna di Venezia, all'interno dell'area portuale e industriale di Marghera; essa si trova in località Fusina all'interno del Comune di Venezia, e confina a Nord con il Canale Industriale Sud e a Sud con l'adiacente Comune di Mira. L'area risulta inoltre inserita all'interno del Sito di Interesse Nazionale di Venezia-Porto Marghera (SIN) come stabilito dalla legge n°426/1998 "Nuovi interventi in campo ambientale".



**Figura 1.1: Inquadramento di Dettaglio dell'Area di Intervento**

Il trasferimento del GNL sarà effettuato in corrispondenza della banchina esistente DECAL, che sarà equipaggiata per consentire lo scarico dalle gasiere in arrivo e la carica delle bettoline. Il trasferimento del GNL (da/verso il deposito) sarà effettuato presso No. 2 accosti distinti, uno esistente (Banchina B1, di seguito "Ormeggio Centrale") e uno di nuova realizzazione (di seguito "Ormeggio Est"). La figura seguente presenta l'ubicazione dei due accosti.



**Figura 1.2: Ubicazione degli Accosti (Ormeggio Centrale e Ormeggio Est)**

L'Ormeggio Centrale riceverà le gasiere (taglia di progetto di 27,500 m<sup>3</sup>) destinate all'approvvigionamento del GNL al deposito, nonché le bettoline aventi dimensioni superiori a 85 m (tra cui potenzialmente le unità tug&barge da 4,000 m<sup>3</sup> di capacità), mentre l'Ormeggio Est sarà destinato alle bettoline di dimensioni inferiori a 85 m (equivalenti a una bettolina da 3,000 m<sup>3</sup> di capacità, assunta quale capacità di progetto).

Al fine di verificare l'esistenza di condizioni adeguate riguardanti l'ormeggio di suddette navi, è stato sviluppato il presente studio preliminare di ormeggio, con l'obiettivo di:

- ✓ Verificare la compatibilità del layout esistente per gli arredi di ormeggio (parabordi e punti di ormeggio) installati/da installare presso gli accosti in modo da rispettare le indicazioni fornite all'interno degli standard normativi applicabili;
- ✓ Verificare le capacità di tali arredi in termini di SWL per i punti di ormeggio ed energia assorbibile per quanto concerne i fenders in modo da rispettare le indicazioni fornite dagli standards normativi applicabili;
- ✓ Verificare i layout di ormeggio per le navi tipiche corrispondenti alle taglie individuate e verificarne l'adeguatezza in termini di robustezza.

Il documento è strutturato nel seguente modo:

- ✓ al Capitolo 2 si riportano gli acronimi, le unità di misura e il sistema di riferimento utilizzati per il presente studio, gli standard e le normative applicate;
- ✓ il Capitolo 3 presenta le caratteristiche meteo-climatiche dell'area;
- ✓ al Capitolo 4 sono indicate le navi di riferimento considerate per il dimensionamento del sistema di ormeggio;
- ✓ il Capitolo 5 riporta la descrizione metodologica dello studio di ormeggio;
- ✓ il Capitolo 6 presenta le risultanze delle analisi condotte;
- ✓ il Capitolo 7 illustra le conclusioni generali dello studio.

## 2 ACRONIMI, UNITÀ DI MISURA E SISTEMA DI RIFERIMENTO

### 2.1 ACRONIMI

BS	British Standard
GNL	Gas Naturale Liquefatto
L <sub>OA</sub>	Length OverAll (Lunghezza Fuori Tutto)
MBL	Minimum Breaking Load – Carico di rottura minimo
OCIMF	Oil Companies International Marine Forum
OPA	Oil Pollution Act
s.l.m.	sul livello del mare
s.l.m.m.	sul livello medio mare
SWL	Safe Working Load

### 2.2 UNITÀ DI MISURA

In questo documento sono utilizzate le unità di misura del sistema internazionale (SI).  
Eccezioni possono essere fatte per:

- ✓ Lunghezza: millimetri (mm);
- ✓ Massa: tonnellate (t);
- ✓ Forza: tonnellate forza (t);
- ✓ Angoli: gradi (deg).

### 2.3 NORMATIVE E STANDARD DI RIFERIMENTO

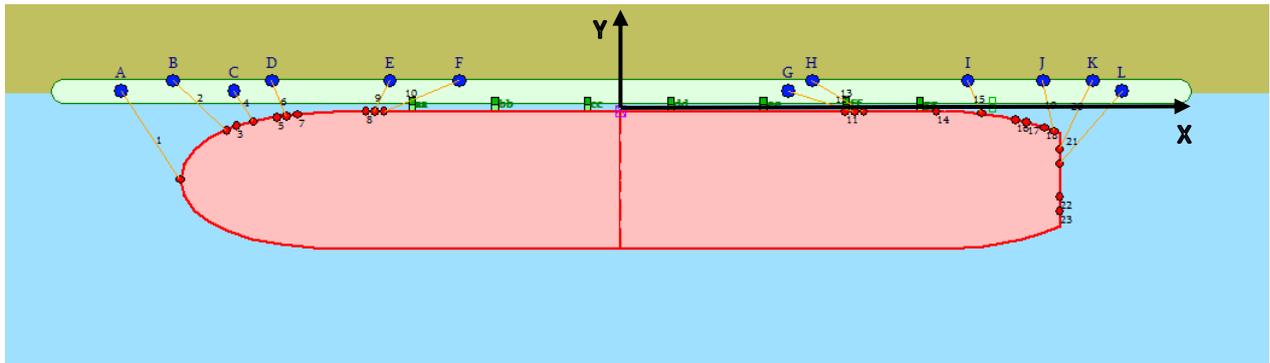
Per lo sviluppo del presente studio sono stati presi a riferimento i seguenti codici:

- ✓ OCIMF Mooring Equipment Guidelines 3rd Edition;
- ✓ OCIMF International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals;
- ✓ PIANC Harbour Approach Channels Design Guidelines;
- ✓ PIANC Safety Aspect Affecting the Berthing Operations of Tankers to Oil and Gas Terminals;
- ✓ PIANC Guidelines for the Design of Fenders Systems;
- ✓ BS 6349 Part 4 Code of practice for design of fendering and mooring system.

### 2.4 SISTEMA DI RIFERIMENTO

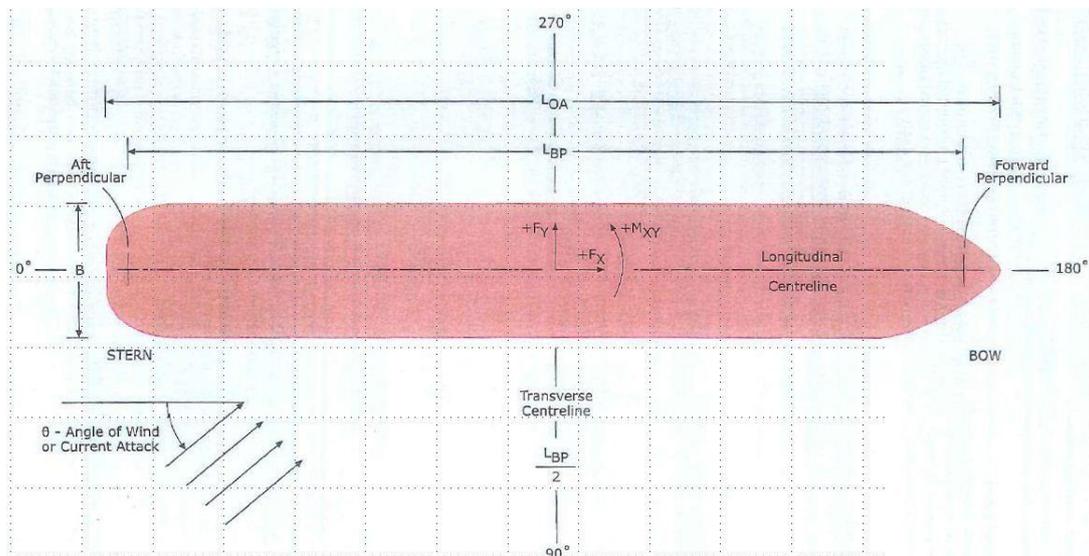
Il sistema di riferimento globale è destrorso, avente origine sul livello del mare, ad altezza della murata della nave in corrispondenza della linea vapore dei bracci di carico. Questo punto è tipicamente il punto che viene considerato per allineare la spotting line di riferimento dei manifold della nave.

L'asse x è parallelo alla banchina e positivo verso la poppa della nave (verso circa 250°N), l'asse y è positivo verso costa (verso circa 160°N) e l'asse z è positivo verso l'alto.



**Figura 2.1: Sistema di Riferimento Globale**

Il sistema di riferimento locale della nave è destrorso, con l'origine sulla perpendicolare addietro, sul piano di simmetria longitudinale ed al livello della chiglia. L'asse x è positivo verso prua, l'asse y verso sinistra e l'asse z verso l'alto. La convenzione adottata per le direzioni degli agenti meteomarini è riportata nella figura seguente.



**Figura 2.2: Sistema di Riferimento Nave – Azioni Meteomarine**

### 3 CARATTERISTICHE METEO-CLIMATICHE DELL'AREA

Nell'ambito del presente progetto, RINA Consulting ha predisposto uno studio meteo-marino preliminare (Rif. [9]) finalizzato alla definizione delle condizioni tipiche ed estreme dell'area. Le risultanze dello studio, di cui è presentato un estratto nel presente Capitolo, sono state utilizzate quale base per la verifica dell'adeguatezza di spazi, pescaggi e condizioni all'interno del Porto tali da consentire lo svolgimento delle operazioni delle bettoline in sicurezza.

#### 3.1 VENTO

L'analisi del campo di vento è stata condotta a partire dai dati della rete di monitoraggio dell'Ente Zona Industriale di Porto Marghera, relativi alla stazione n. 22. Si ritiene che i dati suddetti siano sufficientemente rappresentativi delle condizioni anemologiche del canale di Marghera.

Il regime medio annuale del vento è caratterizzato da una netta prevalenza dei settori direzionali 0-30°N (con il 39% degli eventi) e secondariamente del settore 120-150°N (17% degli eventi). Il resto degli eventi è distribuito piuttosto equamente tra le altre direzioni. Per quanto riguarda le intensità, gli eventi con velocità inferiore a 8 m/s sono circa il 99% del totale, mentre i valori massimi sono di 12.9 m/s, provenienti da 60°N.

Nella figura sottostante si riporta la rosa annuale dei venti dell'area (alla quota di 10 m).

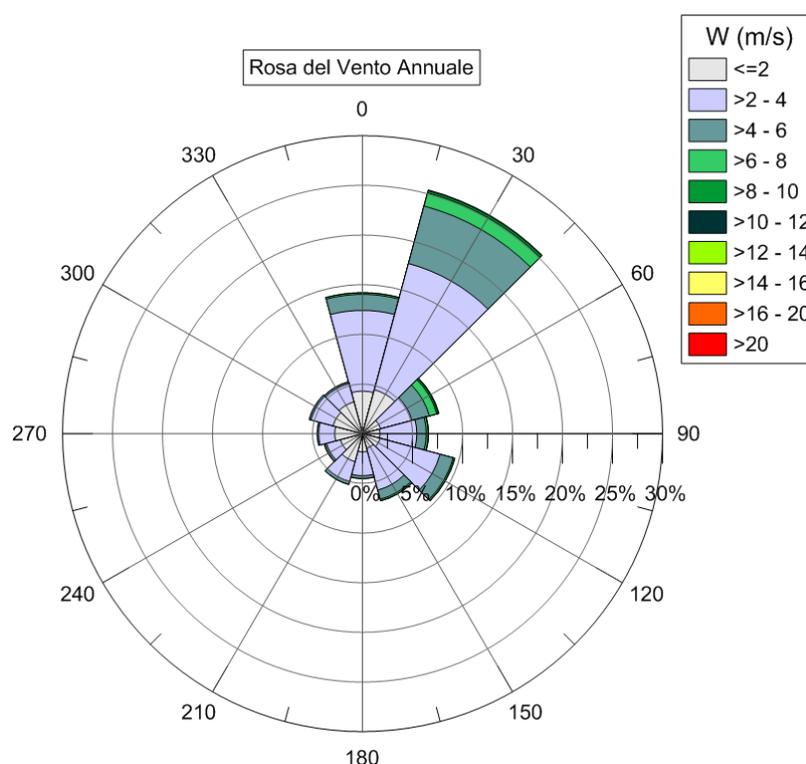


Figura 3.1: Rosa Annuale del Vento alla Quota di 10 m s.l.m.

Sono infine riportati nelle seguenti tabelle i valori estremi della velocità del vento stimati per i vari periodi di ritorno considerati (orario, su 10 minuti e raffica).

**Tabella 3.1: Valori Estremi della Velocità del Vento Medio Orario alla Quota di 10 m s.l.m**

Dir. (°N)	Velocità Estrema Del Vento (m/s) – Vento medio orario		
	1 Anno	10 Anni	100 Anni
0	8.7	10.6	12.4
30	11.3	13.2	14.9
60	10.9	12.7	14.4
90	9.6	11.9	14.1
120	9.3	11.5	13.5
150	9.5	11.9	14.1
180	7.4	9.6	11.7
210	6.6	7.9	9.2
240	7.2	9.1	10.8
270	6.2	7.6	9.0
300	7.5	10.9	14.4
330	7.1	9.7	12.2
OMNI	12.0	14.0	15.8

**Tabella 3.2: Valori Estremi della Velocità del Vento Medio su 10 Minuti alla Quota di 10 m s.l.m**

Dir. (°N)	Velocità Estrema Del Vento (m/s) – Valori medi sui 10 minuti		
	1 Anno	10 Anni	100 Anni
0	9.2	11.3	13.2
30	12.1	14.1	16.0
60	11.6	13.6	15.4
90	10.2	12.7	15.1
120	9.9	12.3	14.5
150	10.1	12.7	15.1
180	7.8	10.2	12.5
210	7.0	8.4	9.7
240	7.6	9.6	11.4
270	6.5	8.1	9.5
300	7.9	11.6	15.4
330	7.5	10.3	13.0
OMNI	12.8	15.0	17.0

**Tabella 3.3: Valori Estremi della Velocità della Raffica di Vento alla Quota di 10 m s.l.m**

Dir. (°N)	Velocità Estrema Del Vento (m/s) – Raffica di Vento		
	1 Anno	10 Anni	100 Anni
0	10.8	13.3	15.7
30	14.2	16.8	19.2
60	13.7	16.1	18.5
90	12.0	15.0	18.1
120	11.6	14.5	17.2
150	11.8	15.0	18.1
180	9.1	12.0	14.8
210	8.1	9.7	11.4
240	8.8	11.3	13.6
270	7.6	9.4	11.2
300	9.2	13.7	18.5
330	8.7	12.1	15.4
OMNI	15.2	17.9	20.4

### 3.2 MOTO ONDOSO

In questa fase preliminare dello studio il modo ondoso non è stato indagato in considerazione delle caratteristiche geometriche del canale e dell'intensità del vento locale. Come in gran parte della laguna, le onde risultano prevalentemente generate dal passaggio delle navi a motore e non per effetto del vento.

### 3.3 LIVELLO DEL MARE E CORRENTE

Le caratteristiche della corrente e del livello del mare all'interno del canale industriale sono state analizzate per mezzo dell'applicazione del modello numerico Delft3D. La corrente all'interno del canale fluisce in direzione parallela al canale stesso, verso terra in fase crescente di marea e verso mare in fase decrescente. I flussi risultano in entrambe i casi di bassa intensità, attestandosi su valori massimi di circa 0.05 m/s all'imboccatura, caratterizzata da un restringimento della sezione con conseguente aumento della velocità.

Nell'area di studio la corrente si presenta ancora più debole, circa 0.02-0.03 m/s, risultando quindi un fattore trascurabile ai fini delle operazioni di manovra nel canale.

La debole intensità dei flussi di corrente all'interno del canale è certamente dovuta alla variazione lenta, quasi contemporanea, del livello del mare tra un'estremità e l'altra del canale: tra l'imboccatura e il bacino più interno non si hanno mai differenze significative di livello durante il ciclo di marea per cui non si creano intense correnti di gradiente.

## 4 NAVI DI RIFERIMENTO

### 4.1 APPROVVIGIONAMENTO GNL

L'approvvigionamento di GNL al terminale verrà garantito da navi gasiere di piccola taglia aventi caratteristiche analoghe a quella di capacità pari a circa 27,500 m<sup>3</sup>, utilizzata come riferimento per la progettazione. Per l'approvvigionamento è stata considerata la JS Ineos Inspiration (Gruppo Ineos), le cui caratteristiche sono contenute nella tabella seguente.

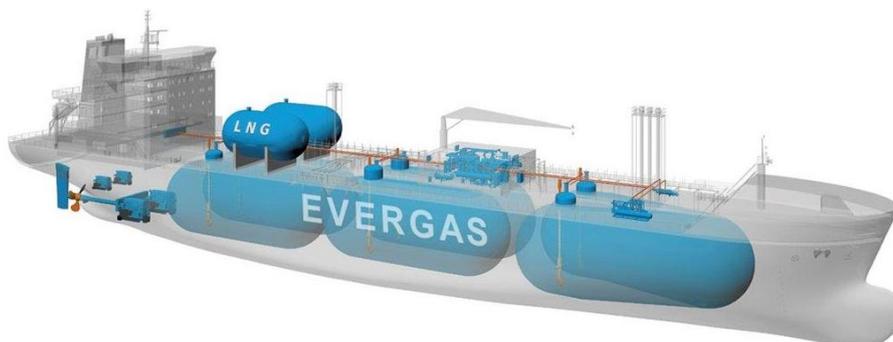


Figura 4.1: JS Ineos Inspiration

Tabella 4.1: Caratteristiche Principali JS Ineos Inspiration

Parametro	Valore	Unità
Capacità Nominale	27,500	m <sup>3</sup>
Tipologia contenimento	IMO Tipo C	\
L <sub>OA</sub>	180.3	m
L <sub>PP</sub>	170.8	m
B	26.6	m
D	14.8	m
Dislocamento a Pieno Carico	32,088	t
DWT	15,563	t
Immersione a Pieno Carico	8.70	m
Immersione in Zavorra	6.50	m
Area Laterale in Pieno Carico	2,036	m <sup>2</sup>
Area Laterale in Zavorra	2,325	m <sup>2</sup>
Area Frontale in Zavorra	702	m <sup>2</sup>
Area Frontale in Pieno Carico	660	m <sup>2</sup>
Numero di linee di ormeggio	16	\
MBL cavi ormeggio	58.7	t

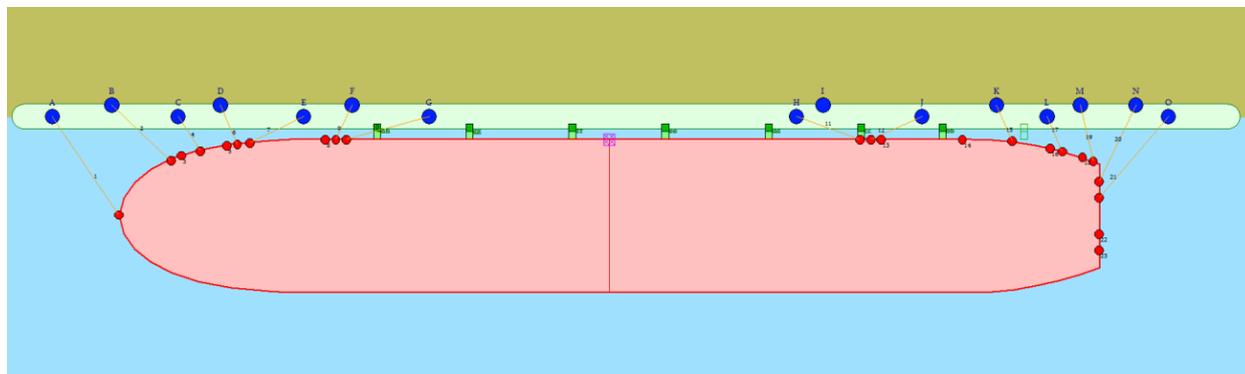


Figura 4.2: JS Ineos Inspiration Fairlead Layout

Tabella 4.2: JS Ineos Inspiration Posizione Fairleads

Fairlead no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Coord. X (rispetto a Pad) [m]	176.6	168.0	166.4	161.6	156.6	154.7	152.3	138.5	136.7	134.8	40.8	38.9	37.1	22.3	13.4	6.1	3.9	0.2	-1.8	-2.9	-2.9
Coord. Y (rispetto all'asse di simmetria) [m]	0.0	9.6	10.5	11.3	12.2	12.4	12.7	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.0	11.7	11.2	10.2	9.5	6.0	3.2
Coord. Z (rispetto al ponte principale) [m]	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6

## 4.2 DISTRIBUZIONE GNL

IL GNL sarà distribuito attraverso due punti distinti:

- ✓ accosto esistente (Ormeggio Centrale), destinato a ricevere un sistema dedicato “tug&barge” di capacità di 4,000 m<sup>3</sup>. Essendo l’Ormeggio Centrale già dimensionato per ospitare bettoline da 27,500 m<sup>3</sup>, non si ritiene in questa fase necessario procedere ad una verifica ulteriore di dettaglio;
- ✓ nuovo accosto (Ormeggio Est), ove saranno ricevute bettoline aventi capacità massima di 3,000 m<sup>3</sup>. In particolare quale riferimento sono state considerate le unità di Wartsila (tra cui la Mini LNG Wartsila WSD59 3K) di cui si riporta un esempio nella figura seguente. I dati relativi sono presentati di seguito.



Figura 4.3: Mini LNG Wartsila WSD59 3K

Tabella 4.3: WSD59 3K – Caratteristiche Principali

Parametro	Valore	Unità
Capacità Nominale	3,000	m <sup>3</sup>
Tipologia contenimento	IMO Tipo C 2 x 1,500 m <sup>3</sup> independent tank	\
L <sub>OA</sub>	84.7	m
L <sub>PP</sub>	82.6	m
B	15.2	m
D	8.0	m
DWT	2,000	t
Immersione a Pieno Carico	4.25	m
Immersione stimata in Zavorra	3.7	m
MBL cavi ormeggio	30	t

Non essendo in possesso dei dati relativi ai cavi di ormeggio della bettolina da 3,000 m<sup>3</sup>, per il presente studio sono stati considerati i dati relativi ad una bettolina 1,000 m<sup>3</sup>, utilizzata nella precedente fase di fattibilità, della quale si aveva il Gas Form-C contenente tutti i dati necessari.

I cavi di ormeggio per la mini LNG da 3,000 m<sup>3</sup> avranno sicuramente un MBL superiore a quello della bettolina da 1,000 m<sup>3</sup> per cui tale assunzione risulta essere conservativa.

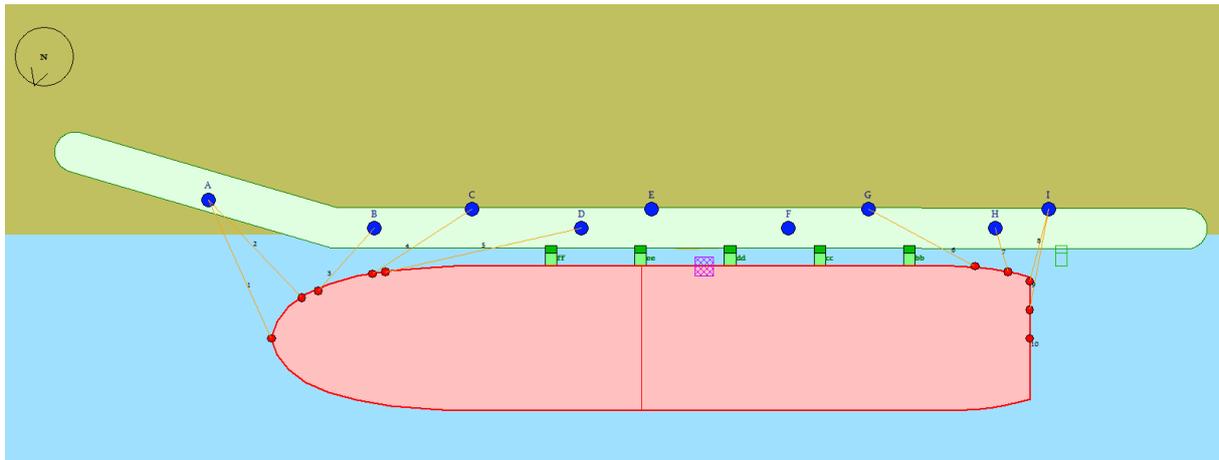


Figura 4.4: WSD59 3K Fairlead Layout

Tabella 4.4: WSD59 3K Posizione Fairleads

Fairlead no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Coord. X (rispetto a Pad) [m]	81.6	79.7	76.7	70.9	69.7	6.4	0.0	-2.6	-2.6	-2.6
Coord. Y (rispetto all'asse di simmetria) [m]	0.0	4.3	5.0	6.8	7.0	7.6	7.0	6.0	3.0	0.0
Coord. Z (rispetto al ponte principale) [m]	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

## 5 METODOLOGIA

Il presente Capitolo illustra la metodologia di base con la quale sono state effettuate le valutazioni riguardanti l'ormeggio delle navi presso il terminale, il software utilizzato e le principali ipotesi di calcolo fatte. Lo studio è stato finalizzato a verificare che l'attuale sistema di ormeggio esistente risulti adeguato a ricevere le navi gasiere, sia presso l'accosto esistente (Ormeggio Centrale) sia nel nuovo (Ormeggio Est). Inoltre è stato condotto il dimensionamento del sistema di accosto (fender) in corrispondenza del nuovo accosto, nonché la verifica dell'esistente presso l'Ormeggio Centrale.

### 5.1 SOFTWARE

Lo studio è stato condotto utilizzando il software commerciale OPTIMOOR, programma utilizzato a livello mondiale per le analisi di ormeggio di navi (in particolare nelle operazioni in area portuale), soprattutto al fine di effettuare verifiche in accordo ai requisiti indicati dall'OCIMF (Oil Companies International Marine Forum) o soddisfare la legislazione OPA-90 (US Oil Pollution Act).

OPTIMOOR è in grado di verificare la risposta di qualsiasi tipologia di sistema di ormeggio, sia offshore sia in aree portuali, tenendo in considerazione le forzanti dovute ad agenti meteo quali vento, onda, corrente, maree, ecc. In particolare, visto il livello di dettaglio del progetto, sono state condotte analisi di tipo statico ai fini di verificare la robustezza della soluzione proposta.

### 5.2 CONDIZIONI METEO-MARINE

Per il presente studio, i sistemi di ormeggio per l'Ormeggio Centrale e l'Ormeggio Est sono stati verificati per la condizione standard richiesta dalla MEG3 dell'OCIMF.

In particolare, l'OCIMF prevede che per una nave con portata lorda superiore alle 16,000 tonnellate, il sistema di ormeggio sia verificato con 60 nodi di vento omnidirezionali combinati con 3 nodi di corrente con direzione 0° rispetto al sistema di riferimento della banchina (pari a 70°N). Tale verifica è stata effettuata sia per la nave gasiera da 27,500 m<sup>3</sup> sia per la bettolina da 3,000 m<sup>3</sup>, benchè la sua portata lorda sia inferiore a 16,000 t.

Questa condizione meteo-marina non rappresenta una condizione operativa reale del terminale ma quella più gravosa con la quale vengono tipicamente progettati i terminali GNL. Per tale ragione, se il sistema di ormeggio soddisfa i criteri in tale condizione, sicuramente sarà idoneo per l'ormeggio delle navi in condizioni meteo-marine meno gravose, quali quelle presenti all'interno della Laguna di Venezia, caratterizzata da valori massimi di vento (raffica) di circa 40 nodi e da valori di corrente sensibilmente inferiori.

Come già indicato nello studio meteo, le onde generate dal vento all'interno del canale possono essere considerate trascurabili date le caratteristiche geometriche del canale e l'intensità del vento locale. Le onde risultano prevalentemente generate dal passaggio delle navi a motore all'interno del canale.

Ai fini del presente studio, non è stata considerata la presenza di onde generate dal passaggio delle navi in quanto, avendo direzione prevalente perpendicolare alla banchina, avrebbero aiutato a smorzare la tensione sui cavi della nave e ridotto il conservativismo dei calcoli prodotti.

Di seguito si riporta la tabella degli scenari meteo considerati ai fini del presente studio.

**Tabella 5.1: Scenari Considerati**

Scenario	Nave Gasiera	Ormeggio	Cond. carico	Dir Vento [°]	Vento [kn]	Dir Corrente [°]	Corrente [kn]
Scenario 1	27,500 m <sup>3</sup>	Centrale	Zavorra	OMNI	60	70° N	3
Scenario 2	27,500 m <sup>3</sup>	Centrale	Pieno Carico	OMNI	60	70° N	3

Scenario	Nave Gasiera	Ormeggio	Cond. carico	Dir Vento [°]	Vento [kn]	Dir Corrente [°]	Corrente [kn]
Scenario 3	3,000 m <sup>3</sup>	Est	Zavorra	OMNI	60	70° N	3
Scenario 4	3,000 m <sup>3</sup>	Est	Pieno Carico	OMNI	60	70° N	3

### 5.3 ARREDI DI ORMEGGIO

Generalmente il layout di ormeggio è definito in modo da soddisfare i requisiti geometrici proposti sia dal “Port Engineer Planning Construction Maintenance and Security” sia dall’OCIMF. Le linee guida suggeriscono un layout degli arredi tale da ottimizzare il carico che le linee di ormeggio devono smaltire, sia in termini di forza applicata sulle linee sia di angolo di inclinazione della linea rispetto all’orizzontale.

Le figure sottostanti estratte dalle linee guida sopracitate forniscono le principali indicazioni in merito all’inclinazione dei cavi per un ormeggio presso un terminale GNL.

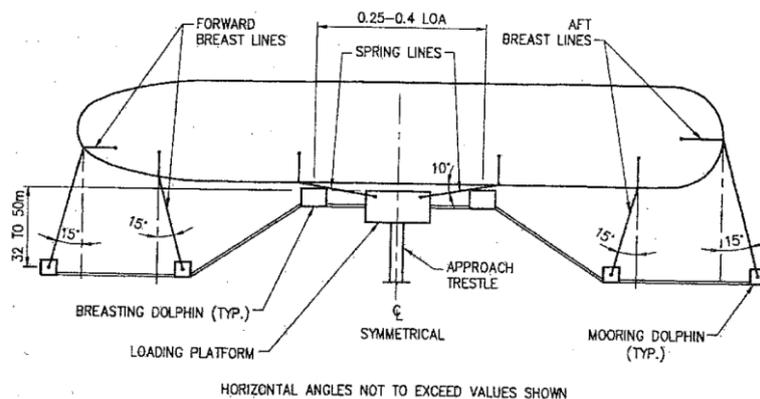


Figura 5.1: Layout di Ormeggio Suggesto dalla Pubblicazione Port Engineer Planning Construction Maintenance and Security

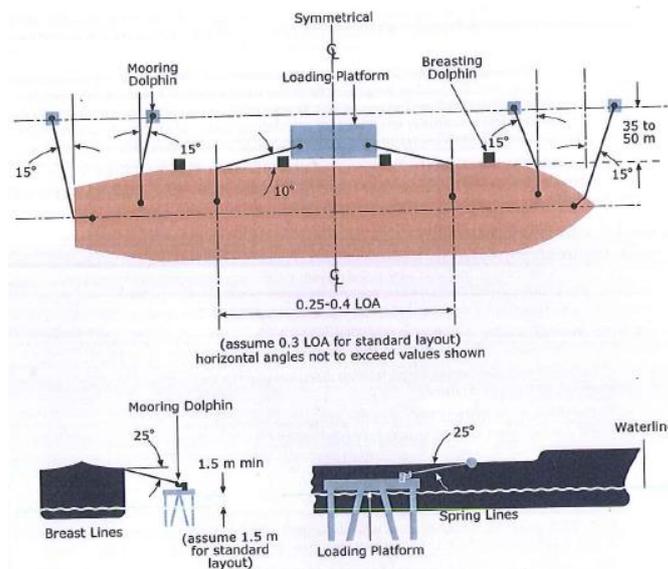


Figura 5.2: Layout di Ormeggio Suggesto dalla Pubblicazione OCIMF MEG3

Tale configurazione si applica tipicamente per nuovi accosti; nel progetto specifico, essendo già presente una banchina attrezzata, si è proceduto da un lato a verificare che la posizione dei punti di ormeggio e di accosto potesse consentire l'accosto delle gasiere e, dall'altro, a definire eventuali ulteriori elementi da posizionare in banchina.

La filosofia considerata ai fini del presente studio è stata quindi quella di cercare di minimizzare gli interventi in banchina (utilizzando gli arredi già presenti), garantendo comunque la sicurezza delle operazioni.

## 5.4 ARREDI DI ORMEGGIO – ORMEGGIO CENTRALE

### 5.4.1 Punti di Ormeggio in Banchina

La banchina dell'Ormeggio Centrale è già costruita e funzionante per l'attracco delle navi olio, di conseguenza in questa fase è stata fatta una verifica degli arredi di ormeggio. Partendo dal layout di ormeggio proposto nella precedente fase dello studio, ed applicando alcune modifiche, ove necessario, si è realizzato un layout di ormeggio che rispondesse il più possibile ai canoni delle linee guide citate.

Si è quindi verificato che il sistema esistente fosse adeguato a sostenere le sollecitazioni indotte dall'accosto di una nave gasiera da 27,500 m<sup>3</sup> (taglia di nave di progetto le cui dimensioni rappresentano le massime ricevibili).

Di seguito si riportano la configurazione di ormeggio proposta, che è stata oggetto di verifica mediante il software OPTIMOOR e la tabella con la posizione dei punti di ormeggio presenti in banchina.

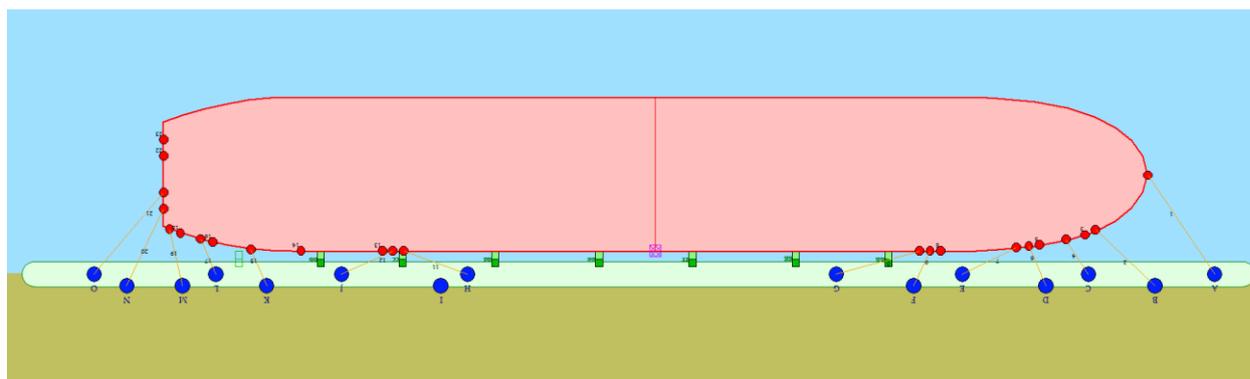


Figura 5.3: Layout di ormeggio - Ormeggio Centrale OPTIMOOR

Tabella 5.2: Posizione dei Punti di Ormeggio Esistenti in Banchina – Ormeggio Centrale

Punti di ormeggio	X rispetto all'origine [m]	Y rispetto all'origine [m]	Z rispetto alla banchina [m]
A	-102.4	4.0	0.5
B	-91.5	6.0	0.5
C	-79.3	4.0	0.5
D	-71.5	6.0	0.5
E	-56.2	4.0	0.5
F	-47.3	6.0	0.5

Deposito Costiero GNL a Marghera  
Studio Preliminare di Ormeggio

Punti di ormeggio	X rispetto all'origine [m]	Y rispetto all'origine [m]	Z rispetto alla banchina [m]
G	-33.1	4.0	0.5
H	34.4	4.0	0.5
I	39.3	6.0	0.5
J	57.5	4.0	0.5
K	71.2	6.0	0.5
L	80.5	4.0	0.5
M	86.6	6.0	0.5
N	96.8	6.0	0.5
O	102.8	4.0	0.5

Attualmente in banchina sono installate bitte aventi un SWL di 100 t. Si prevede la sostituzione delle bitte con ganci di ormeggio dotati di sistema di sgancio rapido. L'OCIMF fornisce le indicazioni necessarie per quanto riguarda i rapporti di forza da dover rispettare per gli arredi di ormeggio. In particolare, il SWL di ogni punto di ormeggio deve essere maggiore o uguale al MBL del cavo che gli viene agganciato. Questo ha come scopo quello di rendere il cavo l'anello debole del sistema in modo che, nel caso di impreviste anomalie e sovrasollecitazioni dovute a particolari condizioni di esercizio, sia il cavo a rompersi senza danneggiare gli arredi a cui è connesso. Infatti la sostituzione di un cavo risulta molto più semplice rispetto alla riparazione o sostituzione di una bitta/gancio di ormeggio.

Nel caso specifico, considerando le caratteristiche dei cavi di cui è dotata la nave gasiera da 27,500 m<sup>3</sup> analizzata e le navi di taglia analoga, il SWL di ogni gancio dovrà essere maggiore o uguale a 58.7 t.

Le bitte esistenti hanno un SWL da 100 t, si suggerisce quindi di sostituirle con dei ganci a scocco singoli con analogo SWL.

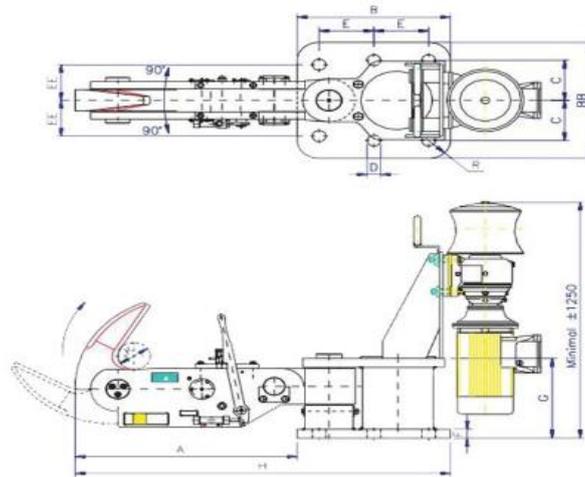


Figura 5.4: Gancio a Scocco Triplo (Esempio)

Deposito Costiero GNL a Marghera  
Studio Preliminare di Ormeggio

Per questa configurazione si suggerisce di sostituire le bitte con ganci a scocco singoli. Questo permette una buona flessibilità per quanto riguarda le linee di ormeggio sia esse alla lunga, traversini o spring.

In Figura 5.5 e Figura 5.6 sono riportati alcuni estratti di una possibile tipologia di ganci singoli e doppi:

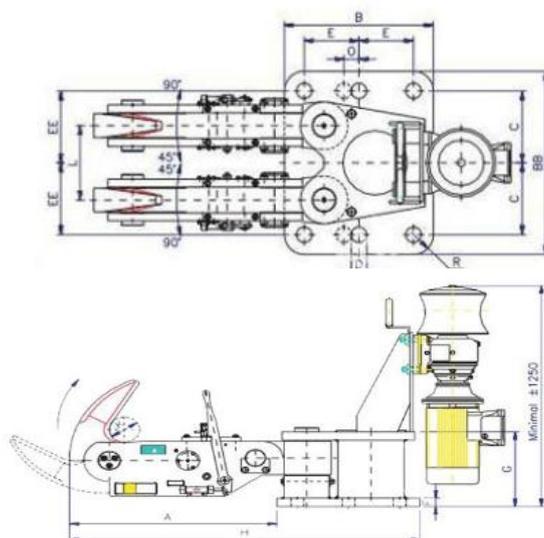


S.W.L	Cap.	Wt.	A	B	BB	C	D	E	EE	F	G	H	K	R	X
400	400	304	668	600	600	225	54	225	225	35	370	1268	96	75	4*M48
600	600	512	873	650	650	235	54	235	200	45	407	1523	130	90	6*M48
750	750	587	923	650	650	225	62	225	200	45	417	1573	130	100	6*M56
1000	1000	792	1014	700	650	225	62	250	200	50	447	1714	150	100	6*M56
1250	1250	887	1085	700	650	225	70	250	200	55	479	1785	150	100	6*M64
1500	1500	1253	1255	700	650	225	78	250	195	55	499	1955	150	100	6*M72

**Explanation:**

Cap. = Capacity Mounting Base in kN  
Wt. = Weight in kilograms, excl. Capstan  
X. = Number and size of HD Bolts  
S.W.L. = Working Load in kN

Figura 5.5: Gancio a Scocco Singolo



S.W.L.	Cap.	Wt.	A	B	BB	C	D	E	EE	F	G	H	K	R	X
400	800	491	583	650	700	260	54	235	260	35	370	1233	96	90	6*M48
600	1200	878	788	750	780	290	62	275	290	45	407	1536	130	130	6*M56
750	1500	1049	888	750	850	325	70	275	325	45	417	1638	130	130	6*M64
1000	2000	1439	959	750	925	363	78	275	363	50	447	1709	150	150	6*M72
1250	2500	1602	1030	750	925	363	86	275	363	55	479	1780	150	150	6*M80
1500	3000	2332	1210	750	1000	400	86	275	400	55	499	1960	50	150	6*M80

**Explanation:**

Cap. = Capacity Mounting Base in kN  
Wt. = Weight in kilograms, excl. Capstan  
X. = Number and size of HD Bolts  
S.W.L. = Working Load in kN

**Figura 5.6: Gancio a Scocco Doppio**

### 5.4.2 Parabordi

Si precisa che non sono state qui condotte le verifiche relativamente al sistema di fenders in quanto verifiche preliminari, fatte in una fase precedente del progetto, avevano evidenziato la compatibilità del sistema.

### 5.4.3 Linee di Ormeggio

Le linee di ormeggio utilizzate nelle analisi sono state modellate con le loro principali caratteristiche (numero di linee, MBL, diametro, materiale, etc.) ed in accordo con quelle che sono le disponibilità della nave in termini di passacavi e panama installati.

Utilizzando le caratteristiche già riportate nella tabella al Capitolo 4, è stato individuato il layout di ormeggio seguente.

- ✓ 2 cavi di prua (linee 1 e 2);
- ✓ 2 trasversini di prua (linee 4 e 6);
- ✓ 3 spring di prua (linee 7, 9 e 10);
- ✓ 2 spring di poppa (linee 11 e 12);
- ✓ 3 trasversini di poppa (linee 15, 17 e 19);
- ✓ 2 cavi poppa (linee 20 e 21).

Al fine di rispettare le indicazioni presenti sulle linee guida OCIMF, essendo tutte le linee di materiale sintetico, lo stress ammissibile in ciascuna linea deve essere pari al 50% del MBL della linea stessa.

## 5.5 ARREDI DI ORMEGGIO – ORMEGGIO EST

### 5.5.1 Punti di Ormeggio in Banchina

In corrispondenza dell’Ormeggio Est si è proceduto a verificare la compatibilità del sistema di ormeggio con le sollecitazioni indotte dalle bettoline aventi lunghezza non superiore a 85 m, a cui corrisponde indicativamente una capacità di progetto pari a 3,000 m<sup>3</sup>.

Le dimensioni della nave e la posizione in cui verrà ormeggiata fanno sì che si debba prevedere l’installazione di ulteriori parabordi e punti di ormeggio in aggiunta a quelli esistenti.

Di seguito si riportano la configurazione di ormeggio proposta, che è stata oggetto di verifica mediante il software OPTIMOOR e la tabella con la posizione dei punti di ormeggio presenti in banchina e di quelli aggiuntivi che andranno installati (evidenziati con un asterisco).

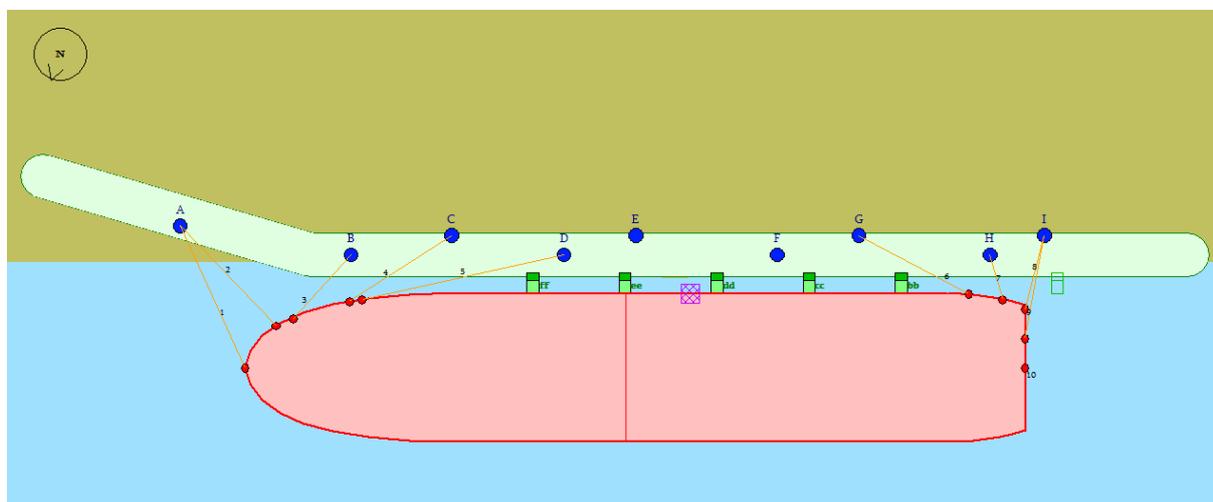


Figura 5.7: Layout di ormeggio - Ormeggio Est (OPTIMOOR)

Tabella 5.3: Posizione delle Bitte Esistenti in Banchina – Ormeggio Est

Punti di ormeggio	X rispetto all'origine [m]	Y rispetto all'origine [m]	Z rispetto alla banchina [m]
A*	-121.1	8.8	0.5
B	-102.4	4.0	0.5
C	-91.5	6.0	0.5
D	-79.3	4.0	0.5
E	-71.5	6.0	0.5
F	-56.2	4.0	0.5

Punti di ormeggio	X rispetto all'origine [m]	Y rispetto all'origine [m]	Z rispetto alla banchina [m]
G	-47.3	6.0	0.5
H	-33.1	4.0	0.5
I*	-27.1	6.0	0.5

Come già indicato nel paragrafo precedente relativo all'Ormeggio Centrale, è stata prevista la sostituzione delle bitte esistenti con ganci di ormeggio dotati di sistema di sgancio rapido.

Per quanto riguarda le bitte esistenti, si suggerisce di sostituirle con ganci a scocco singoli con SWL pari a 100 t come le bitte attualmente presenti in banchina.

Per quanto riguarda i punti di ormeggio aggiuntivi (indicati con un asterisco nella tabella sopra) si ritiene opportuno installare ganci a scocco doppi con un SWL complessivo pari a 100 t.

Come già indicato, la sostituzione delle bitte con ganci a scocco singoli e doppi garantisce una buona flessibilità per le linee di ormeggio, siano esse alla lunga, traversini o spring (possibili tipologie dei ganci singoli o doppi sono riportate precedentemente in Figura 5.5 e Figura 5.6).

### 5.5.2 Parabordi

Per quanto concerne i parabordi, in fase di fattibilità è stata proposta l'installazione di quattro nuovi fender.

In questa fase del progetto, a seguito della verifica del sistema di ormeggio condotta con OPTIMOOR, si ritiene necessaria l'installazione dei quattro parabordi evidenziata nella fase precedente.

Per quanto riguarda le caratteristiche dei fender si suggerisce di installare dei parabordi uguali a quelli già presenti all'Ormeggio Centrale per uniformità con quanto già presente in banchina.

Infatti, le navi che attraccheranno all'Ormeggio Est saranno di taglia inferiore rispetto alle navi ormeggiate all'Ormeggio Centrale; di conseguenza i quattro nuovi fender, con caratteristiche analoghe a quelli esistenti, saranno sicuramente in grado di gestire l'energia assorbibile calcolata tramite la "BS 6349 Part 4 Maritime structures- Code of practice for design of fendering and mooring systems" delle navi che verranno ormeggiate.

Si suggerisce pertanto l'installazione di fender della Prosertek modello SC-1250-H type A con le seguenti caratteristiche tecniche.

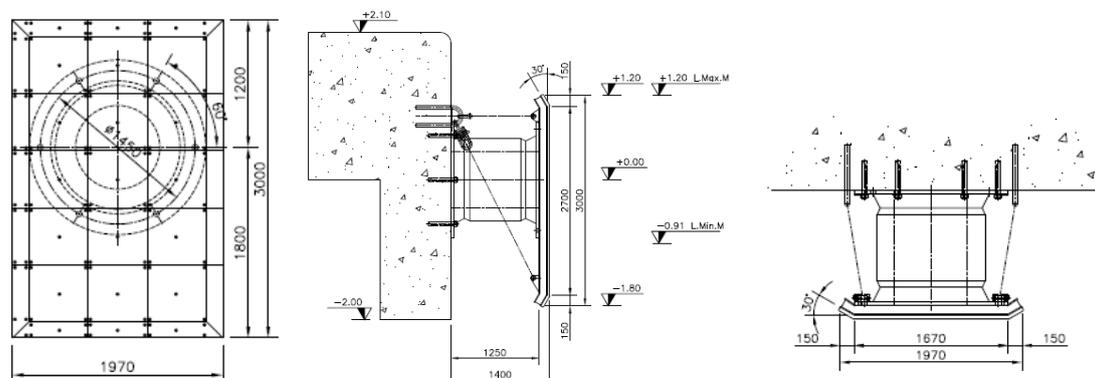


Figura 5.8: Caratteristiche Geometriche Fender da Installare in Ormeggio Est

Per quanto riguarda le proprietà elastiche del parabordo, è stata considerata la reazione-deformazione fornita da catalogo e riportata di seguito e scalata per le opportune condizioni al contorno:

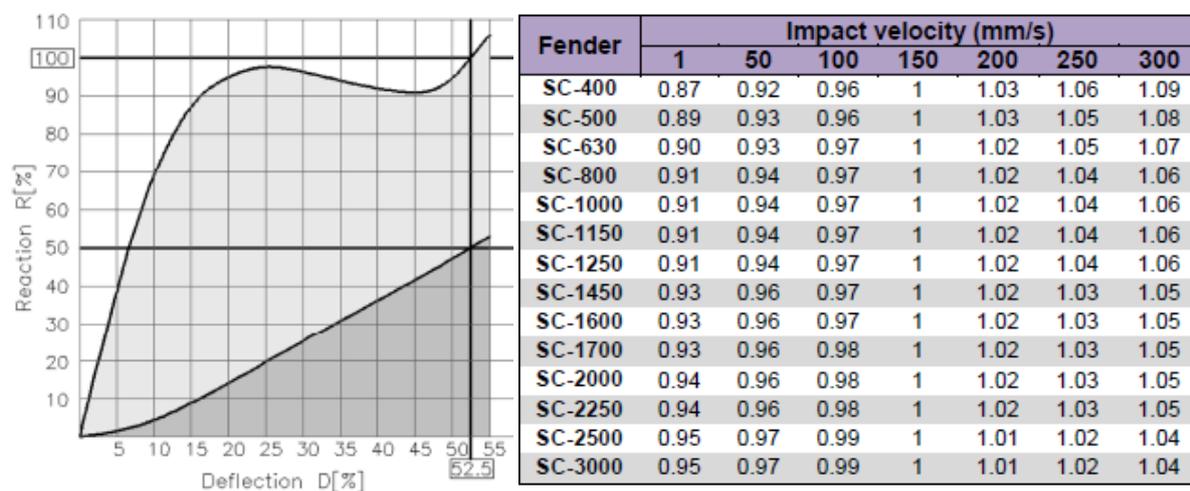


Figura 5.9: Curva Risposta Reazione-Deformazione dei Parabordi

I nuovi parabordi saranno posizionati ad una distanza di circa 10 metri uno dall'altro come riportato nella seguente tabella (rispetto al sistema di riferimento riportato in Figura 2.1):

- ✓ X indica la distanza longitudinale dall'origine;
- ✓ Y indica la distanza trasversale dall'origine;
- ✓ Z indica l'altezza del centro della piastra del parabordo rispetto alla banchina.

Tabella 5.4: Posizione dei Nuovi Parabordi da Installare all'Ormeggio Est

Parabordo	X [m]	Y [m]	Z [m]
cc	52.7	0	-2.1
dd	62.7	0	-2.1
ee	72.7	0	-2.1
ff	82.7	0	-2.1

### 5.5.3 Linee di Ormeggio

Per quanto riguarda la bettolina da 3,000 m<sup>3</sup>, non essendo disponibili i dati di dettaglio relativi alle linee di ormeggio (MBL, diametro), si sono assunti conservativamente i dati di una bettolina da 1,000 m<sup>3</sup>.

L'analisi di ormeggio relativo ad una bettolina da 3,000 m<sup>3</sup> ha evidenziato la necessità di installare 2 ulteriori punti di ormeggio. Le indicazioni sui punti di ormeggio aggiuntivi da prevedere a banchina sono già stati forniti al paragrafo 5.5.1.

Il layout proposto di ormeggio prevede:

- ✓ 2 cavi alla lunga di prua (linea 1 e 2);

Deposito Costiero GNL a Marghera  
Studio Preliminare di Ormeggio

- ✓ 2 traversini di prua (linee 3 e 4);
- ✓ 1 spring di prua (linea 5);
- ✓ 1 spring di poppa (linea 6)
- ✓ 1 traversino di poppa (linea 7);
- ✓ 2 cavi di poppa (linee 8 e 9).

Per le linee in materiale sintetico, come nel caso in analisi, le linee guida dell'OCIMF forniscono indicazioni sul massimo stress ammissibile su ciascuna linea che deve essere minore od uguale al 50% del MBL del cavo di ormeggio.

## 6 RISULTATI

A partire dalle valutazioni esposte nei capitoli precedenti, nel presente Capitolo si riportano i risultati delle simulazioni condotte. La rappresentazione grafica dei sistemi di ormeggio, comprensiva della posizione degli elementi da inserire in banchina, sono presentati nel "Layout Sistema di Ormeggio (Rif.: Doc. No. P0000556-2-M23).

Entrambe le configurazioni proposte consentono di ormeggiare le due categorie di navi. In particolare si evidenzia che:

- ✓ per la bettolina da 3,000 m<sup>3</sup>, la configurazione rispetta i requisiti riportati nelle linee guida OCIMF MEG 3 in termini di stress ammissibili sugli arredi e sull'inclinazione dei cavi;
- ✓ presso l'Ormeggio Centrale, la configurazione non soddisfa pienamente le linee guida dell'OCIMF per quanto riguarda l'angolo di inclinazione dei cavi (mentre le tensioni sugli arredi risultano pienamente soddisfatte). Tale problematica potrà essere risolta con la sostituzione delle bitte con i ganci a scocco. I ganci a scocco hanno infatti un range di operatività in termini di angoli di inclinazione piuttosto ampio, fino a 45° o 90° in funzione della direzione di operatività.

Per quanto riguarda le interferenze fra cavi di ormeggio e arredi di banchina, sono state verificate le condizioni limite di nave in pieno carico ed in zavorra e non si sono verificate interferenze.

### 6.1 ORMEGGIO CENTRALE

Nelle tabelle seguenti sono riportate le sollecitazioni agenti sugli arredi di ormeggio in termini di tensione ammissibile sui cavi e compressione/reazione sui fender secondo gli scenari ipotizzati al Paragrafo 5.2.

È stata verificata la capacità del sistema di ormeggio di resistere alla condizione di verifica prevista dall'OCIMF, ossia 60 kn di vento omnidirezionali combinati con 3 kn di corrente in direzione 70°N.

#### 6.1.1 Scenario 1

La Tabella 6.1 riporta i risultati in termini di massima tensione sui cavi e compressione sui parabordi per la nave da 27,500 m<sup>3</sup> in condizione di zavorra. Per ogni linea di ormeggio sono riportate la tensione massima a cui il cavo è sottoposto, la direzione del vento per la quale si verifica tale sollecitazione e l'inclinazione del cavo di ormeggio.

La direzione del vento è fornita rispetto all'asse x del sistema di riferimento indicato in Figura 2.1.

Tabella 6.1: Risultati OPTIMOOR Scenario 1

Scenario 1																					
Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
to Bollard/Hook	A	B	-	C	-	D	E	-	F	G	H	J	-	-	K	-	L	-	M	N	O
Pull-in [m]	0.17	0.13		0.09		0.09	0.11		0.08	0.14	0.11	0.10			0.07		0.06		0.09	0.12	0.15
Total Line Length [m]	22.8	17.2		11.7		11.9	14.2		10.7	17.8	14.8	13.1			8.5		8.4		11.2	15.6	19.5
Wind worst direction [°]	240°	240°		240°		240°	260°		260°	260°	180°	310°			290°		290°		300°	310°	310°
Inclination Down [°]	23°	31°		49°		48°	39°		48°	27°	33°	38°			37°		38°		27°	19°	15°
Tension [t]	18.2	17.3		24.2		26.3	14.5		29.0	8.8	15.2	12.0			25.0		24.8		22.7	19.2	14.2
% of Strength	31%	29%		41%		45%	24%		49%	15%	26%	20%			42%		42%		38%	32%	24%
Fender	aa	bb	cc	dd	ee	ff	gg	hh													
Thrust [t]		38	32	26	23	26	30	33													
Compression [m]		0.05	0.05	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04													
Pressure [t/m2]		26.8	5.5	4.4	4.0	4.4	5.0	5.7													

La curva colorata di Figura 6.1 presenta l'involuppo del massimo carico ammissibile sui cavi ormeggio (50% del carico di rottura) per ogni direzione del vento ad una velocità di 60 nodi.

Deposito Costiero GNL a Marghera  
Studio Preliminare di Ormeggio

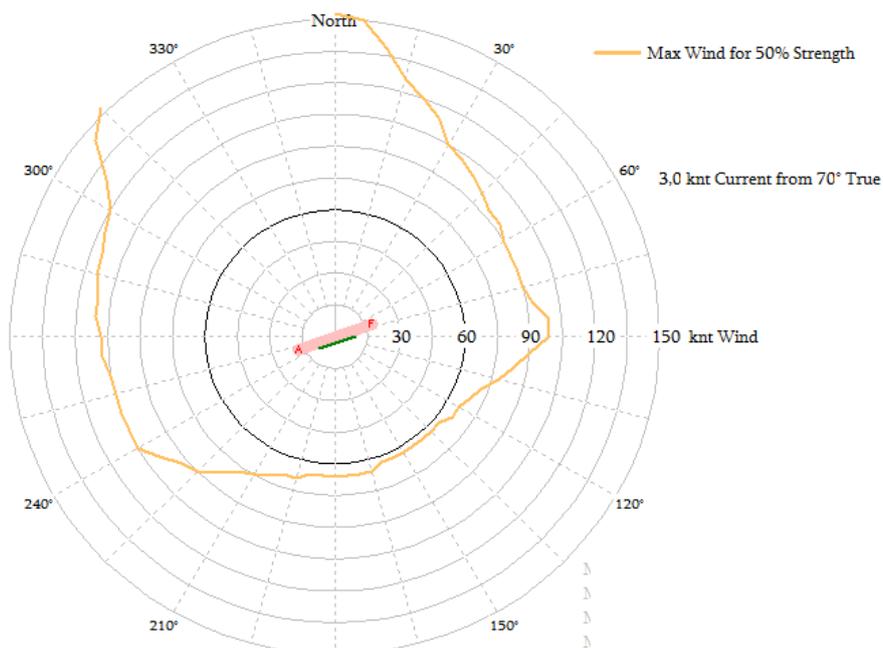


Figura 6.1: Scenario 1 - Involuppo Massimo Carico sulle Linee di Ormeggio

6.1.2 Scenario 2

La Tabella 6.2 riporta i risultati in termini di massima tensione sui cavi e compressione sui parabordi per la nave da 27,500 m<sup>3</sup> in condizione di pieno carico. Per ogni linea di ormeggio è riportata la tensione massima a cui il cavo è sottoposto, la direzione del vento per la quale si verifica tale sollecitazione e l'inclinazione del cavo di ormeggio.

La direzione del vento è fornita rispetto all'asse x del sistema di riferimento indicato in Figura 2.1.

Tabella 6.2: Risultati OPTIMOOR Scenario 2

Scenario 2																					
Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
to Bollard/Hook	A	B	-	C	-	D	E	-	F	G	H	J	-	-	K	-	L	-	M	N	O
Pull-in [m]	0.17	0.12		0.08		0.08	0.10		0.07	0.13	0.10	0.09			0.06		0.06		0.08	0.12	0.15
Total Line Length [m]	22.0	16.1		10.1		10.3	12.9		9.1	16.9	13.7	11.9			7.5		7.3		10.4	15.1	19.0
Wind worst direction [°]	240°	240°		240°		240°	260°		260°	270°	180°	310°			290°		290°		300°	310°	310°
Inclination Down [°]	18°	25°		42°		41°	32°		41°	21°	26°	31°			22°		22°		16°	11°	9°
Tension [t]	12.3	12.4		20.2		21.7	10.9		24.6	6.5	12.7	10.1			20.4		20.7		16.7	13.7	10.2
% of Strength	21%	21%		34%		37%	18%		42%	11%	22%	17%			35%		35%		28%	23%	17%
Fender	aa	bb	cc	dd	ee	ff	gg	hh													
Thrust [t]		31	27	22	20	22	25	28													
Compression [m]		0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04													
Pressure [t/m2]		7.1	4.5	3.7	3.4	3.7	4.3	4.7													

La curva colorata di Figura 6.2 presenta l'involuppo del massimo carico ammissibile sui cavi ormeggio (50% del carico di rottura) per ogni direzione del vento ad una velocità di 60 nodi.

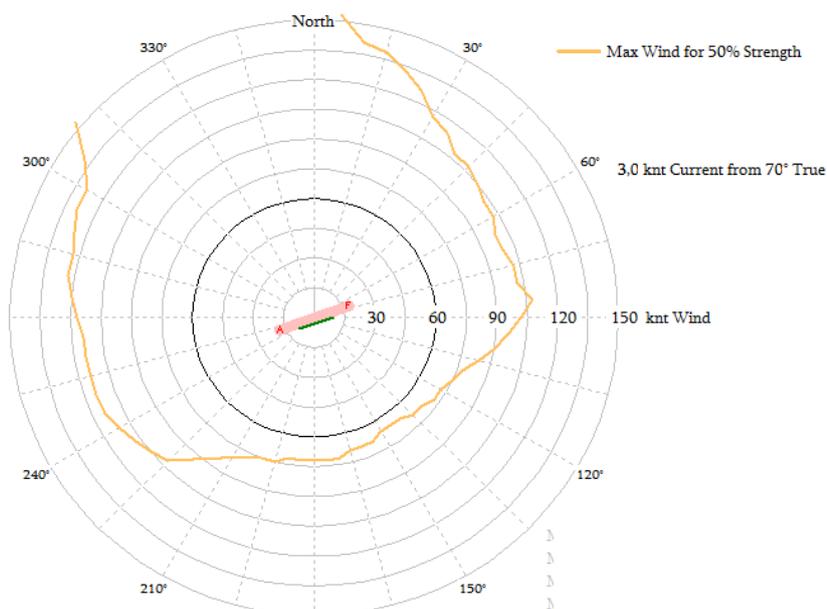


Figura 6.2: Scenario 2 - Inviluppo Massimo Carico sulle Linee di Ormeggio

## 6.2 ORMEGGIO EST

Come già descritto nel paragrafo precedente, nelle tabelle seguenti sono riportate le sollecitazioni agenti sugli arredi di ormeggio in termini di tensione ammissibile sui cavi e compressione/reazione sui fender secondo gli scenari ipotizzati al paragrafo 5.2.

In questa fase è stata verificata la capacità del sistema di ormeggio di resistere alla condizione di verifica prevista dall'OCIMF ossia 60 kn di vento omnidirezionali combinati con 3 kn di corrente in direzione 70°N.

### 6.2.1 Scenario 3

La seguente tabella riporta i risultati in termini di massima tensione sui cavi e compressione sui parabordi per la nave da 3,000 m<sup>3</sup> in condizione di zavorra. Per ogni linea di ormeggio è riportata la tensione massima a cui il cavo è sottoposto, la direzione del vento per la quale si verifica tale sollecitazione e l'inclinazione del cavo di ormeggio.

La direzione del vento è fornita rispetto all'asse x del sistema di riferimento indicato in Figura 2.1.

Tabella 6.3: Risultati OPTIMOOR Scenario 3

Scenario 3									
Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9
to Bollard/Hook	A	A	B	C	D	G	H	I	I
Pull-in [m]	1.11	0.94	0.82	1.16	1.95	0.80	0.39	0.67	0.87
Total Line Length [m]	15.3	14.0	8.7	12.1	20.6	12.8	5.1	7.7	10.1
Wind worst direction [°]	240°	230°	260°	10°	10°	180°	285°	310°	310°
Inclination Down [°]	9°	10°	15°	11°	7°	11°	26°	17°	8°
Tension [t]	10.1	9.6	10.3	5.3	4.4	7.8	14.5	10.3	8.2
% of Strength	34%	32%	34%	18%	15%	26%	48%	34%	27%
Fender	aa	bb	cc	dd	ee	ff			
Thrust [t]		15	13	13	18	23			
Compression [m]		0.02	0.01	0.01	0.02	0.03			
Pressure [t/m2]		8.1	2.2	2.2	3.0	3.9			

La curva colorata di Figura 6.3 presenta l’involuppo del massimo carico ammissibile sui cavi ormeggio (50% del carico di rottura) per ogni direzione del vento ad una velocità di 60 nodi.

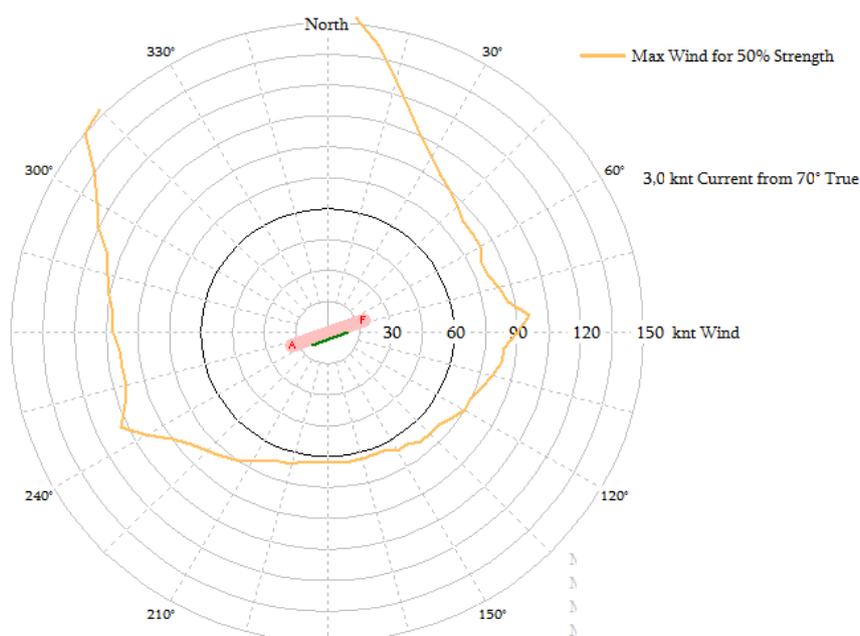


Figura 6.3: Scenario 3 - Involuppo Massimo Carico sulle Linee di Ormeggio

### 6.2.2 Scenario 4

La Tabella 6.4 riporta i risultati in termini di massima tensione sui cavi e compressione sui parabordi per la nave da 3,000 m<sup>3</sup> in condizione di pieno carico. Per ogni linea di ormeggio è riportata la tensione massima a cui il cavo è sottoposto, la direzione del vento per la quale si verifica tale sollecitazione e l’inclinazione del cavo di ormeggio.

La direzione del vento è fornita rispetto all’asse x del sistema di riferimento indicato in Figura 2.1.

Tabella 6.4: Risultati OPTIMOOR Scenario 4

Scenario 4									
Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9
to Bollard/Hook	A	A	B	C	D	G	H	I	I
Pull-in [m]	1.11	0.94	0.82	1.16	1.95	0.80	0.39	0.67	0.87
Total Line Length [m]	15.2	13.9	8.6	12.0	20.5	12.7	4.9	7.5	10.0
Wind worst direction [°]	240°	230°	260°	10°	10°	180°	280°	310°	310°
Inclination Down [°]	7°	8°	12°	9°	5°	8°	21°	14°	6°
Tension [t]	9.5	9.1	9.7	5.0	4.2	7.4	14.1	9.4	7.3
% of Strength	32%	30%	32%	17%	14%	25%	47%	31%	24%
Fender	aa	bb	cc	dd	ee	ff			
Thrust [t]		15	13	12	17	21			
Compression [m]		0.02	0.01	0.01	0.02	0.03			
Pressure [t/m2]		5.5	2.1	2.1	2.8	3.6			

La curva colorata di Figura 6.4 presenta l'involuppo del massimo carico ammissibile sui cavi ormeggio (50% del carico di rottura) per ogni direzione del vento ad una velocità di 60 nodi.

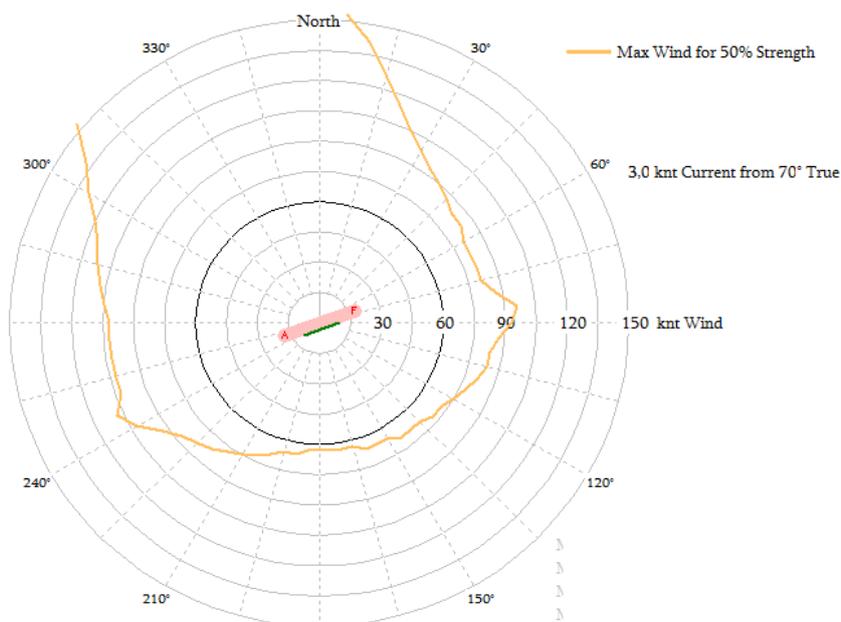


Figura 6.4: Scenario 4 - Involuppo Massimo Carico sulle Linee di Ormeggio

## 7 CONCLUSIONI

Lo studio di ormeggio ha avuto come obiettivo la verifica della compatibilità del sistema di accosto e ormeggio del futuro terminale Venice LNG per l'ormeggio delle navi gasiere destinate all'approvvigionamento ed alla distribuzione di GNL.

Come indicato all'interno del presente documento, le navi destinate a rifornire il deposito GNL saranno ricevute presso un accosto esistente (Ormeggio Centrale), mentre la distribuzione del GNL sarà effettuata sia presso l'Ormeggio Centrale (per imbarcazioni aventi dimensioni superiori a 85 m di lunghezza, corrispondenti indicativamente a capacità di 3,000 m<sup>3</sup>) sia in corrispondenza di un nuovo accosto (Ormeggio Est) per navi di lunghezza inferiore ad 85 m.

Il sistema di ormeggio presso l'Ormeggio Centrale è stato verificato per la nave gasiera da 27,500 m<sup>3</sup> in quanto rappresentativa della taglia di progetto di navi che opereranno presso il terminale.

Il sistema di ormeggio per l'Ormeggio Est è stato verificato per la bettolina da 3,000 m<sup>3</sup> in quanto rappresentativa della taglia delle navi di progetto che ormeggeranno presso tale accosto.

Le analisi, svolte mediante l'utilizzo del software commerciale Optimoor, hanno evidenziato che il sistema di ormeggio proposto per l'Ormeggio Centrale e l'Ormeggio Est risultano complessivamente adeguati all'attracco delle navi in oggetto, garantendo forze agenti su parabordi e linee di ormeggio al di sotto dei valori limite (tensione massima minore di 50% del MBL), nelle condizioni meteo verificata in accordo con l'OCIMF. Alcune criticità sono rappresentate dall'inclinazione dei cavi di ormeggio presso l'Ormeggio Centrale che potranno essere mitigate dall'installazione dei ganci a scocco.

Per quanto riguarda la posizione e le caratteristiche dei fender già presenti nella banchina dell'Ormeggio Centrale, non si prevedono modifiche, in quanto, da verifiche preliminari effettuate in fase di fattibilità del progetto, risultano adeguati a sostenere le sollecitazioni indotte dalle navi gasiere da 27,500 m<sup>3</sup>.

Il sistema di ormeggio proposto presso l'Ormeggio Est risulta idoneo dal punto di vista strutturale. Al fine di garantire una corretta ed omogenea distribuzione delle tensioni sui cavi di ormeggio, si prevede l'installazione di 2 nuovi ganci a scocco doppi aventi un SWL totale di 100 t, in aggiunta alla sostituzione delle altre bitte esistenti con ganci a scocco, già prevista per l'Ormeggio Centrale.

Per quanto riguarda la posizione e le caratteristiche dei fender per l'Ormeggio Est, si prevede l'installazione di 4 parabordi modello SC-1250-H type A o equivalenti, analoghi a quelli già presenti in banchina.

Le risultanze di tale documento potranno essere utilizzate quale base per la definizione di eventuali ordinanze per la gestione delle navi in arrivo e partenza al terminale, che saranno comunque analizzate in dettaglio con le Autorità competenti durante le successive fasi di sviluppo del progetto.

ILRMZ/SCZ/ALS/PP/ALN:tds

## RIFERIMENTI

- [1] Port Engineering Planning Construction Maintenance and Security, Gregory P. Tsinker, John Wiley and Sons, 2004;
- [2] BS 6349 Part 4 Code of practice for design of fendering and mooring system, 1994;
- [3] OCIMF Mooring Equipment Guidelines 3 (MEG 3) Third Edition, 2008;
- [4] OCIMF International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals, 2006;
- [5] PIANC Report no.21 -2014 Harbour Approach Channels Design Guidelines, 2014;
- [6] PIANC Safety Aspect Affecting the Berthing Operations of Tankers to Oil and Gas Terminals, 2012;
- [7] PIANC Guidelines for the Design of Fenders Systems, 2002;
- [8] D'Appolonia 2017, "Deposito Costiero GNL a Marghera – Studio di Fattibilità", Gennaio 2017;
- [9] Rina Consulting 2017, "Ingegneria per Iter Autorizzativo per Deposito Costiero GNL a Porto Marghera – Studio Meteomarinario Preliminare", Novembre 2017;
- [10] Questionario Q88 per JS Ineos Inspiration (nave gasiera da 27,500 m<sup>3</sup>);
- [11] TensionTech: Optimoor Mooring Analysis Computer Program, 2012 Edition;
- [12] Oil Pollution Act: OPA-90, Public Law 101-380 101<sup>st</sup> Congress, August 1990;

**RINA Consulting S.p.A.**

**Via San Nazaro, 19 - 16145 GENOVA - Italy**  
**Tel. +39 010 3628148 - Fax +39 010 3621078**  
**[www.rinaconsulting.org](http://www.rinaconsulting.org)**  
**e-mail: [rinaconsulting@rina.org](mailto:rinaconsulting@rina.org)**

---

*former D'Appolonia*