

HUB PORTUALE ravenna



Autorità di Sistema Portuale
del Mare Adriatico centro settentrionale



APPROFONDIMENTO CANALI CANDIANO E BAIONA,
ADEGUAMENTO BANCHINE OPERATIVE ESISTENTI,
NUOVO TERMINAL IN PENISOLA TRATTAROLI E
RIUTILIZZO MATERIALE ESTRATTO IN ATTUAZIONE
AL P.R.P VIGENTE 2007 - I FASE - PORTO DI RAVENNA

PROGETTO ESECUTIVO

oggetto BANCHINE
BANCHINA B - BUNGE SUD
RELAZIONE SUGLI ARREDI DI BANCHINA - BANCHINA B

file
1114-E-BAB-ARS-RE-01-0.doc

codice
1114-E-BAB-ARS-RE-01-0

scala
-

Revisione	data	causale	redatto	verificato	approvato
0	28/07/2021	Emissione per approvazione	G. Braquantini	L. De Angelis	F. Busola

responsabile delle Integrazioni Specialistiche: **Ing. Lucia de Angelis**

responsabile del Procedimento: **Ing. Matteo Graziani**

committente



Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Centro Settentrionale
Via Antico Squero, 31
48122 Ravenna

contraente generale



Consorzio Stabile Grandi Lavori S.c.r.l.
Piazza del Popolo 18
00187 Roma



DEME - Dredging International NV
Haven 1025 - Scheldedijk 30
2070 Zwijndrecht - Belgium

progettisti



Technital S.p.A.
Via Carlo Cattaneo, 20
37121 Verona

Direttore Tecnico
Dott. Ing. Filippo Busola



F&M Ingegneria SpA
Via Belvedere 8/10
30035 Mirano (VE)

Direttore Tecnico
Dott. Ing. Tommaso Tassi



SISPI srl
Via Filangieri 11
80121 Napoli


Direttore Tecnico
Dott. Ing. Marco Di Stefano

BANCHINE

Relazione sugli arredi di banchina - banchina B – Bunge Sud

28 Luglio 2021

PROGETTISTI

RTP:  **TECNITAL**

F&M
ingegneria

SISPI
engineering

SOMMARIO

1	PREMESSA	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI E LINEE GUIDA	5
3	NAVI DI PROGETTO	6
4	DIMENSIONAMENTO DEI PARABORDI	8
4.1	GENERALITÀ	8
4.2	CALCOLO DELL'ENERGIA DI ACCOSTO E VERIFICA DEI PARABORDI PREVISTI NEL PROGETTO DEFINITIVO	9
4.3	INTERASSE DEI PARABORDI	14
5	BITTE D'ORMEGGIO	16
6	CONCLUSIONI	17

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Schema di ormeggio (con ausilio dei rimorchiatori)	8
Figura 2 – Schema di accosto “side berthing”	9
Figura 3 – Schema di accosto: parametri del coefficiente di eccentricità (C_E).....	10
Figura 4 – Velocità di accosto in funzione delle condizioni locali e delle dimensioni delle navi (Brolsma et al.,1977)	11
Figura 5 – Parametri geometrici del parabordo cilindrico.....	12
Figura 6 – Curve di prestazione caratteristiche dei parabordi cilindrici (fonte: Catalogo Trelleborg Marine Systems)	14
Figura 7 - Interasse dei parabordi (rif. “Guidelines for the design of fenders systems: 2002”, PIANC)	15

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Dimensioni della nave di progetto del tipo “Tanker”	6
Tabella 2 – Dimensioni della nave di progetto del tipo “Bulk Carrier”	7
Tabella 3 – Dimensioni della nave di progetto del tipo “General Cargo”	7
Tabella 4 – Calcolo dell’energia di accosto per le navi di progetto	12
Tabella 5 – Verifica dei parabordi di progetto nei confronti delle pressioni ammissibili sulla carena delle navi	13
Tabella 6 - Calcolo dell’interasse dei parabordi.....	15
Tabella 7 - Tiri alla bitta in funzione delle dimensioni delle navi.....	16

1 PREMESSA

Il presente documento riporta il dimensionamento dei parabordi e delle bitte d'ormeggio da prevedere lungo la banchina Bunge Sud che, come l'adiacente banchina Bunge Nord, è adibita principalmente allo scarico e stoccaggio degli olii vegetali.

Il dimensionamento degli arredi di banchina per la banchina Bunge Sud è stato condotto con riferimento alla vasta letteratura scientifica e tecnica disponibile, nonché alle Raccomandazioni generali, Linee guida e Norme internazionali che ne regolamentano sia i criteri di calcolo sia le caratteristiche.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI E LINEE GUIDA

- BS 6349-1:2000, "Maritime structures – Part 1: Code of practice for general criteria".
- BS 6349-4:2014, "Maritime structures – Part 4: Code of practice for design of fendering and mooring systems".
- PIANC Report of WG 33: "Guidelines for the Design of Fenders Systems: 2002".
- PIANC Report No. 121 - 2014, "Harbour Approach Channels - Design Guidelines"
- ROM 3.1-99 "Recommendations for the Design of the Maritime Configuration of Ports, Approach Channels and Harbour Basins". Puertos del Estado, Madrid, 2007.
- Carl A. Thoresen, "Port Designer's Handbook: Recommendations and Guidelines", pubblicato da Thomas Telford Books, (terza edizione, 2014).

3 NAVI DI PROGETTO

Le navi di progetto considerate per il dimensionamento dei parabordi della banchina Bunge Sud sono state selezionate con riferimento alla geometria dell'area di accosto, alla tipologia delle merci movimentate in banchina, alle caratteristiche delle navi che attualmente servono il terminale.

Considerata la lunghezza del fronte banchina, pari a ca. 145 m, e mettendo in conto i margini di spazio raccomandati per evitare di interferire con l'ormeggio dei navigli alle banchine adiacenti – per le dimensioni in gioco si adotta generalmente un franco di almeno 15 m dalle estremità di prua e poppa della nave (Thoresen, 2014; ROM 3.1-99, 2007) – appare ragionevole definire per la nave di progetto una lunghezza fuori tutto nel range $L_{oa} = 100\div 110$ m.

A livello merceologico, la banchina Bunge Sud serve un terminal che movimentata essenzialmente olii vegetali e semi. Sulla base delle toccate registrate al terminale nel corso del 2020, le navi caratterizzate da una lunghezza di 100÷110 m risultano essere sostanzialmente navi del tipo *chemical/oil products tanker*, evidentemente adibite al trasporto di olii. In Tabella 1 sono riportate le principali caratteristiche della nave di dimensioni maggiori tra queste, in particolare in termini di dislocamento, parametro tra i più influenti ai fini del dimensionamento degli arredi di banchina.

Le caratteristiche di questa nave sono state confrontate con quelle tipiche, tabellate su base statistica, di navi della medesima tipologia e lunghezza di 110 m. Si fa riferimento alle tabelle dimensionali disponibili in letteratura (ROM 3.1-99, 2007; PIANC Report No. 121 – 2014) e riportate nei cataloghi e manuali di progetto dei maggiori produttori di parabordi, formulate in base ai dati dei registri navali internazionali. Dal confronto è emerso che le tankers di lunghezza fino a 110 m presentano tipicamente dislocamento e dimensioni inferiori a quelle della nave con le caratteristiche di Tabella 1. Pertanto tale nave può assumersi quale tanker di progetto per la banchina Bunge Sud.

Tabella 1 – Dimensioni della nave di progetto del tipo "Tanker"

Nave "Tanker"			
Dislocamento	M_D	(t)	11.013
Tonnellaggio di portata lorda	DWT	(t)	7.884
Lunghezza fuori tutto	L_{oa}	(m)	101,4
Lunghezza tra le perpendicolari	L_{bp}	(m)	94,9
Larghezza	B	(m)	19,1
Pescaggio	T	(m)	7,6

In base alle tipologie di merci movimentate in banchina e alle caratteristiche e attrezzature di cui è dotato l'accosto, si poi è considerato che la banchina venga utilizzata anche da altre tipologie di naviglio, quali le navi portarinfuse (*bulk carriers*) e le *general cargo*.

Di seguito sono riportate in Tabella 2 e Tabella 3 le caratteristiche dimensionali tipiche di questo tipo di navi parametriche sulla lunghezza di 100÷110 m, in base alle informazioni tabellari e ai database navali citati in precedenza.

Tabella 2 – Dimensioni della nave di progetto del tipo “Bulk Carrier”

Nave “Bulk Carrier”			
Dislocamento	M _D	(t)	8.237
Tonnellaggio di portata lorda	DWT	(t)	6.311
Lunghezza fuori tutto	Loa	(m)	100,4
Lunghezza tra le perpendicolari	Lbp	(m)	94,7
Larghezza	B	(m)	15,9
Pescaggio	T	(m)	6,7

Tabella 3 – Dimensioni della nave di progetto del tipo “General Cargo”

Nave “General Cargo”			
Dislocamento	M _D	(t)	7.500
Tonnellaggio di portata lorda	DWT	(t)	5.000
Lunghezza fuori tutto	Loa	(m)	105,0
Lunghezza tra le perpendicolari	Lbp	(m)	100,0
Larghezza	B	(m)	15,8
Pescaggio	T	(m)	6,4

Benché a livello dimensionale la nave tanker appaia presentare le caratteristiche più impegnative per il dimensionamento dei parabordi, sono state prese in considerazione tutte le tre navi individuate. Ciò per poter verificare le prestazioni dei parabordi anche in relazione alle diverse tipologie di naviglio considerate, per le quali ad esempio sono raccomandati diversi valori di pressione massima ammissibile sulla carena.

Si fa notare che, considerati i dati di pescaggio a pieno carico riportati nelle tabelle e la profondità dei fondali attuali (10,80 m) e di progetto, pari a 12,44 m e in futuro 14,44 m, nessuna delle navi di progetto individuate pone problematiche in relazione al previsto fondale antistante la banchina.

4 DIMENSIONAMENTO DEI PARABORDI

4.1 GENERALITÀ

L'ormeggio di una nave in banchina è un processo che avviene mediante la ciclica trasformazione dell'energia (cinetica) di accosto della nave in energia potenziale accumulata nella fase di deformazione/compressione dei parabordi.

Si osservi lo schema d'ormeggio proposto in Figura 1 e la diversa attività dei rimorchiatori chiamati in assistenza. Si fa notare che lo schema è puramente concettuale; la posizione ed il numero dei rimorchiatori possono infatti essere diversi a seconda dei sistemi propulsivi ausiliari in dotazione alla nave (presenza di thruster a prua ed eventualmente anche a poppa). Restando quindi allo schema si osserva che alcuni rimorchiatori agiscono in push mentre altri (in pull) mantengono il controllo della posizione della nave (occorre evitare che la nave giunga all'ormeggio troppo angolata o parallela alla linea di banchina). Lo schema si mantiene in tal modo inalterato fino a quando non avviene l'urto della nave (generalmente di prua) contro il/i parabordo/i (il numero dipende dall'interasse, dall'angolazione della nave all'accosto, dal raggio di curvatura della prua, ...).

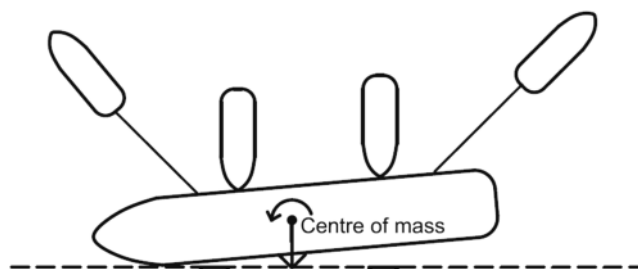


Figura 1 – Schema di ormeggio (con ausilio dei rimorchiatori)

Nell'ipotesi che il contatto avvenga contro un unico parabordo, a seguito dell'urto, questo si deforma e l'energia cinetica della nave si trasforma in energia potenziale attraverso la deformazione/compressione del parabordo. Raggiunto il livello massimo di deformazione/compressione, il parabordo risponde elasticamente trasferendo l'energia potenziale precedentemente accumulata in energia cinetica della nave, la quale subisce quindi una traslazione e una rotazione attorno al suo baricentro. La nave, quindi, ruota (controllata dai rimorchiatori in push) ed il punto di contatto con il parabordo si trasferisce a poppavia della nave, in corrispondenza del quale il ciclo di trasferimento di energia si ripete. Durante il trasferimento del punto di contatto da prua a poppa (e viceversa) risulta molto importante che i rimorchiatori (specialmente quelli agenti in push) restino in attività. Il movimento della nave cessa quando tutta l'energia cinetica risulta dissipata.

Il parabordo rappresenta la necessaria interfaccia tra la nave in fase di ormeggio e la banchina e la sua principale funzione è quella di trasformare l'energia di accosto della nave in reazioni che sia la nave stessa sia le strutture di banchina possano sostenere con sufficiente fattore di sicurezza.

Il calcolo dei parabordi viene eseguito attraverso le seguenti fasi:

- calcolo dell'energia cinetica di accosto per la nave di riferimento diretta all'attracco;
- selezione/verifica dei parabordi in relazione alle prestazioni richieste, ovvero all'efficacia nel contrastare l'energia di accosto senza causare danni ai parabordi stessi, alla nave, alle strutture di banchina.

Il dimensionamento dei parabordi è stato condotto con riferimento alla vasta letteratura scientifica e tecnica disponibile, nonché alle Raccomandazioni, Linee guida e Norme internazionali che ne regolamentano sia i criteri di calcolo sia le caratteristiche.

In particolare, per la valutazione dell'energia cinetica della generica nave in accosto si fa riferimento alle seguenti Linee guida e Standards di settore: PIANC Report of WG 33 (2002), BS 6349-1:2000 e BS 6349-4:2014.

Mentre il calcolo dell'energia di accosto viene effettuato con riferimento alla/e nave/i di progetto di dimensioni maggiori che può/possono accostare alla banchina, la valutazione dell'interasse a cui occorre posizionare i parabordi deve farsi sulla base della nave di dimensioni minime che si prevede possa utilizzare l'accosto.

4.2 CALCOLO DELL'ENERGIA DI ACCOSTO E VERIFICA DEI PARABORDI PREVISTI NEL PROGETTO DEFINITIVO

Il calcolo dell'energia di accosto delle navi di progetto è stato effettuato con riferimento ad uno schema di accosto classificato in letteratura come "side berthing" (rif. Figura 2).

SIDE BERTHING

This is the most common method of approach along continuous quays. Berthing speeds are typically in the range of 150-300mm/s and berthing angles in the region of 5-15°, depending on ship size and berth

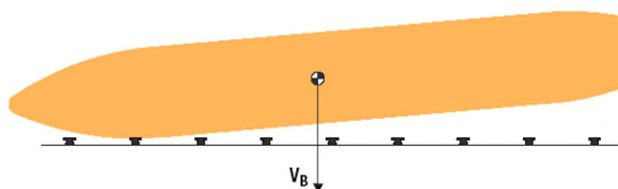


Figura 2 – Schema di accosto "side berthing"

Per tale schema di accosto l'energia cinetica (*Berthing Energy*) è calcolata attraverso la seguente relazione:

$$E_N = \frac{1}{2} \cdot M_D \cdot (V_B)^2 \cdot C_M \cdot C_E \cdot C_S \cdot C_C \quad (\text{kNm})$$

dove:

M_D è il dislocamento della nave in tonnellate;

V_B è la velocità di accosto della nave in m/s, ortogonale all'ormeggio. Il suo valore dipende dal grado di esposizione della banchina alle avverse condizioni meteomarine, dal dislocamento della nave e dalle condizioni di accosto;

C_M è un coefficiente che tiene conto del fatto che una notevole massa d'acqua si sposta con la nave (*Hydrodynamic mass coefficient*), quantità che aumenta col pescaggio e decresce con la larghezza della nave. L'effetto di tale massa d'acqua è notevole in quanto continua a spingere la nave anche quando essa è ormai ferma all'ormeggio. Per il calcolo viene proposta la seguente relazione:

$$C_M = 1 + 2T/B$$

dove T = pescaggio della nave (m); B = larghezza della nave (m).

C_E è il *coefficiente di eccentricità* e consente di tener conto della riduzione dell'energia cinetica trasmessa ai parabordi quando l'urto non avviene parallelamente alla banchina ($C_E=1$) ma risulta invece inclinato ($C_E<1$), nel qual caso una notevole dissipazione dell'energia può avvenire attraverso la rotazione della nave. Il calcolo di tale coefficiente avviene attraverso la seguente relazione:

$$C_E = (K^2 + R^2 \cos^2 \gamma) / (K^2 + R^2)$$

dove:

$K = (0,19 C_b + 0,11)L$ raggio giratore della nave (m);
 $R =$ distanza del baricentro della nave dal punto di impatto (m);
 $\gamma =$ angolo tra la congiungente il punto di contatto al baricentro della nave e il vettore velocità (rif.

Figura 3);

$L_{bp} =$ lunghezza tra le perpendicolari della nave (m);

$C_b = M_D / (L_{bp} * B * T * \gamma_w)$ coefficiente di blocco della nave

$\gamma_w =$ densità dell'acqua di mare (t/m^3);

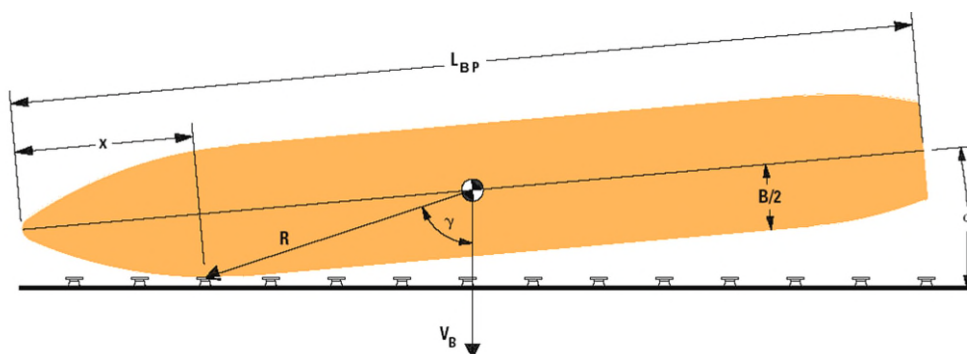


Figura 3 – Schema di accosto: parametri del coefficiente di eccentricità (C_E)

C_s è il coefficiente che tiene conto dell'energia eventualmente assorbita dalla deformazione dello scafo della nave (*Softness coefficient*). Assume valore pari a 0,9 nel caso che la nave sia equipaggiata con sistemi propri di parabordi, pari a 1,0 in caso contrario;

C_c è il coefficiente che consente di considerare la riduzione dell'energia di accosto per effetto di una particolare tipologia costruttiva della banchina (*Berth configuration coefficient*). Le banchine a parete verticale attenuano l'urto della nave per l'effetto *cushioning*, ovvero l'effetto ammortizzante dell'acqua intrappolata tra scafo e banchina e in questi casi C_c viene assunto pari a 0,9 (si tenga presente però che per angoli di accosto superiori a 5° l'effetto *cushioning* svanisce). Le banchine su pali risultano invece permeabili, per cui C_c viene generalmente assunto pari a 1,0.

In Tabella 4 è riportato il calcolo dell'energia di accosto per le navi di progetto definite nel Capitolo 3, eseguito nelle seguenti ipotesi:

- la velocità di accosto della nave (V_B) è stata determinata considerando l'ubicazione riparata della banchina all'interno del Canale Candiano, completamente schermato dal moto ondoso e ben protetto in generale dalle forzanti meteorologiche, e tenendo conto che la manovra di accosto delle navi in banchina viene eseguita con l'ausilio dei rimorchiatori. Con riferimento al grafico proposto in Figura 4 (assunto come riferimento nelle già citate pubblicazioni del PIANC e delle British Standards), la velocità d'accosto è stata pertanto definita in prima istanza secondo la formulazione di cui alla curva "a", corrispondente ad un accosto agevole in condizioni protette. In conformità a quanto generalmente raccomandato e indicato anche nello stesso grafico di Figura 4, si è assunto in ogni caso V_B non inferiore a 0,1 m/s.
- l'angolo di accosto della nave (α) è stato assunto pari a 10° , secondo quanto raccomandato dal PIANC Report of WG 33 (2002) per navi con DWT inferiore a 50,000 t.
- l'energia di accosto calcolata (E_N) deve essere incrementata, in accordo con le prescrizioni e raccomandazioni vigenti, per tener conto di quello che viene chiamato "abnormal impact", ovvero l'impatto che potrebbe accidentalmente accadere per motivi diversi, quali la rottura dei cavi di traino dei rimorchiatori

o di ormeggio alla banchina, l'errore umano, l'improvviso peggioramento delle condizioni meteomarine, etc. Nel caso in esame l'energia per urto accidentale (E_A) è stata calcolata con la relazione:

$$E_A = E_N \cdot F_S$$

dove F_S è il fattore di sicurezza per il quale è stato assunto, secondo quanto prescritto dal PIANC Report of WG 33 (2002), il valore 1,75 per ognuna delle tipologie di navi considerate.

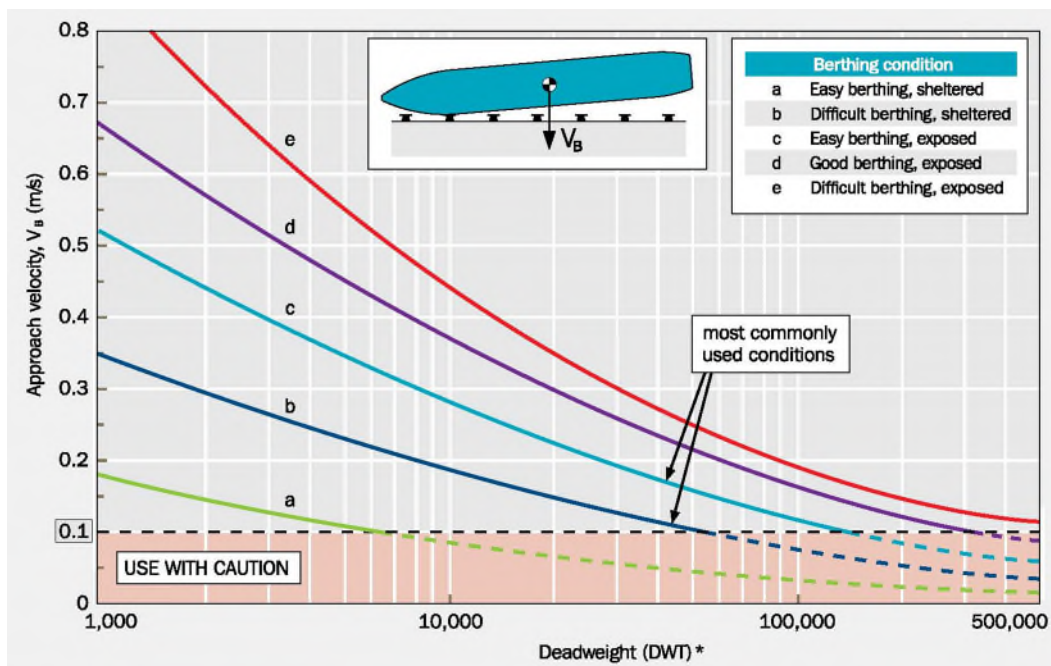


Figura 4 – Velocità di accosto in funzione delle condizioni locali e delle dimensioni delle navi (Brolsma et al., 1977)

Nel Progetto Definitivo sono stati previsti parabordi cilindrici di dimensioni OD x ID x L = 1.000 x 500 x 1.500 mm, con riferimento allo schema geometrico di Figura 5.

In sede di Progetto Esecutivo si sono verificate le prestazioni di tali parabordi nei confronti delle sollecitazioni d'accosto associate alle diverse navi di riferimento individuate nel Capitolo 3.

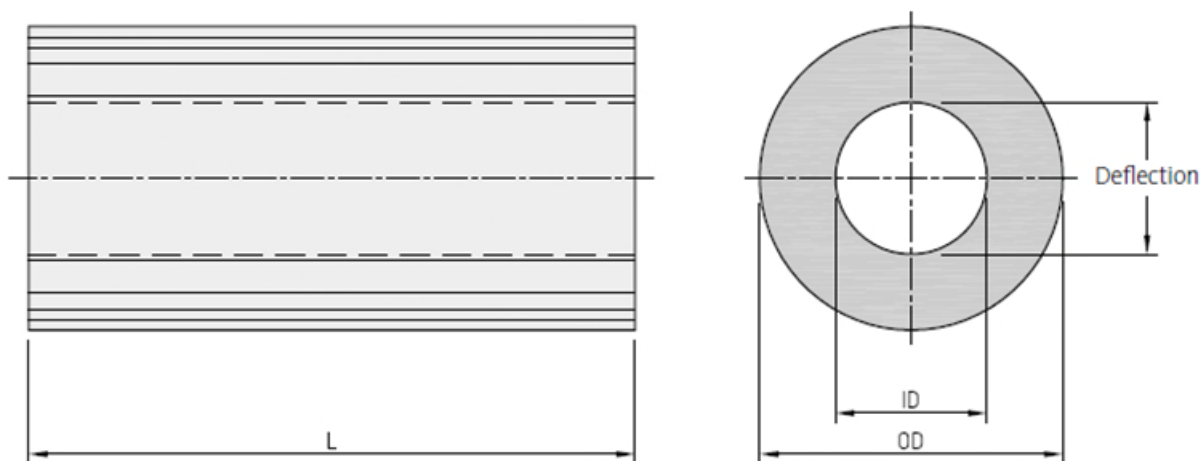


Figura 5 – Parametri geometrici del parabordo cilindrico

Tabella 4 – Calcolo dell'energia di accosto per le navi di progetto

Nave di riferimento		Tanker	Bulk Carrier	General Cargo
Dati di input				
L _{oa}	(m)	101,4	100,4	105,0
L _{bp}	(m)	94,9	94,7	100,0
B	(m)	19,1	15,9	15,8
T	(m)	7,6	13,9	6,4
M _D	(t)	11.013	8.237	7.500
DWT	(t)	7.884	6.311	5.000
γ_w	(t/m ³)	1,025	1,025	1,025
C _b	-	0,780	0,798	0,724
V _B	(m/s)	0,100	0,101	0,104
α	(°)	10	10	10
Coefficienti				
C _M	-	1,80	1,84	1,81
C _E	-	0,624	0,611	0,584
C _S	-	1,0	1,0	1,0
C _C	-	1,0	1,0	1,0
Dati di output				
E _N	(kNm)	61,7	47,0	42,6
F _S	-	1,75	1,75	1,75
E_A	(kNm)	108,1	82,2	74,6

In base ai cataloghi dei più quotati produttori internazionali, i parabordi cilindrici previsti nel Progetto Definitivo offrono le seguenti prestazioni, per metro di lunghezza e in condizioni nominali di deformazione pari al 100% del diametro interno ID:

$$E = 112 \text{ kNm/m}$$

$$R = 550 \text{ kN/m}$$

dove E definisce il valore nominale dell'energia che il parabordo è in grado di assorbire, R definisce invece il valore nominale della reazione che lo stesso è in grado di esercitare.

I valori nominali di E, R associabili al singolo parabordo di lunghezza L = 1,5 m risultano pertanto:

$$E_L = 112 \times 1,5 = 168 \text{ kNm}$$

$$R_L = 550 \times 1,5 = 825 \text{ kN}$$

In considerazione delle tolleranze di fabbricazione tipiche di questo tipo di parabordo, che incidono per un $\pm 10\%$ in termini prestazionali, occorre infine riferirsi ai seguenti valori di energia e reazione:

$$E_{L,T} = 168 \times 0,9 = 151,2 \text{ kNm}$$

$$R_{L,T} = 825 \times 1,1 = 907,5 \text{ kN}$$

L'energia che il singolo parabordo di progetto è in grado di assorbire, al netto della tolleranza di fabbricazione, risulta eccedere le energie di accosto E_A calcolate per le navi di riferimento e presentate in Tabella 4. I parabordi in oggetto risultano pertanto idonei in relazione a questo aspetto prestazionale.

Per verificare l'idoneità dei parabordi anche in termini di reazione da essi esercitata sullo scafo delle navi in accosto, occorre considerare le sollecitazioni da queste sopportabili in condizioni di sicurezza.

Il PIANC Report of WG 33 (2002) fornisce i valori di riferimento comunemente adottati per le pressioni limite ammesse sulla carena delle navi, in base alla tipologia e alle dimensioni dei navigli. In Tabella 5 è dapprima presentato il confronto tra le pressioni limite ammissibili sullo scafo delle tre navi di progetto considerate e la pressione che è in grado di trasmettere il parabordo per ripartizione della reazione sulla superficie di contatto, nelle condizioni nominali di deformazione pari al 100% del diametro interno ID e tenendo conto della tolleranza incrementale del 10% sulla reazione.

Dal confronto emerge che le tre navi, nelle condizioni di accosto e di compressione/deformazione nominale del parabordo assunte nel calcolo, risultano potenzialmente soggette ad eccessive pressioni sullo scafo. Per la nave general cargo la pressione ricade in realtà all'interno del range di ammissibilità, ma cautelativamente si può fare riferimento al valore inferiore dell'intervallo (400 kN/m^2).

In base al rapporto tra le pressioni limite e quelle indotte dalla reazione nominale del parabordo, per ciascuna delle navi di riferimento si è quindi individuata, con riferimento alle curve di prestazione caratteristiche dei parabordi cilindrici (vd. grafico in Figura 6), la corrispondente percentuale di deformazione del parabordo, limitandosi alla quale non si trasmetterebbero pressioni pericolose sulla carena. L'energia corrispondente a detta percentuale di deformazione consente di definire, a parità di angolo di attracco, il valore limite della velocità di accosto V_B che permette di non sollecitare in modo eccessivo lo scafo della nave. I valori individuati attraverso il processo ora esposto sono riportati nella seconda parte della Tabella 5.

Si può quindi concludere che i parabordi cilindrici previsti nel Progetto Definitivo possono ritenersi idonei a garantire l'accosto in sicurezza delle navi di progetto per la banchina Bunge Sud, purché le operazioni di accosto siano condotte in modo ben controllato e nel rispetto delle velocità limite indicate nella Tabella 5. Si evidenzia che tali raccomandazioni non appaiono di difficile attuazione, considerate le condizioni particolarmente favorevoli che caratterizzano l'area di accosto esaminata.

Tabella 5 – Verifica dei parabordi di progetto nei confronti delle pressioni ammissibili sulla carena delle navi

Nave di riferimento		Tanker	Bulk Carrier	General Cargo
Pressioni trasmesse sulla nave				
Reazione del parabordo	$R_{L,T}$ (kN)	907,5	907,5	907,5
Superficie di ripartizione	OD x L (m)	1,0 x 1,5	1,0 x 1,5	1,0 x 1,5
Pressione sulla carena	P (kN/m²)	605,0	605,0	605,0
Pressione ammissibile	P_A (kN/m²)	300	200	400 (400÷700)
Condizioni di accosto ammissibili				
Rapporto tra pressioni (e reazioni)	P _A /P (%)	49,6	33,1	66,1

Deformazione parabordo associata	(% di ID)	60,0	40,0	80,0
Energia parabordo associata	E (kJ/m)	45,0	22,5	71,7
Velocità di accosto ammissibile	V_B (m/s)	0,075	0,061	0,118

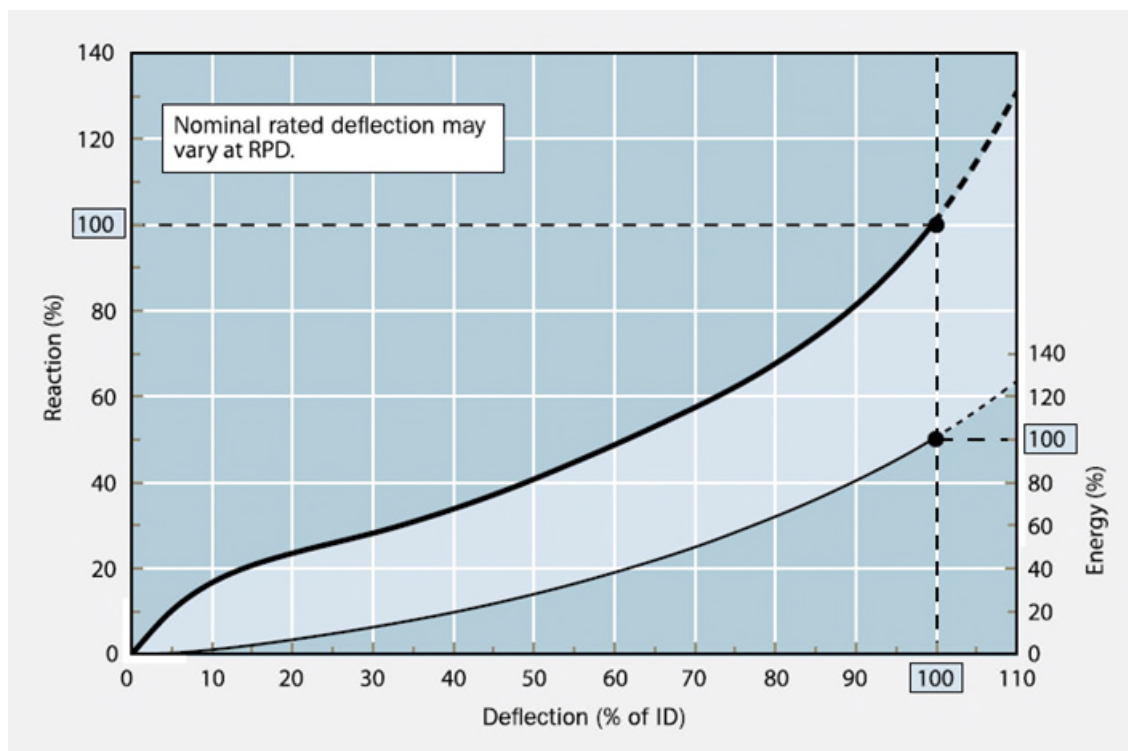


Figura 6 – Curve di prestazione caratteristiche dei parabordi cilindrici (fonte: Catalogo Trelleborg Marine Systems)

4.3 INTERASSE DEI PARABORDI

L'interasse dei parabordi è usualmente definito in conformità alle seguenti raccomandazioni:

- le BS (BS 6349:Part 4:2014) fissano un interasse che deve risultare non maggiore di $0,15 \cdot L_s$ (dove L_s è la lunghezza della nave di minori dimensioni che si prevede possa utilizzare la banchina);
- Carl A. Thoresen (in "Port Designer's Handbook: Recommendations and Guidelines", 2014) suggerisce interassi pari al 5-10% di L_{oa} (Lunghezza "fuori tutto" della nave) per navi fino a 20.000 DWT. Per navi con DWT maggiore di tale limite l'interasse può essere assunto pari al 25-50% di L_{oa} ;
- il PIANC ("Guidelines for the Design of Fenders Systems: 2002") - con riferimento allo schema illustrato in Figura 7 - propone la seguente formula per il calcolo dell'interasse dei parabordi:

$$F_{ns} = \sqrt{4 \cdot H \cdot R_b - H^2}$$

dove H è l'altezza del parabordo selezionato ed R_b il raggio di curvatura della prua della nave calcolabile mediante la seguente relazione:

$$R = \frac{1}{2} \left(\frac{B}{2} + \frac{Loa^2}{8 \cdot B} \right)$$

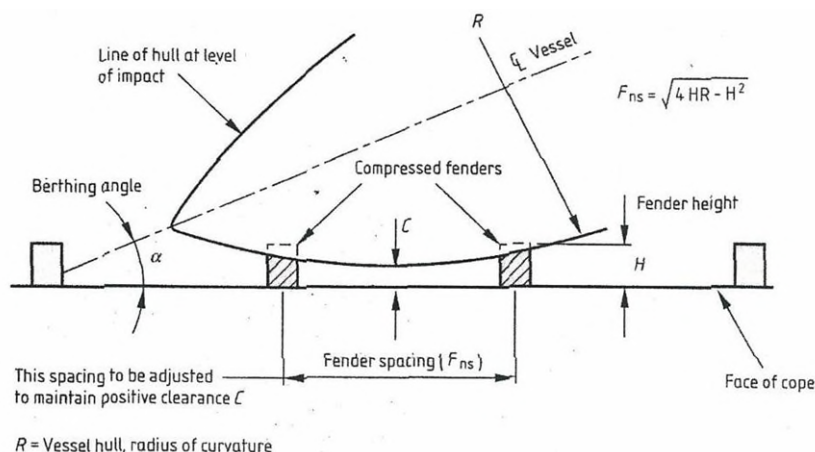


Figura 7 - Interasse dei parabordi (rif. "Guidelines for the design of fenders systems: 2002", PIANC)

In Tabella 6 sono riepilogati i risultati dei calcoli condotti con riferimento alle diverse formulazioni, in relazione alle navi di progetto considerate.

Tabella 6 - Calcolo dell'interasse dei parabordi

Nave di riferimento		Tanker	Bulk Carrier	General Cargo
S (B.S.)	(m)	15,2	15,1	15,8
S (Thoresen)	(m)	10,1	10,0	10,5
S (PIANC)	(m)	12,4	13,2	13,8

Il Progetto Definitivo prevedeva una spaziatura dei parabordi di 24 m lungo il fronte banchina. Tale spaziatura è stata ridotta considerando da una parte le indicazioni di calcolo riportate in Tabella 6, dall'altra la maglia strutturale della banchina, in modo da fare coincidere ove possibile l'interasse dei parabordi con gli allineamenti delle strutture, così da ottimizzare la distribuzione dei carichi.

L'interasse dei parabordi è stato quindi fissato a 15 m, a meno di modeste variazioni locali che si rendono necessarie per evitare alcune interferenze con elementi e particolari strutturali della banchina.

5 BITTE D'ORMEGGIO

Le bitte di ormeggio devono poter assicurare la nave alle strutture di banchina con adeguato margine di sicurezza. Devono quindi poter resistere alle forze che possono essere a loro trasmesse attraverso i cavi di ormeggio dall'azione di onde, corrente e vento agenti sulla nave; anche l'eventuale azione di sesse, maree e *ship suction* (forze che nascono dalle depressioni che si generano tra una nave all'ormeggio ed un'altra che naviga nelle immediate vicinanze) non deve essere trascurata.

Nella Tabella 7 sono riepilogati i valori del tiro nominale alle bitte e del relativo interasse, raccomandati dalla letteratura specialistica di settore in relazione al dislocamento delle navi di progetto, in particolare:

- le raccomandazioni contenute nello standard BS 6349-4:2014, "Maritime structures – Part 4: Code of practice for design of fendering and mooring systems";
- le indicazioni fornite da Carl. A. Thoresen in "Port Designer's Handbook: Recommendations and Guidelines" (2014) che, in accordo con le BS, aggiunge utili indicazioni sugli interassi delle bitte, non presenti nelle prime in modo così puntuale;
- le indicazioni fornite dai più importanti fornitori di sistemi di ormeggio a livello internazionale.

Secondo quanto previsto dai criteri progettuali, per le bitte d'ormeggio si assume in ogni caso una capacità pari a 1.000 kN. In considerazione delle navi di progetto definite nel Capitolo 3, bitte di tale capacità forniscono abbondanti margini di sicurezza rispetto alle sollecitazioni di tiro prevedibili.

La bitte saranno disposte ad interasse di 18,70/19,00 m lungo il filo banchina. Tale interasse è conforme alle indicazioni fornite in Tabella 7 per navi con valori del dislocamento corrispondenti a quelli delle navi di riferimento individuate nel Capitolo 3.

In corrispondenza dell'estremità Nord della banchina, all'interfaccia con la banchina Bunge Nord, è previsto il posizionamento di una bitta aggiuntiva da 1000 kN non prevista nel Progetto Definitivo, che offre un ulteriore punto di ormeggio, ad uso anche delle navi che ormeggiano lungo la banchina Bunge Nord.

Tabella 7 - Tiri alla bitta in funzione delle dimensioni delle navi

Ships with displacement in tons up to	Bollard load P in kN	Approximate spacing between bollards in metres	Bollard load normal from the berth in kN/m berth	Bollard load along the berth in kN/m berth
2000	100	10	15	10
5000	200	15	15	10
10 000	300	20	20	15
20 000	500	20	25	20
30 000	600	25	30	20
50 000	800	25	35	20
100 000	1000	30	40	25
200 000	1500	30	50	30
>200 000	2000	35	65	40

6 CONCLUSIONI

Il nuovo coronamento della banchina Bunge Sud è dotato di arredi (bitte d'ormeggio e parabordi) volti a garantire l'ormeggio e l'accosto in sicurezza delle navi di progetto.

Il dimensionamento degli arredi di banchina è stato condotto con riferimento alla vasta letteratura scientifica e tecnica disponibile, nonché alle Raccomandazioni generali e alle Norme internazionali che ne regolamentano sia i criteri di calcolo sia le caratteristiche.

I parabordi previsti sono di tipo cilindrico, in analogia a quelli esistenti, di dimensioni 1.000 x 500 x 1.500 mm ($D_{est} \times D_{int} \times \text{lunghezza}$).

Il Progetto Definitivo prevedeva una spaziatura dei parabordi di 24 m lungo il fronte banchina. Tale spaziatura è stata portata a 15 m, a meno di modeste variazioni locali che si rendono necessarie per evitare alcune interferenze con elementi strutturali della banchina. La riduzione dell'interasse dei parabordi è stata apportata in conformità alle indicazioni fornite dagli standard normativi applicabili, in relazione alle caratteristiche delle navi di progetto.

Le bitte d'ormeggio hanno capacità pari a 1000 kN, in accordo a quanto previsto dai criteri progettuali, e saranno disposte ad interasse di 18,70/19,00 m lungo il filo banchina. In corrispondenza dell'estremità Nord della banchina, all'interfaccia con la banchina Bunge Nord, è stata posizionata una bitta aggiuntiva da 1000 kN non prevista nel Progetto Definitivo, che offre un ulteriore punto di ormeggio, ad uso anche delle navi che ormeggiano lungo la banchina Bunge Nord.

Infine, lungo il fronte banchina sono previste alcune scalette di risalita posizionate con spaziatura inferiore a 40 m.