

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 C - ALMA
RELAZIONE SUGLI ARREDI BANCHINA - BANCHINA "C"

file 1114-E-BAC-ARS-RE-01-0.doc
codice 1114-E-BAC-ARS-RE-01-0

scala -

Revisione	data	causale	redatto	verificato	approvato
0	28/07/2021	Emissione per approvazione	C. Scarpa	L. Masiero	T. Tassi

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

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

committente _____ contraente generale _____



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



Consorzio Stabile Grandi Lavori Srl
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

PROGETTO ESECUTIVO

BANCHINE

Relazione sugli arredi di banchina – Banchina “C”

28 Luglio 2021

PROGETTISTI

RTP:  **TECNITAL**

F&M
ingegneria

SISPI
engineering

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	3
2	FENDER	4
2.1	ENERGIA NORMALMENTE PRODOTTA DURANTE L'ATTRACCO (E_N).....	5
2.2	ENERGIA DI ATTRACCO ANOMALA (E_A).....	5
2.3	VELOCITÀ DI ACCOSTO (V_B)	6
2.4	COEFFICIENTE DI MASSA AGGIUNTA (C_M)	7
2.5	COEFFICIENTE DI ECCENTRICITÀ (C_E)	7
2.6	COEFFICIENTE DI DEFORMABILITÀ (C_S)	8
2.7	COEFFICIENTE DELLA CONFIGURAZIONE DI ATTRACCO (C_C).....	9
2.8	ENERGIA DI ACCOSTO	9
2.9	SCELTA DEL FENDER	11
3	BITTE.....	12

1 PREMESSA

La relazione riporta il dimensionamento dei sistemi di difesa elastica (fender) e delle bitte d'ormeggio previsti lungo la banchina ALMA (banchina "C"). Si tratta di una banchina composta da un palancolato esistente e una nuova palificata $\phi 1200$ mm, ad interasse 2 m, posta a monte e collegata in sommità mediante una trave di coronamento. La struttura viene completata con nuovi tiranti di lunghezza 33 m (17 parte libera e 16 bulbo in *jet grouting*) avente interasse pari a 2.00 m accostati ai tiranti esistenti ma con diversa inclinazione.

Saranno installati fender cilindrici 1600mm x 800mm L=2000mm in sostituzione ai fender cilindrici esistenti da rimuovere durante le lavorazioni per consentire la modifica strutturale nella trave di coronamento.

Le tipologie di navi considerate nel progetto esecutivo rispecchiano quanto descritto nel progetto definitivo nel quale alla relazione di cantierizzazione, di cui si espone uno stralcio, si evidenziano le lunghezze delle navi e la durata di accosto, considerate nelle diverse banchine. Queste informazioni sono state reperite a seguito di vari incontri avvenuti con i vari terminalisti e finalizzati a capire il funzionamento delle varie attività e le singole esigenze, in termini di gestione degli arrivi e delle partenze delle navi.

TERMINALISTI:	ARRIVI NAVE:
BUNGE Nord	Una nave da 220 m di lunghezza ogni 10 giorni
BUNGE Sud	Due navi da 100 m di lunghezza al mese
ALMA	Una nave da 180 m di lunghezza a settimana
LLOYD	Una nave da 220 m di lunghezza sempre presente in banchina
UNIGRA' (ITALTERMINALI)	Una nave da 190 m di lunghezza a settimana
TERMINAL NORD	Due navi da 200 m circa sempre presenti in banchina
T&C	Traghetto da 200 m presente in banchina a giorni alternati
IFA	Una nave da 220 m sempre presente in banchina
Vecchia Enel Futuro GNL	Quattro navi aggiuntive all'anno, nel primo anno di esercizio della banchina (terminata nel 2021), poi occupazione pressoché totale

Figura 1 – Lunghezze navi e durata di accosto per varie banchine (estratto dalla relazione di cantierizzazione)

Per la banchina ALMA si considera una nave di lunghezza massima pari a **180 m di lunghezza**. In attinenza alla lunghezza della nave riportata nella relazione di cantierizzazione del progetto definitivo si è individuato il dwt corrispondente a tale lunghezza.

2 FENDER

Le tipologie di navi considerate nel P.E. sono per il calcolo dei fender sono:

- **Vessel 1** (*Product and Chemical Tanker*): Lunghezza pari a $L_{max}=180$ m come da Relazione di cantierizzazione → dwt corrispondente 30.000 t
- **Vessel 2** (*Bulk carriers*): Lunghezza pari a $L_{max}=180$ m come da Relazione di cantierizzazione → dwt corrispondente 40.000 t
- **Vessel 3** (*General Cargo Ship*): Lunghezza pari a $L_{max}=180$ m come da Relazione di cantierizzazione → dwt corrispondente 30.000 t



PRODUCT AND CHEMICAL TANKERS							
dwt (t)	M_D (t)	L_{OA} (m)	L_{BP} (m)	B (m)	D (m)	F (m)	C_B ---
50,000	66,000	210	200	32.2	12.6	5.0	0.793
40,000	54,000	200	190	30.0	11.8	4.5	0.783
30,000	42,000	188	178	28.0	10.8	3.9	0.761
20,000	29,000	174	165	24.5	9.8	3.2	0.714
10,000	15,000	145	137	19.0	7.8	2.2	0.721
5,000	8,000	110	104	15.0	7.0	1.8	0.715
3,000	4,900	90	85	13.0	6.0	1.3	0.721



BULK CARRIERS							
dwt (t)	M_D (t)	L_{OA} (m)	L_{BP} (m)	B (m)	D (m)	F (m)	C_B ---
400,000	464,000	375	356	62.5	24.0	9.5	0.848
350,000	406,000	362	344	59.0	23.0	9.1	0.848
300,000	350,000	350	333	56.0	21.8	8.6	0.840
250,000	292,000	335	318	52.5	20.5	8.1	0.832
200,000	236,000	315	300	48.5	19.0	7.4	0.833
150,000	179,000	290	276	44.0	17.5	6.8	0.822
125,000	150,000	275	262	41.5	16.5	6.4	0.816
100,000	121,000	255	242	39.0	15.3	5.9	0.817
80,000	98,000	240	228	36.5	14.0	5.4	0.821
60,000	74,000	220	210	33.5	12.8	4.9	0.802
40,000	50,000	195	185	29.0	11.5	4.4	0.791
20,000	26,000	160	152	23.5	9.3	3.5	0.763
10,000	13,000	130	124	18.0	7.5	2.9	0.758



GENERAL CARGO SHIPS							
dwt (t)	M_D (t)	L_{OA} (m)	L_{BP} (m)	B (m)	D (m)	F (m)	C_B ---
40,000	54,500	209	199	30.0	12.5	4.5	0.712
35,000	48,000	199	189	28.9	12.0	4.3	0.714
30,000	41,000	188	179	27.7	11.3	4.1	0.714
25,000	34,500	178	169	26.4	10.7	4.0	0.705
20,000	28,000	166	158	24.8	10.0	3.8	0.697
15,000	21,500	152	145	22.6	9.2	3.5	0.696
10,000	14,500	133	127	19.8	8.0	3.2	0.703
5,000	7,500	105	100	15.8	6.4	2.7	0.724
2,500	4,000	85	80	13.0	5.0	2.3	0.750

Figura 2 – Navi assunte per il calcolo dei fender in progetto

L'energia cinetica prodotta durante l'attracco della nave deve essere assorbita da un sistema di parabordi adeguato. Il dimensionamento di tale sistema viene eseguito sulla base di ben noti metodi deterministici, che fanno riferimento alle "Guidelines for the Design of Fender Systems: 2002" PIANC-AIPCN.

2.1 ENERGIA NORMALMENTE PRODOTTA DURANTE L'ATTRACCO (E_N)

Per l'ormeggio tipo "Side Berthing" (laterale), come nel caso in esame, l'espressione che definisce l'energia cinetica di accosto è la seguente:

$$E_N = \frac{1}{2} \cdot M_D \cdot V_B^2 \cdot C_M \cdot C_E \cdot C_S \cdot C_C$$

dove:

- M_D : dislocamento della nave in tonnellate (*displacement*);
- V_B : componente della velocità di avvicinamento ortogonale alla banchina (espressa in m/s);
- C_M : coefficiente di massa aggiunta – tiene conto della massa d'acqua trascinata dall'imbarcazione nel suo moto (*virtual mass factor*);
- C_E : coefficiente di eccentricità – tiene conto dell'eccentricità della manovra di attracco (*eccentricity factor*);
- C_S : coefficiente di deformabilità della parete dell'imbarcazione (*softness factor*);
- C_C : coefficiente della configurazione di attracco – tiene conto della tipologia di banchina su cui è posizionato il fender (*cushion factor*).

Nei paragrafi seguenti saranno illustrati tutti i fattori sopra elencati.

2.2 ENERGIA DI ATTRACCO ANOMALA (E_A)

Impatti anomali si traducono nell'incremento dell'energia di accosto. Le cause possono essere per errori umani, mal funzionamenti, condizioni atmosferiche eccezionali o una combinazione di questi fattori.

L'energia anomala (E_A) deve essere assorbita dai fender e può essere calcolata come segue:

$$E_A = FS \cdot E_N$$

dove:

- FS : fattore di sicurezza per l'attracco anomalo (scelto sulla base delle indicazioni dettate dal PIANC – cfr. Tabella 1);
- E_N : energia normalmente prodotta durante l'attracco.

Table 1 PIANC factors of safety Fs		
Type of Berth Impact	Vessel	Factory for Abnormal Impact Applied to Berthing Energy (Cab)
Tanker and Bulk Cargo	Largest	1.25
	Smallest	1.75
Container	Largest	1.5
	Smallest	2.0
General Cargo		1.75
Ro-Ro and Ferries		2.0 or higher
Tugs, Work Boast, etc.		2.0

Tabella 1: Fattore di sicurezza in funzione della tipologia di nave in accosto (fonte: PIANC Report of working group n°33)

2.3 VELOCITÀ DI ACCOSTO (V_B)

La velocità di accosto dipende dalla difficoltà riscontrata nella manovra, dalla disposizione dell'ormeggio e dalle dimensioni della nave.

Tutte le possibili condizioni sono solitamente suddivise in 5 categorie, come illustrato nella Figura 3.

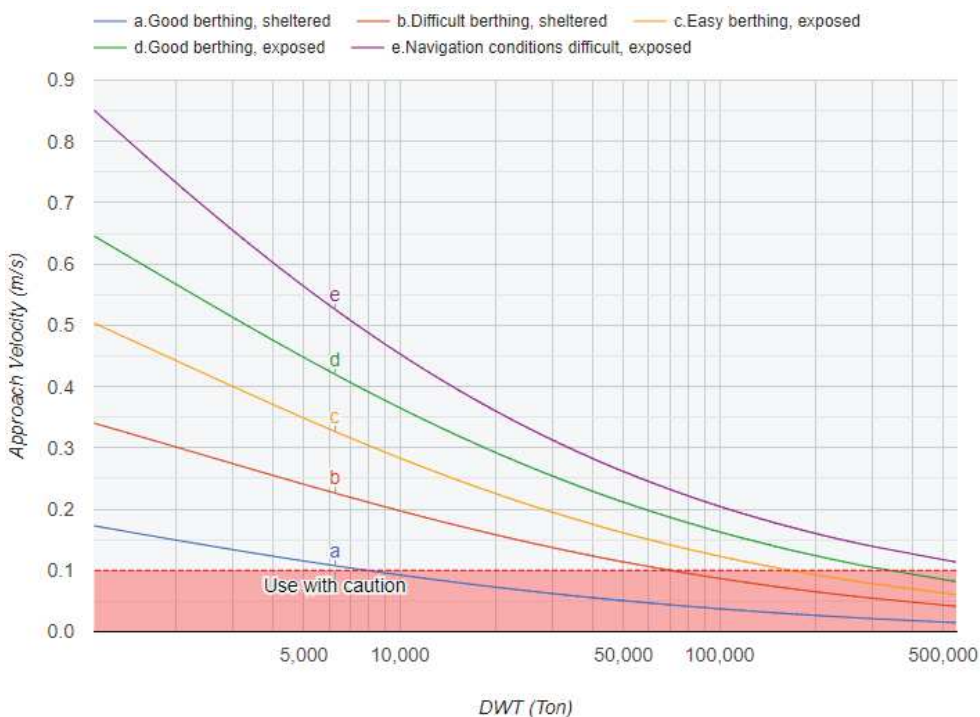


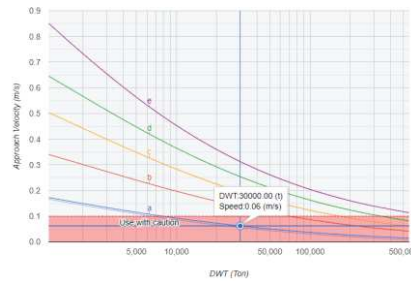
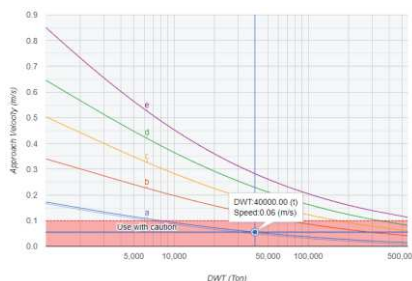
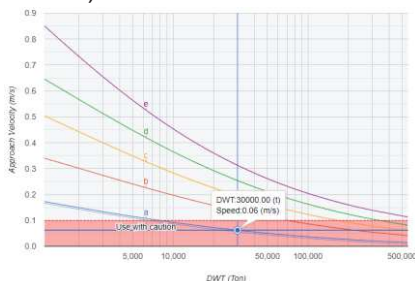
Figura 3: Curve di velocità di accosto (fonte: PIANC Report of working group n° 33)

Il canale Candiano presenta una configurazione lunga e stretta in cui si possono considerare ormeggi "riparati"; Le manovre di accosto possono essere considerate mediante la curva "a" ma per le tre tipologie di navi considerate si evidenziano valori inferiori a 0.1 m/s perciò si utilizza tale valore, come specificato nelle normative PIANC.

Vessel 1 (Product and Chemical Tanker)

Vessel 2 (Bulk carriers):

Vessel 3 (General Cargo Ship):



Si utilizza:	V_B [m/s]
Vessel 1 (Product and Chemical Tanker)	0.10
Vessel 2 (Bulk carriers):	0.10
Vessel 3 (General Cargo Ship):	0.10

2.4 COEFFICIENTE DI MASSA AGGIUNTA (C_M)

Il coefficiente di massa aggiunta consente di tener conto della massa virtuale d'acqua coinvolta nel movimento della nave, in aggiunta a quella della nave stessa.

Secondo il metodo di Vasco Costa (1964) il coefficiente è dato dall'espressione:

$$C_M = \frac{2 \cdot D}{B}$$

dove:

- D : pescaggio della nave;
- B : larghezza della chiglia.

Ne deriva:	C_M
Vessel 1 (Product and Chemical Tanker)	1.77
Vessel 2 (Bulk carriers):	1.79
Vessel 3 (General Cargo Ship):	1.82

2.5 COEFFICIENTE DI ECCENTRICITÀ (C_E)

Il coefficiente di eccentricità considera la quota parte di energia cinetica assorbita dall'acqua stessa nel moto rotazionale dell'accosto. Dipende da diversi fattori variabili da caso a caso (angolo d'incidenza, raggio giratorio, distanza tra il centro di gravità della nave e il punto di contatto nave-parabordo ecc.) ed è espresso dalla formula:

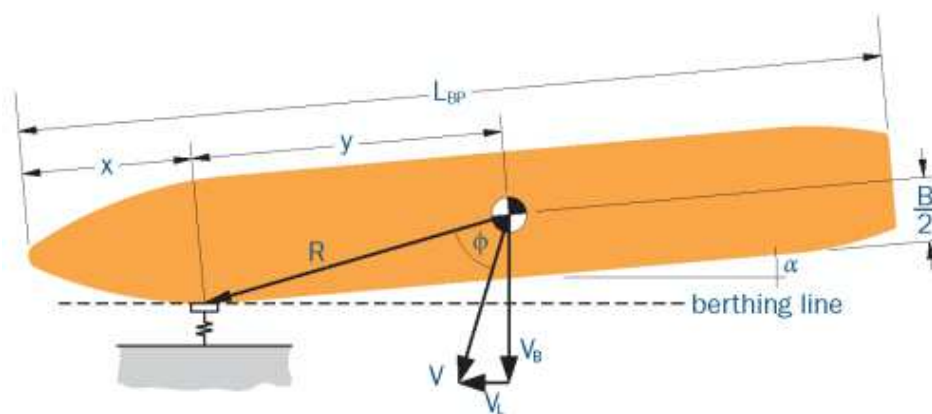
$$C_E = \frac{K^2 \cdot (R^2 \cdot \cos^2 \gamma)}{K^2 + R^2}$$

dove:

$K = (0,19 C_b + 0,11)L_{BP}$	=	Raggio di rotazione della nave
$C_B = \frac{M_D}{L_{BP} \cdot B \cdot D \cdot \rho_{SW}}$	=	Coefficiente di blocco
M_D	=	Dislocamento della nave in tonnellate (displacement)
L_{BP}	=	Lunghezza tra le perpendicolari
B	=	Larghezza della chiglia
D	=	Immersione massima (Draft)
ρ_{SW}	=	Densità dell'acqua di mare

$R = \sqrt{\left[\frac{L_{BP}}{2} - x\right]^2 + \left[\frac{B}{2}\right]^2}$	= Distanza tra il baricentro della nave e il punto di impatto
L_{BP} = Lunghezza tra le perpendicolari x = Massima distanza tra la prua e il punto di impatto B = Larghezza della chiglia	
$\gamma = 90^\circ - \alpha - \arccos\left[\frac{B}{2R}\right]$	= Angolo del vettore velocità
α = Angolo di incidenza con la banchina B = Larghezza della chiglia R = Distanza tra il baricentro della nave e il punto di impatto	

Si assume l'angolo di incidenza con la banchina pari a $\alpha = 10^\circ$ e la distanza tra la prua e il punto d'impatto pari a $x = \frac{L_{BP}}{4}$



V_L = longitudinal velocity component (forward or astern)

Figura 4: Schema per il calcolo di C_E (fonte: PIANC Report of working group n° 33)

Ne deriva:	C_E
Vessel 1 (Product and Chemical Tanker)	0.59
Vessel 2 (Bulk carriers):	0.60
Vessel 3 (General Cargo Ship):	0.58

2.6 COEFFICIENTE DI DEFORMABILITÀ (C_S)

Il coefficiente di deformabilità è determinato dal rapporto tra l'elasticità del fender e quella dello scafo della nave, che assorbe quindi una frazione dell'energia in gioco.

δ_F (mm)	≤ 150	> 150
C_S	1	0.9

Tabella 2: Valore del coefficiente C_S in funzione dell'elasticità del sistema

In via cautelativa si utilizza:	C_s
Vessel 1 (Product and Chemical Tanker)	1
Vessel 2 (Bulk carriers):	1
Vessel 3 (General Cargo Ship):	1

2.7 COEFFICIENTE DELLA CONFIGURAZIONE DI ATTRACCO (C_c)

Il coefficiente di configurazione dell'attracco dipende dalla tipologia di struttura della banchina di accosto, aperta nel caso di implacato su pali o chiusa nel caso di paratia continua o cassoni.

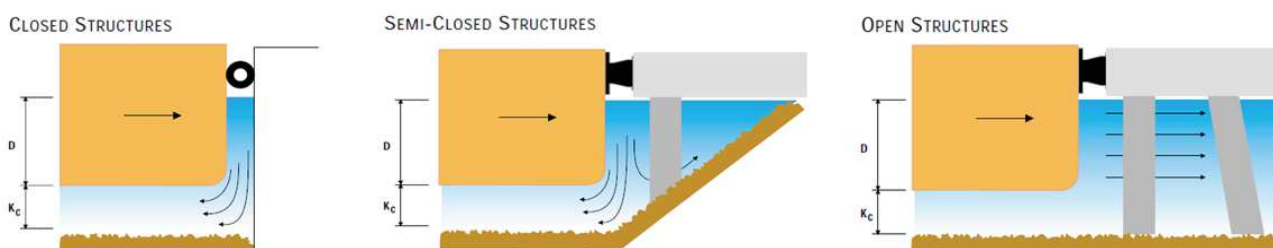


Figura 5: Tipologie di banchina per il calcolo del coefficiente C_c

Il movimento laterale della nave è contrastato dal movimento della massa d'acqua compresa tra la parte immersa dello scafo, il fondo marino e la banchina.

Stabilita la tipologia di banchina, il coefficiente C_c è valutato sulla base del rapporto tra distanza tra chiglia e fondale (K_c) e pescaggio della nave (D) come riportato nella Tabella 3.

Nel caso in esame la struttura è di tipo chiuso.

Tipo di struttura	C_c	
	$K_c/D \leq 5$	$K_c/D > 5$
Chiusa	0.8	0.9
Semi-chiusa	0.9	1
Aperta	1	1

Tabella 3: Valore del coefficiente C_c in funzione della tipologia di banchina

	K_c/D	C_c
Vessel 1 (Product and Chemical Tanker)	$3.2/11.3 = 0.28 < 5$	0.8
Vessel 2 (Bulk carriers):	$3/11.5 = 0.26 < 5$	0.8
Vessel 3 (General Cargo Ship):	$3.2/11.3 = 0.28 < 5$	0.8

2.8 ENERGIA DI ACCOSTO

Riassumendo, l'energia normalmente prodotta durante l'accosto risulta essere pari a:

Vessel details :

Vessel type	Vessel1	Vessel2	Vessel3
Ship type	Product and Chemical Tankers	Bulk Carriers / OBO's	Cargo Vessels
Dimension by	DWT	DWT	DWT
DWT(t)	30000	40000	30000
Displacement(t)	42000	50000	41000
Length of ship(m)	188	195	188
Length between perpendiculars(m)	178	185	179
Beam(m)	28	29	27.7
Laden draft(m)	10.8	11.5	11.3
Block coefficient (C_B)	0.761	0.791	0.714
Free board(m)	3.9	4.4	4.1

Berthing scenario :

Approach	Side berthing	Side berthing	Side berthing
Type of structure	Closed structure	Closed structure	Closed structure
Berthing angle(°)	10	10	10
Distance from bow to point of impact(%)	25	25	25
Under keel clearance(m)	3.70	3	3.20
Added mass calculation method	Vasco costa	Vasco costa	Vasco costa
Added mass coefficient	1.77	1.79	1.82
Eccentricity coefficient	0.59	0.60	0.58
Berth configuration coefficient	1	1	1
Softness factor	1	1	1
Radius of gyration(K)	45.32	48.15	43.97
Impact of center of mass(R)	46.65	48.47	46.84


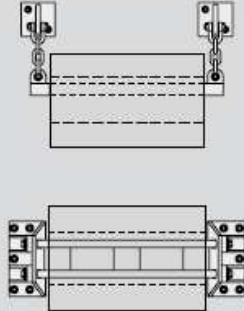
Speed :

Berthing condition	Good berthing sheltered	Good berthing sheltered	Good berthing sheltered
Berthing velocity(m/s)	0.1	0.1	0.1
Normal energy (E_n)(kNm)	219.30	268.50	216.40
Safety factor	1.25 *	1.25 *	1.75
Abnormal energy (E_a)(kNm)	274.13	335.63	378.70

* - Modified by user

2.9 SCELTA DEL FENDER

Come conseguenza dei valori sopra esposti, è prevista l'adozione di un fender cilindrico tipo Trelleborg 1600x800 con lunghezza pari a 2 m, o equivalente, avente le seguenti caratteristiche:

OD × ID (mm)	OD / ID	E (kNm)	R (kN)	P* (kN/m ²)	WEIGHT (kg/m)	TYPICAL FIXING ARRANGEMENTS
100 × 50	2.00	0.8	43	547	7.2	
125 × 65	1.92	1.3	51	500	11.0	
150 × 75	2.00	1.8	65	552	16.3	
175 × 75	2.33	2.7	92	781	24.1	
200 × 100	2.00	3.3	86	547	29.0	
250 × 125	2.00	5.1	108	550	45.3	
300 × 150	2.00	7.4	129	547	65.2	
380 × 190	2.00	11.8	164	550	105	
400 × 200	2.00	13.1	172	547	116	
450 × 225	2.00	16.6	194	549	147	
500 × 250	2.00	28	275	700	181	
600 × 300	2.00	40	330	700	255	
800 × 400	2.00	72	440	700	453	
1000 × 500	2.00	112	550	700	707	
1200 × 600	2.00	162	660	700	1018	
1400 × 700	2.00	220	770	700	1386	
1400 × 800	1.75	208	649	516	1245	
1500 × 750	2.00	253	825	700	1591	
1600 × 800	2.00	288	880	700	1810	
1750 × 900	1.94	340	929	657	2124	
2000 × 1200	1.67	415	871	462	2414	
2400 × 1200	2.00	647	1321	701	4073	
2700 × 1300	2.08	818	1486	728	5154	

*Excludes effect of fixing accessories. Deflection = ID. Performance per meter length.

Per la lunghezza di 2 m si hanno le seguenti caratteristiche:

- $E_R = 288 * 2 = 576$ kNm: energia assorbita dal fender
- $R_R = 880 * 2 = 1760$ kN: reazione

La capacità di assorbimento dei parabordi ha una tolleranza del $\pm 10\%$, per cui deve essere verificato che:

$$E_A \leq \frac{E_R}{1.1}$$

Nel caso più gravoso si ha:

$$378.70 \text{ kNm} \leq \frac{576}{1.1} = 523.64 \text{ kNm}$$

Quindi risulta verificato.

3 BITTE

La norma BS 6349 suggerisce, come riportato nella seguente tabella estratta, per navi di tra 20'000 e 50'000 ton, di utilizzare bitte di ormeggio da 80 ton.

Displacement	Approx, bollard rating
Up to 2,000 tonnes	10 tonnes
2,000 - 10,000 tonnes	30 tonnes
10,000 - 20,000 tonnes	60 tonnes
20,000 - 50,000 tonnes	80 tonnes
50,000 - 100,000 tonnes	100 tonnes
100,000 - 200,000 tonnes	150 tonnes
over 200,000 tonnes	200 tonnes

Per la banchina C sono previste bitte da 100 ton, superiori a quanto indicato nella BS 6349.