



ATEC s.r.l. – V.le Bezzi, 2 – 20146 MILANO (Italy)

Tel. +39-02-48700209  
E-mail: info@atecsrl.itFax +39-02-48700506  
Website: www.atecsrl.it

CLIENTE / <i>Client</i> <b>ALKION TERMINAL</b>	COMMESSA / <i>Job</i> <b>V 90</b>			No. DOCUMENT <b>V90-RT-201</b>		
LOCALITA' / <i>Place</i> <b>VADO LIGURE (SV)</b>	REV.	0	1	2	3	4
PROGETTO / <i>Project</i> <b>PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION</b>	DATE	30/09/22	15/11/23			

## RELAZIONE TECNICA

REV.	DESCRIZIONE	COMP.	CONTR.	APPR.	DATA
<i>Rev.</i>	<i>Description</i>	<i>Comp.</i>	<i>Check</i>	<i>Appr.</i>	<i>Date</i>
1	Emesso per pratiche autorizzative	BET	MAS	GIS	15/11/23
0	Emesso per pratiche autorizzative	BET	MAS	GIS	30/09/22

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 2 di 50

## INDICE

<b>1</b>	<b>SCOPO.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'ACCOSTO .....</b>	<b>6</b>
	3.1 LIVELLO DI CONOSCENZA.....	7
	3.2 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE .....	8
	3.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	9
	3.4 BRICCOLE DI ORMEGGIO .....	9
	3.4.1 Briccola di Ormeggio MD1.....	9
	3.4.2 Briccola di Ormeggio MD2.....	12
	3.5 BRICCOLE DI ACCOSTO.....	14
	3.6 AZIONI DI PROGETTO DELLE BRICCOLE ESISTENTI .....	17
<b>4</b>	<b>NAVI DI PROGETTO .....</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLE NAVI ALL'ACCOSTO.....</b>	<b>22</b>
	5.1 VALUTAZIONE DELLA NAVE MASSIMA DA 40,000 DWT ALL'ACCOSTO .....	22
	5.2 VALUTAZIONE DELLA NAVE MINIMA DA 7,000 DWT ALL'ACCOSTO.....	24
	5.3 PROCEDURE DI ACCOSTO .....	26
<b>6</b>	<b>VERIFICA PRELIMINARE DELLE BRICCOLE DI ORMEGGIO .....</b>	<b>27</b>
	6.1 BRICCOLE DI ORMEGGIO MD1 E MD2 .....	30
	6.2 BRICCOLE DI ACCOSTO BD1÷BD3 .....	31
	6.3 BRICCOLA DI ACCOSTO BD6 .....	33
	6.4 BRICCOLA DI ACCOSTO BD7 .....	34
<b>7</b>	<b>VERIFICA PRELIMINARE DELLE BRICCOLE DI ACCOSTO.....</b>	<b>36</b>
	7.1 BRICCOLA DI ACCOSTO BD6.....	36
	7.2 BRICCOLA DI ACCOSTO BD7 .....	41
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI E FASI SUCCESSIVE .....</b>	<b>46</b>

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 3 di 50

<b>9 ANNESSO – CALCOLO DELL’ENERGIA DI ACCOSTO .....</b>	<b>48</b>
<b>10 ALLEGATI.....</b>	<b>50</b>

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 4 di 50

## **1 SCOPO**

La presente relazione tecnica riporta le verifiche di fattibilità relative alle modifiche dell'accosto Alkion di testata pontile a Vado Ligure (SV).

Scopo delle modifiche è quello consentire la ricezione di una nuova nave minima da 7.000 DWT ed una nuova nave massima da 40.000.

Le navi minima e massima attualmente accettate, riferite alla progettazione esecutiva del terminale redatta per il progetto "transitorio petroli" sono rispettivamente da 12.000 DWT e da 25.000 DWT, pertanto le modifiche sono rivolte ad un aumento della capacità ricettiva dell'accosto.

L'aspetto trattato dalla presente relazione tecnica è quello di valutare le configurazioni delle navi ormeggiate e di eseguire le verifiche delle strutture di accosto e ormeggio esistenti, dei loro miglioramenti e la definizione delle nuove briccole necessarie.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 5 di 50

## **2 RIFERIMENTI**

I riferimenti normativi adottati sono riportati nel seguito:

### Normative Italiane

- D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento delle «Norme tecniche delle costruzioni» [NTC2018]
- Circolare 21/01/19 – Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche delle costruzioni”» [CA2019]

### Linee guida di settore

- PIANC Report n°153 – 2016 – Recommendations for the design and assessment of marine oil and petrochemical terminals
- PIANC Report WG 33 – 2002 – Guidelines for the design of fenders systems
- OCIMF – Mooring Equipments Guidelines (MEG4)

### Documentazione del progetto esecutivo delle opere esistenti:

- MI010P-PE-T-C-R-3041-C1 – Transitorio petroli nuovo accosto esso e modifica attracco PetroLig briccole di ormeggio ed accosto verifiche strutturali
- MI010P-PE-T-N-R-3030-C0 – Transitorio petroli nuovo accosto esso e modifica attracco PetroLig verifica degli schemi di ormeggio e calcolo dell'energia di accosto

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 6 di 50

### 3 DESCRIZIONE DELL'ACCOSTO

L'accosto di testata pontile Alkion è attualmente in esercizio con navi comprese tra 12.000÷25.000 DWT.

L'ormeggio è lato sinistro (o babordo) delle navi, con movimentazione dei prodotti poppiera, le strutture per l'ormeggio sono:

- briccole di ormeggio: MD1 e MD2
- briccole di accosto: BD1÷BD3

Si riporta uno stralcio dell'elaborato grafico ATEC V90-DP-203 allegato, riportante il layout dell'accosto con l'identificazione della nave minima da 7,000 DWT e della nuova nave massima da 40,000 DWT.

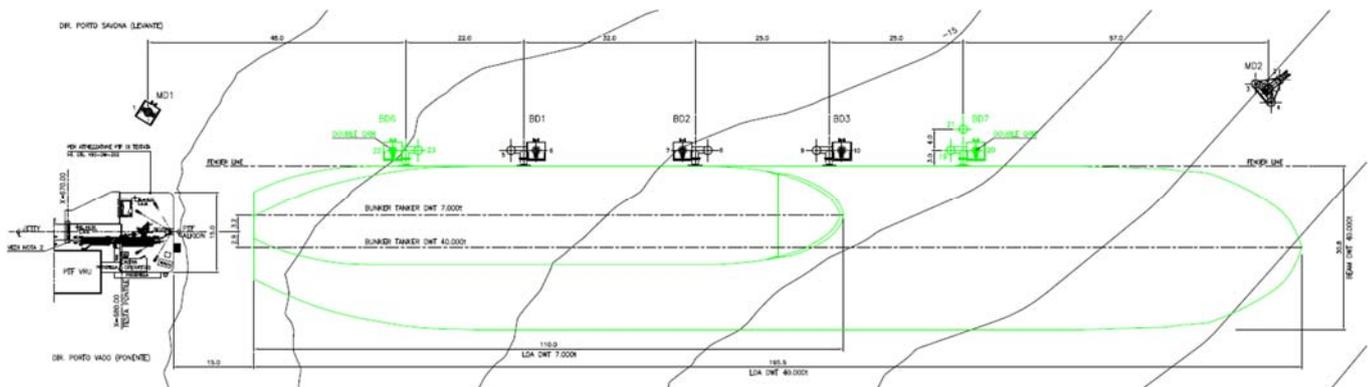


Figura 1 Layout dell'accosto.

Il fondale marino riferito al livello medio mare varia da -13,5 m in corrispondenza della poppa a -18,0 m in corrispondenza della prua. Il fondale in corrispondenza del centro della nuova nave massima risulta di -15,0 m, mentre in corrispondenza del centro della nuova nave minima risulta di -14,5 m.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 7 di 50

### 3.1 LIVELLO DI CONOSCENZA

Il livello di conoscenza di un'opera è un indicatore che varia da LC1 a LC3, come specificato nella [CA2019], con lo scopo di dare un giudizio conoscitivo sull'opera e dare di conseguenza delle limitazioni sulle verifiche strutturali. La limitazione consiste in un aggiuntivo coefficiente di sicurezza  $FC$  da applicare ai parametri di resistenza del materiale, il cui valore è definito sull'oggettivo grado di conoscenza di un'opera esistente.

La tabella seguente è estratta dalla [CA2019] ed illustra i requisiti per la valutazione del livello di conoscenza.

**Tabella C8.5.IV** – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza, per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di conoscenza	Geometrie (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC (*)
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione; in alternativa rilievo completo ex-novo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>indagini limitate</i> in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>prove limitate</i> in situ	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2		Elaborati progettuali incompleti con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini estese</i> in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con <i>prove limitate</i> in situ; in alternativa da <i>prove estese</i> in situ	Tutti	1,20
LC3		Elaborati progettuali completi con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini esaustive</i> in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con <i>prove estese</i> in situ; in alternativa da <i>prove esaustive</i> in situ	Tutti	1,00

(\*) A meno delle ulteriori precisazioni già fornite nel § C8.5.4.

Tabella 1 Livelli di conoscenza C.A. n°7/2019.

La valutazione sulla conoscenza è basata su tre requisiti:

- Conoscenza della geometria dell'opera nel suo insieme e nelle sue parti
- Conoscenza dei dettagli costruttivi, giunti, bullonature ecc..
- Proprietà dei materiali costruttivi, degli acciai impiegati

Nel seguito si riportano gli elementi di conoscenza impiegati per le valutazioni del progetto di fattibilità.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 8 di 50

Si ipotizza un livello di conoscenza LC3, demandando alle fasi progettuali successive l'approfondimento ispettivo necessario per il raggiungimento di questo livello che al momento è basato sulle sole informazioni da progetto esecutivo.

### 3.2 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

La caratterizzazione geotecnica dell'area è presa dal progetto esecutivo delle opere esistenti e viene riportata nella tabella seguente.

LIVELLO	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	c (KPa)	$\phi'$ (°)
L1	16	0	30
L2	17	0	30
SL	18	0	38
G	19	0	40
A	18.5	200	27

TAB. 5-3 - VADO LIGURE - ACCOSTI PROVVISORI - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE PER LE VERIFICHE IN ESERCIZIO

Tabella 2 Caratteristiche Geotecniche.

Le quote dei diversi strati sono diverse a seconda della posizione, essendoci una inclinazione del fondale che ne varia la quota rispetto al livello medio mare.

Si osserva inoltre un inspessimento dello strato L1 di fondale in direzione del mare e l'emersione di uno strato G nella stessa direzione.

Si rimanda il dettaglio della stratigrafia alla trattazione delle singole strutture.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 9 di 50

### 3.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Tutte le carpenterie sono state realizzate con un acciaio tipo UNI EN 10210 S420 con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- Spessore < 40 mm
  - $f_y \geq 420$  MPa                      Tensione di snervamento
  - $E = 210$  GPa                              Modulo di elasticità
- Spessore > 40 mm e < 80 mm
  - $f_y \geq 390$  Mpa                        Tensione di snervamento
  - $E = 210$  GPa                              Modulo di elasticità

### 3.4 BRICCOLE DI ORMEGGIO

Le briccole di ormeggio esistenti sono denominate MD1 ed MD2.

#### 3.4.1 Briccola di Ormeggio MD1

La briccola MD1 è costituita da un palo singolo di diametro 1575 mm a spessore variabile.

Nella figura seguente è riportata la vista della briccola con la definizione delle quote e della stratigrafia.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 10 di 50

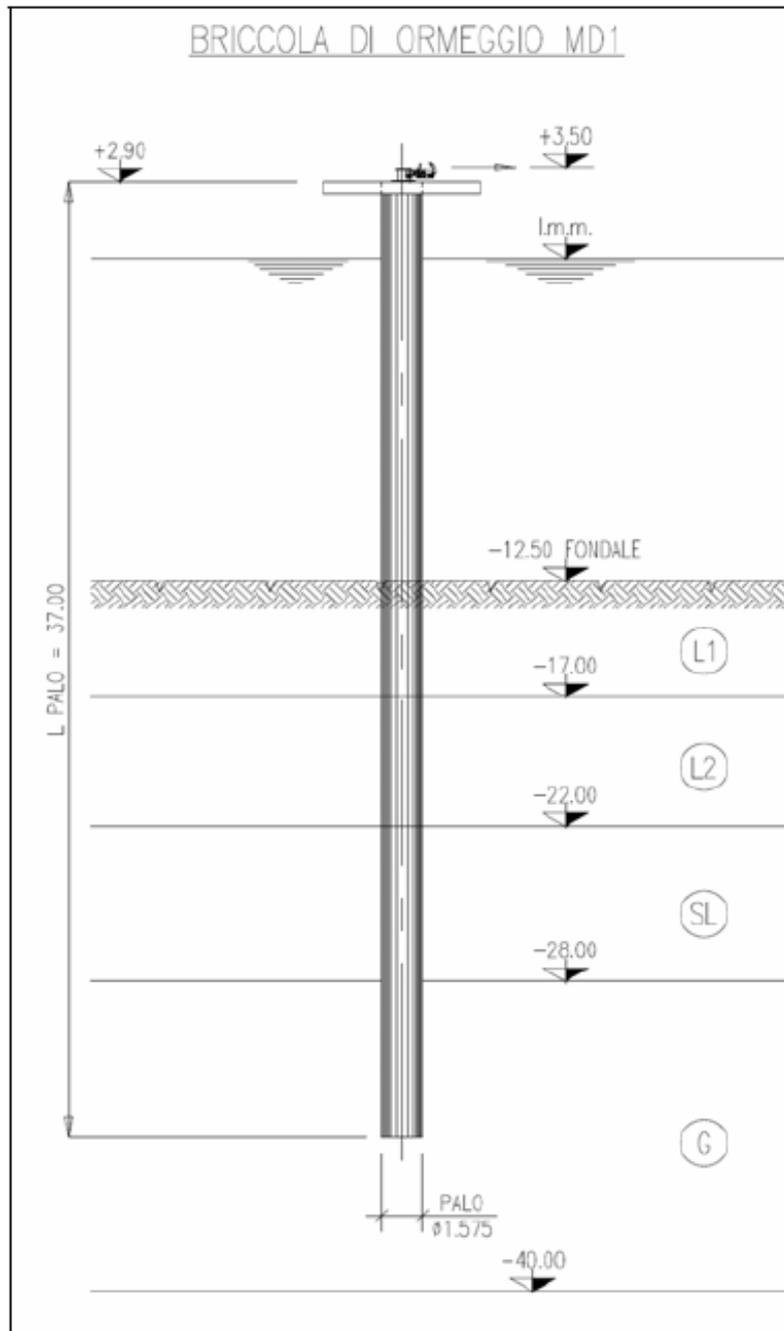


Figura 2 Vista briccola di ormeggio MD1.

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche geometriche della briccola MD1.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 11 di 50

Descrizione bricola	Diametro (mm)	Lunghezza tot (m)	Quota testa palo (m s.l.m.)	Quota punta palo (m s.l.m.)	Spessore palo per 12 m da testa palo (mm)	Spessore palo tra 12 e 30 m da testa palo (mm)	Spessore palo tra 30 e 37 m da testa palo (mm)
MD1	1575	37	+2.90	-34.10	38.1	50	38.1

TAB. 3-1 - GEOMETRIA BRICCOLA MD1

Tabella 3 Caratteristiche geometriche della bricola di ormeggio MD1.

La bricola è dotata di un gancio quadruplo da 50 t, avente due ganci rivolti verso l'accosto Alkion e due ganci rivolti verso l'accosto Esso, come da figura seguente.

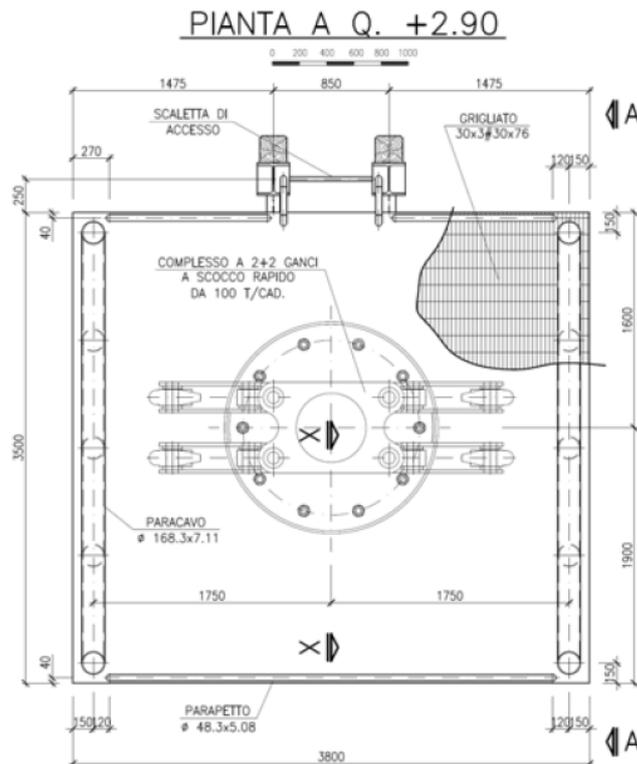


Figura 3 Pianta della bricola di ormeggio MD1.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 12 di 50

### 3.4.2 Briccola di Ormeggio MD2

La briccola MD2 è costituita da tre pali di diametro 1575 mm a spessore variabile.

Nella figura seguente è riportata la vista della briccola con la definizione delle quote e della stratigrafia.

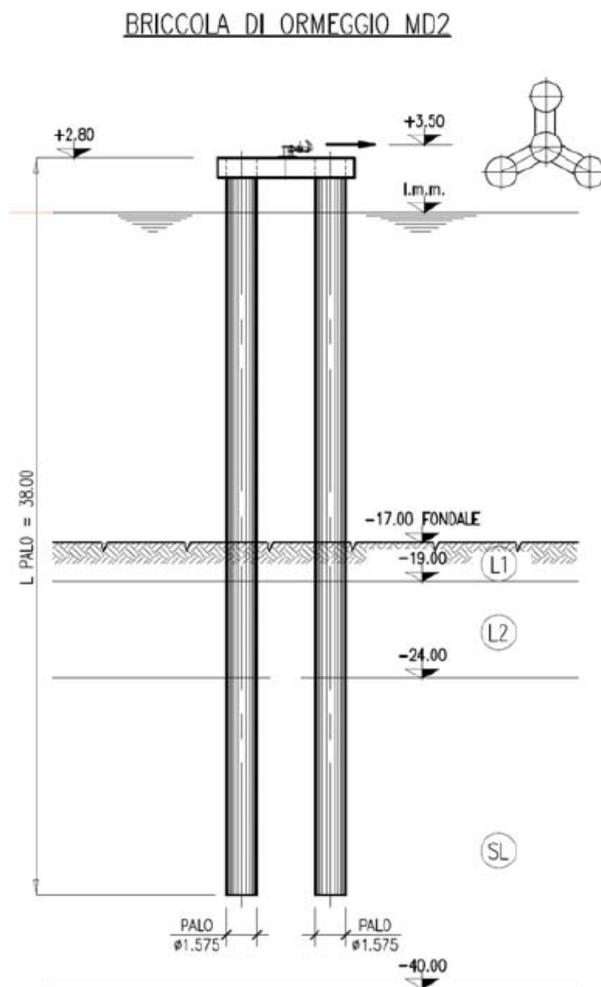


FIG. 3-4 - SCHEMA DI POSIZIONAMENTO BRICCOLA MD2

Figura 4 Vista briccola di ormeggio MD2.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 13 di 50

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche geometriche della bricola MD2.

Descrizione bricola	Diametro (mm)	Lunghezza tot (m)	Quota testa palo (m s.l.m.)	Quota punta palo (m s.l.m.)	Spessore palo (mm)
MD2	1575	38	+2.80	-35.2	25.4

TAB. 3-2 - GEOMETRIA BRICOLA MD2

Tabella 4 Caratteristiche geometriche della bricola di ormeggio MD2.

La bricola è dotata di un gancio quadruplo da 50 t come da figura seguente.

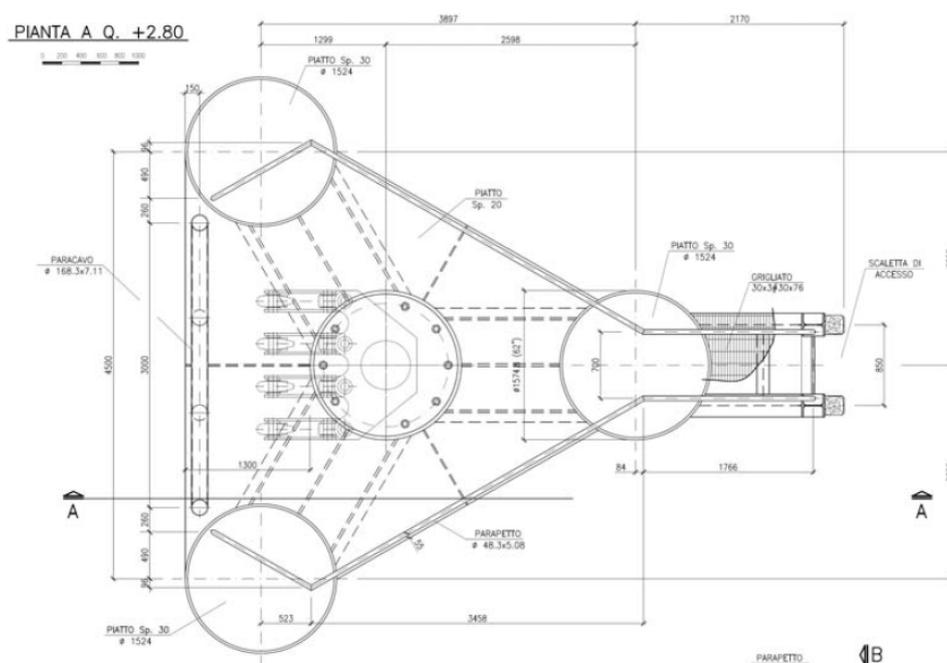


Figura 5 Pianta della bricola di ormeggio MD2.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 14 di 50

### 3.5 BRICCOLE DI ACCOSTO

Le briccole di accosto esistenti sono tre e sono denominate da BD1 a BD3. Dal progetto esecutivo risultano tutte identiche, sono realizzate da due pali di diametro 1574 mm a spessore variabile.

Nella figura seguente è riportata la vista della briccola con la definizione delle quote e della stratigrafia, la vista è riferita alla briccola BD3 avente fondale di -15.5 m.

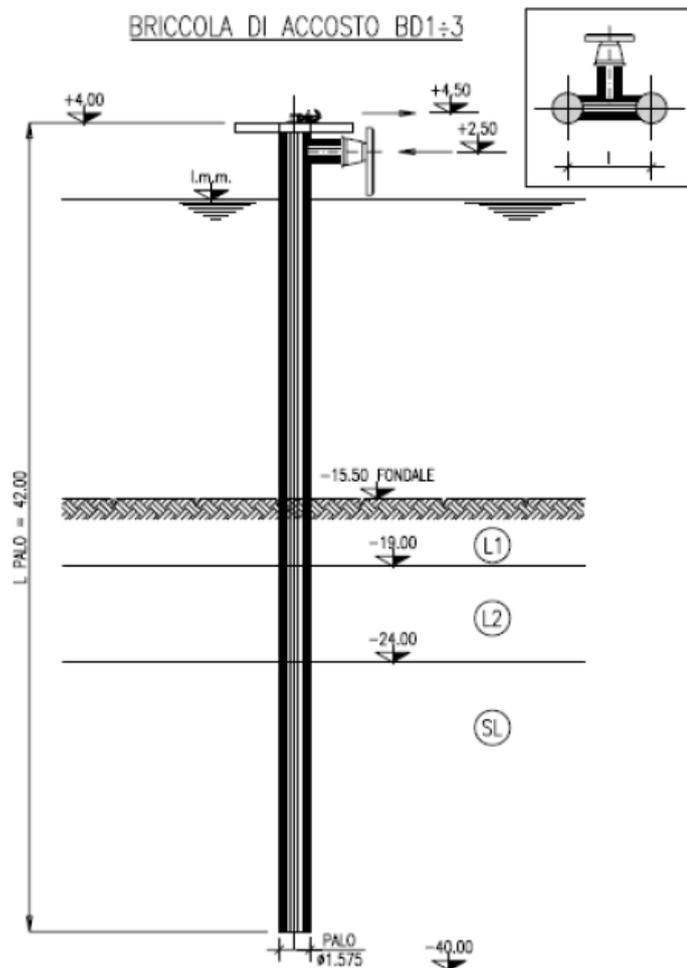


FIG. 3-7 - SCHEMA DI POSIZIONAMENTO BRICCOLE BD1÷BD3

Figura 6 Vista tipica per le briccole di accosto BD1÷BD3.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 15 di 50

Il fondale di riferimento per le tre briccole è il seguente:

- Briccola BD1: -14.5 m
- Briccola BD2: -15.0 m
- Briccola BD3: -15.5 m

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche geometriche delle briccole di accosto.

Descrizione briccola	Diametro (mm)	Lunghezza tot (m)	Quota testa palo (m s.l.m.)	Quota punta palo (m s.l.m.)	Spessore palo per 15 m da testa palo (mm)	Spessore palo tra 15 e 33 m da testa palo (mm)	Spessore palo tra 33 e 42 m da testa palo (mm)
BD1+BD3	1575	42	+3.95	-38.05	25.4	31,75	25.4

TAB. 3-5 - GEOMETRIA BRICCOLE BD1÷BD3

Tabella 5 Caratteristiche geometriche delle briccole di ormeggio BD1+BD3.

La briccola è dotata di un gancio doppio da 50 t come da figura seguente.

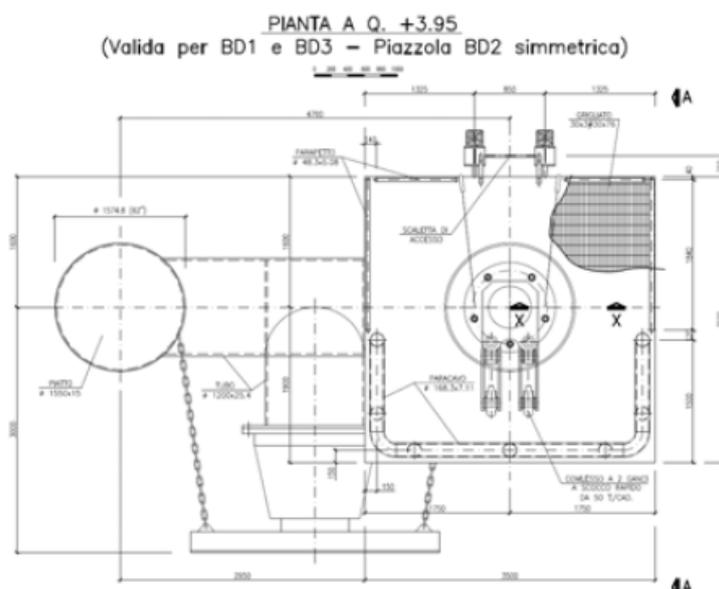


Figura 7 Pianta delle briccole di accosto BD1+BD3.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 16 di 50

Tutte e tre le briccole di accosto sono dotate di un fender conico tipo Trelleborg SCN 1100 E2.8 avente:

- Energia nominale  $E_{cv} = 771 \text{ kNm}$
- Reazione nominale  $R_{cv} = 1351 \text{ kN}$

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 17 di 50

### 3.6 AZIONI DI PROGETTO DELLE BRICCOLE ESISTENTI

Si riporta nel seguito uno stralcio della relazione di calcolo da progetto esecutivo che definisce i criteri e le azioni di progetto per le briccole di ormeggio MD1 ed MD2.

#### 6.3. Azione sui ganci di ormeggio

Si considerano le seguenti azioni sui ganci di ormeggio:

##### Briccole MD1 e MD2

L'Ottomana, nave massima prevista all'ormeggio (vedi relazione MI010P-PD-T-Z-R-3001 paragrafo 1.2.1), è dotata di cavi con un M.B.L. di 55 t così come la Letizia Effe e la Rina Amoretti mentre la Filicudi M. è dotata di cavi con un M.B.L. di 88t.

Dall'analisi dinamica dell'ormeggio si evince che essa debba essere ormeggiata, nelle condizioni estreme, mediante 4 cavi a prua e 4 a poppa (vedi documento MI010P-PD-T-N-R-3030). Nelle stesse condizioni la Filicudi M. potrà ormeggiare con 3 cavi a prua ed a poppa.

Per il calcolo della azione massima operativa è stato considerato che tutti i cavi di ormeggio lavorino al limite massimo ammesso (0,5 x M.B.L.).

Per il calcolo della azione massima eccezionale è stato considerato che tutti i ganci lavorino al loro Safe Working Load.

Le azioni prese in considerazione per le verifiche sono quindi:

Azione massima operativa (non fattorizz. - SLE):  $3 \times 0.5 \times 880 = 1320 \text{ kN}$   
 (maggiore di  $4 \times 0.5 \times 550 = 1110 \text{ kN}$ )

Azione massima operativa (fattorizzata - SLU):  $3 \times 0.5 \times 880 \times 1.5 = 1980 \text{ kN}$

Azione massima eccezionale:  $4 \times 500 = 2000 \text{ kN}$

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 18 di 50

Come si vedrà nel seguito il criterio di gerarchia utilizzato non è più quello attualmente indicato dalle linee guida internazionali, in particolare la definizione del gancio necessario è data sulla base della resistenza delle cime nave come:

$SWL_{\text{Gancio}} \geq SWL_{\text{Cima}}$  che ad oggi è superato da  $SWL_{\text{Gancio}} \geq MBL_{\text{Cima}}$ , questo per preservare il gancio e la struttura dall'eventuale rottura di un cavo di ormeggio.

Per quanto riguarda le azioni dei fenders si riporta nel seguito uno stralcio della relazione di calcolo da progetto esecutivo.

## 6.2. Azione dei fenders

I fenders vengono posizionati alla quota di +2.5 m s.l.m. per le briccole BD1÷BD3 e 1.50 m s.l.m. per le briccole BD4 e BD5.

Le energie di accosto sono (vedi documento MI010P-PD-T-N-R-3030):

- Briccole BD1÷BD3 = 1050 kNm

I fender previsti sono:

- Briccole BD1÷BD3 = Trelleborg Tipo SCN 1100 E 2.8  
 $E_R = 771 \text{ kNm} - R_R = 1351 \text{ kN (Defl. = 72\%)}$

L'energia generata dall'accosto nave di 1050 kNm è assorbita in parte dal fender ed in parte dalla deformazione dei pali.

Le caratteristiche generali delle briccole esistenti sono riassunte nella seguente tabella estratta dal progetto esecutivo.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 19 di 50

	MD1	MD2 (3 pali)	BD1-2-3 (2 pali)
Quota di taglio palo (m sul l.m.m.)	+2,9	+2,8	+4,0
Profondità fondale (m sul l.m.m.)	-12,5	-17,0	-15,5
Quota applicazione tiro su ganci (m sul l.m.m.)	+3,5	+3,5	-
Tiro al gancio - Condizioni operative SLE (kN)	1320	1320	-
Tiro al gancio - Condizioni operative SLU (kN)	1980	1980	-
Tiro al gancio - Condizioni eccezionali (kN)	2000	2000	-
Quota applicazione spinta su fender (m sul l.m.m.)	-	-	+2,5
Tipo fender	-	-	SCN 1100 E2.8
Materiale palo	S420 NH	S420 NH	S420 NH
Lunghezza di infissione (m)	21,6	18,2	22,6
Altezza totale palo (m)	37,0	38,0	42,0
Diametro (inch - mm)	62" - 1574,8	62" - 1574,8	62" - 1574,8
Spessori (mm)	38,1 - 50	25,4	25,4 - 31,75

Tabella 6 Riassunto delle caratteristiche delle briccole.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 20 di 50

#### 4 NAVI DI PROGETTO

Le caratteristiche delle navi di progetto massima, da 40.000 DWT, e minima, da 7.000 DWT, sono riportate nella seguente tabella.

<b>DESIGN TANKERS</b>				
<b>BERTH</b>	<b>ALKION BERTH</b>			
<b>CLASS</b>	<b>MAX</b>	<b>SOURCE</b>	<b>MIN</b>	<b>SOURCE</b>
DWT	<b>40000 t</b>	PIANC	<b>7000 t</b>	MAXCOM
DSP	53600 t	PIANC 75% DWT	10200 t	PIANC 75% DWT
LOA	195.50 m	PIANC 75% DWT	110.00 m	MAXCOM
LBP	188.50 m	PIANC 75% DWT	104.00 m	Calculated
B	30.80 m	PIANC 75% DWT	18.60 m	PIANC 75% DWT
MD	16.20 m	PIANC 75% DWT	8.90 m	PIANC 75% DWT
d <sub>FULL-LOAD</sub>	11.80 m	PIANC 75% DWT	7.10 m	PIANC 75% DWT
d <sub>BALLAST</sub>	5.80 m	Calculated	4.56 m	Calculated
C <sub>b</sub>	0.80	PIANC	0.73	PIANC
Mooring L. N°	16 (95%)	MEG4	12 (95%)	MEG4
Mooring L. MBL	82 t (95%)	MEG4	76 t (95%)	MEG4
DSP <sub>LIGHT</sub>	13600 t	Calculated	3200 t	Calculated
TPC	45.0 t/cm	Calculated	14.2 t/cm	Calculated
DSP <sub>BALLAST</sub>	26933 t	Calculated	6600 t	Calculated
Windage A. Lat. Full Load	1480 m <sup>2</sup>	PIANC 75% DWT	564 m <sup>2</sup>	PIANC 75% DWT
Windage A. Lat. Ballast	2460 m <sup>2</sup>	PIANC 75% DWT	885 m <sup>2</sup>	PIANC 75% DWT
Windage A. End-On Full Load	489 m <sup>2</sup>	PIANC 75% DWT	216 m <sup>2</sup>	PIANC 75% DWT
Windage A. End-On Ballast	644 m <sup>2</sup>	PIANC 75% DWT	249 m <sup>2</sup>	PIANC 75% DWT

Tabella 7 Caratteristiche della nave massima e minima.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 21 di 50

Le caratteristiche della nave di progetto sono riferite a PIANC con il 75% di confidenza sulle caratteristiche geometriche, per quanto riguarda le cime di ormeggio sono riportate le caratteristiche 95% MEG4.

Nella seguente tabella sono riportati i valori statistici del corpo cilindrico per le due navi di progetto in condizione di pieno carico e di zavorra.

<b>CORPO CILINDRICO</b>		
	<b>Nave Massima 40,000 DWT</b>	<b>Nave Minima 7,000 DWT</b>
PMB Full Load	113.0 m	63.0 m
Aft	59.0 m	33.0 m
Forward	54.0 m	30.0 m
PMB Ballast	98.0 m	54.0 m
Aft	49.0 m	27.0 m
Forward	49.0 m	27.0 m

Tabella 8 Corpo cilindrico della nave massima e minima.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 22 di 50

## **5 VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLE NAVI ALL'ACCOSTO**

La valutazione delle navi all'accosto consiste del definire se il layout delle strutture esistenti sia idoneo a consentire l'ormeggio in sicurezza delle navi previste.

La valutazione è fatta in accordo alle principali linee guida del settore e tenuto conto dello stato di fatto delle opere esistenti.

### **5.1 VALUTAZIONE DELLA NAVE MASSIMA DA 40,000 DWT ALL'ACCOSTO**

Il fondale all'accosto varia da -14.0 m in corrispondenza della poppa della nave e scende fino a -17.0 m in corrispondenza della prua. Il minimo UKC (Under Keel Clearance) da considerare, in accordo a PIANC, per uno studio di fattibilità, è pari a 10% del massimo pescaggio della nave. Considerando la configurazione di pieno carico, avente pescaggio di 11,80 m, l'UKC risulta pari a 1,18 m, che porta il minimo fondale a - 13,0 m, si ritiene quindi adeguato il fondale esistente.

Le briccole esistenti (BD1÷BD3 e MD1, MD2) definiscono un piano di ormeggio a quattro punti, avendo due cime al traverso sulle briccole di ormeggio e due traversini sulle briccole di accosto. In accordo a PIANC la distanza raccomandata tra le briccole di accosto deve essere tra 0,25 ÷ 0,40 LOA della nave, pari al range 48,9 ÷ 78,2 m misurato rispetto al centro nave.

Il corpo cilindrico della nave in condizione di zavorra è pari a 98 m, circa 49 m verso prua e 49 m verso poppa, le briccole esistenti hanno le seguenti distanze dal centro nave (centro corpo cilindrico):

- BD1: 46,7 m verso poppa
- BD2: 14,7 m verso poppa
- BD3: 10,3 m verso prua

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 23 di 50

Con riferimento alla figura seguente si osserva che la briccola BD3 si trova troppo vicino al centro nave, circa 10,3 m.

La briccola BD1 si trova all'interno del corpo cilindrico della nave, ma oltre il valore raccomandato PIANC  $78,2 \text{ m} / 2 = 39,1 \text{ m}$ , analogamente la briccola BD2 si trova troppo vicino al centro nave, in analogia con la briccola BD3. Tuttavia la presenza di due briccole lato poppa della nave è sufficiente a garantirne la stabilità all'accosto, risultando entrambe all'interno del corpo cilindrico.

Per quanto riguarda la metà lato prua della nave, una sola briccola (BD3) non è sufficiente a garantire la stabilità della nave all'accosto, pertanto in simmetria al lato di poppa è necessario aggiungere una briccola ulteriore, denominata BD7 posta lato prua a 25 m dalla briccola BD3, corrispondenti a 35,3 m dal centro nave, compatibile con i 39,1 m del corpo cilindrico e con il limite massimo del range raccomandato da PIANC.

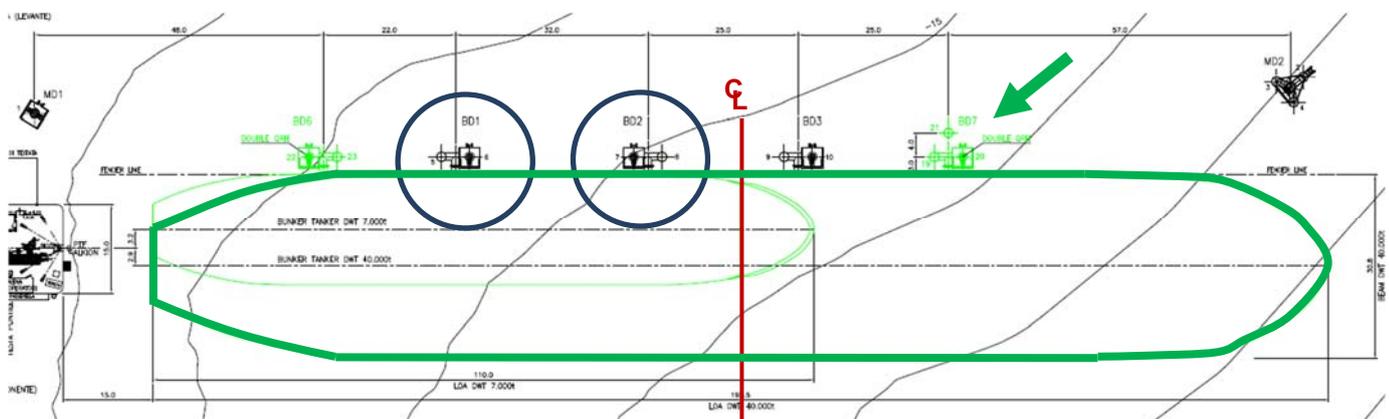


Figura 8 Valutazione del piano di ormeggio della nave massima da 40.000 DWT.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 24 di 50

## 5.2 VALUTAZIONE DELLA NAVE MINIMA DA 7,000 DWT ALL'ACCOSTO

La nave minima si trova ad essere più arretrata rispetto alla nave massima, questo dovendo mantenere una distanza di circa 15 m dalla piattaforma di testata pontile, per consentire le operazioni di carico/scarico. Pertanto il fondale all'accosto varia da -14.0 m in corrispondenza della poppa della nave e scende fino a -15.5 m in corrispondenza della prua. Il pescaggio massimo della nave a pieno carico è pari a 7,10 m, che a fronte del minimo fondale disponibile di -14.0 m garantisce ampiamente il minimo UKC (Under Keel Clearance) richiesto.

In accordo a PIANC la distanza raccomandata tra le bricole di accosto deve essere tra  $0,25 \div 0,40$  LOA della nave, pari al range  $27,5 \div 44,0$  m misurato rispetto al centro nave.

Il corpo cilindrico della nave in condizione di zavorra è pari a 54 m, circa 27 m verso prua e 27 m verso poppa, le bricole esistenti hanno le seguenti distanze dal centro nave (centro corpo cilindrico):

- BD1: 4,7 m verso poppa
- BD2: 27,0 m verso prua
- BD3 e Nuova BD7: sono oltre la prua della nave

Con riferimento alla figura seguente si osserva che la bricola BD1 si trova troppo vicino al centro nave, circa 4,7 m.

La bricola BD2 si trova all'interno del corpo cilindrico della nave, ma oltre il valore raccomandato PIANC  $44,0 \text{ m} / 2 = 22,0 \text{ m}$ , le restanti bricole di accosto BD3 e BD7 risultano oltre la prua della nave.

Pertanto lato poppa della nave, la sola bricola BD1 non è sufficiente a garantire la stabilità della nave all'accosto, pertanto è necessario aggiungere una bricola ulteriore, denominata BD6 posta lato poppa a 17,0 m dalla bricola BD1,

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 25 di 50

corrispondenti a 21,7 m dal centro nave in modo da rispettare il valore raccomandato massimo di 0,4 LOA corrispondente a 22,0 m.

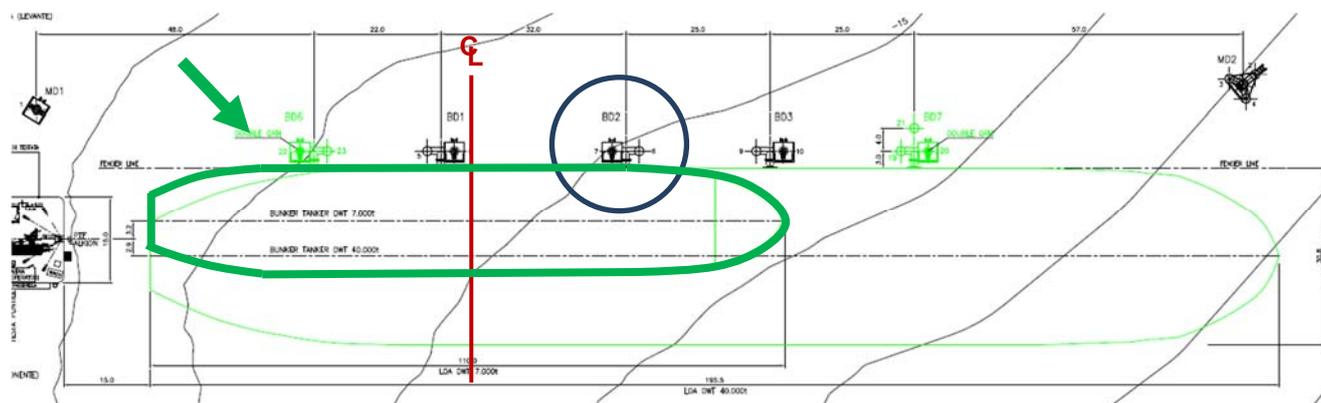


Figura 9 Valutazione del piano di ormeggio della nave minima da 7.000 DWT.

Il piano d'ormeggio così definito risulta a quattro punti, avendo due cime al traverso sulla briccola di ormeggio MD1 e di accosto BD7 e due traversini sulle briccole di accosto BD2 e BD6. A questo si aggiunge in ausilio la possibilità di utilizzare la briccola BD3 per posare ulteriori cime lato prua.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 26 di 50

### 5.3 PROCEDURE DI ACCOSTO

La briccola BD6, necessaria per l'ormeggio della nave minima da 7,000 DWT, risulta al di fuori del corpo cilindrico della nave massima da 40,000 DWT, trovandosi a circa 64 m da centro nave, contro un massimo corpo cilindrico lato poppa di 59 m a pieno carico.

Questa briccola non potrà quindi servire tutte le navi, ma solo quelle con copro cilindrico analogo alla nave minima.

Tuttavia la sua posizione potrebbe essere interferente sulle manovre di accosto lato poppa, inquanto potrebbe essere accidentalmente urtata dalla nave e potrebbe di conseguenza danneggiare quest'ultima se l'impatto dovesse avvenire al di fuori del copro cilindrico.

Per prevenire questa eventualità la briccola di accosto BD6 sarà progettata in analogia alle altre briccole esistenti, consentendo l'accosto di navi fino a 25,000 DWT attualmente autorizzate, per navi di dimensione maggiore, l'accosto dovrà essere procedurato lato prua sulla briccola BD7.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 27 di 50

## 6 VERIFICA PRELIMINARE DELLE BRICCOLE DI ORMEGGIO

La verifica delle strutture di ormeggio è condotta sulla base della gerarchia PIANC tra i vari elementi che costituiscono il sistema di ormeggio (winch della nave, cima, gancio e briccola), così come riportati nella figura seguente.

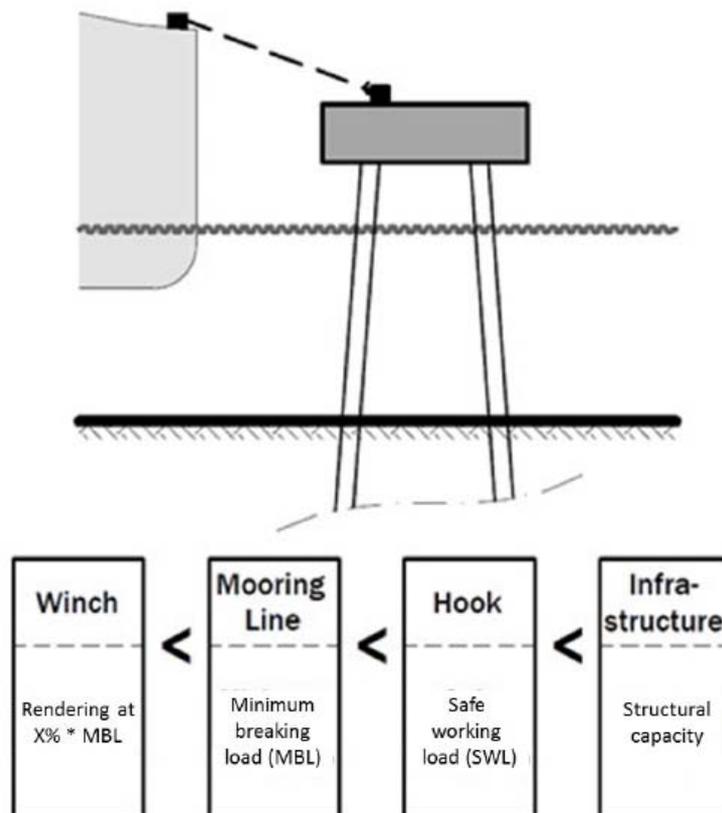


Figura 11 Gerarchia degli elementi di ormeggio.

In particolare l'elemento principale che definisce la gerarchia è l'MBL delle cime di ormeggio. La scelta del gancio a scocco deve soddisfare la condizione  $MBL_{Cima} < SWL_{Gancio}$ . Le briccole MD1 ed MD2 e le briccole BD1+BD3 hanno tutte in dotazione ganci da 50 t, che limiterebbero le cime a 50 t di MBL, tuttavia il criterio progettuale delle strutture esistenti è antecedente a questa raccomandazione e pertanto

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 28 di 50

i ganci rispettano la gerarchia  $SWL_{Cima} < SWL_{Gancio}$ . Questo criterio è riepattato anche per la nuova nave massima da 40,000 DWT, avendo:

$$SWL_{Cima} = 85 \text{ t} \times 55\% = 46,7 \text{ t} < SWL_{Gancio} = 50 \text{ t}.$$

Per quanto riguarda le strutture la gerarchia richiede  $SWL_{Gancio} < \text{Structural Capacity}$ , dove la “Structural Capacity” è legata ai vari stati limite considerati.

Per la definizione delle azioni di verifica per le strutture di ormeggio i riferimenti principali indicati da PIANC sono i seguenti:

- Approccio Americano

Viene definito il seguente carico:

$$F_{ZA} = SWL [1.0 + 0.6 \times (n-1)] \quad \text{[Equation 7-1]}$$

Where:

$F_{ZA}$  = Design load for hook anchorage and supporting structure

$n$  = Number of hooks in the assembly

For the case of  $n = 1$ , a factor of 1.18 is recommended

Questo carico è da comparare con il massimo carico dovuto dai tiri delle cime di ormeggio determinati con una analisi dedicata sulla base delle azioni ambientali operative, sui quali applicare un appropriato coefficiente di carico, assunto pari a 1,5, in accordo ai valori indicati da NTC 2018 per le combinazioni di carico strutturali agli stati limite ultimi ed in linea anche con gli Eurocodici.

Per questa ragione il valore di azione allo stato limite ultimo può essere determinato come il massimo tra  $F_{ZA}$  e 1,5 volte il massimo tiro di ormeggio. Di conseguenza il tiro per le verifiche in esercizio sarà pari al massimo tra  $F_{ZA} / 1,5$  e il tiro delle cime di ormeggio.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 29 di 50

Per le verifiche di fattibilità si considera solamente il valore  $F_{ZA}$  e si rimanda a fasi successive di progettazione le analisi di ormeggio.

- Approccio BS 6349:1-2

L'approccio BS è quello di determinare un tiro per le verifiche sulla base della seguente tabella estratta da PIANC.

Number of Mooring Hooks per Mooring Point (N)	Total Accidental Mooring Point Load as Multiple of the Factored Rated Hook SWL (or factored rated MBL of vessel's mooring line, where appropriate)	Scenario for Derivation of Total Mooring Point Load From Mooring Line MBL
2	$1.8 \times 1.18 = 2.1$	$1 \times 0.8 + 1 \times \text{MBL}$ = line on one mooring hook at MBL and the other at ship's winch design brake holding load
3	$2.4 \times 1.18 = 2.8$	$3 \times 0.8 \times \text{MBL}$ = lines on each hook at ship's winch design brake holding load
4	$3.0 \times 1.18 = 3.5$	$3 \times 0.8 \times \text{MBL} + 1 \times 0.6 \times \text{MBL}$ = $3 \times \text{MBL}$ lines on each hook at ship's winch design brake holding load, one line at ship's winch brake setting

Table 7.6: BS6349 Accidental loads for multiple hooks, exposed conditions (BS6349:1-2 Table H.2) [Ref 7-6]

Tabella 9 Criterio per la definizione del tiro di ormeggio secondo BS-6349:1-2

I valori determinati da questo approccio risultano essere molto elevati e in accordo a PIANC è consigliato impiegarli per le verifiche allo stato limite ultimo eccezionale della struttura, pertanto senza ulteriori fattorizzazioni di sicurezza.

Sulla base dell'approccio indicato si riportano le verifiche relative ai tiri di ormeggio.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 30 di 50

## 6.1 BRICCOLE DI ORMEGGIO MD1 E MD2

Le due briccole di ormeggio montano quattro ganci a scocco da 50 t. entrambe le briccole sono a servizio della nave massima da 40,000 DWT che ne determina la condizione di massima sollecitazione. Si riporta di seguito la tabella per il calcolo del tiro  $F_{ZA}$  sulla base di diversi valori di MBL delle cime: i primi tre sono relativi ai valori indicati da statistica MEG4 per il range navi 25.000 ÷ 45.000 DWT, gli ultimi due basati su valori tipici per cime sintetiche ed in acciaio per navi da 40.000 DWT. Viene evidenziato il valore massimo, relativo al 95% di confidenza secondo la statistica MEG4.

	Approccio US				
	MEG4 5% [t]	MEG4 50% [t]	MEG4 95% [t]	PIANC Typ. PP [t]	PIANC Typ. SW [t]
<b>MBL M.L.</b>	49	58	82	45.7	49.3
<b>%MBL</b>	55%	55%	55%	50%	55%
<b>SW M.L.</b>	27.0	31.9	45.1	22.9	27.1
<b>N°</b>	4	4	4	4	4
<b>F<sub>ZA</sub></b>	75.5	89.3	<b>126.3</b>	64.0	75.9

Tabella 10 Calcolo del tiro  $F_{ZA}$  per le briccole di ormeggio MD1 ed MD2.

Nella seguente tabella viene riportato il calcolo del tiro di ormeggio in accordo a BS 6394:1-2.

Approccio BS 6349:1-2			
Hook SWL [t]	N°	Factor	Load [t]
50	4	3.5	<b>175</b>

Tabella 11 Calcolo del tiro di ormeggio in accordo a BS 6349:1-2.

Riassumendo i carichi di progetto:

- Condizione di carico SLU:  $\max(F_{ZA} ; 1.5 \times \max\text{MooringLoad}) = 1263 \text{ kN}$
- Condizione di carico eccezionale = 1750 kN

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 31 di 50

- Condizione di carico operative SLE:  $SLU / 1.5 = 842 \text{ kN}$

Si riporta quindi il confronto con i valori di progetto delle briccole di ormeggio:

- Verifica SLU: Valore di progetto  $1980 \text{ kN} > F_{ZA} = 1263 \text{ kN}$
- Verifica a carico Eccezionale: Valore di progetto  $2000 \text{ kN} > \text{Valore BS } 1750 \text{ kN}$
- Verifica SLE: Valore di progetto  $1320 \text{ kN} > F_{ZA}/1,5 = 842 \text{ kN}$

Tutti i valori determinati per la verifica delle briccole di ormeggio sono minori di quelli per le quali sono state progettate, pertanto non vi sono limitazioni alle strutture in oggetto.

## 6.2 BRICCOLE DI ACCOSTO BD1÷BD3

Le briccole di accosto esistenti da BD1 a BD3 montano due ganci a scocco da 50 t, come in precedenza, si riporta di seguito la tabella per il calcolo del tiro  $F_{ZA}$  sulla base di diversi valori di MBL delle cime relative alla nave massima da 40.000 DWT, viene evidenziato il valore massimo, relativo al 95% di confidenza secondo la statistica MEG4.

	Approccio US				
	MEG4 5% [t]	MEG4 50% [t]	MEG4 95% [t]	PIANC Typ. PP [t]	PIANC Typ. SW [t]
<b>MBL M.L.</b>	49	58	82	45.7	49.3
<b>%MBL</b>	55%	55%	55%	50%	55%
<b>SW M.L.</b>	27.0	31.9	45.1	22.9	27.1
<b>N°</b>	2	2	2	2	2
<b>F<sub>ZA</sub></b>	43.1	51.0	<b>72.2</b>	36.6	43.4

Tabella 12 Calcolo del tiro  $F_{ZA}$  per la briccola di accosto BD1.

Nella seguente tabella viene riportato il calcolo del tiro di ormeggio in accordo a BS 6394:1-2.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 32 di 50

Approccio BS 6349:1-2			
Hook SWL [t]	N°	Factor	Load [t]
50	2	2.1	<b>105</b>

Tabella 13 Calcolo del tiro di ormeggio in accordo a BS 6349:1-2.

Riassumendo i carichi di progetto:

- Condizione di carico SLU:  $\max(F_{ZA} ; 1.5 \times \max\text{MooringLoad}) = 722 \text{ kN}$
- Condizione di carico eccezionale = 1050 kN
- Condizione di carico operative SLE:  $\text{SLU} / 1.5 = 481 \text{ kN}$

Per quanto riguarda i valori progettuali si riporta uno stralcio della relazione di calcolo del progetto esecutivo:

### 13.1. Generalità

In questo Capitolo vengono sviluppate le verifiche strutturali allo Stato Limite Ultimo dei sistemi di ancoraggio ganci delle briccole BD1÷BD5. La forza di ormeggio agente sulle briccole allo stato limite ultimo si calcola considerando due cavi con un M.B.L. di 88 t:

$$F_{\text{SLU}} = 2 \cdot 0.5 \cdot 880 \text{ kN} \cdot 1.5 = 1320 \text{ kN}$$

L'unico valore fornito è il carico allo stato limite ultimo (SLU) di 1320 kN, pertanto si riportano di seguito i confronti con i valori ottenuti:

- Verifica SLU: Valore di progetto 1320 kN >  $F_{ZA} = 722 \text{ kN}$
- Verifica a carico Eccezionale: Valore di progetto 1320 kN > Valore BS 1050 kN

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 33 di 50

- Verifica SLE: Valore di progetto  $1320 \text{ kN} / 1,5 = 880 \text{ kN} > F_{ZA}/1,5 = 481 \text{ kN}$

Dai valori ottenuti si ritiene che le briccole esistenti da BD1 a BD3 sono strutturalmente adeguate a sostenere i tiri di ormeggio di tutte le navi dalla 7,000 DWT alla 40,000 DWT.

### 6.3 BRICCOLA DI ACCOSTO BD6

La briccola BD6, di nuova realizzazione, viene progettata in analogia alle briccole esistenti, con un doppio gancio da 50 t, mantenendo i criteri di sicurezza esistenti per le navi al di sotto della massima attualmente autorizzata da 25.000 DWT.

Si riporta di seguito la tabella per il calcolo del tiro  $F_{ZA}$  sulla base di diversi valori di MBL delle cime, viene evidenziato il valore massimo, relativo al 95% di confidenza secondo la statistica MEG4 per la nave minima da 7.000 DWT.

	Approccio US				
	MEG4 5% [t]	MEG4 50% [t]	MEG4 95% [t]	PIANC Typ. PP [t]	PIANC Typ. SW [t]
<b>MBL M.L.</b>	30	47	76	35	36
<b>%MBL</b>	55%	55%	55%	50%	55%
<b>SW M.L.</b>	16.5	25.9	41.8	17.5	19.8
<b>N°</b>	2	2	2	2	2
<b>F<sub>ZA</sub></b>	26.4	41.4	<b>66.9</b>	28.0	31.7

Tabella 14 Calcolo del tiro  $F_{ZA}$  per la briccola di accosto BD6.

Nella seguente tabella viene riportato il calcolo del tiro di ormeggio in accordo a BS 6394:1-2.

Approccio EU			
Hook SWL [t]	N°	Factor	Load [t]
50	2	2.1	<b>105</b>

Tabella 15 Calcolo del tiro di ormeggio in accordo a BS 6349:1-2.

Riassumendo i carichi di progetto:

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 34 di 50

- Condizione di carico SLU:  $\max(F_{ZA} ; 1.5 \times \max\text{MooringLoad}) = 669 \text{ kN}$
- Condizione di carico eccezionale = 1050 kN
- Condizione di carico operative SLE:  $\text{SLU} / 1.5 = 446 \text{ kN}$

Tutti questi valori, relativi alla nave da 7.000 DWT, risultano evidentemente minori di quelli per la briccola BD1, pertanto, in analogia con questa, una struttura a due pali è idonea per la gerarchia PIANC.

#### 6.4 BRICCOLA DI ACCOSTO BD7

La briccola di accosto BD7, di nuova realizzazione, viene progettata in accordo alle attuali gerarchie, pertanto si considera un gancio doppio da 100 t, a fronte dell'MBL massimo delle dime di 82 t.

Si riporta di seguito la tabella per il calcolo del tiro  $F_{ZA}$  sulla base di diversi valori di MBL delle cime, viene evidenziato il valore massimo, relativo al 95% di confidenza secondo la statistica MEG4.

	Approccio US				
	MEG4 5% [t]	MEG4 50% [t]	MEG4 95% [t]	PIANC Typ. PP [t]	PIANC Typ. SW [t]
<b>MBL M.L.</b>	49	58	82	45.7	49.3
<b>%MBL</b>	55%	55%	55%	50%	55%
<b>SW M.L.</b>	27.0	31.9	45.1	22.9	27.1
<b>N°</b>	2	2	2	2	2
<b>F<sub>ZA</sub></b>	43.1	51.0	<b>72.2</b>	36.6	43.4

Tabella 16 Calcolo del tiro  $F_{ZA}$  per la briccola di accosto BD7.

Nella seguente tabella viene riportato il calcolo del tiro di ormeggio in accordo a BS 6394:1-2.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 35 di 50

<b>Approccio BS 6349:1-2</b>			
<b>Hook SWL [t]</b>	<b>N°</b>	<b>Factor</b>	<b>Load [t]</b>
100	2	2.1	<b>210</b>

Tabella 17 Calcolo del tiro di ormeggio in accordo a BS 6349:1-2.

Riassumendo i carichi di progetto:

- Condizione di carico SLU:  $\max(F_{ZA} ; 1.5 \times \max\text{MooringLoad}) = 722 \text{ kN}$
- Condizione di carico eccezionale = 2100 kN
- Condizione di carico operative SLE:  $\text{SLU} / 1.5 = 481 \text{ kN}$

Il carico eccezionale è superiore a quello definito per le briccole BD1÷BD6 e rende una struttura a due pali non idonea per la gerarchia PIANC, tuttavia è il carico di accosto dato dal fender ad essere quello dominante per la progettazione che determina la necessità di una briccola a tre pali.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 36 di 50

## **7 VERIFICA PRELIMINARE DELLE BRICCOLE DI ACCOSTO**

Le verifiche di accosto sono relative alle due briccole di BD6 e BD7 di nuova realizzazione, essendo le briccole più esterne e soggette ad una accosto lato poppa, la prima, e lato prua la seconda.

Come precedentemente indicato la briccola BD6 sostituirà la briccola BD1 come briccola di accosto poppiero, dovrà pertanto essere dimensionata per l'energia di accosto massima attualmente autorizzata da 25.000 DWT e pari a 1050 kNm.

La briccola BD7 sarà invece dimensionata per l'accosto della nuova nave massima da 40.000 DWT.

### **7.1 BRICCOLA DI ACCOSTO BD6**

La briccola BD6 è posta su un fondale di -14.0 m e, in analogia alle briccole BD1÷BD3, sarà realizzata da due pali da 1574 mm a spessore variabile, come riportato al capitolo 3.5.

Si riporta nella figura seguente uno stralcio della briccola BD6 realizzata con due pali.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 37 di 50

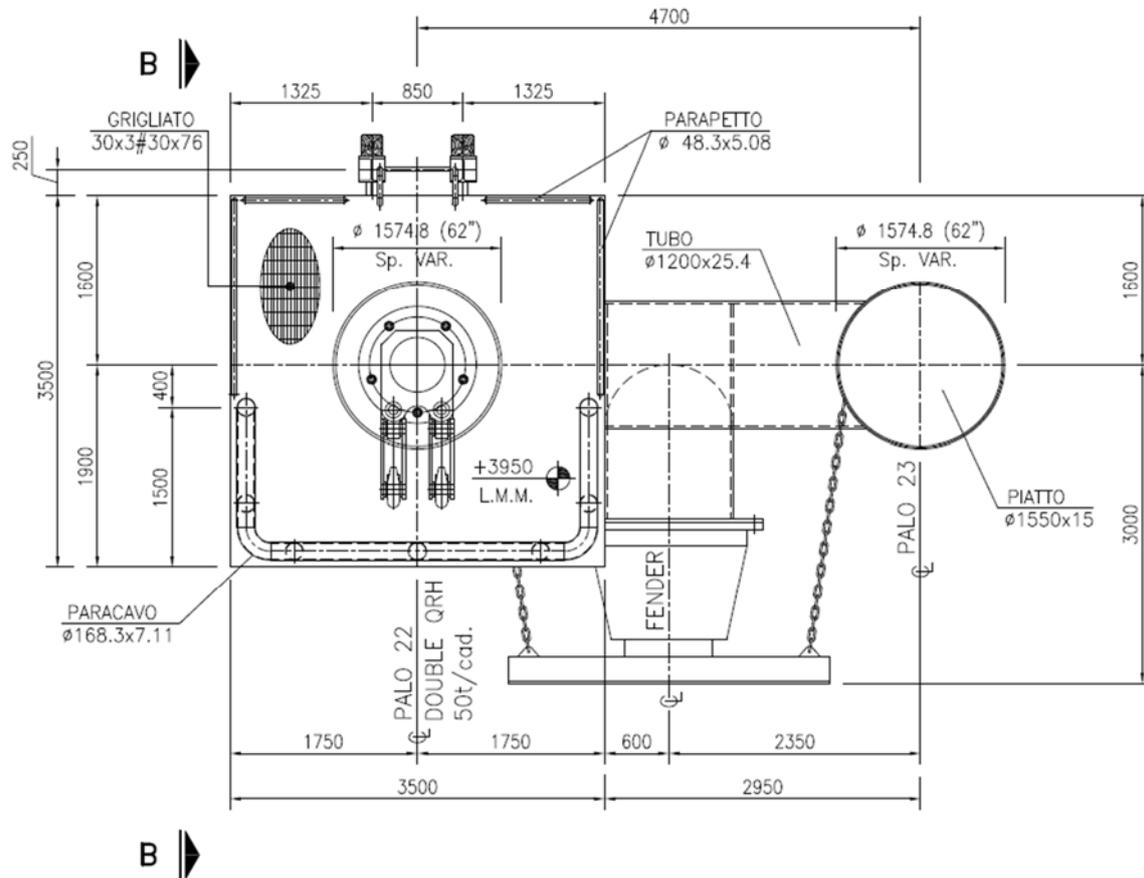


Figura 12 Briccola BD6 a due pali.

La resistenza allo stato limite ultimo per carico orizzontale di un palo è stimata essere 1184 kN, il corrispondente diagramma del momento flettente, rapportato con le resistenze a flessione delle virole del palo, è riportato nella seguente figura.

Come indicato in precedenza, il tiro di ormeggio in caso eccezionale è pari a 1050 kN che risulta minore di  $1184 \text{ kN} \times 2 \text{ pali} = 2368 \text{ kN}$ , quindi la briccola è verificata per il tiro dei ganci a scocco.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 38 di 50

### Bending Moment Verification

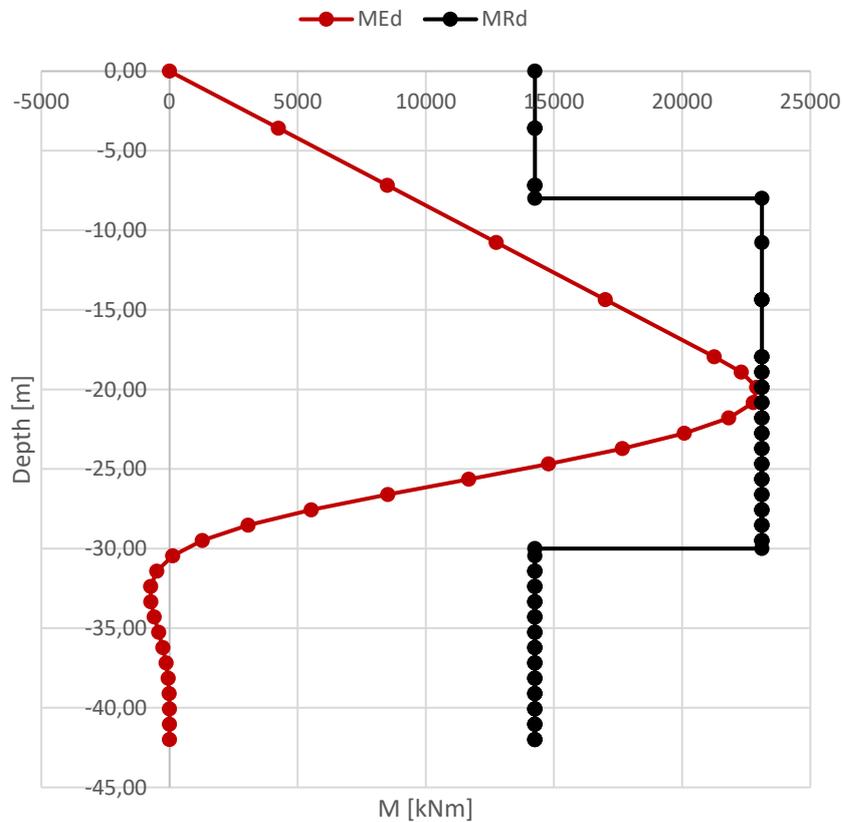


Figura 13 Momento flettente e momento resistente per un palo della bricola BD6.

Nella figura seguente è riportato il diagramma di spostamento del palo, in condizioni di stato limite di esercizio, per un carico di  $1184/1.5 = 789$  kN dal quale si ha uno spostamento in corrispondenza della posizione del fender di 0.428 m.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 39 di 50

### Deflection

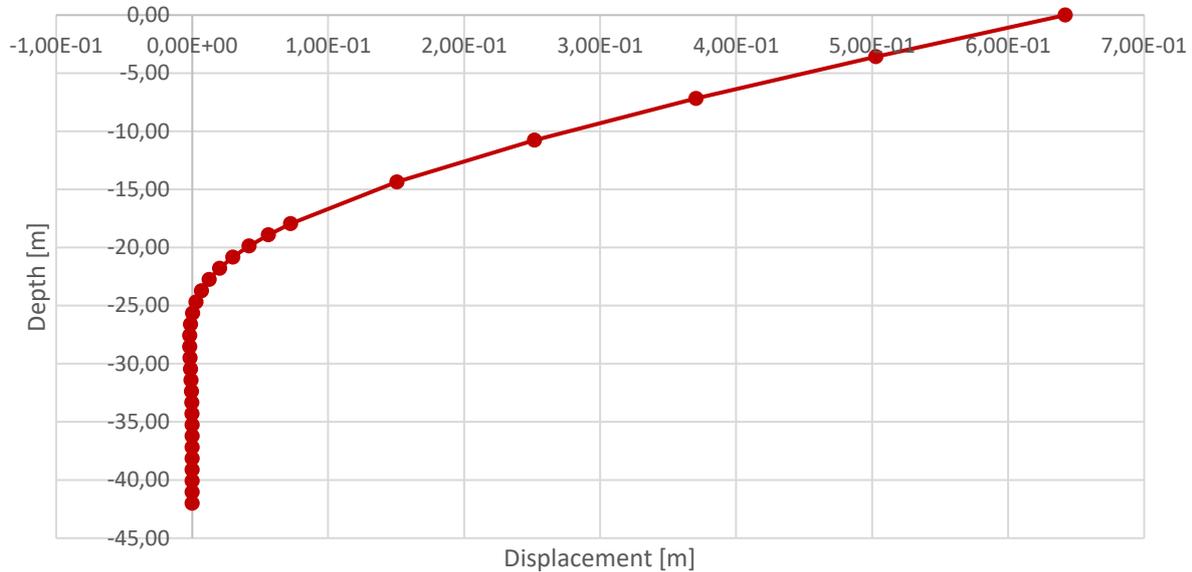


Figura 14 Diagramma degli spostamenti per un palo della bricola BD6.

L'energia che la bricola è un grado di assorbire in campo elastico è pertanto pari a:

$$E_{BD6} = [ 0.5 \times (789 \text{ kN} \times 0.428 \text{ m}) ] \times 2 \text{ pali} = 338 \text{ kNm}$$

Per la definizione delle caratteristiche di assorbimento energetico e di conseguente reazione del fender è necessario considerare i seguenti coefficienti.

$$E_A \leq E_{cv} \times TOL \times VF \times TF \times AF$$

– Temperature (maximum)

– Velocity (minimum)

$E_A$  = Abnormal berthing energy

$E_{cv}$  = Constant velocity performance

TOL = Manufacturing tolerance (typ -10%)

TF = Temperature factor\*

VF = Velocity factor\*

AF = Angle factor\*

$$R \geq R_{cv} \times TOL \times VF \times TF \times AF$$

– Temperature (minimum)

– Velocity (maximum)

R = Reaction force

$R_{cv}$  = Constant velocity performance

TOL = Manufacturing tolerance (typ +10%)

TF = Temperature factor\*

VF = Velocity factor\*

AF = Angle factor\*

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 40 di 50

In riferimento alle condizioni di accosto e la tipologia di fender i coefficienti sono riportati nella seguente tabella.

Energia	Reazione
TOL = 0.9	TOL = 1.1
TF = 0.987 (30°C)	TF = 0.987 (30°C)
VF = 1.10 ( ~6 sec)	VF = 1.10 ( ~6 sec)
AF = 1.0 (10°)	AF = 1.0 (10°)
<b>TOTALE = 0.977</b>	<b>TOTALE = 1.194</b>

Tabella 18 Tabella dei coefficienti per la determinazione delle caratteristiche di progetto dei fender.

Il fender previsto è di tipo conico Trelleborg SCN 1100 E2.2 avente le seguenti caratteristiche:

- Energia nominale  $E_{CV} = 754 \text{ kNm}$
- Reazione nominale  $R_{CV} = 1322 \text{ kN}$
- Energia di calcolo  $E_A = 754 \text{ kNm} \times 0.977 = 737 \text{ kNm}$
- Reazione di calcolo  $R = 1322 \text{ kN} \times 1.194 = 1578 \text{ kN}$

La reazione  $R$  di 1578 kN è uguale a quella assunta per il calcolo dell'energia del palo (1578 kN / 2 pali = 789 kN).

L'energia massima che può essere assorbita dalla briccola è pertanto pari a:

$$E_{BD6\_TOT} = E_{BD6} + E_{SCN1100} = 338 \text{ kNm} + 737 \text{ kNm} = 1075 \text{ kNm}$$

L'energia massima che può essere assorbita è pertanto superiore a quella prodotta dalla nave massima in accosto attualmente autorizzata pari a 1050 kNm.

Si determina inoltre l'energia di accosto della nave minima da 7.000 DWT.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 41 di 50

In accordo a PIANC si considerano le caratteristiche della nave di progetto al 95% di confidenza in termini di dislocamento e pescaggio ai fini del calcolo delle energie di accosto:

- Massimo pescaggio (95%): 8.20 m
- Massimo dislocamento (95%): 11500 t

La posizione del punto di impatto della nave rispetto alla briccola è assunta pari ad  $\frac{1}{4}$  della LOA misurata da poppa.

Si riporta in allegato al capitolo 9 il foglio di calcolo impiegato per la determinazione dell'energia di accosto.

L'energia di accosto determinata per la nave da 7.000 DWT è pari a 559 kNm, pertanto minore di quella massima che può essere assorbita dalla briccola.

## 7.2 BRICCOLA DI ACCOSTO BD7

La briccola BD7, di nuova realizzazione, è posta su un fondale di -15.5 m.

In accordo a PIANC si considerano le caratteristiche della nave di progetto al 95% di confidenza in termini di dislocamento e pescaggio ai fini del calcolo delle energie di accosto:

- Massimo pescaggio (95%): 13.4 m
- Massimo dislocamento (95%): 60.900 t

La posizione del punto di impatto della nave rispetto alla briccola è assunta pari ad  $\frac{1}{4}$  della LOA misurata da prua.

Si riporta in allegato al capitolo 9 il foglio di calcolo impiegato per la determinazione dell'energia di accosto.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 42 di 50

L'energia di accosto di progetto, determinata in condizione di "abnormal impact", come richiesto da PIANC, è pari a: 1572 kNm.

La struttura della briccola è analoga a quella delle altre briccole BD1÷BD3, tuttavia essendo l'energia di calcolo, della nuova nave massima, circa il 30% maggiore di progetto delle altre tre briccole, la nuova briccola BD7 sarà costituita da tre pali di diametro 1575 mm a spessore variabile come riportato nella figura seguente.

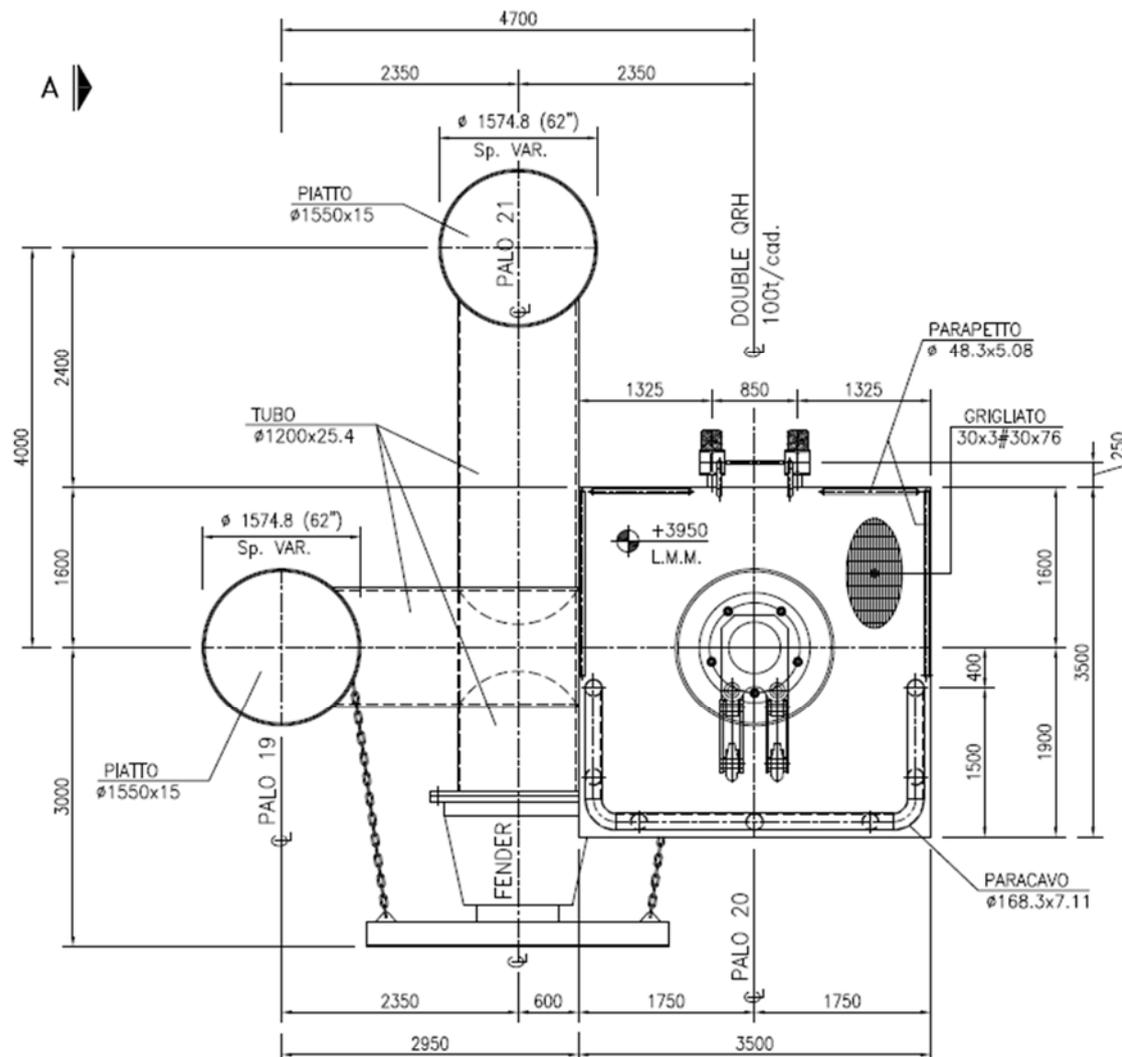


Figura 15 Briccola BD7 a tre pali.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 43 di 50

La resistenza allo stato limite ultimo del palo è di 1103 kN, considerando tre pali, la resistenza totale della briccola è pari a 3309 kN. Si riporta il diagramma del momento flettente su un palo della briccola.

In virtù del fondale più profondo (-15,5 m) rispetto a quello della briccola BD6 (-14,0 m), il carico limite del singolo palo risulta minore (1103 kN per la BD7 contro 1184 kN per la BD6) di circa il 7%.

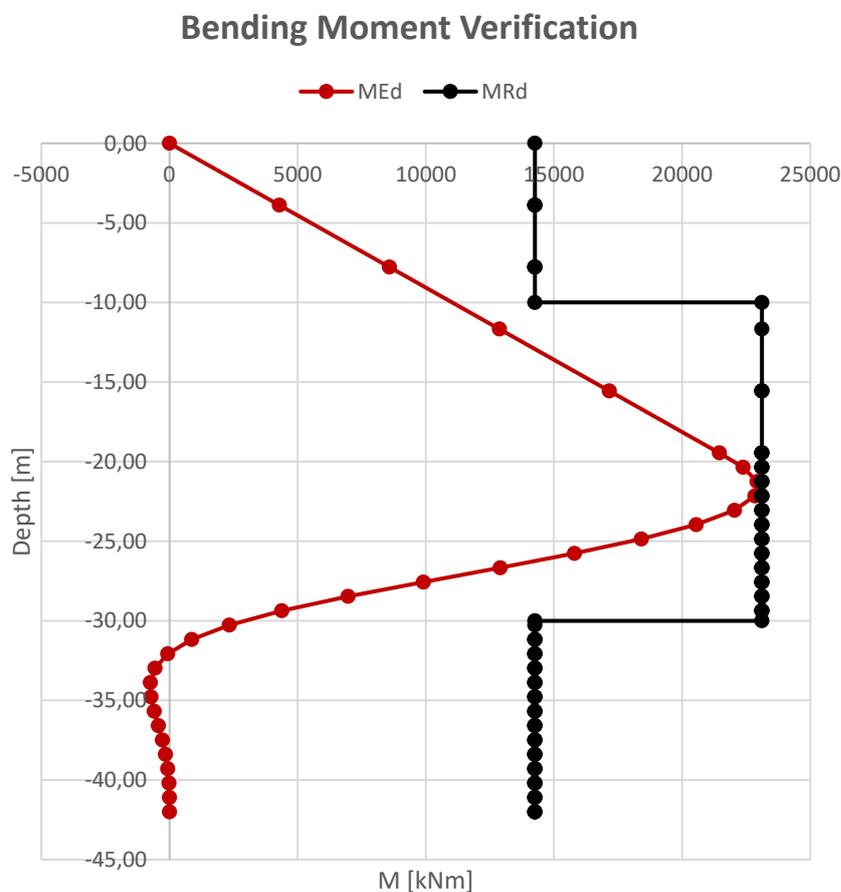


Figura 16 Momento flettente e momento resistente per un palo della briccola BD7.

Nella figura seguente è riportato il diagramma di spostamento del palo, in condizioni di stato limite di esercizio, per un carico di  $1103/1.5 = 735$  kN dal quale si ha uno spostamento in corrispondenza della posizione del fender di 0.474 m.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 44 di 50

### Deflection

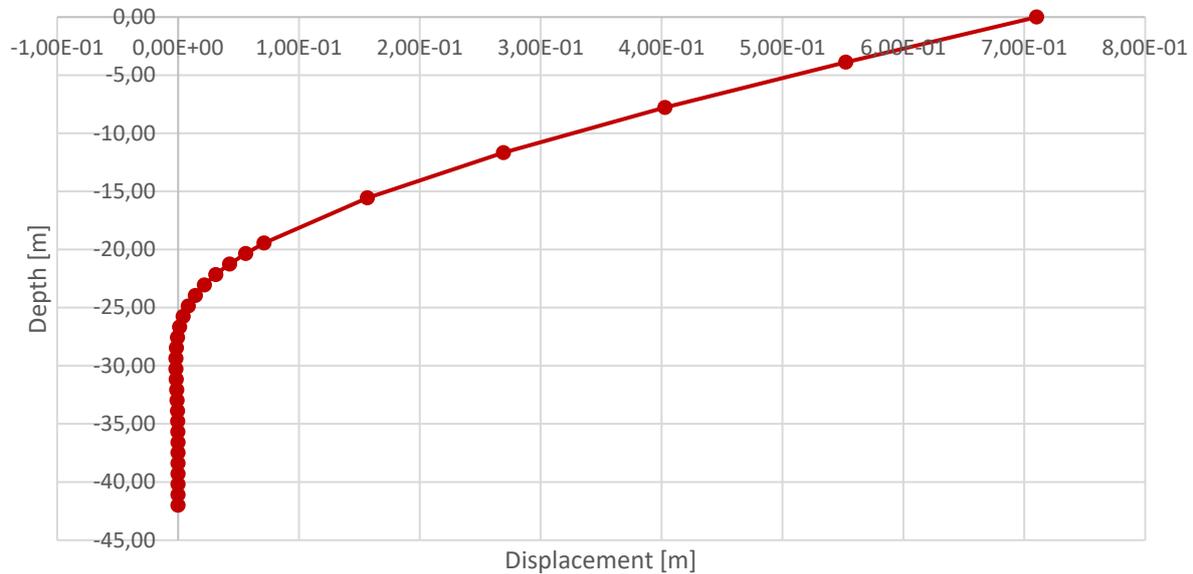


Figura 17 Diagramma degli spostamenti per un palo della briccola BD7.

La capacità di assorbimento della briccola BD7 è pari a:

$$E_{BD7} = [ 0.5 \times (735 \text{ kN} \times 0.474 \text{ m}) ] \times 3 \text{ pali} = 522 \text{ kNm}$$

L'energia residua nominale è pertanto:  $1572 \text{ kNm} - 522 \text{ kNm} = 1050 \text{ kNm}$

Sulla base dei coefficienti riportati in Tabella 18 l'energia di progetto richiesta è pari a:  $1050 \text{ kNm} / 0.977 = 1075 \text{ kNm}$ .

Si assume un fender tipo Trelleborg SNC 1200 E.3.1, avete le seguenti caratteristiche:

- $E_{cv} = 1150 \text{ kNm}$
- $R_{cv} = 1848 \text{ kN}$

L'energia complessiva risulta pertanto pari a:

$$E_{BD7\_TOT} = E_{BD7} + E_{SCN1200} = 522 \text{ kNm} + 0.977 \times 1150 \text{ kNm} = 1646 \text{ kNm}$$

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 45 di 50

La quale risulta maggiore dell'energia di accosto di progetto pari a 1572 kNm.

La reazione di progetto data dal nuovo fender è pari a:

$$R = 1.194 \times 1848 = 2207 \text{ kN}$$

La reazione R di 2207 kN è uguale a quella assunta per il calcolo dell'energia del palo (2207 kN / 3 pali = 735 kN).

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 46 di 50

## **8 CONCLUSIONI E FASI SUCCESSIVE**

Nella presente relazione tecnica sono state riportate le verifiche di progetto preliminare relative alle modifiche dell'accosto Alkion di testa pontile a Vado Ligure (SV).

Scopo delle modifiche è quello di poter ricevere navi cisterna da 7.000 DWT fino a 40.000 DWT.

La nave massima attualmente accettata, riferita alla progettazione esecutiva del terminale redatta per il progetto "transitorio petroli" è da 25.000 DWT, mentre la nave minima è da 12.000 DWT; pertanto le modifiche sono rivolte ad un aumento della capacità ricettiva dell'accosto.

La nuova nave massima può essere ricevuta all'accosto in termini di pescaggio, tuttavia si configura la necessità di realizzare una nuova briccola di accosto, denominata BD7, avente anche funzione di briccola di ormeggio per i traversini della nave.

La nuova nave minima può essere ricevuta all'accosto ma richiede la realizzazione di una nuova briccola di accosto BD6 a causa delle ridotte dimensioni della nave, avente anche funzione di briccola di ormeggio per i traversini della nave.

La nuova briccola BD7 è costituita da tre pali e monta un gancio a scocco doppio da 100t.

La nuova briccola BD6 è costituita da due pali e, in analogia alle briccole esistenti, monta un gancio a scocco doppio da 50 t.

Non sono previsti interventi sulle briccole di accosto BD1÷BD3 e sulle briccole di ormeggio MD1 ed MD2.

Si evidenzia che la metodologia progettuale, per le strutture di ormeggio e la definizione dei ganci a scocco, utilizzata nel progetto transitorio petroli, sono di fatto superate da metodologie più moderne. In generale i ganci attualmente installati sono accettabili, ma

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 47 di 50

non in congruenza alle attuali metodologie progettuali, per questa ragione, sulla nuova briccola BD7 è previsto un gancio a scocco doppio da 100 t.

La briccola BD6 invece sarà la nuova briccola di poppavia e pertanto soggetta all'accosto poppiero delle navi fino a 25.000 DWT, per questa ragione è progettata in analogia alle briccole adiacenti.

Si evidenzia che l'aumento di capacità ricettiva per le navi minime, fino a 7.000 DWT, comporta la realizzazione della briccola BD6, che essendo la briccola di poppavia è progettata per l'accosto di navi fino alla massima attualmente autorizzata da 25.000 DWT. Tutte le navi che eccedono i 25.000 DWT, fino alla nuova nave massima da 40.000 DWT, dovranno accostare lato proravia sulla briccola BD7.

Tutte le verifiche condotte sono state eseguite sulla base del progetto esecutivo delle opere, ma nelle fasi successive sarà necessario risalire a dati sul "come costruito", tramite eventuali elaborati grafici, report di battitura dei pali, certificati dei materiali, giornali di cantiere ecc...

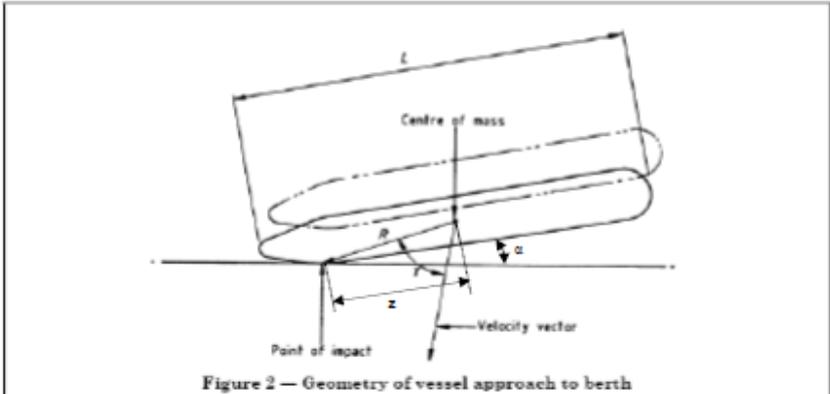
Per tutte le informazioni mancanti sarà necessario eseguire una campagna di indagini integrativa al fine di raggiungere il livello normativo di conoscenza LC3 ipotizzato.

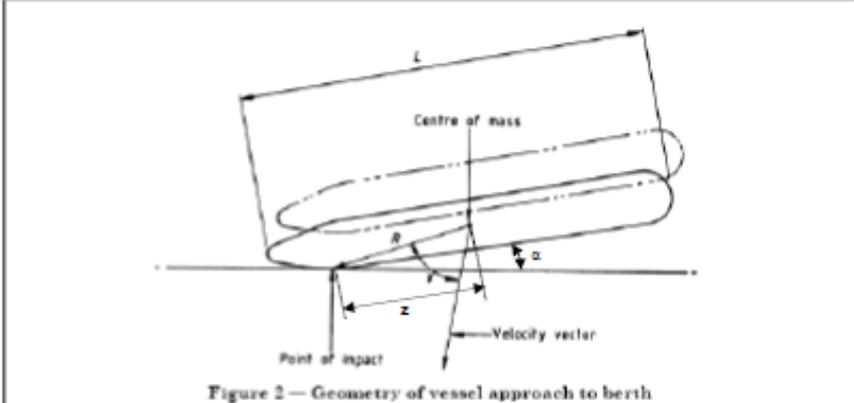
Le nuove briccole BD6 e BD7 sono state definite a livello preliminare in base alle informazioni disponibili; andranno quindi finalizzate a valle del raggiungimento del livello di conoscenza previsto e dettagliate in un progetto esecutivo delle stesse.

Il presente studio non comprende verifiche di ormeggio (statiche o dinamiche), che saranno necessarie per valutare le condizioni operative e finalizzare il calcolo delle nuove briccole e le verifiche di quelle esistenti.

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 48 di 50

## 9 ANNESSO – CALCOLO DELL'ENERGIA DI ACCOSTO

CALCULATION SHEET FOR BERTHING ENERGY - 40.000 DWT		
in accordance with PIANC WG33-2002 and PIANC REPORT 153-2016		Rev. 0
<b>VESSEL DATA</b>	<b>NOTE: Arrival condition: LOAD</b> DSP and Max draft according 95% of confidence	
DSP <sub>A</sub>	60900 Arrival displacement [t]	
DWT	40000 Deadweight tons [t] (Only for the speed determination purpose)	
LOA	195.50 Length overall [m]	
LBP	188.50 Length between perpendicular [m]	
B	30.75 Beam [m]	
H	16.20 Moulded depth [m]	
D <sub>A</sub>	13.37 Arrival draught [m]	
γ <sub>w</sub>	1.025 [t/m <sup>3</sup> ]	
C <sub>b</sub>	0.799 Block coefficient of the hull from PIANC Approach channel a guide for design 1997 Appendix B.	
<b>BERTHING DATA</b>		
Berthing Velocity Definition	<input checked="" type="checkbox"/> Automatic definition	
Berthing Condition	Easy berthing, exposed (c)	
V <sub>A</sub>	0.178 Velocity perpendicular to berthing line [m/s] (Brolsma)	
α	10 Angle of berthing [grad]	
Berthing Case	<input checked="" type="checkbox"/> Automatic definition	
	Quarter-point berthing	
z	47.13 Distance measured on the vessel hull between point of impact and the centre of vessel [m]	
R	49.57 Distance of impact point from centre of gravity of vessel [m] $R = [z^2 + (B/2)^2]^{1/2}$	
γ	61.93 Angle between the line joining the point of contact to the centre of mass and the velocity vector [grad]	
d	15.0 Water depth [m]	
η	1.63 Underkeel clearance = d - D <sub>A</sub> [m]	
K = (0.10 C <sub>b</sub> + 0.11) LBP =	49.36 Radius of gyration of the ship [m]	
C <sub>M</sub>	1.78 Hydrodynamic mass coefficient (PIANC) For keel clearance > 0.5D C <sub>M</sub> =1, for keel clearance < 0.1D C <sub>M</sub> =1.8 for keel clearance in between use 1.875 - 0.75(η-D <sub>A</sub> )	
C <sub>E</sub> = (K <sup>2</sup> + R <sup>2</sup> · cos <sup>2</sup> γ) / (K <sup>2</sup> + R <sup>2</sup> ) =	0.61 Eccentricity coefficient	
C <sub>S</sub> = 0.9 ÷ 1.0 =	1.00 Softness coefficient: Soft fendering 1 (ΔH <sub>FENDER</sub> >150mm), hard fendering 0.9 - 1.0 (ΔH <sub>FENDER</sub> ≤150mm)	
C <sub>C</sub> = 0.8 ÷ 1.0 =	1.00 Berthing configuration coefficient Pier type: Closed (Solid) 0.8, Semisolid 0.9 and Open 1	
SF	1.50 Safety factor for abnormal impact: (Tanker: 1.25 large to 1.75 small) (PIANC: Tankers > 50.000 DWT 1.5 min is recommended)	
 <p>Figure 2 — Geometry of vessel approach to berth</p>		
<b>BERTHING ENERGY</b>		
$E_A = 0.5 C_M W_A V_A^2 C_E C_S C_C SF$		
W <sub>A</sub>	60900	Arrival condition displacement [t]
E <sub>A</sub>	1572.2	Berthing energy [kJNm]

CALCULATION SHEET FOR BERTHING ENERGY - 7.000 DWT		ATEC
in accordance with PIANC WG33-2002 and PIANC REPORT 153-2016		Rev. 0
<b>VESSEL DATA</b>	<b>NOTE:</b> Arrival condition: LOAD DSP and Max draft according 95% of confidence	
DSP <sub>A</sub>	11500 Arrival displacement [t]	
DWT	7000 Deadweight tons [t] (Only for the speed determination purpose)	
LOA	110.00 Length overall [m]	
LBP	104.00 Length between perpendicular [m]	
B	18.6 Beam [m]	
H	8.90 Moulded depth [m]	
D <sub>A</sub>	8.02 Arrival draught [m]	
γ <sub>w</sub>	1.025 [t/m <sup>3</sup> ]	
C <sub>b</sub>	0.730 Block coefficient of the hull from PIANC Approach channel a guide for design 1997 Appendix B.	
<b>BERTHING DATA</b>		
Berthing Velocity Definition	<input checked="" type="checkbox"/> Automatic definition	
Berthing Condition	Easy berthing, exposed (c)	
V <sub>A</sub>	0.249 Velocity perpendicular to berthing line [m/s] (Brolsma)	
α	10 Angle of berthing [grad]	
Berthing Case	<input type="checkbox"/> Automatic definition	
z	Quarter-point berthing 26.00 Distance measured on the vessel hull between point of impact and the centre of vessel [m]	
R	27.61 Distance of impact point from centre of gravity of vessel [m] $R = [z^2 + (B/2)^2]^{1/2}$	
γ	60.32 Angle between the line joining the point of contact to the centre of mass and the velocity vector [grad]	
d	14.5 Water depth [m]	
η	6.48 Underkeel clearance = d - D <sub>A</sub> [m]	
K = (0.19 C <sub>b</sub> + 0.11) LBP =	25.86 Radius of gyration of the ship [m]	
C <sub>M</sub>	1.50 Hydrodynamic mass coefficient (PIANC) For keel clearance > 0.5D C <sub>M</sub> =1, for keel clearance < 0.1D C <sub>M</sub> =1.8 for keel clearance in between use 1.875 - 0.75(η-D <sub>A</sub> )	
C <sub>E</sub> = (K <sup>2</sup> + R <sup>2</sup> cos <sup>2</sup> γ) / (K <sup>2</sup> + R <sup>2</sup> ) =	0.60 Eccentricity coefficient	
C <sub>S</sub> = 0.9 ÷ 1.0 =	1.00 Softness coefficient: Soft fendering 1 (ΔH <sub>FENDER</sub> > 150mm), hard fendering 0.9 - 1.0 (ΔH <sub>FENDER</sub> ≤ 150mm)	
C <sub>C</sub> = 0.8 ÷ 1.0 =	1.00 Berthing configuration coefficient Pier type: Closed (Solid) 0.8, Semisolid 0.9 and Open 1	
SF	1.75 Safety factor for abnormal impact: (Tanker: 1.25 large to 1.75 small) (PIANC: Tankers > 50.000 DWT 1.5 min is recommended)	
 <p>Figure 2 — Geometry of vessel approach to berth</p>		
<b>BERTHING ENERGY</b>		
E <sub>A</sub> = 0.5 C <sub>M</sub> W <sub>A</sub> V <sub>A</sub> <sup>2</sup> C <sub>E</sub> C <sub>S</sub> C <sub>C</sub> SF		
W <sub>A</sub>	11500 Arrival condition displacement [t]	
E <sub>A</sub>	558.7 Berthing energy [kJm]	

	PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA MODIFICA ACCOSTO ALKION	V90-RT-201
	RELAZIONE TECNICA	Pag. 50 di 50

## **10 ALLEGATI**

Alla presente relazione sono allegati i seguenti elaborati di riferimento:

- V90-DP-203 – Layout accosto testa pontile
- V90-SD-202 – Configurazione strutturale accosto testa pontile