



**AUTORITA' PORTUALE
MARINA DI CARRARA**

PORTO DI MARINA DI CARRARA

LAVORI DI DRAGAGGIO DEL BACINO PORTUALE E DEL PASSO DI ACCESSO AL PORTO E RELATIVO APPROFONDIMENTO DEI FONDALI

TITOLO

RELAZIONE TECNICA PER LA DETERMINAZIONE DELLA PROFONDITA' DEL CANALE DI ACCESSO E DEL BACINO PORTUALE PER UNA NAVE DI PROGETTO CON L.O.A. 220 m e PESCAGGIO 11 m

ELABORATO	SCALA	NS. RIF	RIF. ARC. - NA4
RT	-	RT.doc	MARAMS11 - 9

DATA	REVISIONE	REDATTORE	CONTROLLO	APPROVAZIONE
3 luglio 2014	emissione	AL	GI	EC

IL COMMITTENTE

IL TECNICO

Ing. Elio Ciralli



Tel. e Fax: ++39 0916852121 - ++39 0916850224 www.progettieopere.it
email: postmaster@progettieopere.it pec: postmaster@pec.progettieopere.it



AUTORITA' PORTUALE DI MARINA DI CARRARA

PORTO DI MARINA DI CARRARA

**LAVORI DI DRAGAGGIO DEL BACINO PORTUALE E
DEL PASSO DI ACCESSO AL PORTO E RELATIVO
APPROFONDIMENTO DEI FONDALI**

RELAZIONE TECNICA

*PER LA DETERMINAZIONE DELLA PROFONDITA' DEL CANALE DI ACCESSO E
DEL BACINO PORTUALE PER UNA NAVE DI PROGETTO CON L.O.A. 220 m e
PESCAGGIO 11 m*

Luglio 2014

DATA	REVISIONE	REDATTORE	CONTROLLO	APPROVAZIONE
03 LUG 2014	EMISSIONE	AL	GI	EC
NOME FILE:RT.DOC			DISTRIBUZIONE: RISERVATA	

INDICE

PREMESSA	2
1. PROFONDITA' DEL CANALE DI ACCESSO	3
1.1 CONSIDERAZIONI GENERALI	3
1.2 DIMENSIONAMENTO	3
2. CONCLUSIONI	8

PREMESSA

L'Autorità Portuale di Marina di Carrara ha programmato il dragaggio del bacino portuale per consentire l'ormeggio in sicurezza delle navi aventi un pescaggio di 11 metri alla banchina Fiorillo del porto.

Tale banchina infatti presenta una profondità di imbasamento pari a -12 metri, a seguito di intervento di ristrutturazione eseguito nel 2003, per il quale fu approvato apposito adeguamento tecnico funzionale (voto 131 del 08.05.2002).

La necessità di effettuare il dragaggio emerge dal fatto che negli ultimi anni si è registrato un notevole incremento delle navi che scalano il porto di Marina di Carrara aventi una classe di GT superiore a 25.000 t.

L'Autorità Portuale di Marina di Carrara ha attualmente in corso di redazione una variante generale al Piano Regolatore Portuale che prevede una profondità dei bacini portuali pari a -12,50 metri ed una profondità del canale di accesso a -13,00m.

Nella presente relazione tecnica viene determinata la profondità del canale di accesso e del bacino portuale per una nave di progetto con L.O.A. 220 m e pescaggio 11 m, sulla scorta degli standard e le linee guida di settore e secondo le metodologie riconosciute e a livello internazionale.

1. PROFONDITA' DEL CANALE DI ACCESSO

1.1 CONSIDERAZIONI GENERALI

La progettazione di un canale di accesso è influenzata da una molteplicità di fattori, richiedendo pertanto la definizione delle grandezze che influenzano direttamente la navigazione, quali le dimensioni della nave di progetto e le condizioni relative all'ambiente fisico.

Il dimensionamento del canale di accesso è stato eseguito applicando le linee guida PIANC "Approach Channels A Guide for Design", supplemento del bollettino n.95 del giugno 1997, W.G. II-30 e la metodologia proposta nell' Engineering Manual 1110-2-1613 del 31 maggio 2006 "Hydraulic Design of Deep-Draft Navigation Projects".

1.2 DIMENSIONAMENTO

Normalmente la profondità del canale di accesso viene stabilita una volta definita la nave di progetto, contestualmente ad un'analisi di tipo economica, determinandone i benefici ed i costi connessi al progetto.

La nave di progetto individuata presenta le seguenti caratteristiche: L.O.A. (lunghezza over all) 220 m, larghezza B 30 m e pescaggio D 11 m.

La profondità del canale di accesso non deve, necessariamente, essere costante per l'intero sviluppo, ma può variare, nel rispetto delle condizioni di sicurezza di navigabilità ed operatività dello stesso.

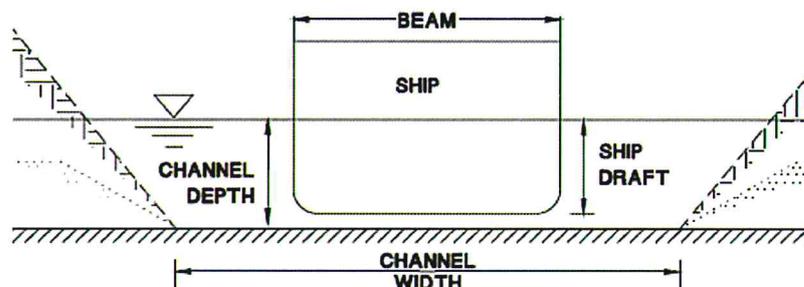


Figura 1.1 – Schematizzazione del canale di accesso (Fonte: "Hydraulic Design of Deep-Draft Navigation Projects", EM 1110-2-1613, 31 maggio 2006)

Si riporta, in Figura 1.2, la rappresentazione delle aliquote che intervengono nella definizione della profondità del canale di accesso.

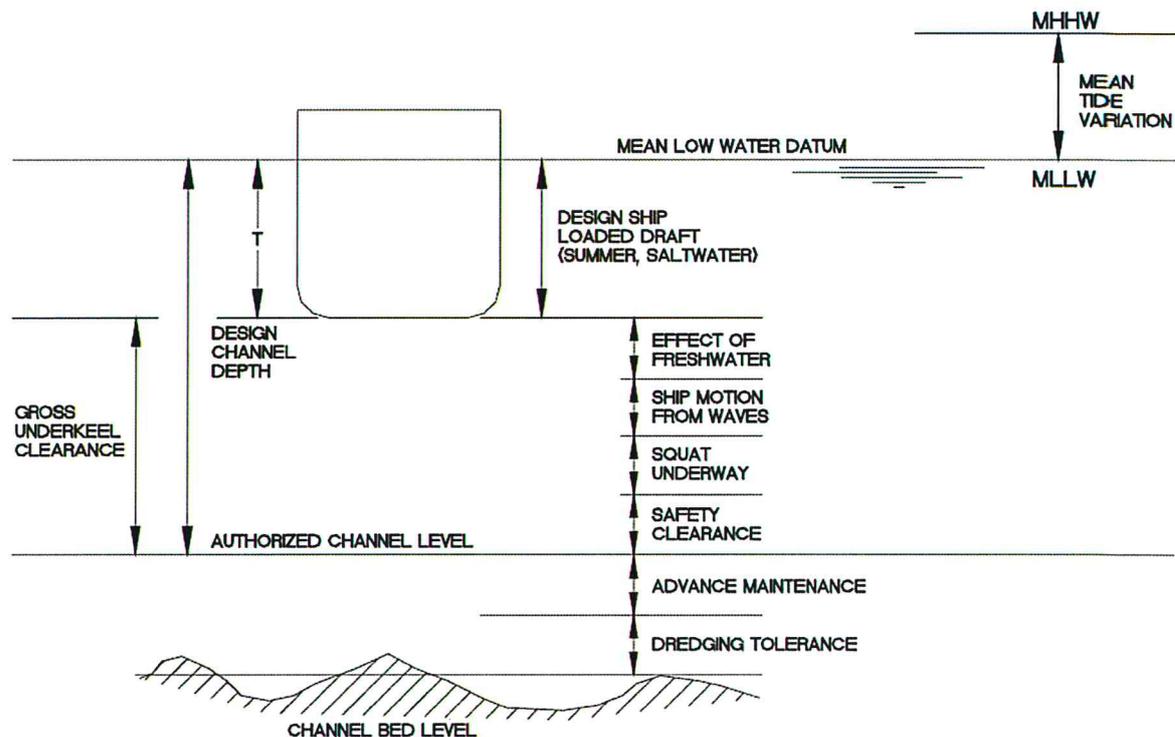


Figura 1.2 – Aliquote per la determinazione della profondità del canale di accesso (Fonte: “Hydraulic Design of Deep-Draft Navigation Projects”, EM 1110-2-1613, 31 maggio 2006)

La profondità del canale di accesso sarà data dalla somma di varie aliquote:

- *pescaggio della nave di progetto (design ship loaded draft)*: in funzione del pescaggio della nave di progetto si definisce la prima aliquota che concorrerà a determinare la profondità complessiva del canale di accesso ($D = 11$ m);
- *effetti dell'acqua dolce (effect of freshwater)*: quando il canale di accesso è ubicato nelle vicinanze di sbocchi fociali occorre considerare il decremento della densità dell'acqua. La differenza, infatti, tra acqua salata ed acqua dolce è $1.025,84 \text{ kg/m}^3$ a $998,98 \text{ kg/m}^3$: pertanto il peso della nave di progetto aumenterà del 2,691% passando da acqua salata ad acqua dolce. Generalmente tale aliquota si assume variabile tra 0,15 m e 0,25 m;
- *movimenti della nave causati dal moto ondoso (ship motion from waves)*: l'escursione verticale cui è soggetta una nave, causata dal moto ondoso, è data dalla combinazione di tre differenti movimenti, ovvero sussulto (*heavy*), beccheggio (*pitch*) e rollio (*roll*). Il sussulto e il beccheggio sono molto importanti quando la nave transita all'interno di un canale di accesso in presenza di onde che si propagano lungo l'asse di sviluppo del canale; il rollio, invece, diviene importante quando il fronte d'onda si propaga normalmente all'asse del canale. A causa della non reale contemporaneità di questi movimenti, l'escursione verticale complessiva potrebbe non essere combinazione lineare dei singoli effetti.

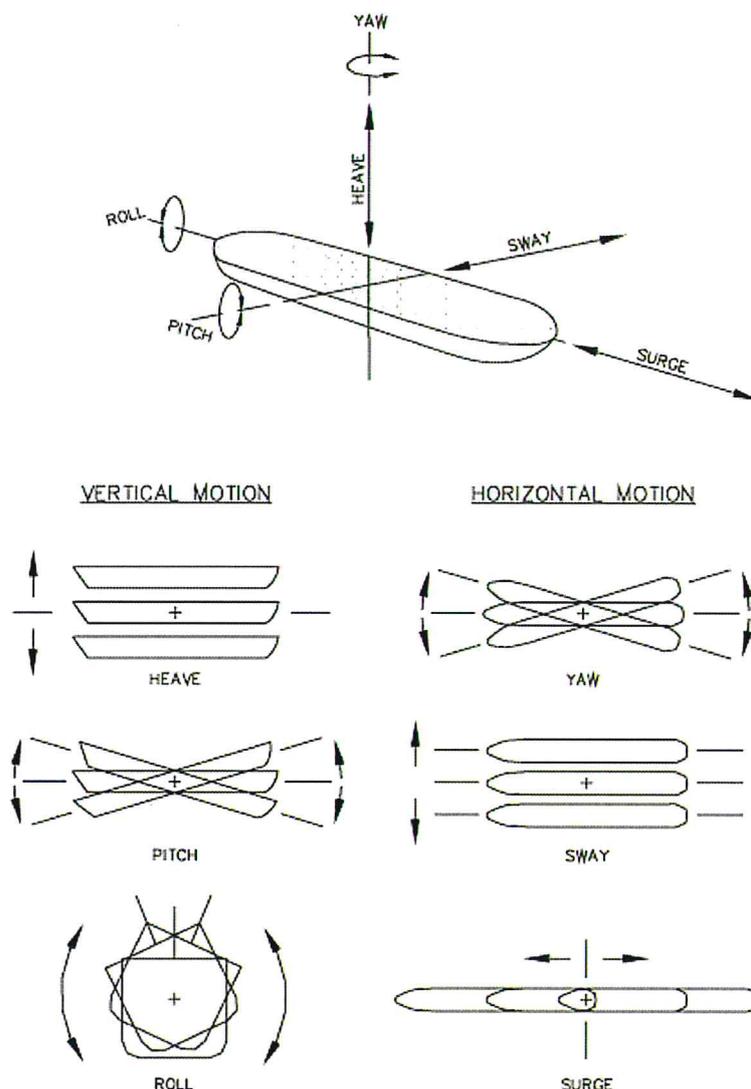


Figura 1.3 – Definizione dei movimenti della nave (Fonte: “Hydraulic Design of Deep-Draft Navigation Projects”, EM 1110-2-1613, 31 maggio 2006)

Per la determinazione dell’escursione verticale dovuta ai movimenti di *heavy*, *pitch* e *roll* si farà riferimento ad uno studio realizzato dal ricercatore Tim Gourlay, “*Ship Underkeel Clearance in Waves*”, pubblicato nel Proceedings of Coasts and Ports (Luglio 2007). Il metodo presentato consente di determinare l’aliquota di escursione verticale della nave causata dal moto ondoso; questa può essere calcolata facendo riferimento ad un software denominato “*Seaway*”, sviluppato dalla Delft University. La metodologia implementata nel software fa riferimento alla teoria delle onde che si propagano sulle shallow water (dove sono massimi gli effetti delle escursioni verticali per moto ondoso), sotto alcune ipotesi fondamentali:

- linearità delle onde (il calcolo viene effettuato con un’onda con altezza d’onda significativa H_s pari ad 1 m);
- intervallo di periodo dell’onda compreso tra 2 e 20 secondi.

Si è fatto riferimento, stante l’analogia col caso in specie, all’output grafico che fa riferimento ad una nave di lunghezza 230 m e altezza d’onda significativa 1 m.

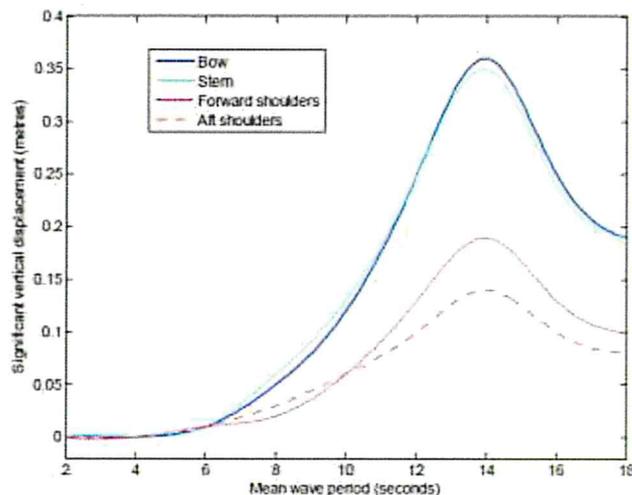


Figura 1.4 – Spostamento verticale per una nave Bulk Carrier con $L_{PP} = 230$ m, al variare del periodo dell'onda, per altezza d'onda significativa unitaria (1 m)

Per il calcolo dell'escursione verticale si è scelta come stato di mare di progetto un'onda in corrispondenza della batimetria dei -14 m, in prossimità del canale di accesso, con tempo di ritorno annuale ed altezza significativa pari a $3,77$ m. A tale onda corrisponde un periodo di $8,28$ s ed una lunghezza d'onda di $81,5$ m (circa il 40% della lunghezza della nave di progetto).

H_s [m]	3,77
T [s]	8,28
L [m]	81,5

Tabella 1.1 – Dati dell'onda di progetto con tempo di ritorno annuale

In corrispondenza di un periodo pari a $8,3$ s, per un'altezza d'onda unitaria, si ricava dalla Figura 1.4 un valore dello spostamento verticale complessivo pari a $0,085$ m; nell'ipotesi di linearità delle onde, un'onda con altezza significativa pari a $3,77$ m provoca uno spostamento verticale pari a $0,32$ m;

- *squat (squat underway)*: l'avanzamento di una nave induce una velocità relativa tra la nave e l'acqua. Inoltre, a causa del reflusso dell'acqua questa velocità relativa è differente dalla velocità di avanzamento della nave e non uniforme lungo tutto il suo asse longitudinale. Tale differenza di velocità induce delle pressioni di natura idrodinamica sullo scafo che esercitano una forza verticale diretta verso il basso ed un momento lungo l'asse orizzontale trasversale, provocando un effetto sul piano longitudinale di simmetria della nave denominato *squat*.

Tale effetto comprende:

- uno spostamento verticale, *sinkage*;
- una rotazione, *trim*.

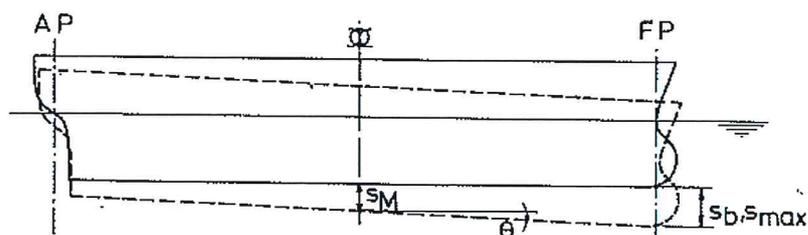


Figura 1.5 – Movimenti verticali di una nave; *sinkage* e *trim* (Fonte: "Approach Channels A Guide for Design", PIANC, Supplemento Bollettino n.95, Giugno 1997)

Il movimento verticale complessivo (*squat*) è, quindi, il risultato degli effetti del *sinkage* e del *trim*; esso può essere calcolato con la seguente relazione, presentata da Norrbin (1986) e proposta nell'Engineering Manual 1110-2-1613 (2006), valida quando il numero di Froude è inferiore a 0,4:

$$z_{max} = \frac{C_B B d V^2}{4,573 L h}$$

avendo indicato con:

- z_{max} : risultante del movimento verticale complessivo della nave (*squat*);
- C_B : il valore *W/LBT*, dove *W* è il volume della nave di progetto, *L* è la lunghezza, *B* è la larghezza e *d* il pescaggio, pari a 2,4;
- *h*: profondità del canale di accesso;
- *V*: velocità della nave.

In questa fase si è ipotizzata una profondità del canale pari a 13 m, ottenendo un valore di z_{max} pari a 0,25 m;

- *franco di sicurezza (safety clearance)*: a vantaggio di sicurezza, al fine di evitare danni all'imbarcazione, è normalmente previsto un franco variabile tra 0,6 m e 0,9 m tra la chiglia della nave e il fondale del canale di accesso;
- *franco di manutenzione per insabbiamento (advance maintenance)*: generalmente, in considerazione dei potenziali fenomeni di insabbiamento che posso verificarsi, si assegna al canale un franco, in ragione anche alla natura economica degli interventi da realizzare, compreso tra 0,6 m e 0,9 m;
- *tolleranza di dragaggio (dredging tolerance)*: in virtù della non uniformità della profondità di dragaggio viene prevista una aliquota variabile tra 0,3 m e 0,9 m, da sommarsi alle aliquote precedentemente definite.

Qualora il dimensionamento non fornisse un valore della profondità pari a quello ipotizzato si procederà con un calcolo iterativo, al fine di annullare l'errore di chiusura.

La profondità complessiva di progetto del canale di accesso comprenderà, pertanto, tutte le aliquote sopra definite, per ciascuna delle quali sono esplicitati i valori adottati (cfr. Tabella 1.2).

<i>Design Ship Loaded Draft</i>	11	m
<i>Effect of Freshwater</i>	0,15	m
<i>Ship Motion from Waves</i>	0,32	m
<i>Squat underway</i>	0,25	m
<i>Safety clearance</i>	0,6	m
<i>Advance Maintenance</i>	0,6	m
<i>Dredging Tolerance</i>	0,3	m
Profondità di progetto	13,22	m

Tabella 1.2 – Profondità di progetto del canale di accesso al bacino commerciale

Poiché si è determinata una profondità pressocchè coincidente con quella ipotizzata nella fase preliminare, non si ritiene necessario effettuare alcun calcolo iterativo.

Inoltre, stante la non reale contemporaneità dei fattori in analisi e la scelta fortemente cautelativa dei franchi sopra riportati, si ritiene opportuno stabilire la profondità di progetto del canale di accesso pari a 13 m.

2. CONCLUSIONI

Applicando quanto previsto dalle linee guida PIANC e la metodologia dell'Engineering Manual è stata determinata la profondità complessiva di progetto del canale di accesso al porto necessaria per consentire l'ingresso di una nave di progetto con L.O.A. 220 m e pescaggio 11 m.

Considerando la non reale contemporaneità dei fattori in analisi e la scelta fortemente cautelativa dei franchi utilizzati per il calcolo, si è ritenuto opportuno stabilire tale profondità di progetto del canale di accesso pari a 13 m.

La bontà della stima eseguita, ai fini del dimensionamento dello stesso, è stata confermata dall'esito positivo delle simulazioni di navigabilità realizzate in data 28.05.2012 nella sede dell'Istituto Tecnico Trasporti e Logistica- ITTL "Gioeni-Trabia" di Palermo, a supporto degli studi di settore del nuovo Piano Regolatore del Porto di Marina di Carrara.

All'interno del bacino portuale, invece, risultando trascurabili alcuni degli effetti considerati, ed in particolare quelli indotti dal moto ondoso (*ship motion from waves*), e considerando inoltre la minore velocità delle navi (che influisce sullo *squat underway*), la profondità di dragaggio può essere fissata pari a 12,50 m.