



**Autorità
Portuale
Piombino**

AUTORITA' PORTUALE DI PIOMBINO



NUOVO PIANO REGOLATORE PORTUALE Porto di Piombino ANNO 2008

Titolo elaborato:

STUDIO DELLA NAVIGABILITA'

Codice elaborato:

SM-04

Rev.	Data	Descrizione modifica	redatto	verificato	approvazione
0	Lug/08	Emissione	A.T. A.P.P.	R.U.P. A.P.P.	Delibera del C.P. n° ___/08
1					

n° pagine: 10

Redatto con il supporto di:


Coordinatore: Prof. Ing. Alberto Noli	Aspetti economici e trasporti: Prof. Ing. Paolo Sammarco	Infrastrutture stradali e ferroviarie: Dott. Ing. Luciano Della Lena	Aspetti ambientali: Studio Ambiente Italia
Aspetti idraulico marittimi: Prof. Ing. Alessandro Togna	Aspetti marittimo strutturali: Dott. Ing. Marco Tartaglino	Aspetti geotecnici: Dott. Ing. Salvatore Miliziano	Analisi costi benefici: Studio Cles
Dinamica costiera: Prof. Ing. Pierluigi Aminti	Aspetti idraulici: Dott. Ing. Fernando Muccetti	Aspetti programmatici: Dott. Arch. Silvia Viviani	

RESPONSABILE TECNICO:
Dott. Ing. Sandra MUCCETTI

I COLLABORATORI:
Dott.ssa Roberta MACII
Geom. Antonio SAVIOZZI

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Il Segretario Generale
Avv. Paola MANCUSO

PRESIDENTE DELL'AUTORITA' PORTUALE
DI PIOMBINO
Luciano GUERRIERI

 APP Autorità Portuale Piombino	Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino	Titolo elaborato: Studio della navigabilità				
		Data: Luglio 2008	SM	08	R	004




Piano Regolatore Portuale 2008

STUDIO DELLA NAVIGABILITA'

Indice

1	Introduzione	2
2	Definizione della flotta di progetto	3
3	Canale di accesso al porto	4
4	Cerchio di evoluzione	10

 APP Autorità Portuale Piombino	Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino	Titolo elaborato: Studio della navigabilità				
		Data: Luglio 2008	SM	08	R	004

1 Introduzione


Per ottimizzare la scelta della configurazione portuale del porto di Piombino è stato eseguito, come è consuetudine nella pianificazione dei grandi porti commerciali, uno studio della navigabilità.

Il porto di Piombino, nella configurazione del nuovo P.R.P., rientra nella tipologia dei porti a moli convergenti con avamposto di ampie dimensioni dove le navi che entrano in porto possono svolgere l'evoluzione e dirigersi agli ormeggi. Il molo sud (denominato molo Batteria) protegge l'avamposto dai moti ondosi più intensi provenienti dal II e III quadrante, pertanto l'evoluzione delle navi nell'avamposto, sia in ingresso che in uscita dal porto, si potranno svolgere in condizioni di mare calmo.

Grazie alla configurazione delle opere foranee del porto ed agli ampi spazi a disposizione delle navi per lo svolgimento delle manovre non si riscontra la presenza di situazioni critiche sia nei riguardi delle manovre di ingresso/uscita dal porto che di accesso alle banchine portuali che richiedano un approfondimento dello studio di navigabilità.

Pertanto in questa fase si è scelto di limitare lo studio della navigabilità alla individuazione delle rotte che verranno seguite dalle navi in ingresso ed in uscita dal porto ed al dimensionamento del canale di accesso e delle aree di evoluzione basandosi sulle caratteristiche tecniche e geometriche della flotta di progetto e facendo riferimento alle raccomandazioni internazionali per questo tipo di opere.

Preliminarmente, sulla base dei risultati dello studio sull'evoluzione dei vettori marittimi, sono state definite le cosiddette "navi di progetto", le navi cioè da considerare come rappresentative per il porto di Piombino e che presentano le caratteristiche più sfavorevoli nei riguardi delle manovrabilità.

 APP Autorità Portuale Piombino	Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino	Titolo elaborato: Studio della navigabilità				
		Data: Luglio 2008	SM	08	R	004

2 Definizione della flotta di progetto

Il nuovo P.R.P. del porto di Piombino, per quanto riguarda il traffico marittimo, si propone i seguenti obiettivi:

- consolidare e mantenere il primato nel traffico passeggeri;
- crescere nella movimentazione delle rinfuse solide;
- crescere nel segmento dei traffici ro-ro;
- sviluppare il traffico crocieristico.

Pertanto, nelle previsioni del nuovo P.R.P., il porto di Piombino sarà frequentato dalle seguenti tipologie di navi:

- navi bulk-carrier;
- navi ro-ro e ro-ro pax;
- navi da crociera.

Sulla base dei risultati dello studio sull'evoluzione dei vettori marittimi (v. elaborato AT_08_R_004_0), per ciascuna tipologia di navi, è stata definita la "flotta di progetto" compatibile con le previsioni di sviluppo del porto, che risulta composta dalle seguenti navi:

1) nave bulk-carrier da 85.000 DWT:


- i. L_{OA}: 235 m
- ii. L_{BP}: 225 m
- iii. B: 35 m
- iv. d: 14 m

2) nave ro-ro pax:

- i. L_{OA}: 225 m
- ii. L_{BP}: 215 m
- iii. B: 30 m
- iv. d: 8.5 m

3) nave da crociera:

- i. L_{OA}: 378 m
- ii. L_{BP}: 361 m
- iii. B: 49 m
- iv. d: 8.5 m

	Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino	Titolo elaborato: Studio della navigabilità				
		Data: Luglio 2008	SM	08	R	004

3 Canale di accesso al porto

Riguardo alla determinazione della profondità e della larghezza del canale di accesso, riferita alla quota di fondo del canale, è stato adottato il metodo suggerito dall'AIPCN (Associazione Internazionale Permanente dei Congressi di Navigazione) nel report "Approach Channels. A Guide for Design" del 1997.

La profondità del canale di accesso rispetto al livello medio marino è determinata dalla somma dei seguenti contributi (v. figura 1):

- livello di bassa marea,
- pescaggio a pieno carico della nave di progetto,
- incremento in navigazione del pescaggio della poppa denominato "squat",
- moto ondoso,
- franco di sicurezza,
- tolleranza di dragaggio.

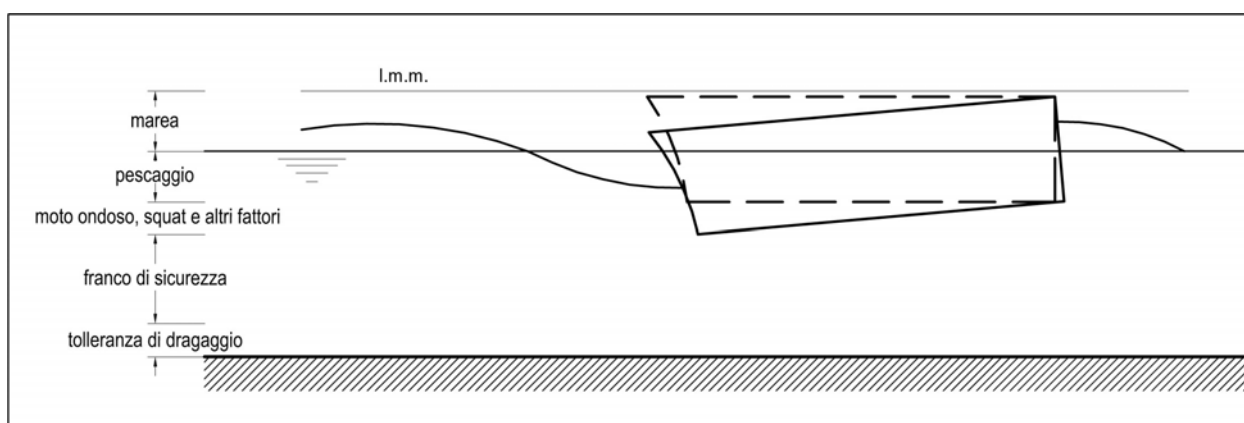



Figura 1 - Schema di riferimento per determinare la profondità del canale di accesso

Per quanto riguarda il pescaggio e lo squat, si è fatto riferimento ad una nave bulk carrier da 85.000 DWT che di fatto, in termini di pescaggio, è sicuramente rappresentativa delle flotte di navi che utilizzeranno le banchine del porto di Piombino, le cui caratteristiche sono riportate nella tabella 1.

Tabella 1 - Nave di progetto per determinare la profondità del canale di accesso

Bulk da 85.000 DWT	Caratteristiche
Lunghezza fuori tutto (m)	235
Lunghezza tra le perpendicolari (m)	225
Larghezza (m)	35
Pescaggio (m)	14

 APP Autorità Portuale Piombino	Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino	Titolo elaborato: Studio della navigabilità				
		Data: Luglio 2008	SM	08	R	004

Lo squat è stato determinato in base alla seguente relazione (PIANC, 1997):

$$S = 2.4 (V'/L^2) F^2 / (1-F^2)^{1/2}$$

dove:

- V' è il volume di dislocamento (m^3),
- L è la lunghezza tra le perpendicolari: 225 (m),
- F è il numero di Foude pari a $V/(gh)^{1/2}$:

Ipotizzando una velocità di 3 m/s, pari a circa 6 nodi, e tenendo conto che il volume di dislocamento è dato dalla relazione:

$$V' = C_B L B T$$

dove:

- C_B è il "block coefficient" pari a circa 0.8 per le navi in esame,
- B è la larghezza della nave (m),
- T è il pescaggio della nave,

si ottiene un valore dello squat pari a circa 0.25 m

Considerando un contributo dovuto al moto ondoso pari ad 0.50 m, per la bassa marea un abbassamento del livello medio di circa 0.3 m, una tolleranza di dragaggio pari a 0.2 m e un franco minimo di sicurezza pari a circa 0.6 m (per fondali sabbiosi), dalla somma dei vari contributi si ottiene una profondità minima del canale pari a circa 16.0 m.

La larghezza minima del canale di accesso nel tratto posto all'esterno del porto di Piombino è stata determinata considerando un valore della velocità pari a 6 nodi. Inoltre, poiché è un elemento dimensionante, si è ipotizzata una profondità del canale pari a 16 m.

Nel caso di canale a doppio senso di navigazione, la larghezza totale è data dalla somma di tre elementi che dipendono dalla larghezza della nave B (v. figura 2):

- larghezza della corsia di manovra W_M (*manoeuvring lane*),
- distanza minima di passaggio tra le navi W_P (*passing distance*),
- larghezza del franco di sponda W_B (*bank clearance*).

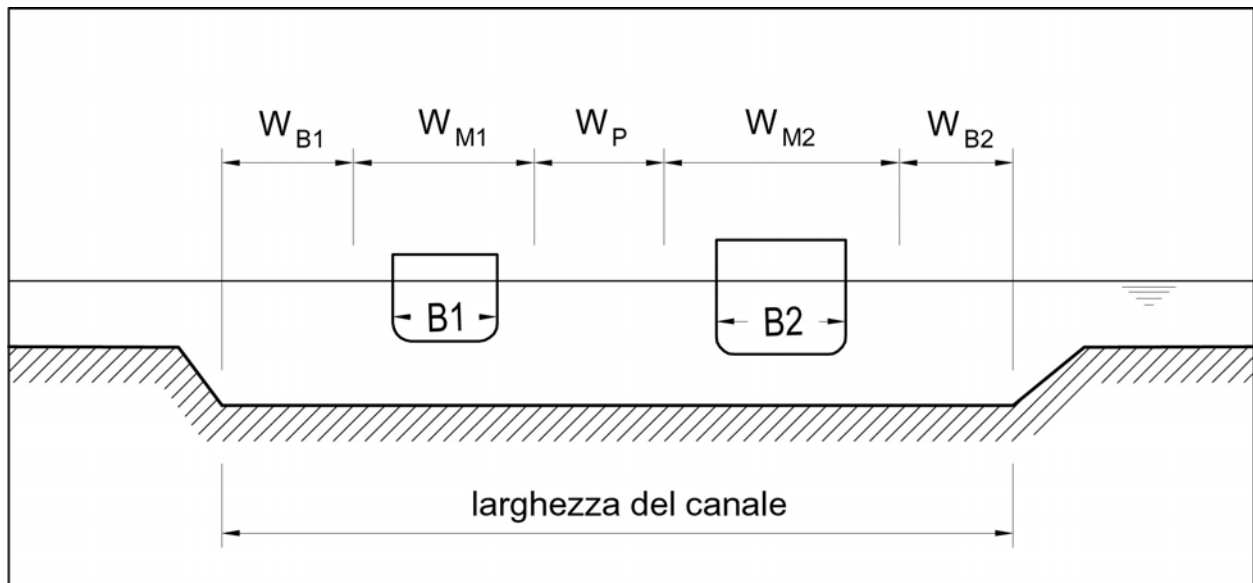


Figura 2 - Schema di riferimento per determinare la larghezza del canale di accesso


La larghezza della corsia di manovra W_M è pari alla somma di una larghezza di base, che dipende dalla manovrabilità della nave, e degli incrementi dovuti in generale ai seguenti fattori:

- velocità della nave,
- vento trasversale,
- correnti,
- moto ondoso,
- aiuti alla navigazione,
- caratteristiche della superficie del fondale,
- profondità del canale,
- livello di rischio.

La larghezza di base varia da $1.3 B$ nel caso di nave con buona manovrabilità a $1.8 B$ nel caso di bassa manovrabilità, mentre gli incrementi, anch'essi funzione della larghezza della nave B , sono riportati nella tabella 2.

La distanza minima di passaggio tra le navi W_P , ha la funzione di scongiurare tra le due navi in transito un'eccessiva interazione costituita da forze di attrazione e repulsione. Tale distanza dipende dalla velocità di navigazione e dalla densità del traffico (v. tabella 3).

Inoltre, il franco di sponda W_B ha la funzione di contenere l'effetto sponda (*bank effect*), dovuto al flusso asimmetrico di acqua attorno alle navi, che tende a deviarne la rotta. Tale larghezza dipende dalla velocità di navigazione e dalle caratteristiche della sponda (v. tabella 4).

	Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino	Titolo elaborato: Studio della navigabilità				
		Data: Luglio 2008	SM	08	R	004

Si osserva che quanto riportato nelle tabelle 2-4, fa riferimento al caso di canale esterno in mare aperto.

Per determinare la larghezza del canale a doppio senso di navigazione è stato cautelativamente ipotizzati il caso di transito contemporaneo di una nave bulk e di una nave traghetto-Ro-Ro Pax

Per quanto riguarda la nave bulk è stata considerata una larghezza B pari a 35 m ed un pescaggio pari a 14 m, corrispondente ad una bulk da 85.000 DWT che, si osserva, costituisce, per questa tipologia di navi, quella limite che può utilizzare le banchine del porto di Piombino.

Per la navi Ro-Ro Pax è stata considerata una larghezza di 30 m ed un pescaggio pari a 8.5 m. A riguardo si osserva che, come indicato nello studio sull'evoluzione dei vettori marittimi, , il 90% delle navi Ro-Ro Pax è caratterizzato da una larghezza inferiore e il valore considerato del pescaggio corrisponde a quello massimo del campione di navi individuato.

Con riferimento alle tabelle 2-4, la velocità di navigazione nel canale è stata considerata bassa in quanto tutt'ora limitata dalle Autorità Marittime (6 nodi). Il vento è stato considerato moderato (<33 nodi), le correnti longitudinali e trasversali basse e trascurabili, l'altezza d'onda significativa inferiore a 1 m. Il livello di rischio e la densità di traffico sono stati considerati bassi sia perché le navi di progetto non trasportano merci pericolose, sia perché le due combinazioni di navi in transito hanno una probabilità di verificarsi estremamente bassa.

Infine gli "Aiuti alla navigazione" sono stati considerati eccellenti con controllo del traffico da terra.

Dai calcoli eseguiti risulta che la larghezza minima del canale necessaria per il doppio senso di navigazione è pari a circa 198 m (v. tabella 5).


 APP Autorità Portuale Piombino	Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino	Titolo elaborato: Studio della navigabilità				
		Data: Luglio 2008	SM	08	R	004

Tabella 2 - Fattori di incremento della larghezza della corsia di manovra WM

Fattore di incremento	Velocità della nave	Incremento	
Velocità della nave (nodi)	Veloce >12	0.1 B	
	Moderata >8-12	0.0	
	<u>Bassa 5-8</u>	<u>0.0</u>	
Vento trasversale (nodi) Basso <15	tutte le velocità	0.0	
	Veloce	0.3 B	
	Moderata	0.4 B	
	<u>Bassa</u>	<u>0.5 B</u>	
	<u>Moderato >15-33</u>	<u>0.6 B</u>	
Elevato >33-48	Veloce	0.6 B	
	Moderata	0.8 B	
	Bassa	1.0 B	
Correnti trasversali (nodi) <u>Trascurabili <0.2</u>	<u>tutte le velocità</u>	<u>0.0</u>	
	Veloce	0.1 B	
	Moderata	0.2 B	
	Bassa	0.3 B	
	Basse 0.2-0.5	0.3 B	
	Veloce	0.5 B	
	Moderata	0.7 B	
	Bassa	1.0 B	
	Moderate >0.5-1.5	0.7 B	
	Veloce	1.0 B	
	Bassa	1.3 B	
Elevate >1.5-2.0	Veloce	0.7 B	
	Moderata	1.0 B	
	Bassa	1.3 B	
	Correnti longitudinali (nodi) <u>Basse >1.5</u>	<u>tutte le velocità</u>	<u>0.0</u>
	Veloce	0.0	
Moderate >1.5-3.0	Moderata	0.1 B	
Bassa	0.2 B		
Veloce	0.1 B		
Elevate >3.0	Moderata	0.2 B	
Bassa	0.4 B		
Altezza d'ondea significativa Hs e lunghezza λ (m) <u>Hs ≤ 1 m e λ ≤ L</u>	<u>tutte le velocità</u>	<u>0.0</u>	
	Veloce	2.0 B	
	Moderata	1.0 B	
	Bassa	0.5 B	
	3 m > Hs > 1 m e λ = L	Veloce	3.0 B
	Veloce	3.0 B	
Moderata	2.2 B		
Bassa	1.5 B		
Aiuti alla navigazione <u>Eccellenti con controllo del traffico da terra</u>		<u>0.0</u>	
	Buoni	0.1 B	
	Moderati con scarsa visibilità non frequente	0.2 B	
Moderati con scarsa visibilità non frequente		≥0.5 B	
Superficie del fondale Se profondità > 1.5 d		0.0	
	<u>Se profondità < 1.5 d</u>		
	<u>Piana e sabbiosa</u>	<u>0.1 B</u>	
	Piana o inclinata e rocciosa	0.1 B	
	Irregolare e rocciosa	0.2 B	
Profondità del canale > 1.5 d		0.0	
	1.15 d - 1.5 d	0.1 B	
	<u>< 1.25 d</u>	<u>0.2 B</u>	
Livello di rischio <u>Basso</u>		<u>0.0</u>	
	Medio	0.5 B	
	Elevato	1.0 B	

B = larghezza della nave di progetto
d = pescaggio della nave di progetto


 APP Autorità Portuale Piombino	Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino	Titolo elaborato: Studio della navigabilità				
		Data: Luglio 2008	SM	08	R	004

Tabella 3 - Fattori di incremento della distanza minima di passaggio tra le navi W_p


Fattore di incremento		Velocità della nave	Incremento
Velocità della nave (nodi)		Veloce >12	2.0 B
		Moderata >8-12	1.6 B
		<u>Bassa 5-8</u>	<u>1.2 B</u>
Densità del traffico	Bassa		0.0
	Moderata		0.2 B
	Elevata		0.5 B

Tabella 4 - Fattori di incremento della larghezza del franco di sponda W_B

Fattore di incremento		Velocità della nave	Incremento
Caratteristiche delle sponde del canale <u>Sponda inclinata e bassi fondali</u>		Veloce	0.7 B
		Moderata	0.5 B
		<u>Bassa</u>	<u>0.3 B</u>
Sponda molto inclinata e banchinamenti		Veloce	1.3 B
		Moderata	1.0 B
		Bassa	0.5 B

Tabella 5 - Larghezza del canale di accesso a doppio senso di navigazione: nave bulk e Ro-Ro Pax

Tipologia di nave	larghezza della corsia di manovra W_M		larghezza del franco di sponda W_B	distanza minima di passaggio tra le navi W_P	Totale (m)
	larghezza di base	incrementi			
Nave Bulk B = 35 m	1.3 B = 45.5 m	0.8 B = 28 m	0.3 B = 10.5 m	1.2 B = 42 m	126 m
Nave Ro-Ro Pax B = 30 m	1.3 B = 39 m	0.8 B = 24 m	0.3 B = 9 m		72 m
Totale larghezza del canale					198 m

	Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino	Titolo elaborato: Studio della navigabilità				
		Data: Luglio 2008	SM	08	R	004

4 Cerchio di evoluzione

Le dimensioni del cerchio di evoluzione sono funzione della manovrabilità e della lunghezza della nave di progetto L.

I valori minimi del diametro del cerchio di evoluzione D generalmente utilizzati (v. C. A. Thoresen, 2003, "Port designer's handbook: recommendations and guidelines", G. P. Tsinker, 2004, "Port engineering: planning, construction, maintenance and security") sono riportati nel seguito:

- manovra in condizioni sfavorevoli senza assistenza dei rimorchiatori e senza l'utilizzo dei propulsori laterali $D = 4 L$,
- manovra in condizioni favorevoli senza assistenza dei rimorchiatori e senza l'utilizzo dei propulsori laterali $D = 3 L$,
- manovra assistita dai rimorchiatori e/o con l'utilizzo dei propulsori laterali $D = 1.5-2 L$,
- manovra con l'utilizzo di ancore o briccole $D = 1.2 L$.

Nel caso in esame l'area di evoluzione ha dimensioni $850 \times 450 \text{ m}^2$ (diametro cerchio inscritto 450 m), pertanto sono possibili le seguenti manovre di evoluzione:

- manovra in condizioni sfavorevoli senza assistenza dei rimorchiatori e senza l'utilizzo dei propulsori laterali per navi di lunghezza fino 110 m,
- manovra in condizioni favorevoli senza assistenza dei rimorchiatori e senza l'utilizzo dei propulsori laterali per navi di lunghezza fino 150 m,
- manovra assistita dai rimorchiatori e/o con l'utilizzo dei propulsori laterali per navi di lunghezza fino 300 m.