



**Autorità  
Portuale  
Piombino**

# AUTORITA' PORTUALE DI PIOMBINO



## NUOVO PIANO REGOLATORE PORTUALE Porto di Piombino ANNO 2008

Titolo elaborato:

**STUDIO SULL'EVOLUZIONE DEI VETTORI MARITTIMI**

Codice elaborato:

**ST-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: 45

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

 <b>APP</b> <b>Autorità</b> <b>Portuale</b> <b>Piombino</b>	<b>Piano Regolatore Portuale</b> <b>2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004




## Piano Regolatore Portuale 2008

### STUDIO DELL'EVOLUZIONE DEI VETTORI MARITTIMI

#### Indice

1	Introduzione .....	2
2	Evoluzione delle caratteristiche della flotta mondiale di bulk carriers .....	3
3	Evoluzione delle caratteristiche della flotta mondiale di navi Ro-Ro Pax .....	18
4	Evoluzione delle caratteristiche della flotta mondiale di Navi da crociera.....	30
5	Caratteristiche geometriche degli specchi acquei e delle infrastrutture portuali .....	41
5.1	Caratteristiche delle banchine .....	41
5.1.1	Pescaggio massimo delle navi .....	41
5.1.2	Lunghezze degli accosti .....	43
5.2	Canale di accesso al porto .....	45
5.3	Cerchio di evoluzione .....	51
	Appendice: glossario .....	52

	<b>Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004


## 1 Introduzione

Il presente studio sviluppa due temi di fondamentale importanza per la pianificazione e l'analisi dell'operatività di un porto. Il primo è quello della stima del "parco circolante" che nel prossimo ventennio sarà presente sulle rotte mondiali, continentali e nazionali. Il secondo è quello di derivare relazioni quantitative che descrivano le caratteristiche geometriche e le capacità di carico delle principali tipologie di navi.

Relativamente al primo tema, è di fondamentale importanza conoscere quali saranno le dimensioni principali di un natante (larghezza, lunghezza e immersione) e la sua numerosità assoluta e percentuale: dalla possibilità di accogliere le future navi dipenderanno in modo univoco e diretto le sorti di un porto. In altre parole, il primo elemento (di una lunga serie) di un vantaggio competitivo è proprio la possibilità infrastrutturale di accogliere le navi; conoscerne quindi le caratteristiche è il primo passo.

Conoscere poi quale capacità di carico è associata alle diverse dimensioni delle navi che si riesce a far entrare risulta necessario per la fase successiva di "handling" dei carichi: non solo "fare entrare" la nave, ma anche "caricarla/scaricarla" nei tempi e modi congrui. Una corretta pianificazione portuale non può prescindere da tale conoscenza approfondita. Non può neanche prescindere da quale peso ha, in termini di numerosità, una data classe di nave.

Ci si accorge allora che anche la simulazione dell'operatività portuale (traffico, "thruput",...) dipende da una corretta stima delle relazioni fra caratteristiche geometriche e di carico in primis e poi dalle caratteristiche di navigabilità e manovriere di ogni tipo di nave. Le simulazioni si articolano generalmente in due filoni principali: (i) la verifica della capacità di una data nave di manovrare all'interno di un porto, (ii) la modellazione dell'intero traffico portuale. I modelli che si applicano sono profondamente diversi, dati i loro scopi, ma tutti e due hanno alla base un dato fondamentale: la conoscenza approfondita delle caratteristiche geometriche e di carico dei vettori marittimi ad oggi e nel futuro prossimo.

 <b>APP</b> <b>Autorità</b> <b>Portuale</b> <b>Piombino</b>	<b>Piano Regolatore Portuale</b> <b>2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

## 2 Evoluzione delle caratteristiche della flotta mondiale di bulk carriers

Le elaborazioni presentate nel presente studio sono tutte basate sull'anagrafica della flotta mondiale fornita dalla Clarkson Inc. Si è utilizzato in particolare "The Clarkson Register Professional Edition" che, secondo l'esperienza del gruppo di lavoro scrivente, fornisce la più esaustiva, completa ed articolata anagrafica della flotta mondiale. Il DataBase fornisce anche gli ordinativi delle navi fino al 2010: e per buona parte di essi le caratteristiche geometriche e di capacità di carico sono complete. L'analisi degli ordinativi è stata utilizzata come base delle stime dell'assetto futuro della flotta circolante. In particolare si sono utilizzati 5925 dati di navi rinfusiere (1 dato = 1 nave). Si sono poi confrontate le elaborazioni statistiche e relazionali svolte dal raggruppamento scrivente con quelle elaborate da altri centri studi internazionali come USCorps of Engineers, o la Stanford University verificando la bontà e la significatività delle presenti elaborazioni. I dati di riferimento della Clarkson register non sono quindi riportati nelle didascalie delle figure per alleggerire la notazione. Tutte le elaborazioni sono a cura del gruppo di lavoro scrivente.

Uno sguardo d'insieme ai volumi dei vettori marittimi della categoria mostra che dalle 3627 unità del 1995 si è passati alle 6082 del 2005, con un tasso di crescita medio composto (CAGR) del 5%.

In relazione alla flotta di rinfusiere si osservano due fenomeni fondamentali

1. la forte crescita del segmento delle Panamax e delle Capesize con tassi di crescita medi del 7% (maggiore della crescita della categoria pari al 5%)
2. la modesta crescita del segmento handysize, 3%, minore della crescita della categoria.

Non può parlarsi di una vera e propria sostituzione, ma sicuramente le dimensioni medie dei vettori bulk sono cresciute.

Infatti delle nuove 2455 unità costruite nel decennio in questione, 1208 (cioè il 50% circa) sono Handymax o superiori (LOA>190 m, T> 11.0m).

Questi due fenomeni sono illustrati nella figura 1 che mostra la composizione per classe dimensionale delle flotte bulk nel 1995 e nel 2005. La figura definisce anche le grandezze medie di riferimento di ognuno dei segmenti (Handysize, Handymax, Panamax e Capesize). In virtù di tali crescite si arriva alla situazione del 2005 ove i tre maggiori segmenti suddetti, con pescaggi superiori a 11.0m, costituiscono il 57% dei vettori bulk circolanti. Il dato diviene ancora più significativo quando si osserva che questi tre segmenti costituiscono il 70% della capacità complessiva in DWT: il 70% delle

merci che viaggiano in navi bulk, viaggiano su vettori di dimensioni LOA>190.0 m, T>11.0 m. Si nota inoltre che se si esclude il segmento delle Handymax, i rimanenti due macro segmenti, Panamax e Capesize fanno il 34% delle unità ed il 61% della capacità di trasporto: uno sguardo alle caratteristiche geometriche di tali classi mostra che tale capacità di trasporto si attua su vettori marittimi con pescaggi ben oltre i 13 m, mediamente intorno ai 15 m, e con punte fino ed oltre ai 20 m.

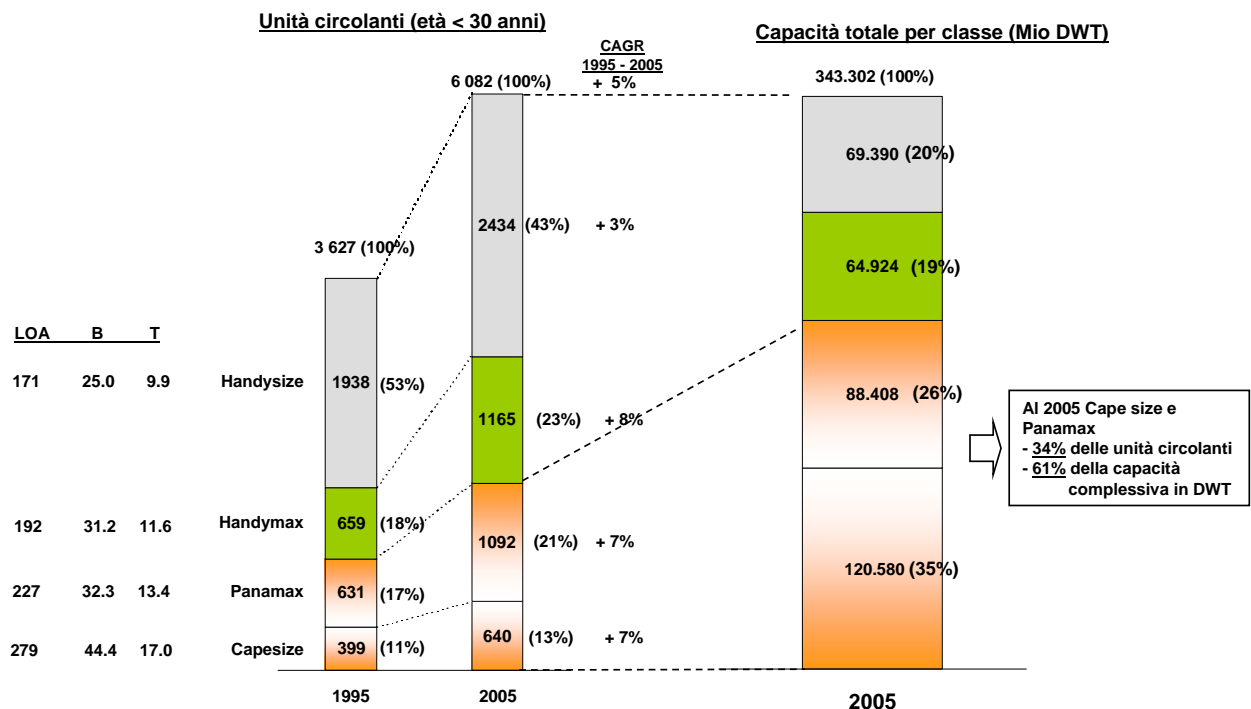



Figura 1 - Evoluzione storica della flotta delle bulk, Unità, Mio DWT, 1995-2005

La categoria più antica delle navi commerciali (bulk carriers) ha quindi mostrato negli ultimi dieci anni un tasso di crescita medio composto (CAGR) del 5%, comunque pronunciato. Tale tasso non appare sostenibile nel prossimo quindicennio e con buona probabilità si assisterà ad un assestamento della flotta di rinfusiere. Lo studio dei nuovi ordinativi mostra infatti che la crescita è poco sostenuta. I nuovi ordini in consegna al 2010 ammontano infatti a 891 unità. Seppure in moderata crescita, l'ulteriore crescita dimensionale della flotta è mostrata dal fatto che 442 di esse (il 50%) appartengono ai due segmenti Capesize e Panamax con pescaggi superiori ai 13 m e lunghezze maggiori di 230m.

La previsione della flotta circolante al 2020 viene così derivata.

La composizione della flotta al 2010 viene ricostruita in base al parco circolante al 2005 ed ai nuovi ordinativi. Si possono così calcolare tutti i tassi medi di crescita dei diversi

 <b>APP</b> <b>Autorità</b> <b>Portuale</b> <b>Piombino</b>	<b>Piano Regolatore Portuale</b> <b>2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

segmenti dimensionali. Essi sono riportati nel quadro successivo. Per comprendere il semplice modello previsionale si consideri la seconda colonna, che descrive l'evoluzione delle Capesize. Il CAGR 95-05 è del 7% ed è poco dipendente dall'anno di riferimento, vale a dire che anche il CAGR 02-05 si attesta su quel valore. Infine la crescita media dal 2005 al 2010 è pari al 5.8% annuo, conseguenza dei minori nuovi ordinativi in consegna nel periodo di riferimento.

Data la maturità della categoria e la stabilità della relativa crescita, nel caso delle bulk si assume che il tasso "storico" di crescita 05-10 si mantenga anche nel decennio successivo. Stesso dicasi per gli altri tre macro segmenti (Panamax, Handymax e Handysize) i cui tassi di crescita 05-10 sono ancora più modesti, rispettivamente 2.8%, 3.6% ed 1.3%. Prolungando tale crescita fino al 2020 si ottiene la composizione della flotta bulk "lorda"; dopo aver epurato le navi che a tale data hanno una età maggiore di 35 anni, si arriva così alla definizione della flotta al 2020.

	<b>Capesize</b>	<b>Panamax</b>	<b>Handymax</b>	<b>Handysize</b>	<b>Totale</b>
<b>1995</b>	399	631	659	1938	3627
<b>1995 in %</b>	11%	17%	18%	53%	100%
<b>2002</b>	640	1092	1165	2434	5331
<b>2005 esist</b>	764	1243	1375	2594	5976
<b>2005 n.o.</b>	23	22	35	26	106
<b>2005</b>	<b>787</b>	<b>1265</b>	<b>1410</b>	<b>2620</b>	<b>6082</b>
<b>2005%</b>	<b>13%</b>	<b>21%</b>	<b>23%</b>	<b>43%</b>	<b>100%</b>
<b>CAGR 95-05</b>	7.0%	7.2%	7.9%	3.1%	5.3%
<b>CAGR 02-05</b>	7.1%	5.0%	6.6%	2.5%	4.5%
<b>2010 n.o.</b>	256	186	270	179	891
<b>2010</b>	1043	1451	1680	2799	6973
<b>CAGR 10-05</b>	<b>5.8%</b>	<b>2.8%</b>	<b>3.6%</b>	<b>1.3%</b>	<b>2.8%</b>
<b>= CAGR 20-10</b>					
<b>2011</b>	1103	1491	1740	2836	7171
<b>2012</b>	1167	1533	1802	2874	7376
<b>2013</b>	1235	1575	1866	2912	7589
<b>2014</b>	1307	1619	1933	2951	7810
<b>2015</b>	1382	1664	2002	2990	8039
<b>2016</b>	1462	1711	2073	3030	8276
<b>2017</b>	1547	1758	2147	3070	8523
<b>2018</b>	1637	1807	2224	3111	8779
<b>2019</b>	1732	1857	2303	3153	9044
<b>2020</b>	1576	1767	2162	3073	8578
<b>obsolete al 2020</b>	130	331	314	1336	2111
<b>2020 età &lt; 35 anni</b>	<b>1446</b>	<b>1436</b>	<b>1848</b>	<b>1737</b>	<b>6467</b>
<b>2020 età &lt; 35 anni %</b>	<b>22%</b>	<b>22%</b>	<b>29%</b>	<b>27%</b>	<b>100%</b>

Tabella 1 - Quadro d'insieme del modello di previsione della flotta delle rinfusiere al 2020.

Il quadro previsionale di insieme della flotta al 2020 è riportato nella successiva figura 2.

Anche se con tasso di crescita modesto rispetto al passato prossimo il quadro della flotta al 2020 porta il numero delle bulk dalle 6082 unità del 2005 alle 6467 del 2020, valore che implica un tasso medio di crescita nei quindici anni in oggetto pari all' 1%. In tale scenario, i due segmenti di maggiori dimensioni (Panamax e Capesize) costituiranno circa il 44% delle unità complessive e rappresenteranno il 71% delle 464 milioni di DWT di capacità complessiva circolante su mare, con pescaggi e lunghezze superiori rispettivamente a 13 m e 230m.

Dunque anche nei porti con vocazione al traffico internazionale occorrono specchi acquei di sempre maggiore estensione e profondità non inferiori a 11-13 m.

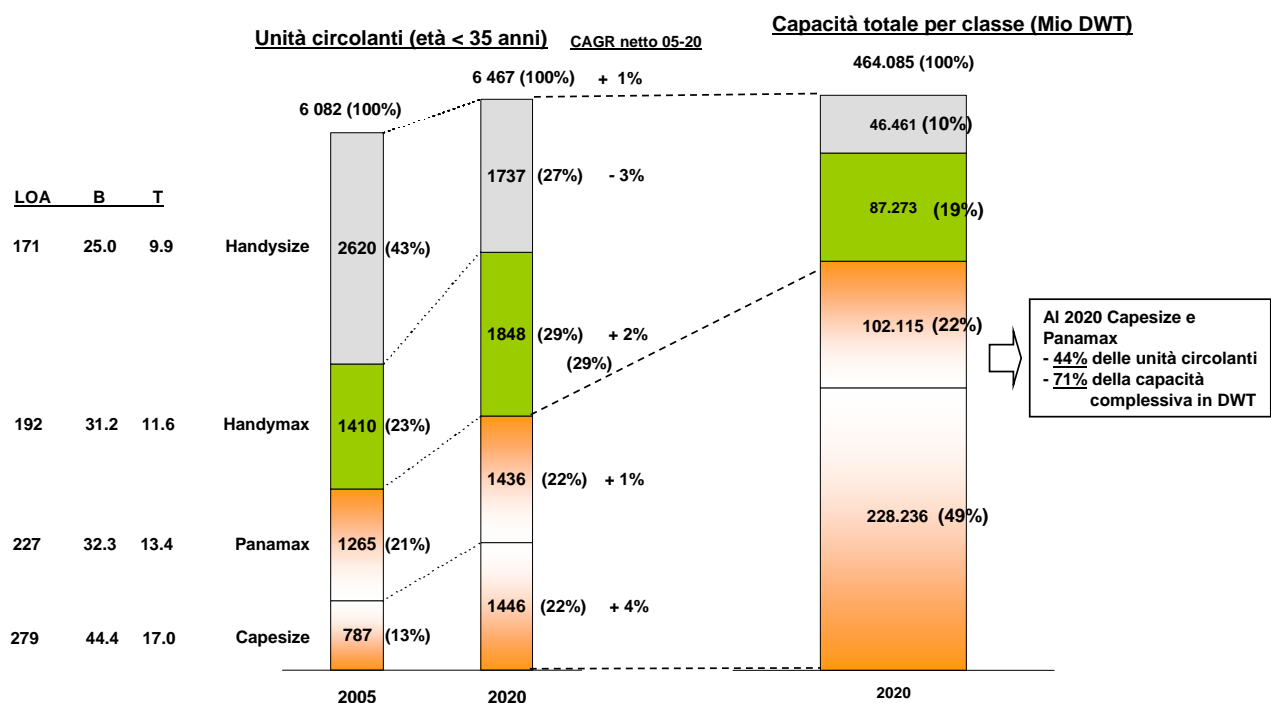



Figura 2 - Evoluzione futura della flotta delle bulk, Unità, Mio DWT, 2005 2020

La simulazione dell'operatività di un porto e del traffico che lo interessa presuppone, quale che sia il modello utilizzato, la conoscenza delle caratteristiche geometriche, di carico e di manovrabilità delle navi. Nel caso specifico del Porto di Piombino è di fondamentale importanza capire per ogni profondità dei fondali ipotizzata quale sia la massima nave che può operare in sicurezza. Come regola generale per i porti italiani non soggetti ad elevate oscillazioni di marea, si può utilizzare la semplice regola: immersione T massima delle navi pari alla profondità del fondale meno un metro. Dunque fissato il fondale è fissata l'immersione massima. Il passo successivo è dedurre quale è la massima nave compatibile con tale immersione T, definita in termini di

 <b>APP</b> <b>Autorità</b> <b>Portuale</b> <b>Piombino</b>	<b>Piano Regolatore Portuale</b> <b>2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004


lunghezza fuori tutto LOA e larghezza B. A tali grandezze geometriche a seconda della tipologia di nave deve essere fatta afferire la capacità di trasporto (DWT per le bulk). La definizione di relazioni d'insieme di tali grandezze è alla base di tutti i modelli (semplici od articolati, concettuali o numerici) di simulazione dell'operatività portuale.

Al fine di determinare le relazioni funzionali desiderate si sono utilizzati i dati del registro navale Clarkson ricercando la curva che meglio li approssima con il principio dei minimi quadrati. Nel caso delle rinfusiere la misura della capacità di trasporto utilizzata è la portata lorda DWT (DeadWeightTonnage).

Si sono investigate le forme funzionali monomia  $y = ax^b$ , logaritmica  $y = a \ln(x) + b$  e lineare  $y = ax + b$ . La minimizzazione dell'  $R^2$  ha fornito la forma funzionale migliore e gli associati valori di  $a$  e di  $b$ . I risultati sono riportati nella seguente tabella 2.

Si osserva che nel caso delle rinfusiere la dipendenza funzionale che meglio approssima la relazione tra LOA e DWT, tra B e DWT e tra T e DWT è dello stesso tipo, cioè monomia.



 <b>APP</b> <b>Autorità Portuale Piombino</b>	<b>Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

Relazione funzionale	Flotta 1975 – 2005	R <sup>2</sup>	Nuovi Ordinativi 2006-2010	R <sup>2</sup>
<b>Lunghezza FT (LOA in m) e capacità di carico (DWT)</b>	$LOA = 9.29 DWT^{0.284}$	<b>0.94</b>	$LOA = 6.25 DWT^{0.316}$	<b>0.98</b>
<b>Larghezza (B in m) e capacità di carico (DWT)</b>	$B = 1.17 DWT^{0.301}$	<b>0.92</b>	$B = 1.03 DWT^{0.313}$	<b>0.92</b>
<b>Immersione (T in m) e capacità di carico (DWT)</b>	$T = 0.49 DWT^{0.296}$	<b>0.94</b>	$T = 0.50 DWT^{0.289}$	<b>0.84</b>

*Tabella 2 – Relazioni funzionali fra LOA, B e T e la capacità di carico in DWT*

Nella derivazione di tali formule si sono tenuti separati i dati della flotta esistente al 2005 dai dati relativi ad i nuovi ordinativi, ricavando le rispettive curve interpolanti. Ciò al fine di mettere in evidenza eventuali tendenze in atto nella ingegnerizzazione dei moderni vettori marittimi bulk. Come si può osservare più agevolmente nelle curve riportate nelle figure 3, 4 e 5, non vi è nessuna marcata tendenza effettivamente percepibile fra l'esistente ed i nuovi ordini.

E' interessante osservare come la popolazione delle navi bulk abbia una grossa concentrazione lungo la retta orizzontale definita dalla larghezza del canale di Panama, come si può apprezzare graficamente nella figura 4, in corrispondenza dell'ordinata B=32.2 m.

Le figure 3, 4 e 5 riportano anche la suddivisione nei segmenti dimensionali già incontrati nella definizione del parco circolante (linee verticali verdi).

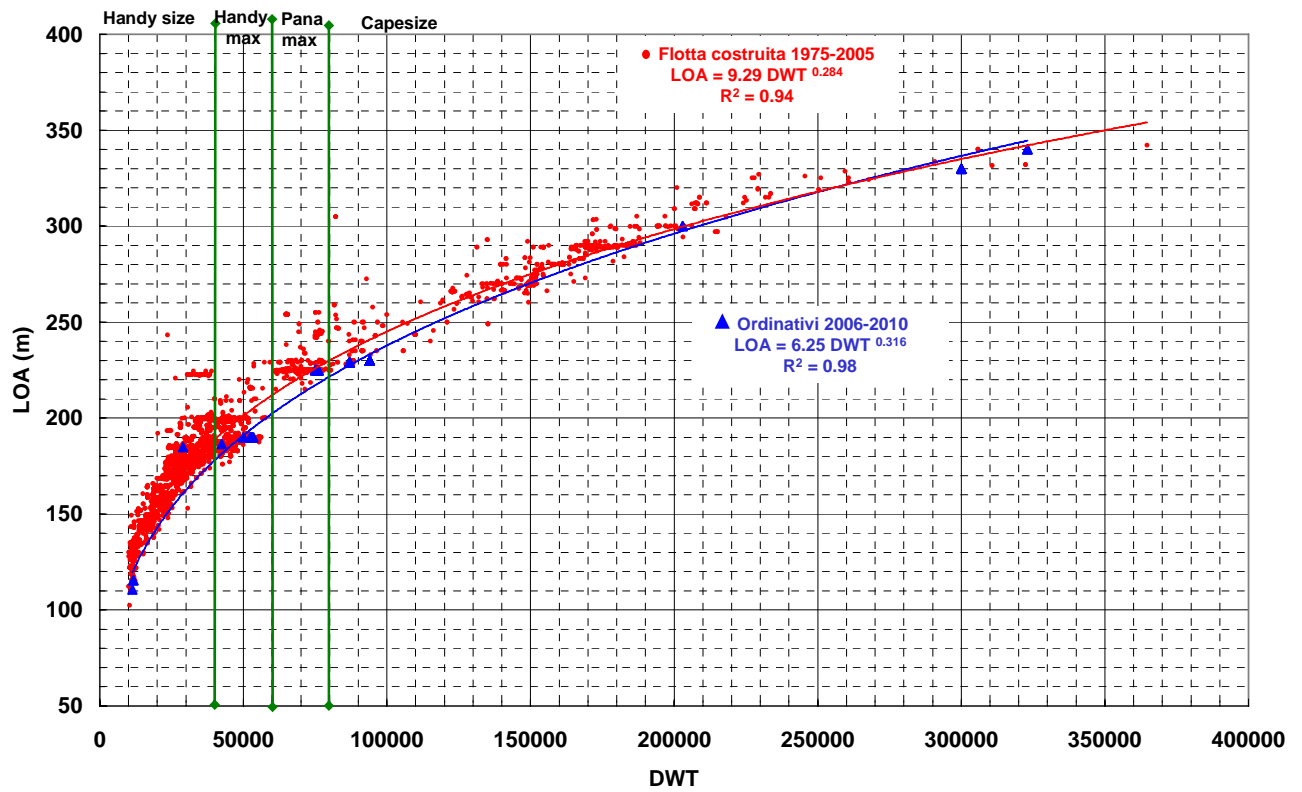


Figura 3 - Flotta mondiale delle bulk, lunghezza LOA in funzione del DWT, costruite ed ordinate, 1975-2010

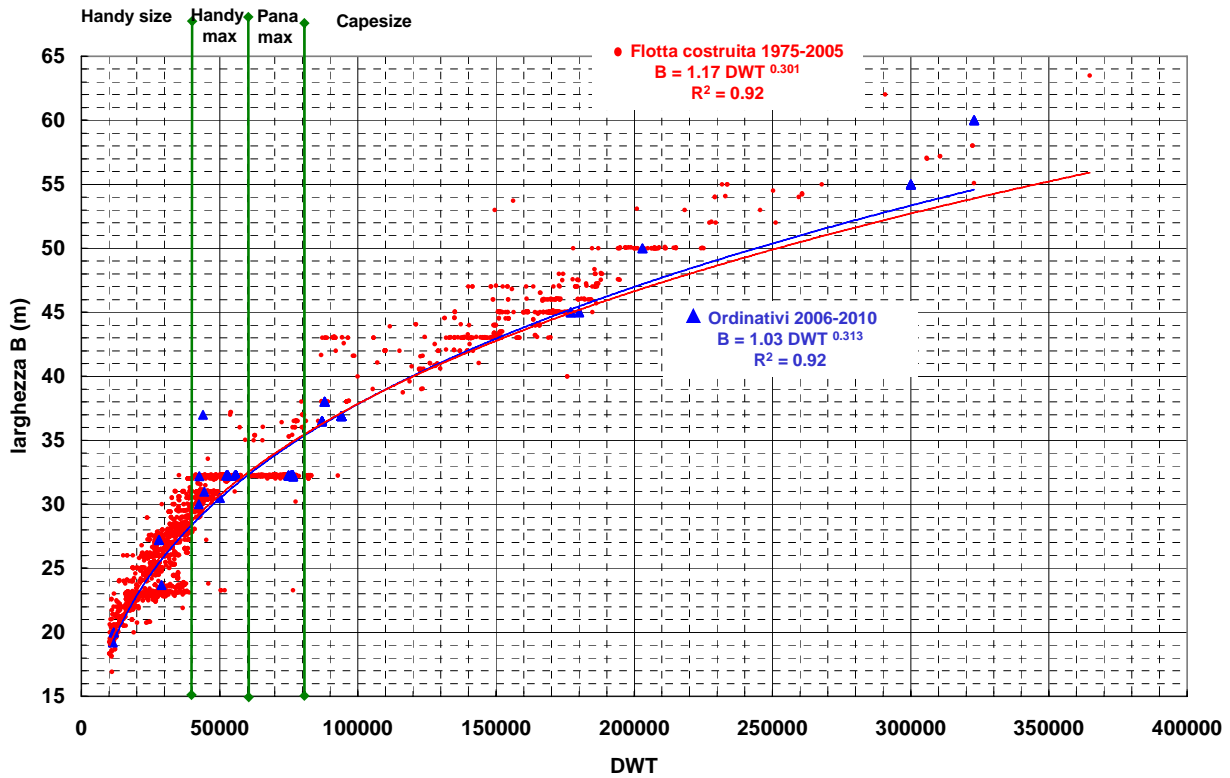


Figura 4 - Flotta mondiale delle bulk, larghezza B in funzione del DWT, costruite ed ordinate, 1975-2010

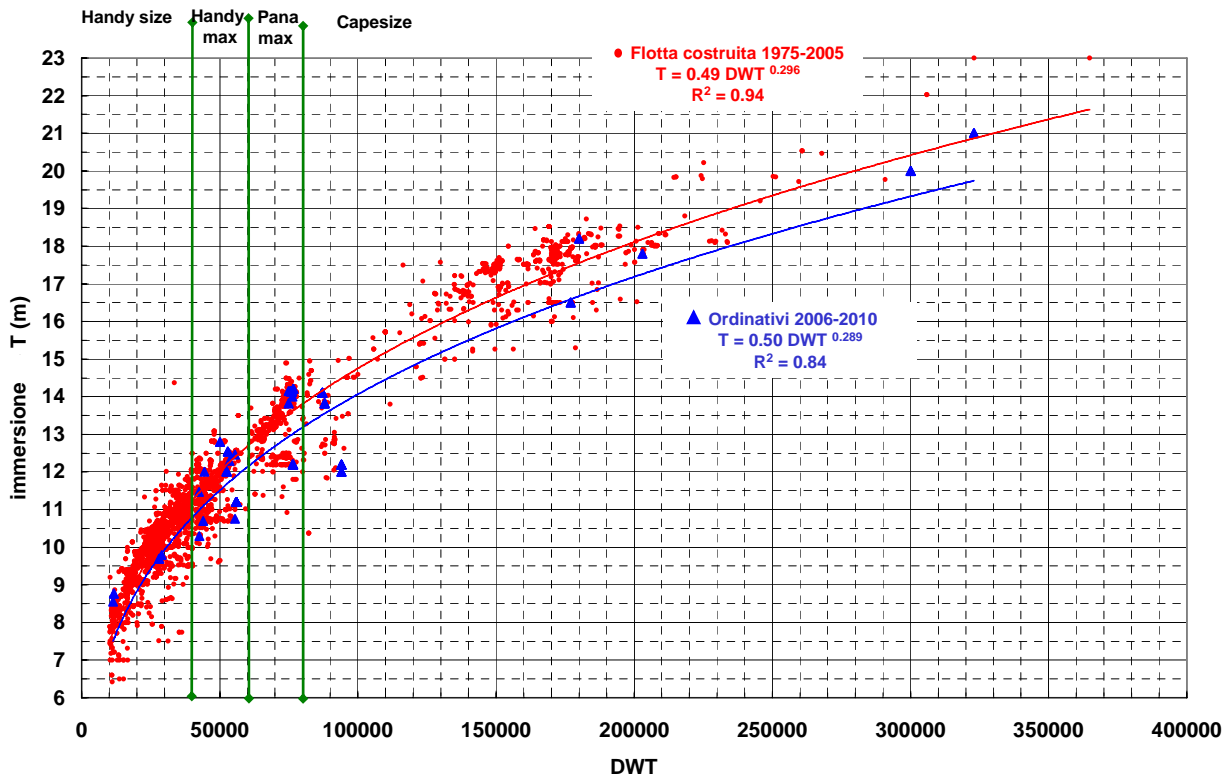




Figura 5 - Flotta mondiale delle bulk, immersione T in funzione del DWT,

	<b>Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

*costruite ed ordinate, 1975-2010*

 <b>APP</b> <b>Autorità Portuale Piombino</b>	<b>Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

Esplicitando le relazioni precedenti di tabella 2 rispetto ai DWT è possibile ricavare relazioni dirette fra LOA e B e l'immersione T. Così operando si ottiene ad esempio  $LOA = 18.42 T^{0.96}$  per la flotta al 2005. Si osserva che la dipendenza funzionale fra LOA, B e T resta di tipo monomio come conseguenza del fatto che tutte e tre le grandezze di interesse LOA, B e T dipendono da DWT con formule di tipo monomio  $y = ax^b$ . Inoltre ispezionando le formule di tabella 2, si osserva che il coefficiente della potenza di DWT varia poco nelle diverse relazioni, rimanendo sempre dell'ordine di 0.3, il che implica che le relazioni dirette fra le grandezze geometriche hanno tutte una dipendenza prossima alla lineare, cioè potenze  $b$  prossime a 1.

L'esplicitazione delle formule di tabella 2 per ricavare correlazioni dirette amplifica gli scarti delle formulazioni di origine. Per le relazioni fra LOA, B e T si è proceduto allora a ricercare la forma funzionale migliore correlando direttamente i dati, senza "passare" per i DWT. Eseguendo la stessa procedura si è confermato che la forma monomia, con  $b$  proprio pari a 1, cioè la dipendenza lineare è la migliore, e si sono determinati valori dei coefficienti che massimizzano il valore di  $R^2$ . I risultati sono riportati nella seguente tabella 3.

Relazione funzionale	Flotta 1975 – 2005	$R^2$	Nuovi Ordinativi 2006-2010	$R^2$
Lunghezza FT (LOA in m) e Immersione (T in m)	$LOA = 14.89 T + 21.93$	<b>0.89</b>	$LOA = 30.28 T - 119.53$	<b>0.91</b>
Larghezza (B in m) e Immersione (T in m)	$B = 2.59 T + 1.39$	<b>0.89</b>	$LOA = 3.10 T - 3.88$	<b>0.88</b>

Tabella 3 – Relazioni funzionali fra LOA, B e T

Le relazioni della tabella 3 sono riportate nelle figura 6 e 7 assieme alla popolazione di dati a cui si riferiscono. Si osserva, come già nel caso della dipendenza dalla capacità di carico, tabella 2, che le differenze fra le navi ordinate e quelle costruite in termini di relazioni fra le grandezze principali è poco apprezzabile. Pertanto nelle elaborazioni successive sono state utilizzate le formulazioni uniche che interpolano l'insieme dei dati, sia le costruite che le ordinate (v. tabella 4).

Essendo la numerosità delle navi esistenti superiore a di quella degli ordinativi, le formule hanno coefficienti più prossimi a quelli della flotta esistente visti nei paragrafi precedenti.

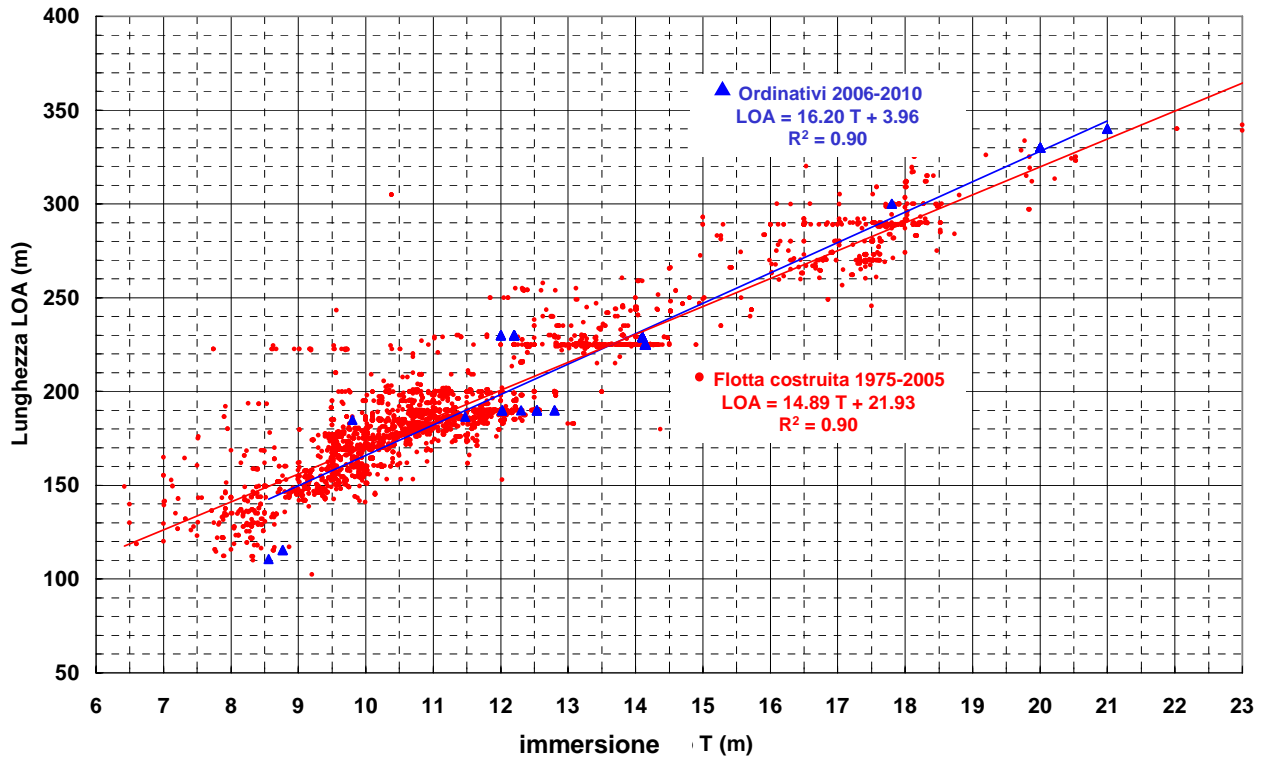


Figura 6 - Flotta mondiale delle bulk, correlazione fra lunghezza fuori tutta LOA e immersione T, costruite ed ordinate, 1975-2010

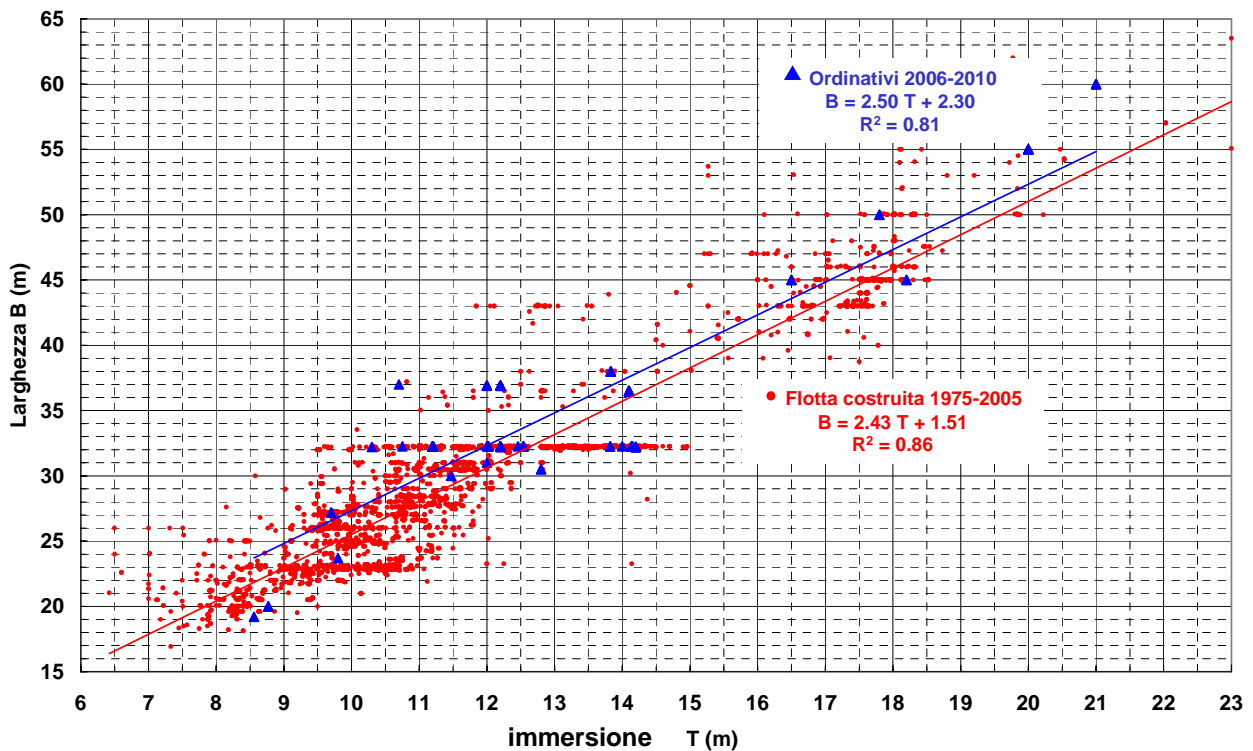




Figura 7 - Flotta mondiale delle bulk, correlazione fra larghezza B e immersione T,

 <b>APP</b> Autorità Portuale Piombino	<b>Piano Regolatore Portuale          2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

*costruite ed ordinate, 1975-2010*

 <b>APP</b> <b>Autorità Portuale Piombino</b>	<b>Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

Relazione funzionale	Bulk	R <sup>2</sup>
Lunghezza FT (LOA in m) e capacità di carico (DWT)	$LOA = 9.30 DWT^{0.284}$	<b>0.95</b>
Larghezza (B in m) e capacità di carico (DWT)	$B = 1.17 DWT^{0.302}$	<b>0.94</b>
Immersione (T in m) e capacità di carico (DWT)	$T = 0.50 DWT^{0.294}$	<b>0.94</b>
Lunghezza FT (LOA in m) e Immersione (T in m)	$LOA = 14.91 T + 21.69$	<b>0.90</b>
Larghezza (B in m) e Immersione (T in m)	$B = 2.44 T + 1.44$	<b>0.87</b>
Portata lorda DWT (ton) e stazza lorda GT (ton eq)	$GT = 0.51 DWT + 3425.2$	<b>0.98</b>


Tabella 4 – Quadro riassuntivo delle formulazioni pratiche di riferimento. Per navi bulk

E' di interesse ai fini della quantificazione della massima nave compatibile con un assegnato fondale, confrontare anche quali dimensioni sono compatibili per la macro classe di vettori considerati. Infatti alle dimensioni del piano di galleggiamento (a cui il prodotto  $LOA \times B$  è direttamente proporzionale) delle navi sono legate le capacità manovriere all'interno di assegnate aree portuali. Nel caso del Porto di Piombino le caratteristiche planimetriche del porto e le dimensioni delle aree di evoluzione senza dubbio non costituiscono vincolo superiore alla dimensione della max nave che può entrare. In altre parole, le navi con un' immersione compatibile con l'approfondimento dei fondali a -15.00 m nel bacino destinato alle navi bulk carriers risultano compatibili in termini piano di galleggiamento (non troppo lunghe e/o non troppo larghe per manovrare).

A tal fine nella tabella 5 sono riportati alcuni valori medi di tali grandezze caratteristiche.

T (m)	Bulk		
	LOA (m)	B (m)	DWT
<b>10.5</b>	178	27.1	31 430
<b>11.5</b>	193	29.5	42 828
<b>12.5</b>	208	31.9	56 872
<b>13.5</b>	223	34.4	73 890
<b>14.5</b>	238	36.8	94 220
<b>15.5</b>	253	39.3	118 211



	<b>Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

*Tabella 5 – Valori di riferimento delle caratteristiche geometriche e di capacità di trasporto in funzione dell'immersione T delle navi bulk.*

Nel capitolo sulla previsione della flotta futura si è osservato come, per quanto riguarda le bulk, più dei tre quarti della capacità complessiva mondiale al 2020 viaggerà su navi con pescaggi superiori agli 11-13 m.

L'implicazione in termini di infrastrutture portuali è fortissima, specialmente in un contesto sempre più competitivo: i grandi operatori di logistica possono scegliere di installare i propri hub e centri operativi nei porti che sapranno offrire le migliori caratteristiche di funzionalità. La prima e forse scontata già oggi di queste caratteristiche di funzionalità è quindi la sufficienza della profondità per accogliere le navi.

Pertanto come stima d'insieme si sono valutate le curve cumulate delle unità navali bulk e delle relative capacità.

In figura 8 sono riportate le curve cumulate delle unità navali (nero- cerchio) e della capacità (verde - triangoli) in funzione dell'immersione (o pescaggio)T, costruite ed ordinate dal 1975 al 2010.

Osservando l'andamento delle curve cumulate ed ipotizzando di partire da circa 9 -10 m si evince che il guadagno marginale in termini di capacità a cui un porto può accedere approfondendo i fondali è massimo fino intorno ai 14 m. Dopo tale valore la curva sia delle unità che della capacità si appiattisce, segno della scarsa popolazione nel range 15-18 m. Questo significa che sicuramente per le navi bulk il beneficio di approfondire oltre i 15 m è assolutamente inferiore al costo dell'approfondimento stesso, poiché la capacità a cui si accede varia pochissimo (oltre agli altri vincoli dimensionali in pianta dei canali già visti nel capitolo sulle sezioni di galleggiamento). La tabella 6 mostra invece che il tasso di crescita del beneficio (inteso sempre come incremento marginale di capacità a cui il porto accede) è molto forte nel range fra 10 m e 13 m. Analogamente passando da 10.5 m di immersione, a cui è associato solo il 15% di DWT cumulato, ai 12.5 m si salta al 43% dei DWT cumulati ed al 71% delle unità cumulate.

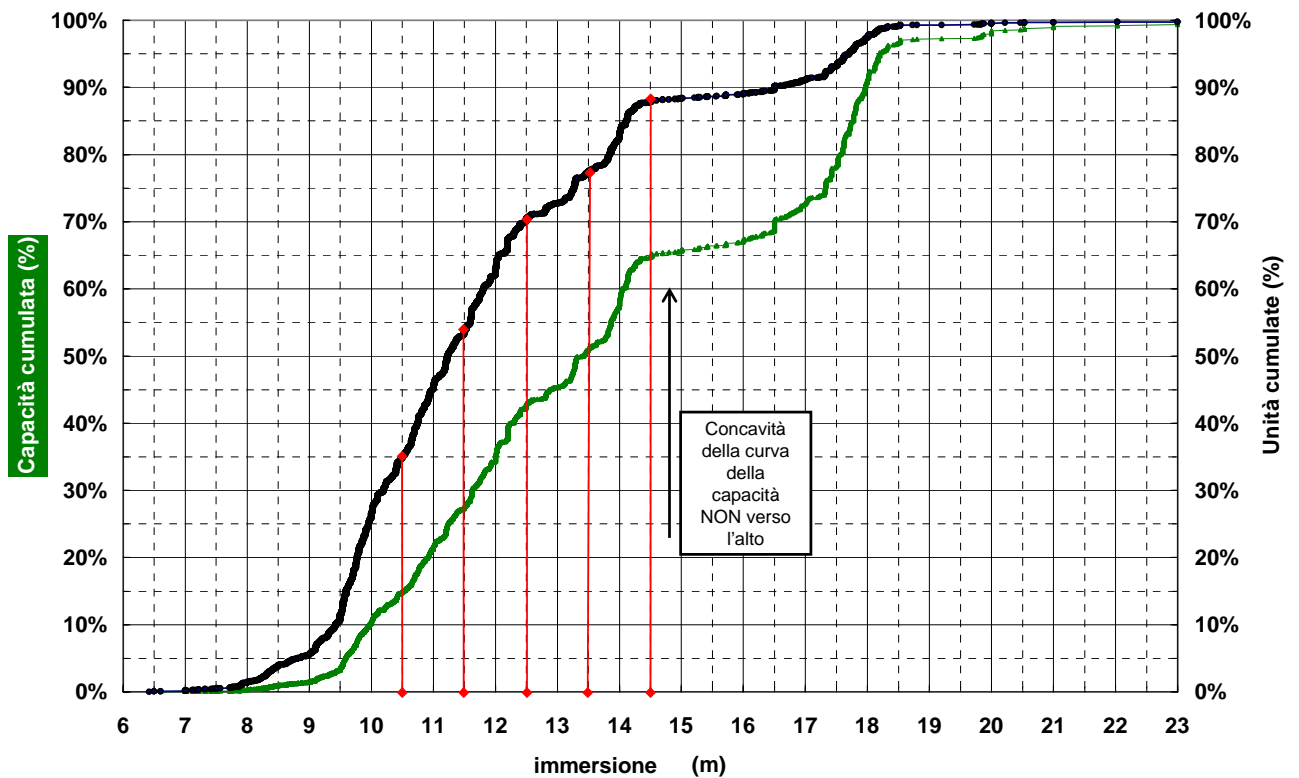



Figura 8 - Curve cumulate delle unità navali bulk (nero circ) e della capacità (verde triang) in funzione dell'immersione T, costruite ed ordinate, 1975-2010. Capacità misurata in DWT

T	DWT Cum %	Unità Cum %	delta DWT rispetto a T=10.5	delta unità rispetto a T=10.5
10.5	15%	35%	-	-
11.5	28%	54%	13%	19%
12.5	43%	71%	28%	35%
13.5	51%	78%	36%	42%
14.5	65%	88%	50%	53%

Tabella 6 – crescita in termini di unità e capacità cumulate al crescere dell'immersione delle navi bulk

 <b>APP</b> <b>Autorità Portuale Piombino</b>	<b>Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

### 3 Evoluzione delle caratteristiche della flotta mondiale di navi Ro-Ro Pax

Nel presente capitolo vengono riportati i risultati delle analisi eseguite per definire un quadro aggiornato delle navi Ro-Ro passeggeri (Ro-Ro Pax). A tale categorie di navi, che consentono di trasportare merci su gomma e passeggeri, appartengono le navi traghetto (ferry, cruise ferry), i traghetti veloci (fast ferry, fast cruise ferry) ed i traghetti superveloci (high-speed craft). La velocità di crociera dei traghetti veloci è pari a circa 28-30 nodi, mentre quella dei traghetti superveloci (costituiti essenzialmente da catamarani) è di circa 40 nodi.


Per avere un quadro aggiornato delle navi ro-ro pax presenti sul mercato è stato condotto un censimento delle caratteristiche delle flotte delle maggiori compagnie. In questo caso sono state prese in esame le compagnie che operano nel Mediterraneo e nel Nord Europa. Il censimento ha consentito di individuare un campione di circa 90 navi le cui caratteristiche sono state analizzate statisticamente.

Le compagnie prese in esame sono di seguito riportate:

- Grimaldi;
- Tirrenia;
- Grandi Navi Veloci;
- Moby Line;
- Anek Lines;
- DiMaiolines;
- HML Ferries;
- Minoan Lines;
- Superfast Ferries;
- Acciona Tramediterranea;
- Brittany Ferries;
- Color Line;
- DFDS Seaways;
- Société Nationale Maritime Corse Méditerranée;
- P&O North Sea Ferries;
- Finlines;
- Corsica Sardinia Ferries.

Il censimento è stato completato anche grazie alle informazioni derivanti dai cantieri navali, quali quelli della Aker Yards, della Alstom Marine, dei "Chantiers de L'Atlantique", della Fincantieri e dei Nuovi Cantieri Apuani in Italia.

Tenendo conto delle lunghezze degli accosti destinati ai traghetti nel porto di Piombino, il censimento è stato orientato a definire le caratteristiche dei traghetti di grandi e di

	<b>Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

medie dimensioni. Pertanto, sono state considerate solamente le navi caratterizzate da una lunghezza fuori tutto superiore a 100 m.

Inoltre, si è scelto di considerare nel campione di navi da analizzare solamente quelle di prossima costruzione (v. tabella 7) e quelle costruite o completamente ristrutturata dal 1995 ad oggi. In questo modo il campione di navi selezionate ci consente di analizzare non solo la situazione attuale ma anche quella futura su un orizzonte temporale di breve termine.

A riguardo si osserva che le navi completamente ristrutturate dal 1995 ad oggi ammontano a circa il 15% del campione selezionato e sono entrate in servizio per la prima volta tra la metà degli anni '60 e la fine degli anni '80. Tale aspetto è stato riscontrato anche per le navi da crociera, ma in minima percentuale e soprattutto per le navi di piccole e medie dimensioni.


I parametri considerati per definire le caratteristiche di ciascuna nave sono i seguenti:

- stazza lorda (t)
- lunghezza fuori tutto (L),
- larghezza a quota medio mare (B),
- pescaggio (d),
- numero massimo di passeggeri.
- numero massimo di auto.

Il risultato delle analisi del campione di navi selezionate è sintetizzato dai grafici delle figure riportate nel seguito. In particolare, nelle figure 9-11-13-15-17-18 sono riportati i valori dei parametri sopra elencati in funzione dell'anno di inizio attività di ciascuna nave, e nelle figure 10-12-14-16-19-20 sono riportati i valori percentuali cumulati dei parametri sopra elencati.

Per le navi traghetto non si evidenzia la tendenza riscontrata per le navi da crociera (v. par. 4) ad immettere sul mercato navi sempre più grandi e in grado di ospitare sempre più passeggeri. Ciò è dovuto al fatto che le navi da crociera percorrono sostanzialmente un itinerario (del quale ogni tappa è per alcuni passeggeri un punto di imbarco, per altri un punto di transito e per altri ancora un punto di sbarco), mentre le navi traghetto effettuano dei servizi di collegamento. Pertanto, ciascuna linea di collegamento deve essere servita da navi con caratteristiche tali da renderla redditizia.

Ciò lo dimostra anche il fatto che il numero di passeggeri, di auto ed il loro reciproco rapporto (numero di passeggeri per ogni auto imbarcata) per le navi immesse nel mercato dal 1995 ad oggi o in corso di costruzione risulta estremamente variabile (v. figura 21).

 <b>APP</b> <b>Autorità</b> <b>Portuale</b> <b>Piombino</b>	<b>Piano Regolatore Portuale</b> <b>2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

*Tabella 7 - Caratteristiche delle navi di prossima costruzione*

COMPAGNIA	NOME NAVE	ANNO	STAZZA (t)	L (m)	B (m)	d (m)	Num. Max passeggeri	Num. Max auto
Grandi Navi Veloci	TENACIA	*	23,000	202.0	27.0	*	400	*
Moby Line	*	*	36,000	175.0	27.6	7.0	*	*
Minoan Lines	*	*	37,482	214.0	26.4	7.0	2200	670
Minoan Lines	*	*	36,800	214.0	26.4	7.0	1880	750
GRIMALDI	Cruise Barcellona	2008	47,000	225.0	30.4	7.0	2300	215
Brittany Ferries	Armorique	2008	*	167.0	26.8	*	1500	470
GRIMALDI	Cruise Roma	2007	47,000	225.0	30.4	7.0	2300	215
Grandi Navi Veloci	Audacia	2007	23,000	202.0	27.0	*	400	*
Grandi Navi Veloci	Coraggio	2007	24,950	199.1	26.6	6.4	2635	500
Moby Line	Moby Otta	2007	21,000	185.0	27.0	6.3	1900	500
Moby Line	Moby Tommy	2007	28,000	212.0	25.0	6.8	2200	1000
Moby Line	Moby Easy	2007	*	186.0	25.0	*	1000	200
Color Line	Color Magic	2007	74,600	223.9	35.0	6.8	2750	750

\* dato non disponibile

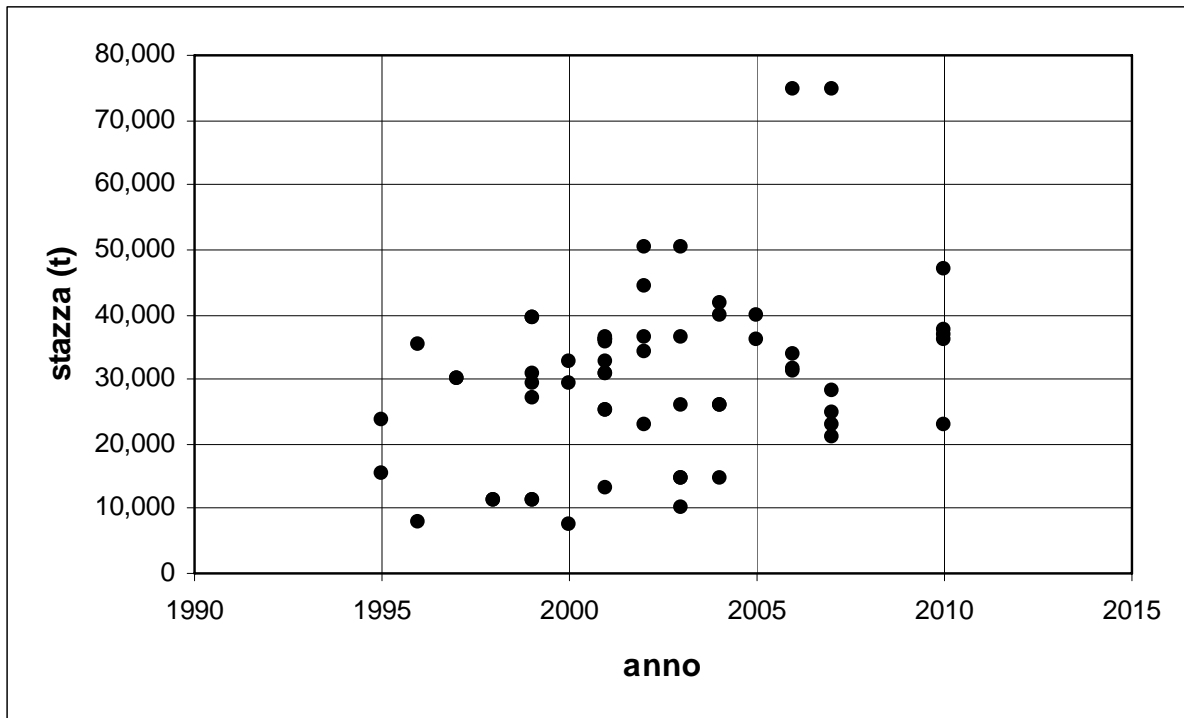


Figura 9 - Stazza delle navi traghetto entrate in servizio dal 1995 e in costruzione

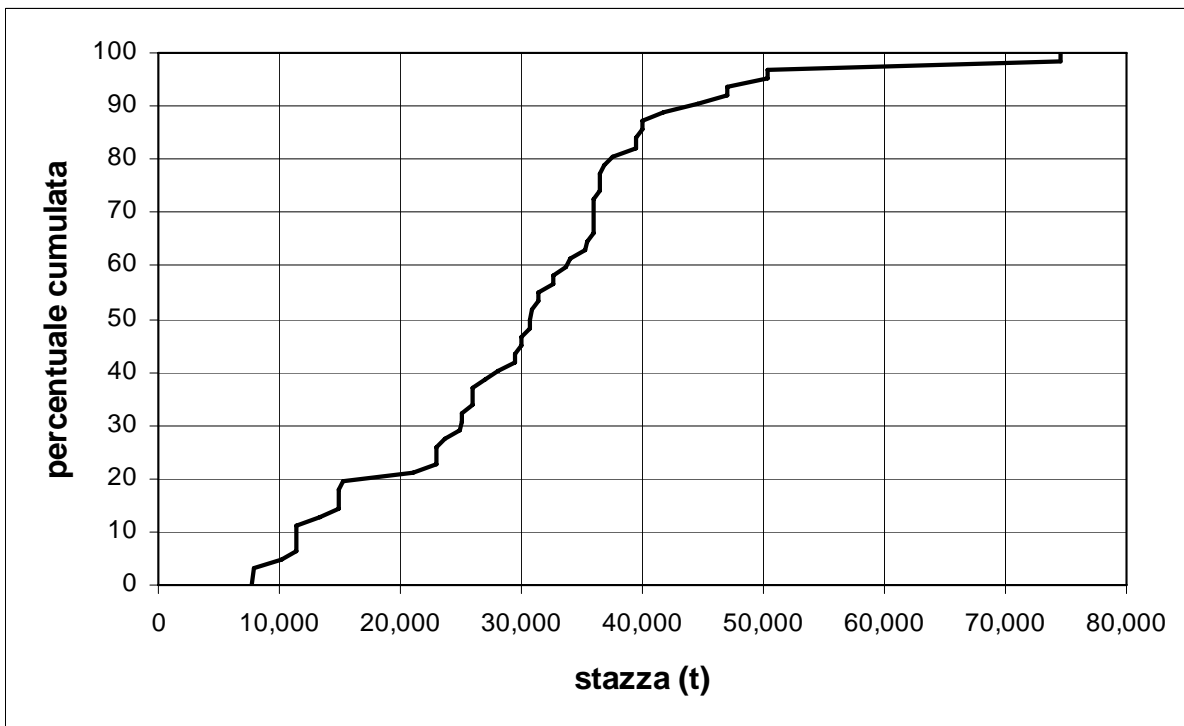


Figura 10 - Percentuale cumulata del numero di navi in funzione della stazza

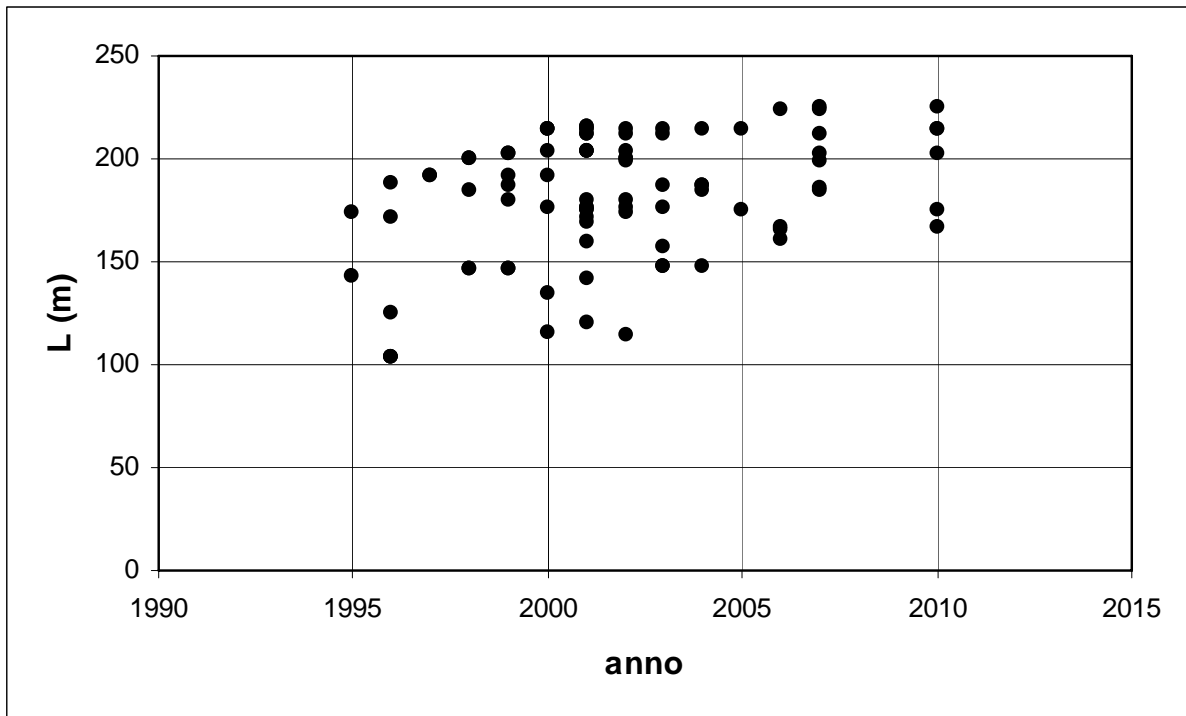


Figura 11 - Lunghezza delle navi traghetto entrate in servizio dal 1995 e in costruzione

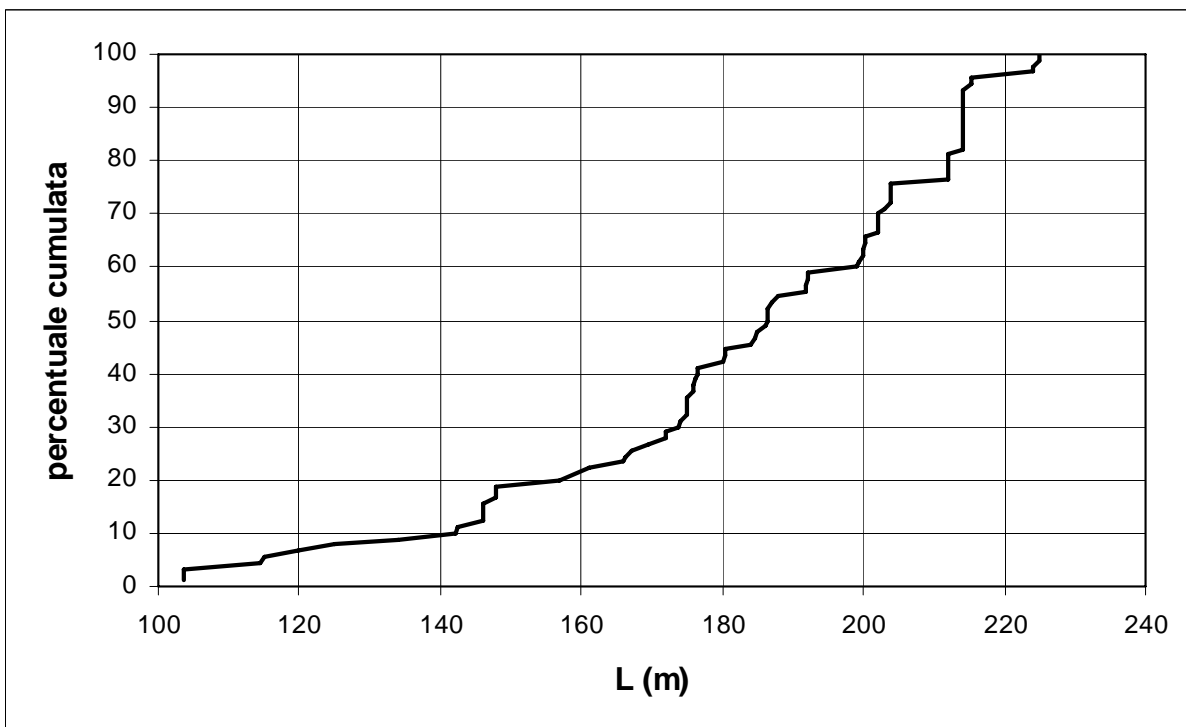



Figura 12 - Percentuale cumulata del numero di navi in funzione della lunghezza

 <b>APP</b> Autorità Portuale Piombino	<b>Piano Regolatore Portuale          2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004



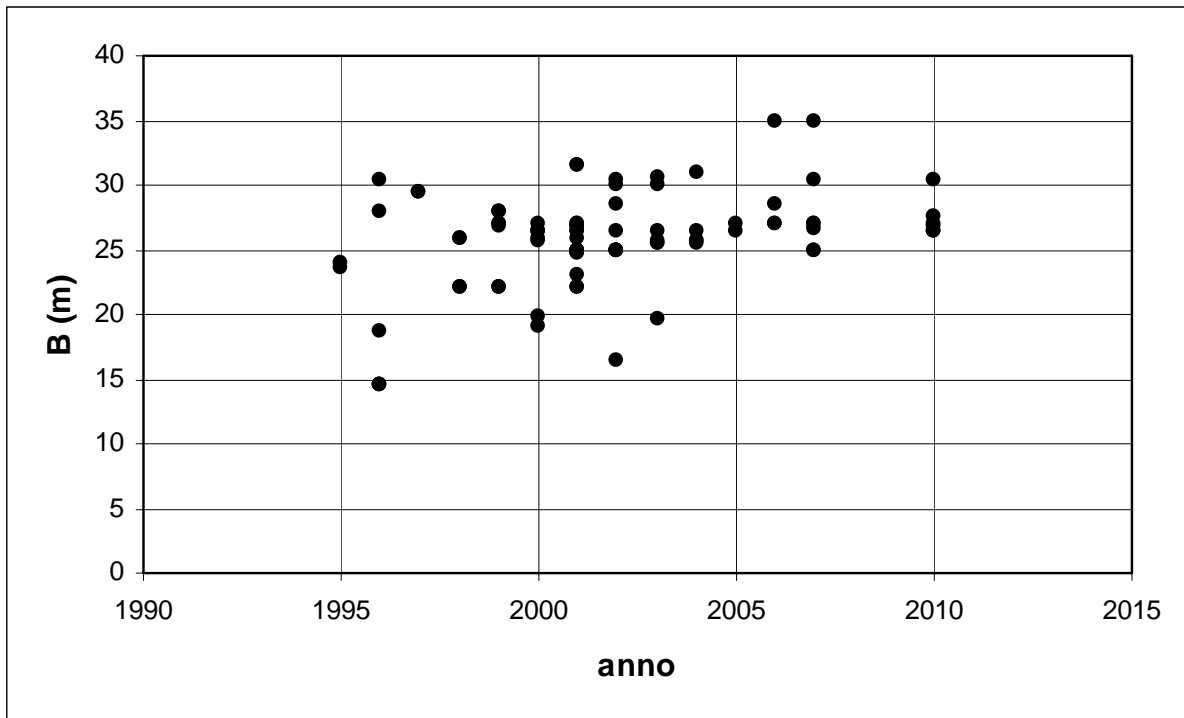


Figura 13 - Larghezza delle navi traghetto entrate in servizio dal 1995 e in costruzione

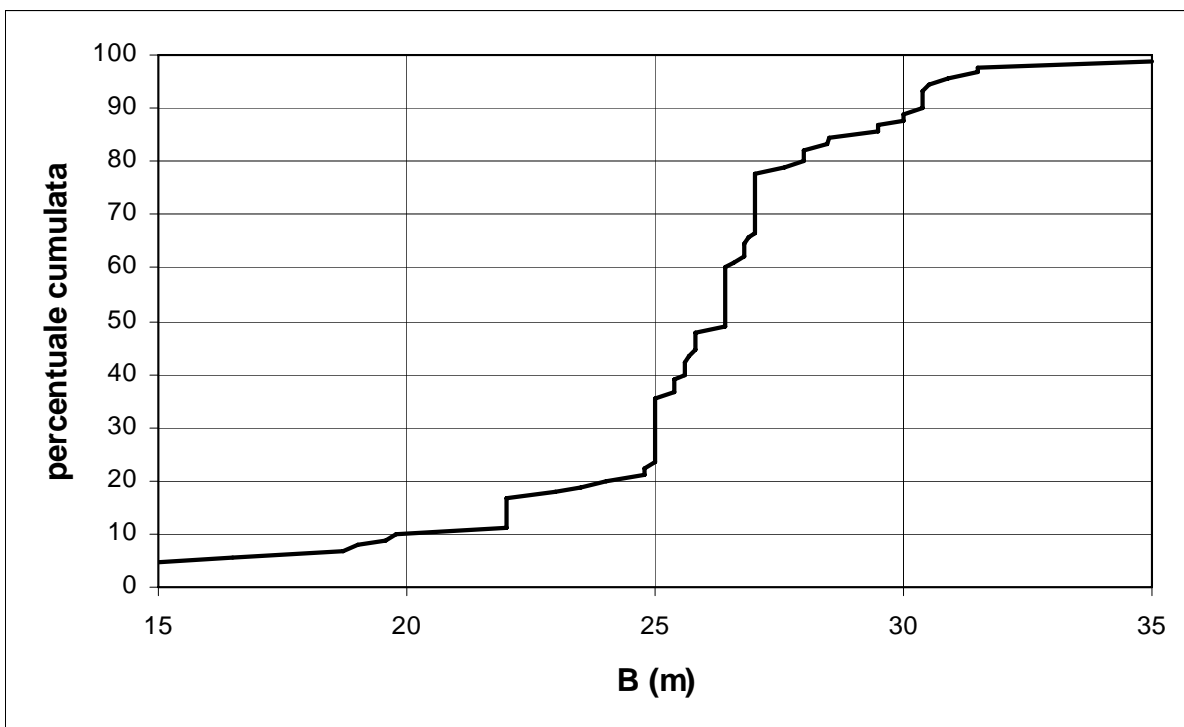



Figura 14 - Percentuale cumulata del numero di navi in funzione della larghezza

	<b>Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

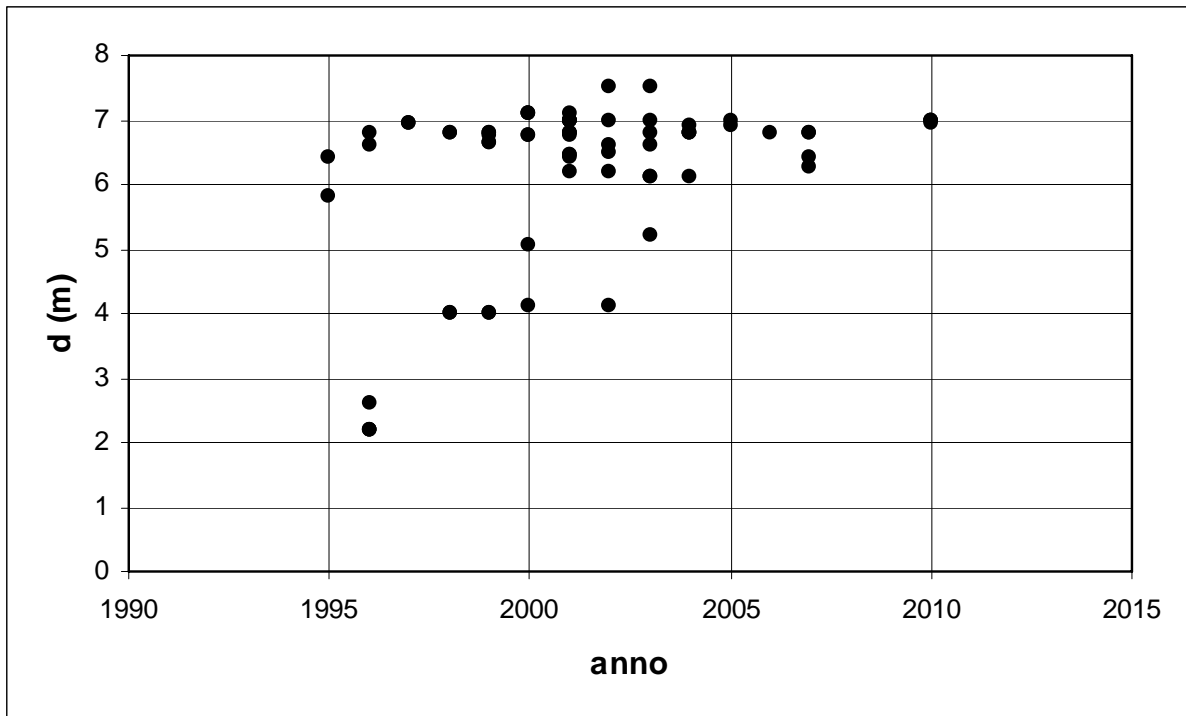


Figura 15 - Pescaggio delle navi traghetti entrate in servizio dal 1995 e in costruzione

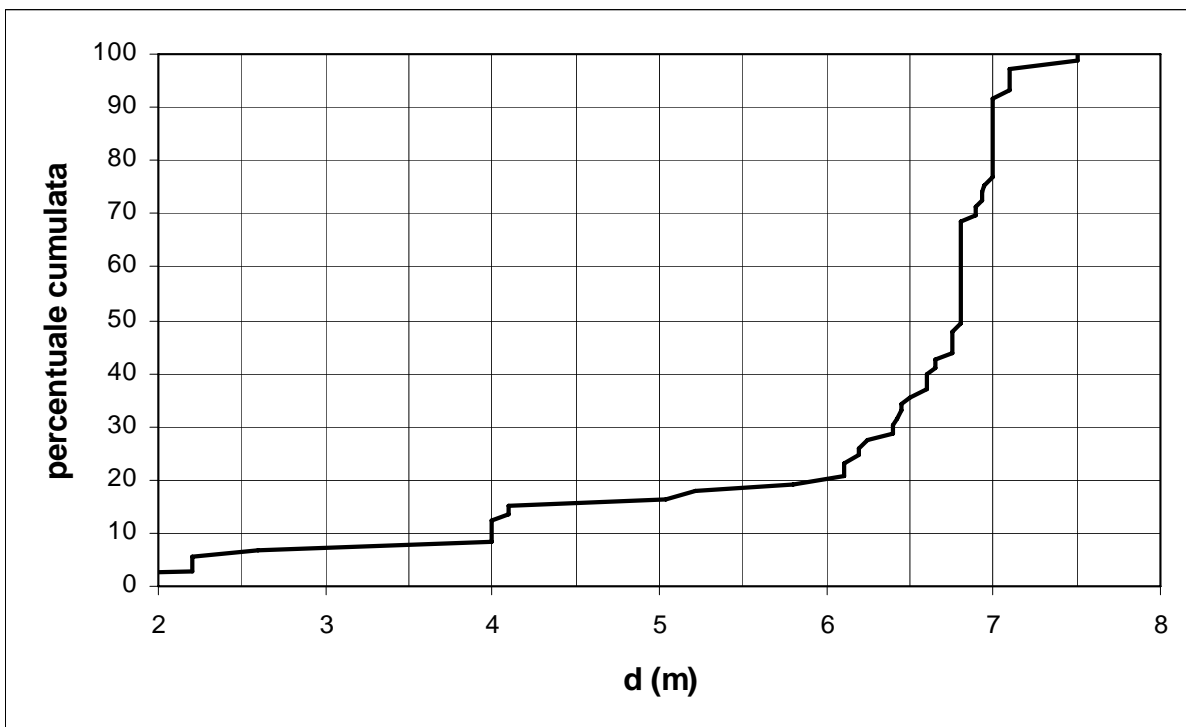


Figura 16 - Percentuale cumulata del numero di navi in funzione del pescaggio

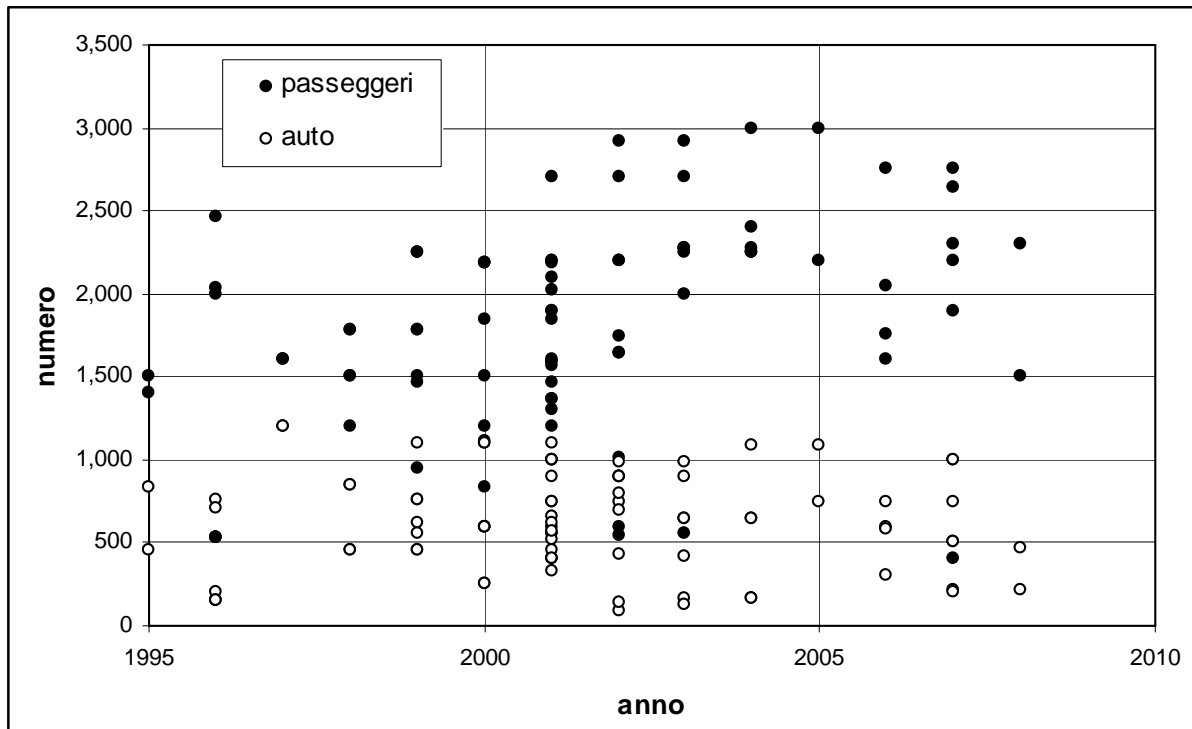


Figura 17 - Numero massimo dei passeggeri e delle auto delle navi traghetto entrate in servizio dal 1995 e in costruzione

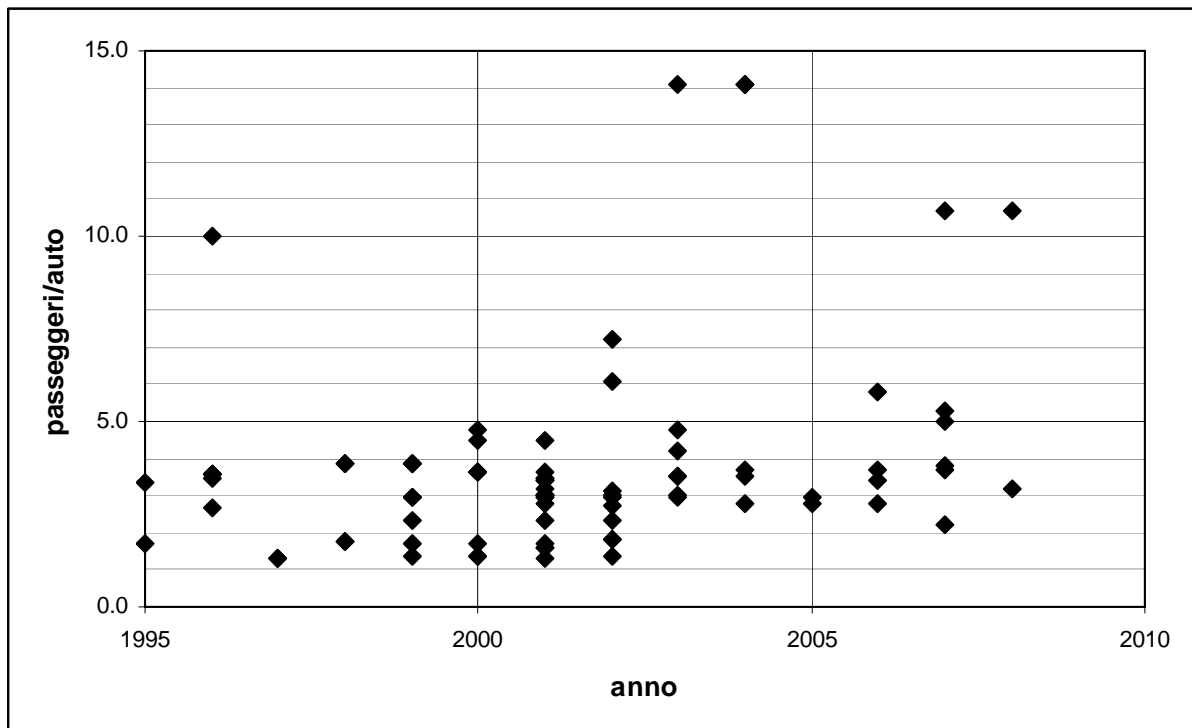


Figura 18 - Rapporto tra il numero massimo dei passeggeri e le auto delle navi traghetto entrate in servizio dal 1995 e in costruzione

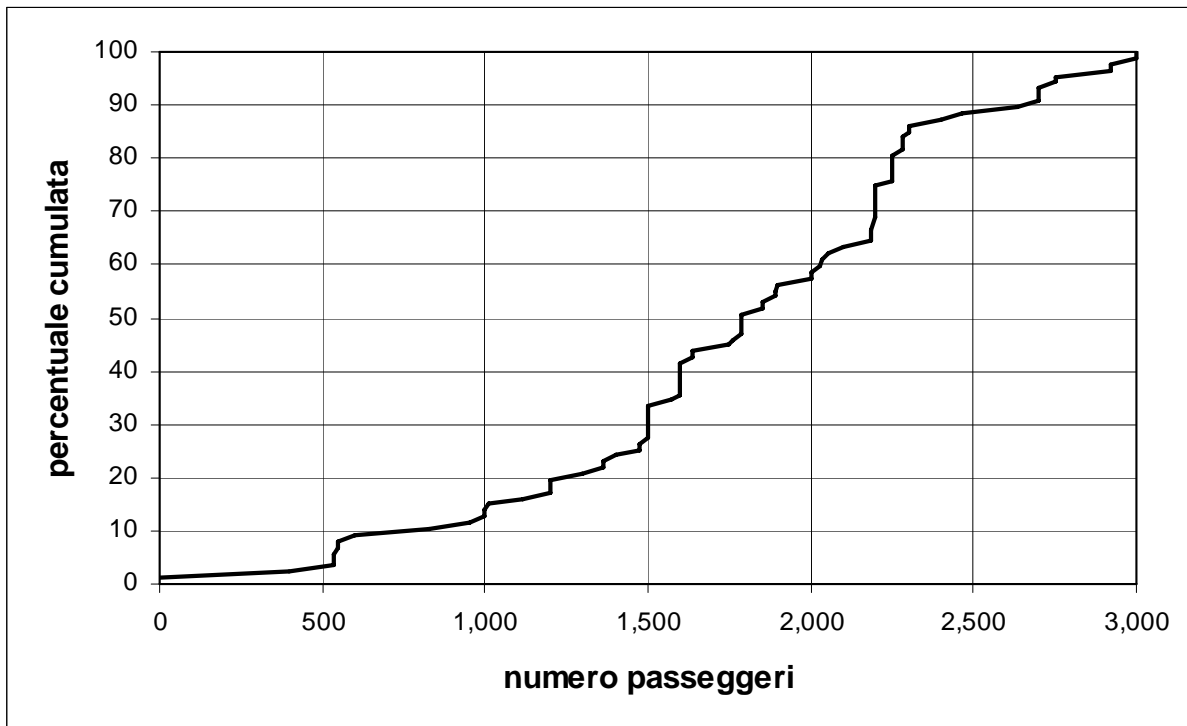


Figura 19 - Percentuale cumulata del numero di navi in funzione del numero massimo di passeggeri superiore a quello indicato in ascissa

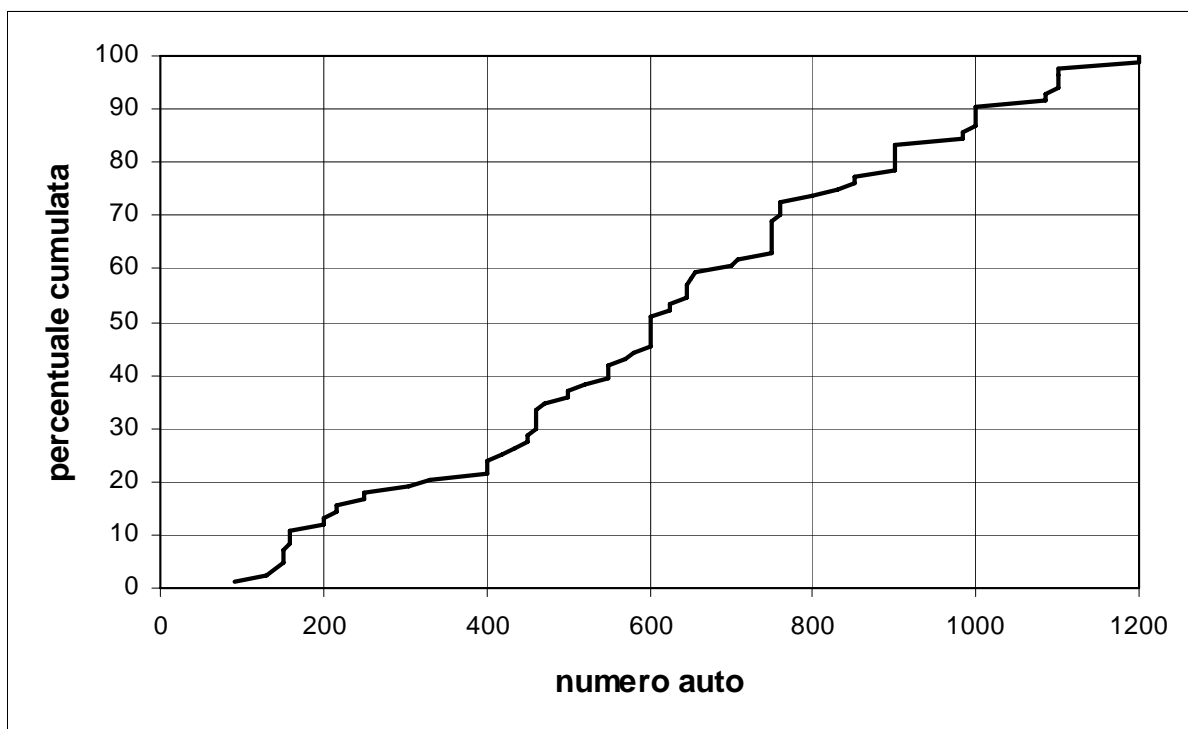


Figura 20 - Percentuale cumulata del numero di navi in funzione del numero massimo delle automobili

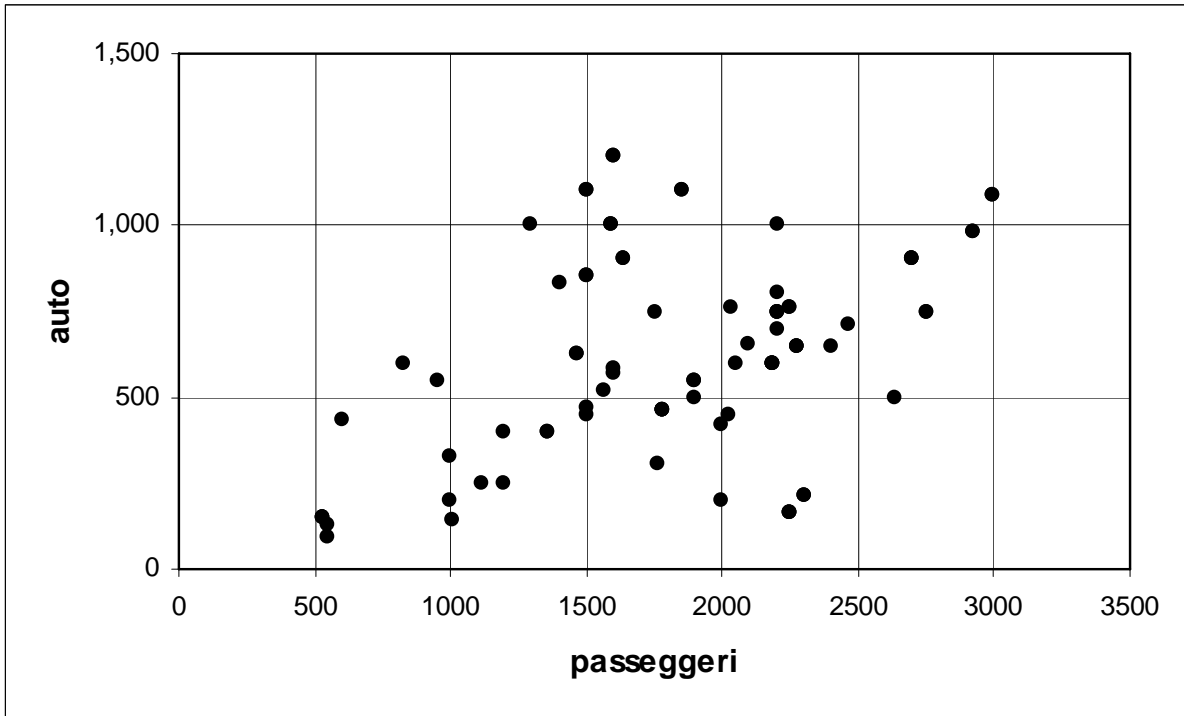



Figura 21 - Numero massimo delle automobili in funzione del numero massimo di passeggeri per le navi traghetto selezionate

 <b>APP</b> <b>Autorità</b> <b>Portuale</b> <b>Piombino</b>	<b>Piano Regolatore Portuale</b> <b>2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

#### 4 Evoluzione delle caratteristiche della flotta mondiale di navi da crociera

Per avere un quadro aggiornato delle navi da crociera operanti sul mercato, è stato eseguito un censimento delle caratteristiche delle flotte delle maggiori compagnie che operano non solo nel Mediterraneo ma anche nel resto del mondo. Tale censimento ha consentito di individuare un campione di circa 100 navi le cui caratteristiche sono state analizzate statisticamente.

Le compagnie prese in esame sono di seguito riportate:

- Carnival Corporation: Carnival Cruise Lines, Costa Crociere, Cunard, Holland America Line, P&O Cruises, Princess Cruises;
- Disney Cruise Line;
- Royal Caribbean;
- Celebrity Cruises;
- MSC Crociere.

Il censimento è stato completato anche grazie alle informazioni derivanti dai cantieri operanti nel campo delle navi da crociera, quali quelli finlandesi e francesi della Aker Yards e della Alstom Marine, quelli dei “Chantiers de L'Atlantique” in Francia e quelli della Fincantieri in Italia.


A riguardo si osserva che, dal 1990 ad oggi, Fincantieri ha consegnato 41 navi da crociera, 39 delle quali per il Gruppo Carnival. Ad oggi, sono 12 le navi attualmente in costruzione o di prossima realizzazione per i sei principali marchi del Gruppo Carnival.

Alla luce della lunghezza dell'accosto destinato al traffico crocieristico nel nuovo P.R.P. del porto di Piombino, il censimento è stato orientato a definire le caratteristiche delle navi da crociera di grandi e di medie dimensioni. Pertanto, sono state considerate solamente le navi caratterizzate da una lunghezza fuori tutto superiore a 175 m.

Pur essendo la flotta crocieristica costituita nel suo complesso da navi di recente costruzione (a differenza di altri comparti quali le navi Ro-Ro, rinfusiere, ecc.), si è scelto di considerare nel campione di navi da analizzare solamente quelle di prossima costruzione (v. tabella 8) e quelle costruite o completamente ristrutturate dal 1995 ad oggi. In questo modo il campione di navi selezionate consente di analizzare non solo la situazione attuale ma anche quella futura su un orizzonte temporale di circa cinque anni.

I parametri considerati per definire le caratteristiche di ciascuna nave sono i seguenti:

- stazza lorda (t)
- lunghezza fuori tutto (L),
- larghezza a quota medio mare (B),
- pescaggio (d),
- numero massimo passeggeri.


	<b>Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

Il risultato delle analisi del campione di navi selezionate è sintetizzato dai grafici delle figure riportate nel seguito. In particolare, nelle figure 22-24-26-28-30 sono riportati i valori dei parametri sopra elencati in funzione dell'anno di inizio attività di ciascuna nave, e nelle figure 23-25-27-29-31 sono riportati i valori percentuali cumulati dei parametri sopra elencati.

Dai grafici menzionati si evidenzia una tendenza a immettere sul mercato navi sempre più grandi e in grado di ospitare sempre più passeggeri. A riguardo si osserva che, tra le navi attualmente sul mercato, la nave da crociera di maggiori dimensioni è la Queen Mary 2 (lunghezza fuori tutto pari a 345 m) mentre le rimanenti sono caratterizzate da lunghezze generalmente inferiori a 300 m. Per quanto riguarda le navi di prossima costruzione, emergono le navi gemelle Genesis della Royal Caribbean (lunghezza fuori tutto pari a 378 m) previste per il 2009 e 2010.

A riguardo è interessante sottolineare due differenti modelli di business: da un lato quello della Royal Caribbean Cruises, che si basa sul presupposto che il raggiungimento dei migliori profitti passi attraverso la costruzione di navi sempre più grandi, dall'altro quello delle altre compagnie, ed in particolare quelle della Carnival Corporation, che non credono in un ritorno degli investimenti necessari per costruire navi sempre più grandi.



 <b>APP</b> <b>Autorità</b> <b>Portuale</b> <b>Piombino</b>	<b>Piano Regolatore Portuale</b> <b>2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

*Tabella 8 - Caratteristiche delle navi di prossima costruzione*

COMPAGNIA	NOME NAVE	ANNO	STAZZA (t)	L (m)	B (m)	d (m)	Num. Max passeggeri
DISNEY CRUISE LINE	*	2012	124,000	339.8	37.0	*	*
DISNEY CRUISE LINE	*	2011	124,000	339.8	37.0	*	*
CARNIVAL	Carnival Magic	2011	130,000	290.0	*	*	*
HOLLAND AMERICA LINE	*	2010	86,000	285.3	32.3	7.8	2611
CARNIVAL	Carnival Dream	2009	130,000	290.0	*	*	*
CARNIVAL	Carnival Splendour	2008	110,000	290.0	35.9	7.3	3783
CELEBRITY CRUISES	Eclipse	2010	122,000	315.0	36.8	6.1	2850
CELEBRITY CRUISES	Equinox	2009	122,000	315.0	36.8	6.1	2850
CELEBRITY CRUISES	Solstice	2008	122,000	315.0	36.8	6.1	2850
ROYAL CARIBBEAN	Genesis II	2010	220,000	378.0	49.0	*	5400
MSC CROCIERE	MSC Magnifica	2010	89,600	293.8	32.2	8.8	3013
COSTA CROCIERE	Costa Pacifica	2010	92,700	292.0	34.0	*	2800
ROYAL CARIBBEAN	Genesis I	2009	220,000	378.0	49.0	*	5400
MSC CROCIERE	MSC Splendida	2009	133,500	333.0	38.0	*	3900
MSC CROCIERE	MSC Poesia	2009	89,600	293.8	32.2	8.8	3013
COSTA CROCIERE	Costa Luminosa	2009	92,700	292.0	34.0	*	2800
COSTA CROCIERE	*	2009	112,000	290.2	35.5	8.2	3780
ROYAL CARIBBEAN	Independence Of The Seas	2008	160,000	339.0	38.6	8.5	3634
MSC CROCIERE	MSC Fantasia	2008	133,500	333.0	38.0	*	3900
P&O, PRINCESS CRUISES	Ventura	2008	109,000	290.0	36.0	8.0	3100
HOLLAND AMERICA LINE	Eurodam	2008	86,000	285.3	32.3	7.8	2611

\* dato non disponibile

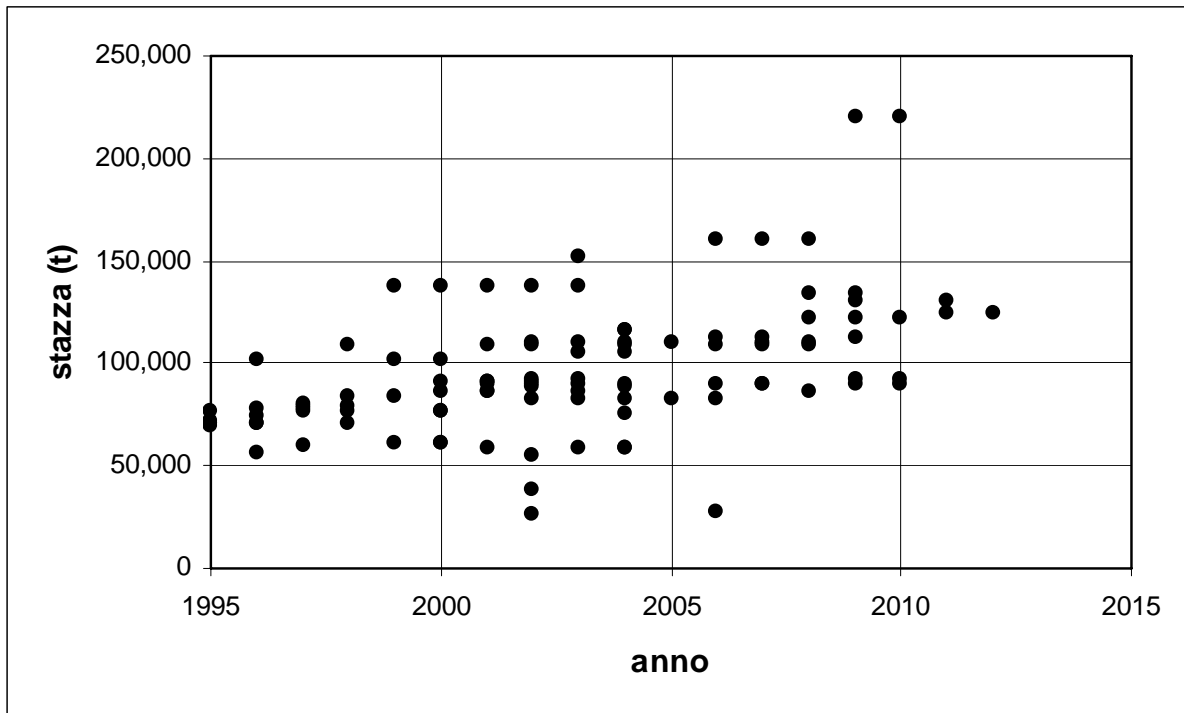


Figura 22 - Stazza delle navi da crociera entrate in servizio dal 1995 e in costruzione

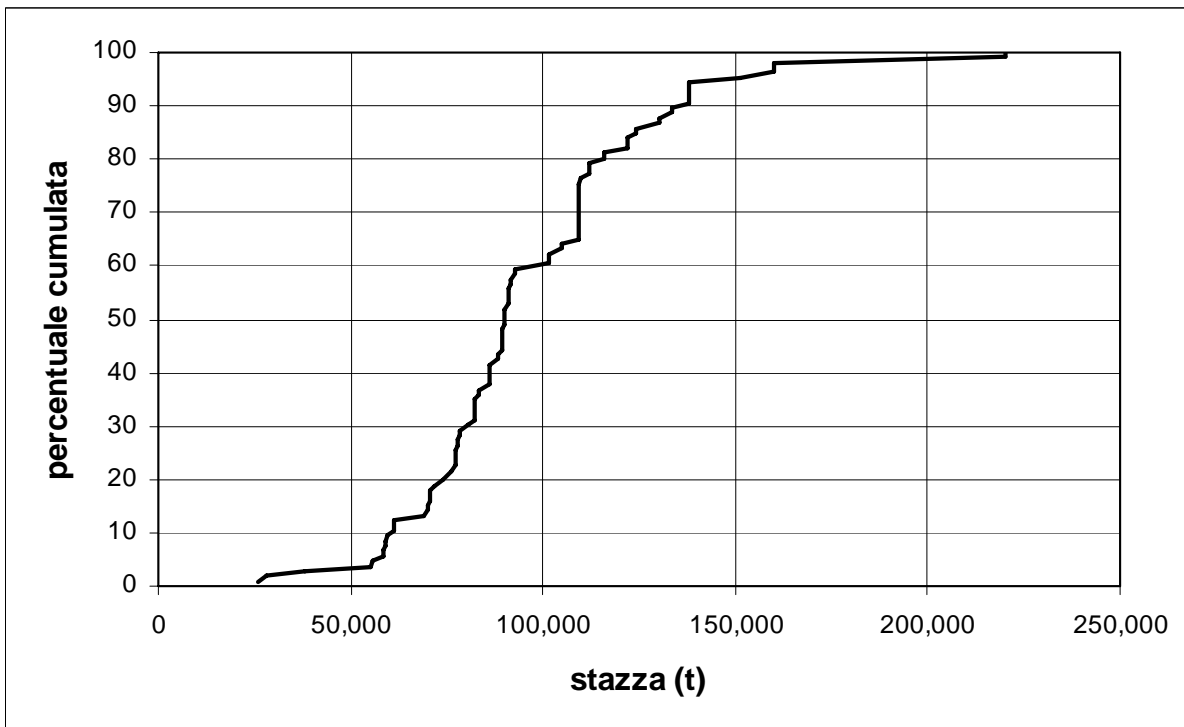


Figura 23 - Percentuale cumulata del numero di navi in funzione della stazza lorda

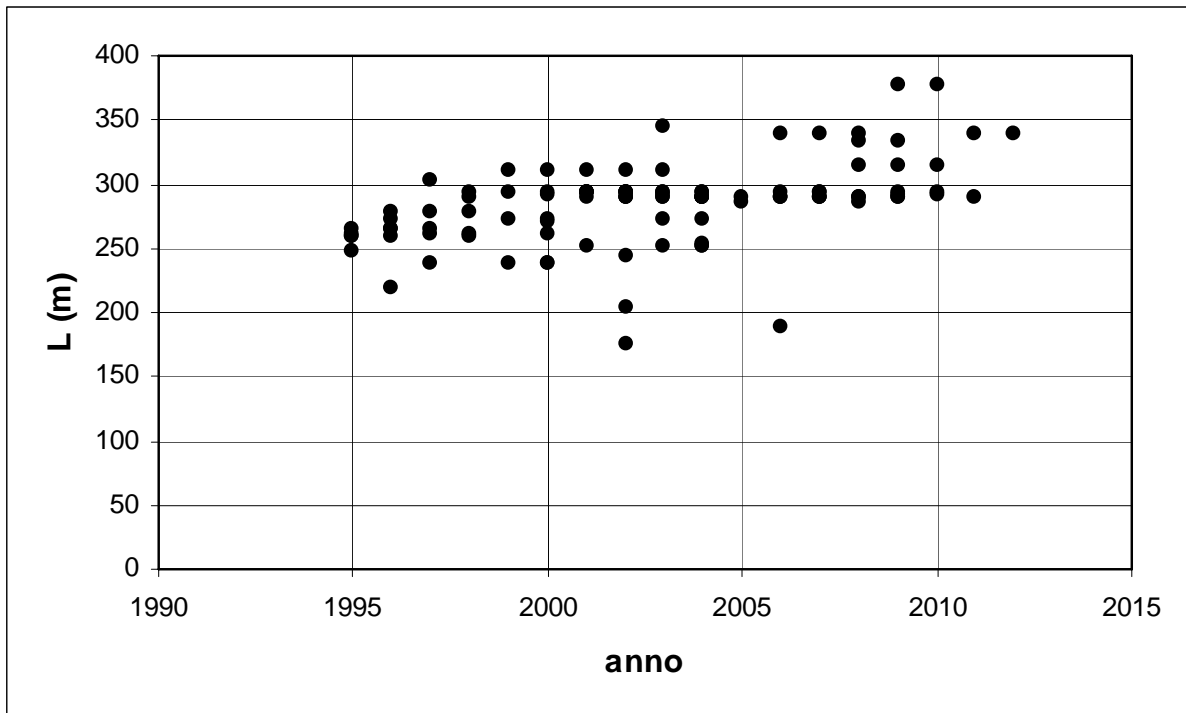


Figura 24 - Lunghezza delle navi da crociera entrate in servizio dal 1995 e in costruzione

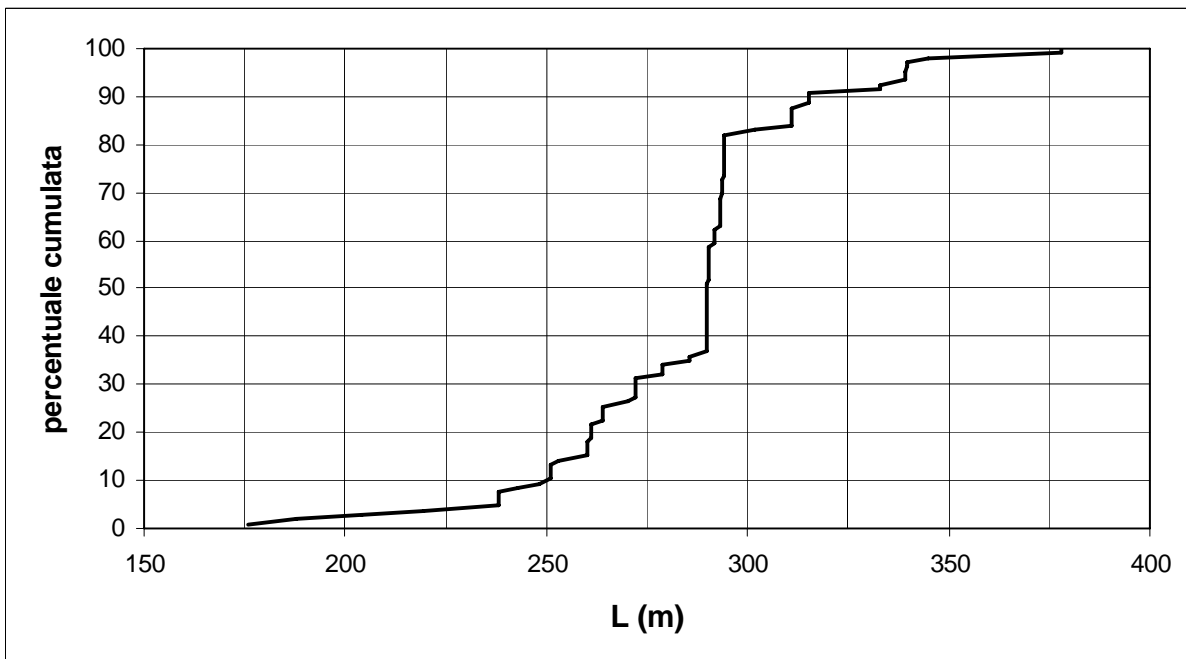



Figura 25 - Percentuale cumulata del numero di navi in funzione della lunghezza

 <b>APP</b> Autorità Portuale Piombino	<b>Piano Regolatore Portuale          2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

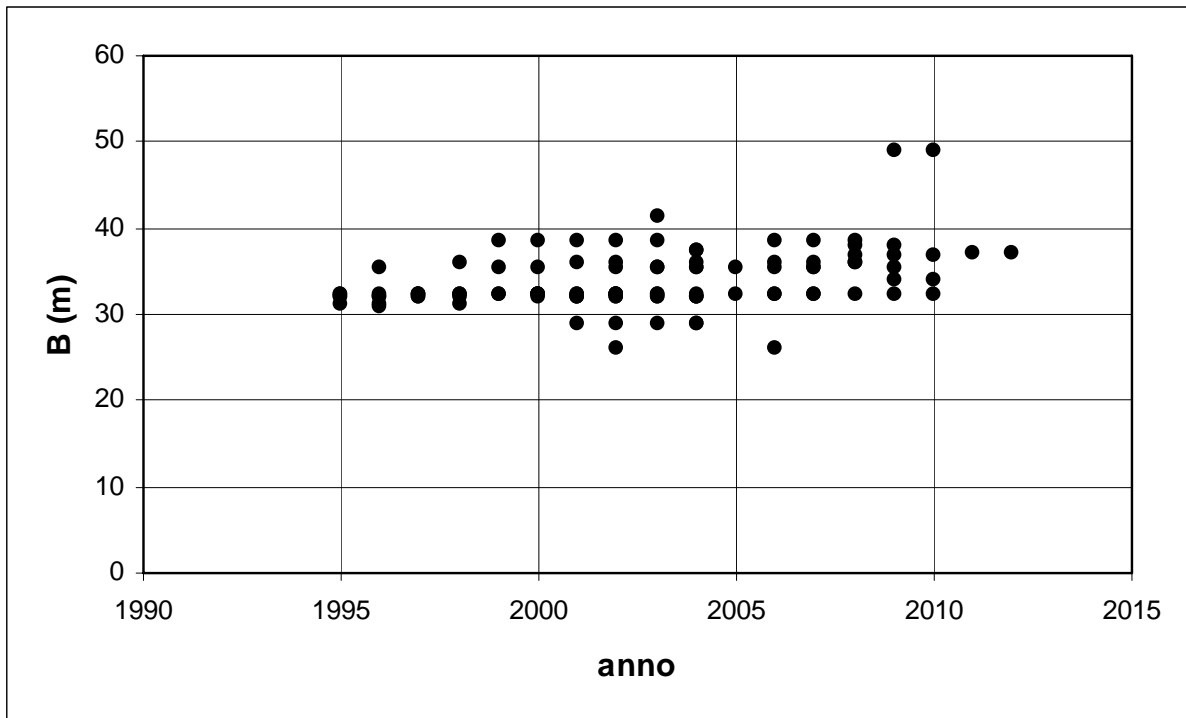


Figura 26 - Larghezza delle navi da crociera entrate in servizio dal 1995 e in costruzione

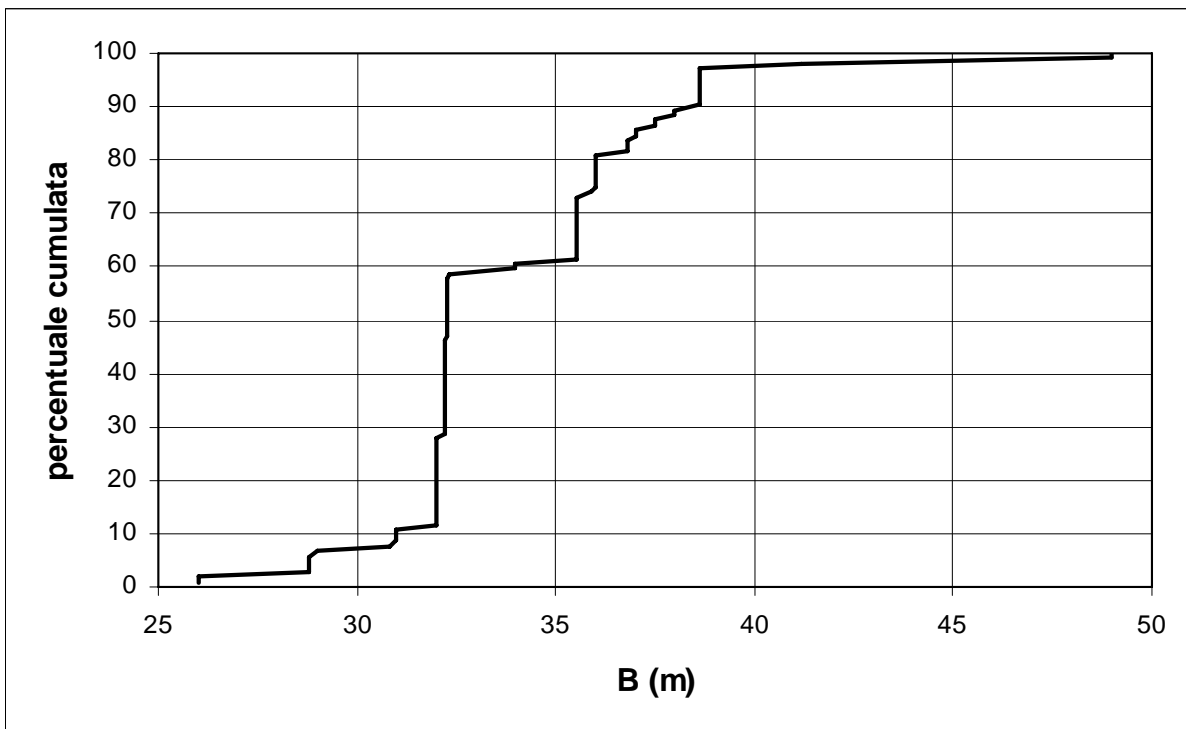



Figura 27 - Percentuale cumulata del numero di navi in funzione della larghezza

 <b>APP</b> Autorità Portuale Piombino	<b>Piano Regolatore Portuale          2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

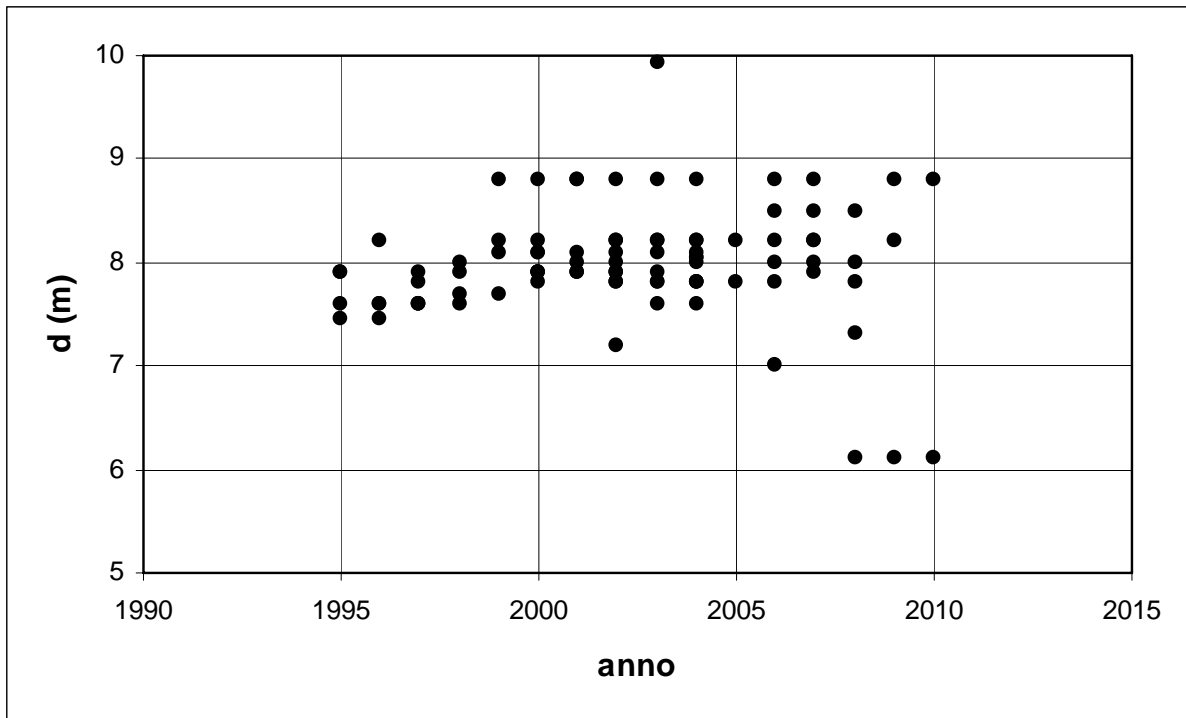


Figura 28 - Pescaggio delle navi da crociera entrate in servizio dal 1995 e in costruzione

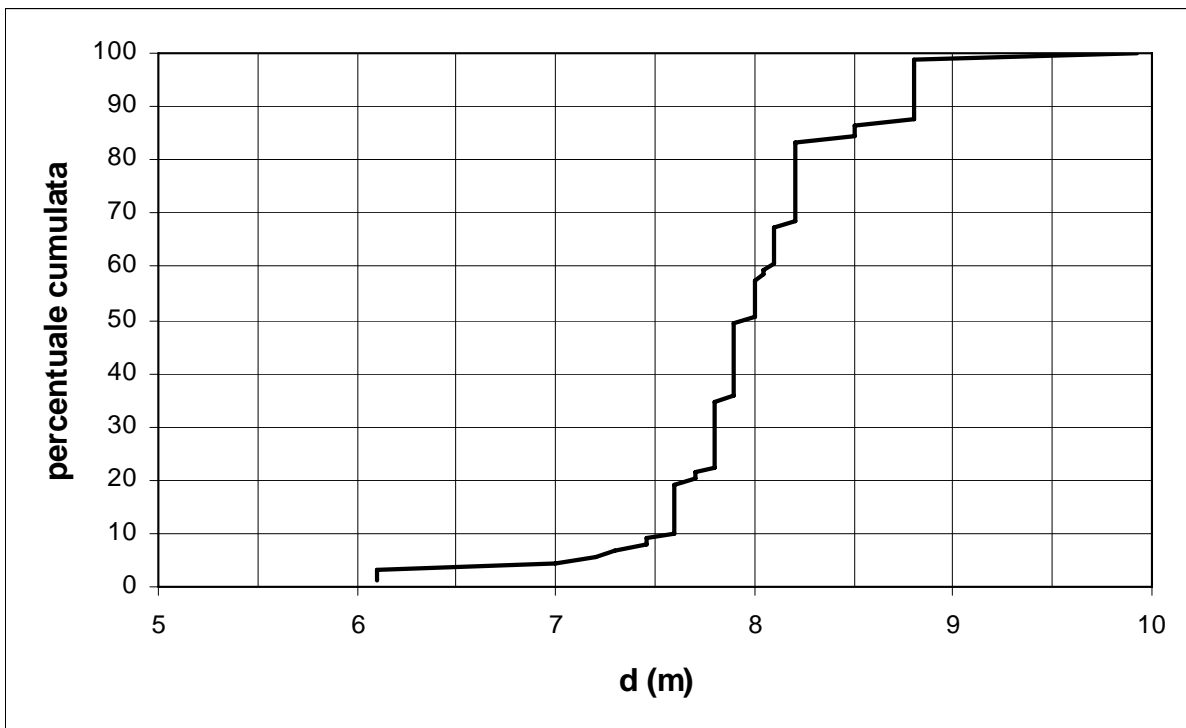


Figura 29 - Percentuale cumulata del numero di navi in funzione del pescaggio

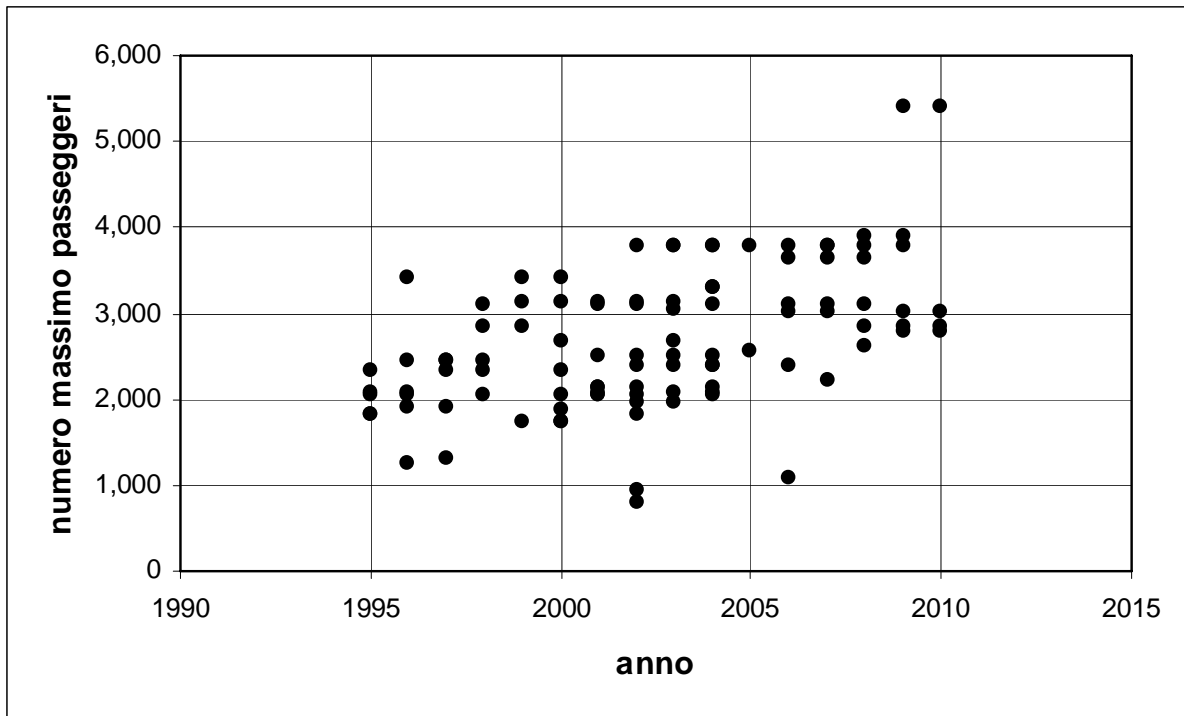


Figura 30 - Numero massimo dei passeggeri delle navi da crociera entrate in servizio dal 1995 e in costruzione

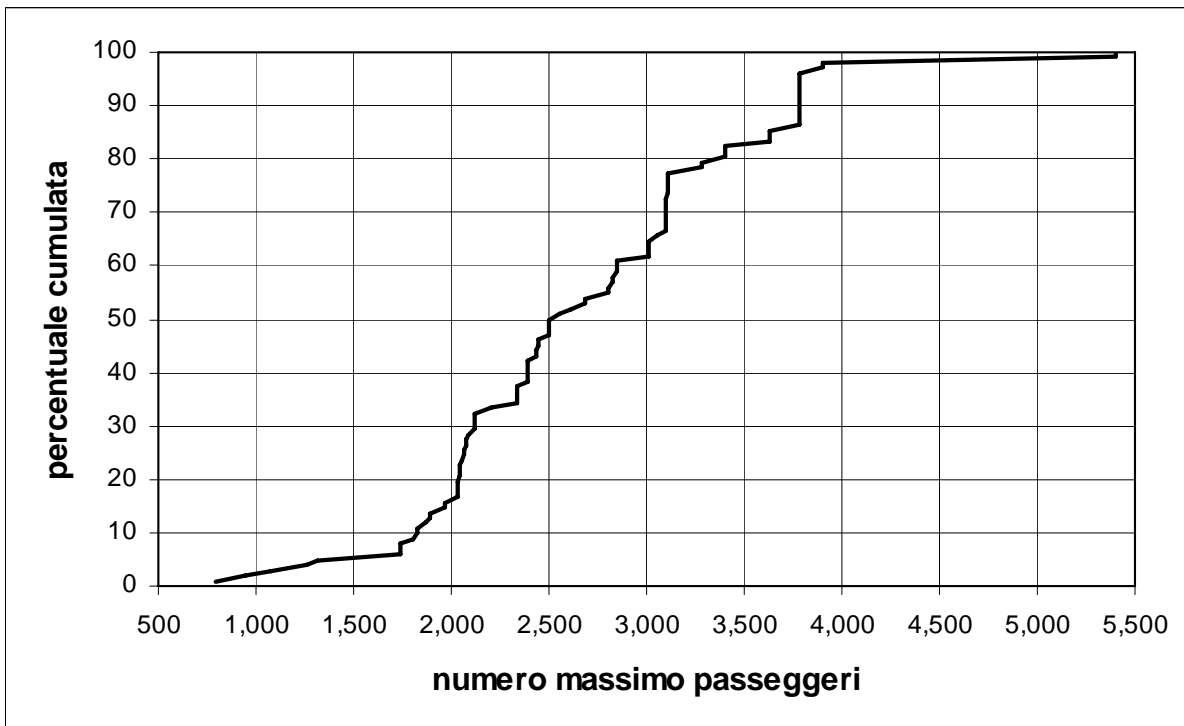




Figura 31 - Percentuale cumulata del numero di navi in funzione del numero massimo di passeggeri



 <b>APP</b> Autorità Portuale Piombino	<b>Piano Regolatore Portuale          2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

 <b>APP</b> <b>Autorità Portuale Piombino</b>	<b>Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

## 5 Caratteristiche geometriche degli specchi acquei e delle infrastrutture portuali

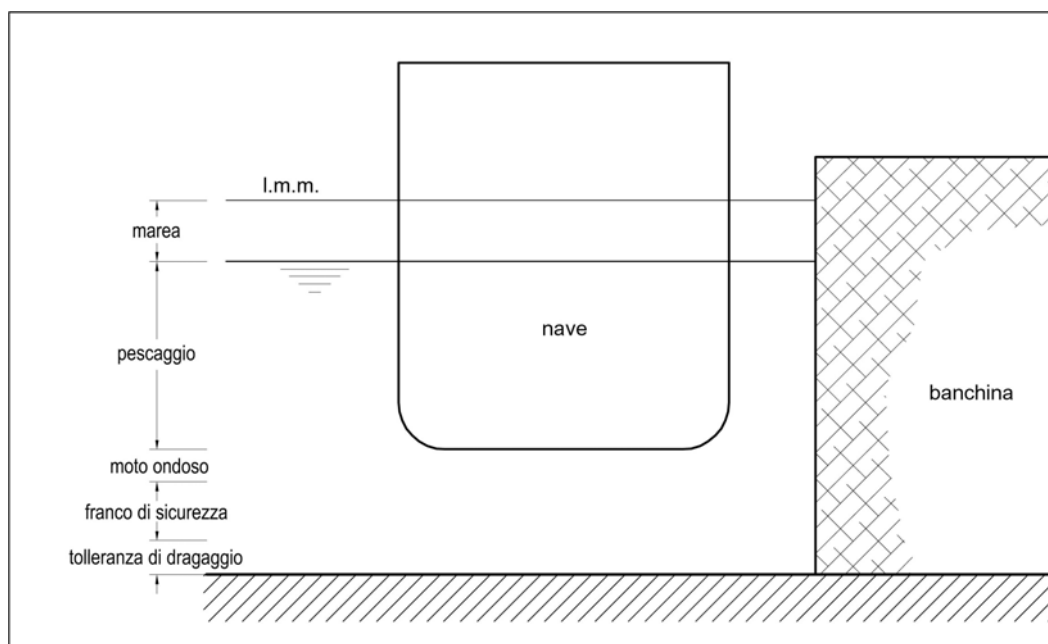
### 5.1 Caratteristiche delle banchine

#### 5.1.1 Pescaggio massimo delle navi

Le banchine delle aree destinate agli accosti delle navi bulk e tradizionali per merci varie (darsena Nord e darsena Grande) sono caratterizzate da una profondità al piede pari a 15.00 m, mentre quelle destinate alle navi ro-ro, ro-ro pax e pax sono caratterizzate da una profondità al piede variabile da 10 m a -13 m dove le profondità maggiori sono relative alle banchine prevalentemente utilizzate da navi ro-ro pure, mentre le profondità minori sono relative alle banchine prevalentemente utilizzate dai traghetti. La banchina destinata alle navi da crociere invece è localizzata in una zona dove le quote naturali dei fondali sono generalmente inferiori a -13.00 m s.m.m.

Il pescaggio massimo delle navi destinate all'utilizzo di queste banchine può essere determinata sottraendo alla profondità della banchina le seguenti altezze (v. figura 32):

- livello di bassa marea,
- moto ondoso,
- franco di sicurezza,
- tolleranza di dragaggio.




 <b>APP</b> <b>Autorità Portuale Piombino</b>	<b>Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

Figura 32 - Schema di riferimento per determinare il pescaggio massimo per le banchine

L'abbassamento del livello medio in condizioni di bassa marea può essere considerato pari a circa 0.3 m.

Poiché le banchine sono protette dal moto ondoso, e considerate le dimensioni delle navi che le rendono sensibili solamente alle onde di lungo periodo, l'effetto del moto ondoso sul pescaggio delle navi può ritenersi trascurabile.


Pertanto, considerando una tolleranza di dragaggio pari a 0.2 m e considerando un franco di sicurezza minimo pari a 0.5 m (fondale sabbioso/limoso), si ottengono un pescaggio massimo di 14 m per le navi bulk, di 12 m per le navi ro-ro, di -9.00 per le navi ro-ro pax e -12 m per le navi da crociera (v. tabella 9).

Facendo riferimento alle analisi riportate nei capitoli precedenti, si evidenzia che sia per le navi Ro-Ro Pax che per le navi da crociera, sia in esercizio che di prossima costruzione, le quote dei fondali al piede delle banchine previste nel nuovo PRP non pongono alcuna limitazione al loro utilizzo.

Per quanto riguarda le bulk carriers le quote dei fondali degli specchi acquei delle banchine destinate a questi tipi di traffici (-15.00 m s.m.) consentono il loro utilizzo a navi fino a 85.000 DWT, che rappresentano l'85% della flotta mondiale di questo tipo di vettori marittimi, mentre per le navi ro-ro le quote dei fondali degli specchi acquei prospicienti le banchine previste (-13.00 m s.m.) consentono l'ormeggio a navi fino a 30.000 DWT.

Tabella 9 - Pescaggio massimo delle navi per le diverse banchine

	<b>Banchine navi Ro-Ro Pax</b>	<b>Banchine navi rinfuse e merci varie</b>	<b>Banchine navi Ro-Ro</b>	<b>Banchine navi crociere</b>
Marea (m)	0.3	0.3	0.3	0.3
Moto ondoso (m)	0.0	0.0	0.0	0.0
Franco di sicurezza (m)	0.5	0.5	0.5	0.5
Tolleranza di dragaggio (m)	0.2	0.2	0.2	0.2
Profondità banchina (m)	10.0	15.0	13.0	13.0
<b>Pescaggio massimo (m)</b>	<b>9.0</b>	<b>14.0</b>	<b>12.0</b>	<b>12.0</b>

 <b>APP</b> <b>Autorità Portuale Piombino</b>	<b>Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

### 5.1.2 Lunghezze degli accosti


Per le navi Ro-Ro Pax sono previste dieci attracchi con banchine di lunghezza variabile da 104 a 310 m (v. tabella 10). Tenendo conto che per l'accosto di una nave di lunghezza L è necessaria una banchina di lunghezza pari a circa  $1.1 \times L$ , si ottiene una lunghezza massima delle navi pari a circa 95 m per l'accosto minore e pari a circa 281 per quello maggiore.

*Lunghezza delle banchine e delle navi dell'area Ro-Ro Pax*

Attracco	Lunghezza banchina (m)	Lunghezza nave (m)
n.1	310	281
n.2	249	226
n.3	200	181
n.4	137	124
n.5	137	124
n.6	137	124
n.7	104	95
n.8	104	95
n.9	158	144
n.10	235	214


Per le navi da crociera è prevista una banchina di lunghezza pari a 445 m. Tenendo conto anche in questo caso che per l'accosto di una nave di lunghezza L è necessaria una banchina di lunghezza pari a circa  $1.1 \times L$ , si ottiene una lunghezza massima delle navi da crociera che vi può ormeggiare pari a 404 m, superiore alla lunghezza massima delle navi da crociera in esercizio o di prossima costruzione (378 m).

Per le navi porta rinfuse (bulk carriers) sono previste sei banchine di lunghezza variabile da 300 a 765 m (v. tabella 11). Anche in questo caso, tenendo conto che per l'accosto di una nave di lunghezza L è necessaria una banchina di lunghezza pari a circa  $1.1 \times L$  e che la distanza tra due navi ormeggiate contemporaneamente lungo una banchina è pari a  $0.1 \times L$ , si ottiene che su tutte le banchine possono ormeggiare navi bulk da 85.000 DWT e che alle banchine Est ed Ovest possono ormeggiare contemporaneamente n°2 bulk da 85.000 DWT

 <b>APP</b> <b>Autorità</b> <b>Portuale</b> <b>Piombino</b>	<b>Piano Regolatore Portuale</b> <b>2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

*Tabella 11 - Lunghezza delle banchine e n° ormeggi dell'area rinfuse e merci varie*

<b>Banchina</b>	<b>Lunghezza banchina (m)</b>	<b>N° di navi da 85.000 DWT che possono ormeggiare contemporaneamente</b>
darsena Grande Sud	404	1
darsena Grande Nord	466	1
banchina bacino evoluzione	445	1
darsena Nord Ovest	700	2
darsena Nord Nord	300	1
darsena Nord Ovest	765	2

 <b>APP</b> <b>Autorità Portuale Piombino</b>	<b>Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

## 5.2 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 33):

- 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.

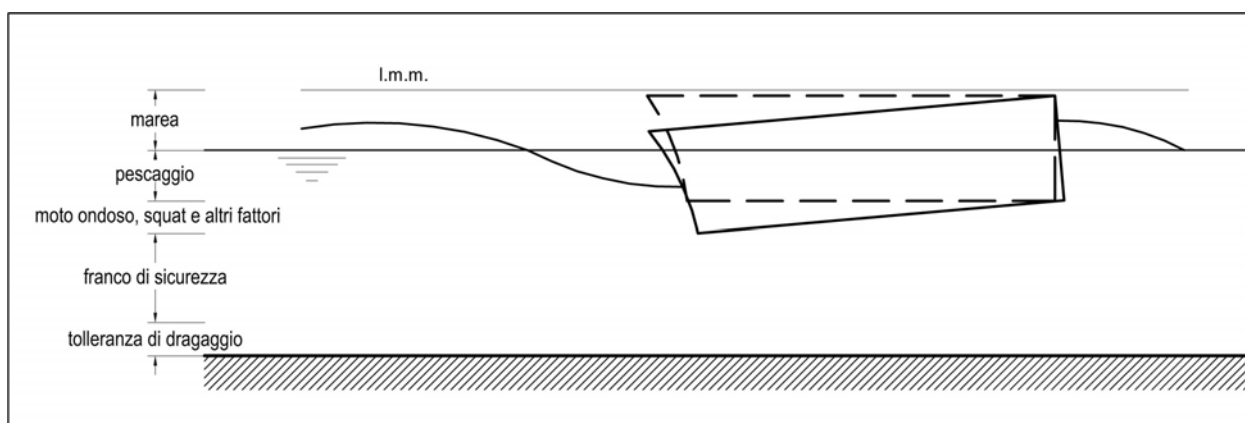



Figura 33 - Schema di riferimento per determinare la profondità del canale di accesso

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 12.

Tabella 12 - Nave di progetto per determinare la profondità del canale di accesso

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

 <b>APP</b> <b>Autorità</b> <b>Portuale</b> <b>Piombino</b>	<b>Piano Regolatore Portuale</b> <b>2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	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 34):

- 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*).

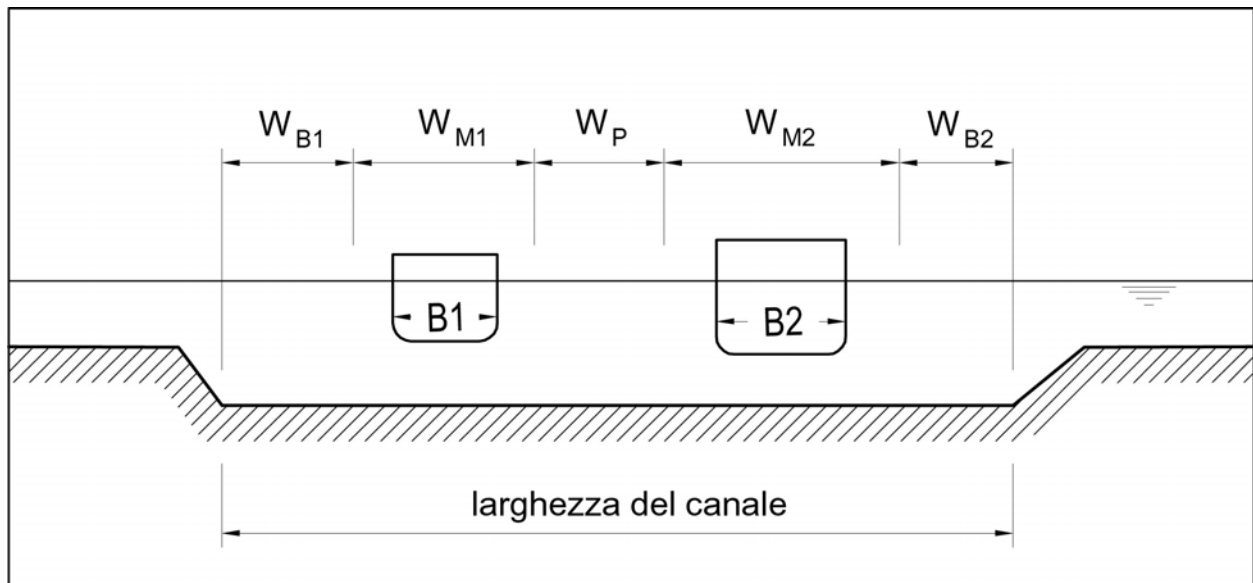


Figura 34 - Schema di riferimento per determinare la larghezza del canale di accesso

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 13.

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 14).

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 15).



	<b>Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

Si osserva che quanto riportato nelle tabelle 13-15, 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 rispettivamente a 8.5 m. A riguardo si osserva che, come indicato al capitolo 3, 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 13-15, 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 16).

 <b>APP</b> <b>Autorità Portuale Piombino</b>	<b>Piano Regolatore Portuale 2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

*Tabella 13 - Fattori di incremento della larghezza della corsia di manovra WM*

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

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

 <b>APP</b> <b>Autorità</b> <b>Portuale</b> <b>Piombino</b>	<b>Piano Regolatore Portuale</b> <b>2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

*Tabella 14 - Fattori di incremento della distanza minima di passaggio tra le navi  $W_P$*


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

*Tabella 15 - Fattori di incremento della larghezza del franco di sponda  $W_B$*

Fattore di incremento		Velocità della nave	Incremento
<b>Caratteristiche delle sponde del canale</b> <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 16 - 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

 <b>APP</b> <b>Autorità</b> <b>Portuale</b> <b>Piombino</b>	<b>Piano Regolatore Portuale</b> <b>2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

### 5.3 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 il cerchio di evoluzione è caratterizzato da un diametro pari a circa 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.

 <b>APP</b> <b>Autorità</b> <b>Portuale</b> <b>Piombino</b>	<b>Piano Regolatore Portuale</b> <b>2008 del Porto di Piombino</b>	Titolo elaborato: Studio dell'evoluzione dei vettori marittimi				
		Data: luglio 2008	ST	08	R	004

## Appendice: glossario

- GT – Stazza lorda (Gross Tonnage). Fino al 1994 indicata come Gross Register Tonnage, è il volume totale di tutti i locali permanentemente chiusi al di sopra ed al di sotto del piano di coperta di una nave, esclusi i locali non produttivi quali quelli adibiti al pilotaggio, al carteggio,...Per la precisione la differenza fra GRT e GT è che la GT misura gli spazi produttivi chiusi partendo dall'esterno della struttura navale; come tale la GT è sempre maggiore del GRT.  
L'unità di misura, volumetrica, è quella della tonnellata equivalente pari a  $100\text{ft}^3 = 2.83 \text{ m}^3$
- DWT – Portata Lorda (Deadweight Tonnage). Differenza in peso fra la nave a pieno carico e la nave allestita e varata. E' il dislocamento della merce trasportata. Si misura in tonnellate.
- LOA – Lunghezza fuori tutto (Length Over All). Distanza orizzontale misurata fra due rette verticali che si appoggiano l'una all'estrema poppa e l'altra all'estrema prua.
- B – Larghezza (Beam). Massima distanza fra le due fiancate della nave.
- T – Immersione o pescaggio (Draft o Draught). Massima distanza verticale fra la linea di galleggiamento e la chiglia.