



Regione Lazio
Comune di Anzio (RM)



CAPO D'ANZIO S.p.A.
C.D.M. n. 6586/2011

PROGETTAZIONE ESECUTIVA
FASE 2 - ADEGUAMENTO DARSENA NORD

Proponente:



Marina di
Capo d'Anzio

Presidente:
Luigi D'Arpino

A.D.:
Ing. Enrico Aliotti

Titolo elaborato:

**RELAZIONE DI CALCOLO DEGLI
ANCORAGGI**

Progettazione:



Marinedi S.r.l.

Ing. Renato Marconi

Arch. Vittoria Biego

Dott.ssa in G.P.E. Dionisia Poulacos



Regione Lazio

Comune di Anzio (RM)

Proponente: Capo d'Anzio S.p.A.

Progettazione: Marinedi S.r.l.

Capo d'Anzio S.p.A.

C.D.M. n. 6586/2011

PROGETTAZIONE ESECUTIVA

FASE 2

ADEGUAMENTO DARSENA NORD

Relazione di Calcolo degli Ancoraggi

**Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord**

Relazione di Calcolo degli Ancoraggi

INDICE

1.	PREMESSA.....	3
2.	DESCRIZIONE DEI SISTEMI DI ORMEGGIO	3
3.	CLASSIFICAZIONE DELLE AZIONI.....	5
3.1	Definizione delle azioni di progetto	5
3.2	Forzanti meteomarine - Selezione e ricerca dei dati disponibili.....	5
3.3	Clima anemologico.....	6
3.4	Escursioni di livello	13
3.5	Corrente.....	15
3.6	Moto ondoso	16
4.	CALCOLO DELLE AZIONI DI PROGETTO	17
4.1	Il vento	17
4.2	Escursioni di livello	20
4.3	Corrente.....	20
4.4	Moto ondoso	21
5.	DIMENSIONAMENTO DEI SISTEMI DI ORMEGGIO.....	22
5.1	Teoria della catenaria.....	22
5.2	Descrizione e sintesi dei risultati delle verifiche.....	25
6.	CONCLUSIONI.....	51

**Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord**

Relazione di Calco degli Ancoraggi

1. PREMESSA

La presente relazione di calcolo riguarda il dimensionamento dei sistemi di ormeggio previsti nella cosiddetta "Fase 2 – Adeguamento Darsena Nord", dove verrà realizzata la nuova diga di sottoflutto ed un pontile a T che ospiteranno i nuovi ormeggi.

2. DESCRIZIONE DEI SISTEMI DI ORMEGGIO

La fase di sviluppo attualmente considerata, relativa come detto alla Fase 2, interessa in sintesi le seguenti aree portuali:

- La nuova diga di sottoflutto, in sostituzione di quella esistente che sarà demolita, ospiterà ormeggi per imbarcazioni di lunghezza fuori tutto compresa tra 7,00 e 10,00 m;
- la realizzazione del pontile a T, di cui il braccio nord prosegue ed amplia quello esistente di delimitazione della Darsena Pamphili, quest'area portuale ospiterà ormeggi per imbarcazioni di lunghezza fuori tutto compresa tra 8,00 e 18,00 m;

Pertanto il piano degli ormeggi previsto nell'attuale fase di sviluppo contempla complessivamente 554 posti barca per il diporto di lunghezza compresa tra 7,00 e 18,00 m, il tutto secondo quanto riportato nella planimetria che segue.

**Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord**

Relazione di Calco degli Ancoraggi



Figura 1. Planimetria degli ormeggi

**Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord**

Relazione di Calco degli Ancoraggi

3. CLASSIFICAZIONE DELLE AZIONI

3.1 Definizione delle azioni di progetto

Per un corretto dimensionamento di sistemi di ormeggio è necessario conoscere con esattezza sia i carichi agenti direttamente sulle strutture sia quelli ad esse trasferiti dalle imbarcazioni.

Nel caso di strutture di ormeggio realizzate mediante l'impiego di pontili galleggianti ad esempio, per quanto riguarda i carichi verticali, generalmente si demanda al produttore il dimensionamento della struttura secondo le usuali necessità, graduando la spinta di galleggiamento, il baricentro ed il metacentro del pontile in modo da assicurare stabilità e sicurezza all'insieme del manufatto.

Per quanto riguarda invece le forze orizzontali ed i rispettivi carichi, esse incidono sul complesso dell'ormeggio del pontile e variano a seconda dell'esposizione delle imbarcazioni ormeggiate al moto ondoso, ai venti ed alle correnti, pertanto per ciascuna di tali forzanti si rende necessaria una determinazione dell'intensità e della direzione.

3.2 Forzanti meteomarine - Selezione e ricerca dei dati disponibili

Per poter procedere alla determinazione delle principali forzanti di origine meteomarina agenti all'interno del bacino portuale ed in particolare sulle imbarcazioni e sulle strutture di ormeggio, sono stati presi in considerazione i risultati degli studi specialistici a corredo.

Nei paragrafi seguenti vengono descritte le analisi relative a ciascuna delle forzanti considerate.

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

3.3 Clima anemologico

La determinazione del "clima anemologico" locale, cioè della distribuzione di frequenza della velocità e direzione del vento, rappresenta un aspetto fondamentale della progettazione di sistemi di ormeggio in quanto le azioni su di essi esercitate ad opera del vento risultano nella maggior parte dei casi quelle determinanti sia in termini di dimensionamento sia in relazione alla scelta dell'orientamento degli stessi.

E' noto infatti che le imbarcazioni rispondono meglio alle azioni di venti longitudinali (paralleli all'asse longitudinale della barca) piuttosto che trasversali, in particolar modo durante le delicate manovre negli spazi ristretti del bacino portuale nonché in fase di stazionamento.

Sono state pertanto prese in considerazione le registrazioni effettuate nei pressi della stazione mareografica installata all'interno del comprensorio portuale di Anzio sulla banchina denominata "Molo di Sottoflutto" (Lat 41° 26' 48.69" – Long NE 12° 38' 05.27'), munita per l'appunto anche di una parte meteorologica installata sulla stessa banchina e distante circa 30 metri verso il faro verde d'ingresso porto.

La stazione in questione, entrata in funzione a partire dal dicembre 2011, è gestita dal Servizio Mareografico Nazionale (ISPRA) e fa parte della Rete Mareografica Nazionale composta da un totale di 36 stazioni di misura uniformemente distribuite sul territorio nazionale ed ubicate prevalentemente all'interno delle strutture portuali.

Tutte le stazioni sono dotate anche di un sensore anemometrico (velocità e direzione del vento a 10 metri dal suolo), di un sensore barometrico, di un sensore di temperatura dell'aria, e di un sensore di temperatura dell'acqua, oltre ad un sensore di umidità relativa. Sono inoltre dotate di un sistema locale di gestione e memorizzazione dei dati e di un apparato di trasmissione (UMTS) in tempo reale alla sede centrale del SMN a Roma.

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

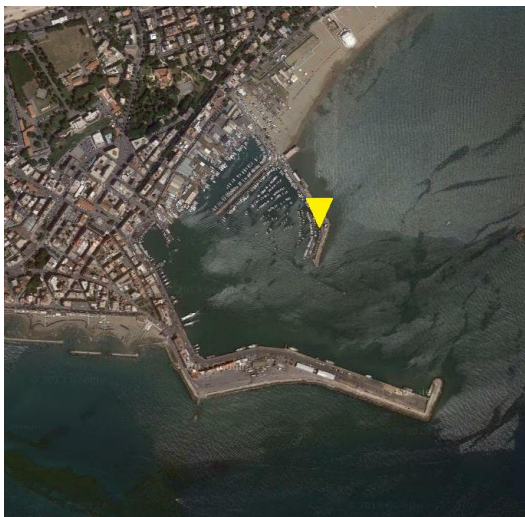


Figura 2. Ubicazione stazione idrometrica e meteorologica di Anzio (RM)

Nella sottostante tabella 1 è riportato il numero di eventi registrati nel periodo dicembre 2011 ÷ luglio 2014 ripartiti in 9 classi di velocità e 16 settori di direzione di provenienza e nella successiva tabella 2 sono riportati i valori corrispondenti alle frequenze di accadimento degli eventi anemometrici per ciascuna delle classi suddette.

Nelle successive **Figura 3** **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e **Figura 4** i valori delle frequenze di accadimento sono stati riportati su diagrammi polari che rendono possibile una lettura semplice ed immediata della distribuzione direzionale delle frequenze di accadimento degli eventi anemometrici e della intensità con cui essi si verificano.

In particolare nella **Figura 3** gli eventi sono stati suddivisi solamente in 4 classi di intensità al fine di semplificare la lettura del grafico stesso, mentre nella successiva **Figura 4** sono state graficizzate le frequenze cumulate relative a tutti gli eventi con velocità maggiore di 3.0 m/s suddivisi nei settori direzionali standardizzati secondo l'usuale rappresentazione della rosa del vento.

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

Tabella 1.

STAZIONE ANEMOMETRICA DI ANZIO											
Periodo di registrazione		dic-11 lug-14									
Quota altimetrica strumentale (m.s.l.m.)		10.0									
Numero eventi non validi		875									
<i>Tabella di distribuzione del numero di eventi validi per classi di direzione e di velocità del vento</i>											
Sc. Beaufort	Calma	1	2	3	4	5	6	7	>7		
nodì	v_{min}	0	1	4	7	11	17	22	28	34	
	v_{max}	1	4	7	11	17	22	28	34	99	
m/s	v_{min}	0	0.5	2	3	5	8	11	14	17	
	v_{max}	0.5	2	3	5	8	11	14	17	99	
0.00	11.25	19	259	316	177	17	2				790
11.25	33.75	51	609	594	245	15	2				1516
33.75	56.25	39	398	767	471	46	4	2			1727
56.25	78.75	25	264	359	486	320	53	8			1515
78.75	101.25	21	187	188	239	372	186	82	19	3	1297
101.25	123.75	16	168	204	282	439	210	134	30	4	1487
123.75	146.25	9	126	224	336	207	58	33	14	1	1008
146.25	168.75	11	148	197	164	67	32	8	3		630
168.75	191.25	2	117	200	103	69	24	12	1		528
191.25	213.75	9	123	209	163	98	36	25	3		666
213.75	236.25	18	129	493	318	63	25	9			1055
236.25	258.75	12	79	274	650	566	204	56	4		1845
258.75	281.25	21	160	416	826	618	38	7			2086
281.25	303.75	25	292	567	716	301	7				1908
303.75	326.25	30	318	530	383	111	3				1375
326.25	348.75	44	383	577	393	165	16				1578
348.75	360.00	21	215	261	214	33	3				747
D_{inf}	D_{sup}	373	3975	6376	6166	3507	903	376	74	8	21758

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

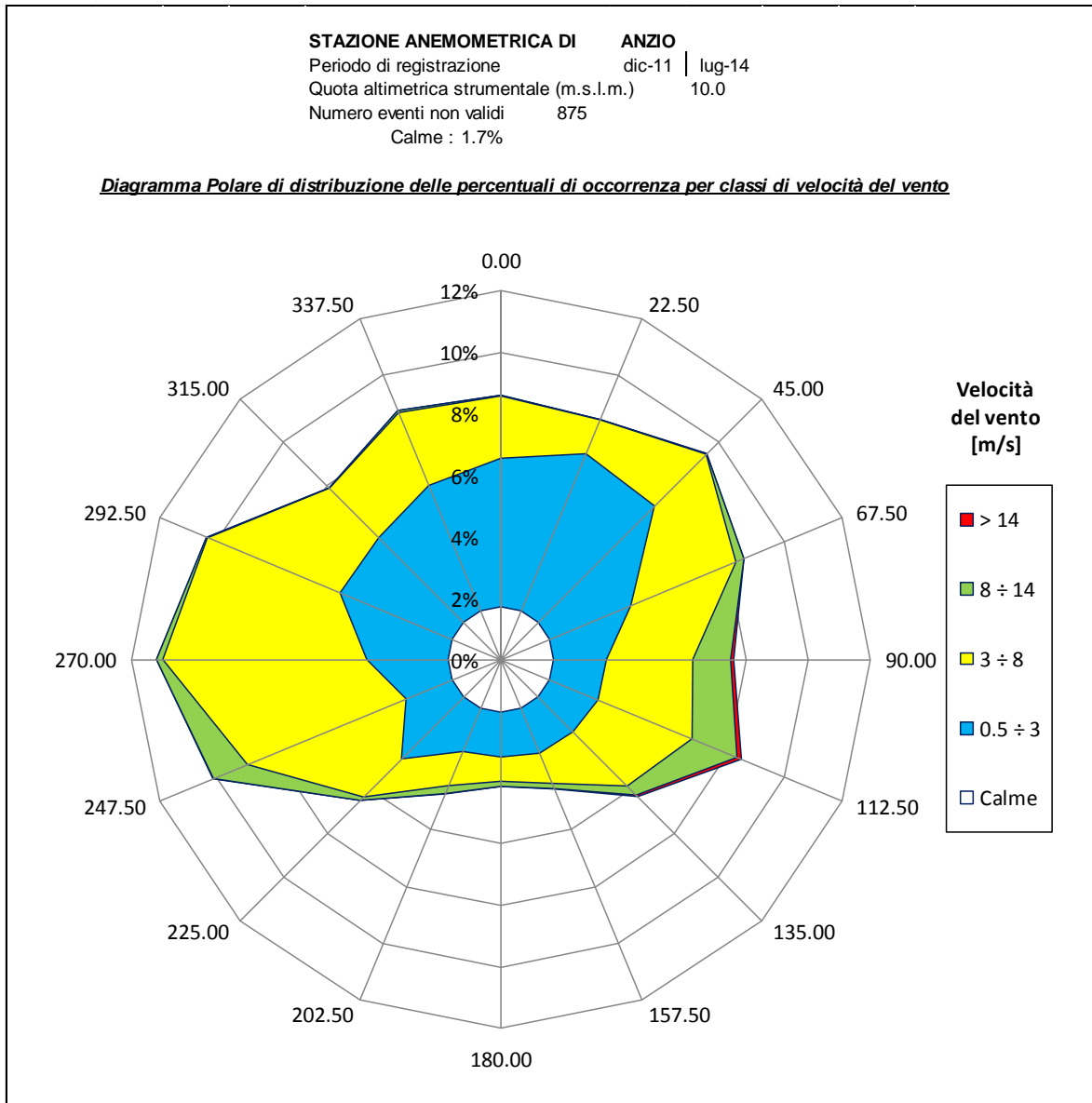
Tabella 2.

STAZIONE ANEMOMETRICA DI ANZIO											
Periodo di registrazione		dic-11 lug-14									
Quota altimetrica strumentale (m.s.l.m.)		10.0									
Numero eventi non validi		875									
<u>Tabella di distribuzione delle percentuali di occorrenza per classi di direzione e di velocità del vento</u>											
Sc. Beaufort	Calma	1	2	3	4	5	6	7	>7		
		0	1	4	7	11	17	22	28		34
nodi	v_{min}	0	1	4	7	11	17	22	28	34	
	v_{max}	1	4	7	11	17	22	28	34	99	
m/s	v_{min}	0	1	2	3	5	8	11	14	17	
	v_{max}	1	2	3	5	8	11	14	17	99	
0.00	11.25	0.1%	1.2%	1.5%	0.8%	0.1%	0.0%				3.6%
11.25	33.75	0.2%	2.8%	2.7%	1.1%	0.1%	0.0%				7.0%
33.75	56.25	0.2%	1.8%	3.5%	2.2%	0.2%	0.0%	0.0%			7.9%
56.25	78.75	0.1%	1.2%	1.6%	2.2%	1.5%	0.2%	0.0%			7.0%
78.75	101.25	0.1%	0.9%	0.9%	1.1%	1.7%	0.9%	0.4%	0.1%	0.0%	6.0%
101.25	123.75	0.1%	0.8%	0.9%	1.3%	2.0%	1.0%	0.6%	0.1%	0.0%	6.8%
123.75	146.25	0.0%	0.6%	1.0%	1.5%	1.0%	0.3%	0.2%	0.1%	0.0%	4.6%
146.25	168.75	0.1%	0.7%	0.9%	0.8%	0.3%	0.1%	0.0%	0.0%		2.9%
168.75	191.25	0.0%	0.5%	0.9%	0.5%	0.3%	0.1%	0.1%	0.0%		2.4%
191.25	213.75	0.0%	0.6%	1.0%	0.7%	0.5%	0.2%	0.1%	0.0%		3.1%
213.75	236.25	0.1%	0.6%	2.3%	1.5%	0.3%	0.1%	0.0%			4.8%
236.25	258.75	0.1%	0.4%	1.3%	3.0%	2.6%	0.9%	0.3%	0.0%		8.5%
258.75	281.25	0.1%	0.7%	1.9%	3.8%	2.8%	0.2%	0.0%			9.6%
281.25	303.75	0.1%	1.3%	2.6%	3.3%	1.4%	0.0%				8.8%
303.75	326.25	0.1%	1.5%	2.4%	1.8%	0.5%	0.0%				6.3%
326.25	348.75	0.2%	1.8%	2.7%	1.8%	0.8%	0.1%				7.3%
348.75	360.00	0.1%	1.0%	1.2%	1.0%	0.2%	0.0%				3.4%
D_{inf}	D_{sup}	1.7%	18.3%	29.3%	28.3%	16.1%	4.2%	1.7%	0.3%	0.0%	100.0%
		1.7%	20.0%	49.3%	77.6%	93.7%	97.9%	99.6%	100.0%	100.0%	

**Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord**

Relazione di Calco degli Ancoraggi

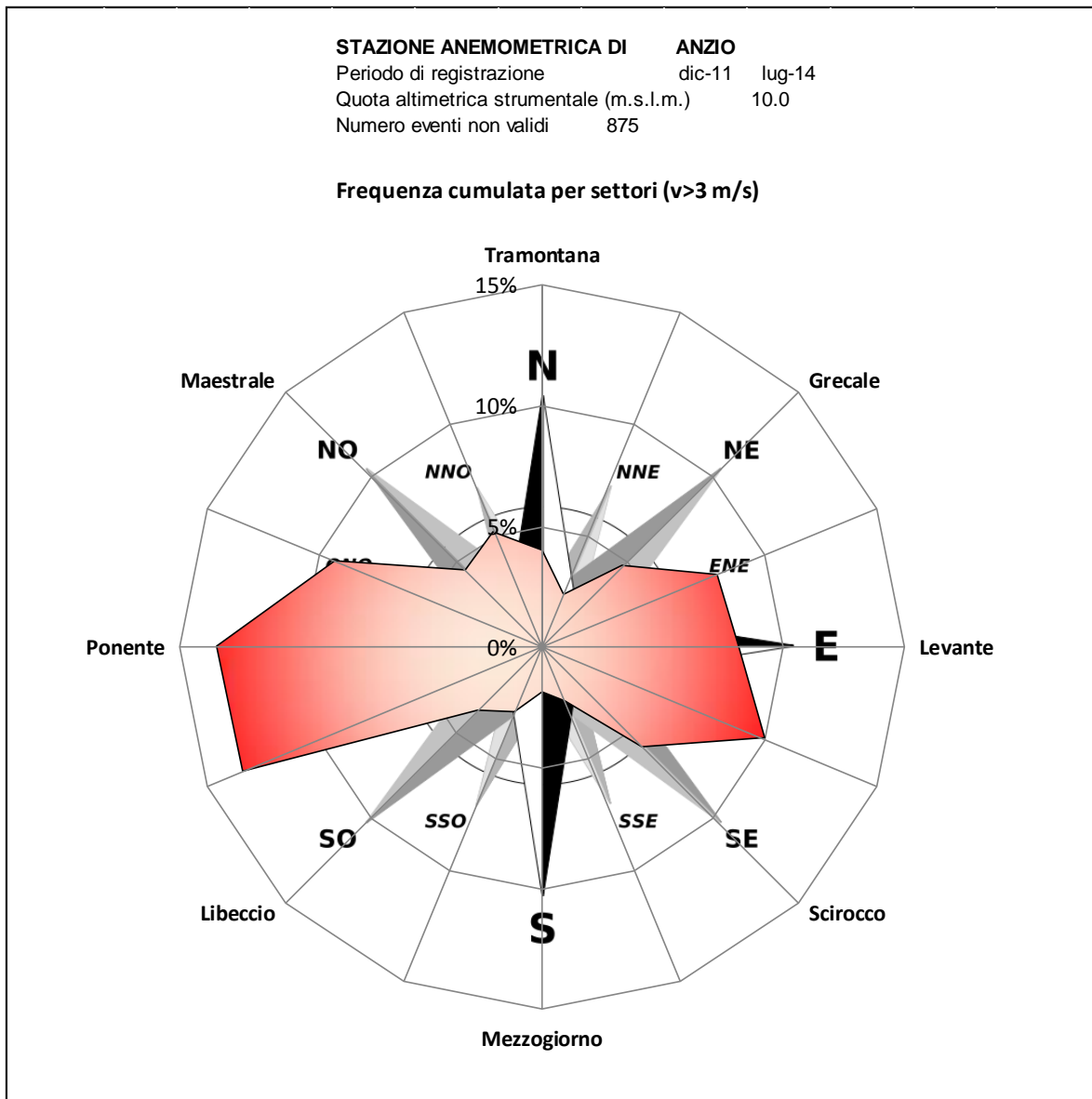
Figura 3.



**Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord**

Relazione di Calco degli Ancoraggi

Figura 4.



Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

Dall'analisi delle precedenti tabelle e figure, è possibile osservare che:

- da un punto di vista complessivo, si riscontra una distribuzione direzionale abbastanza omogenea delle frequenze di accadimento degli eventi anemometrici, fatta eccezione unicamente per il settore di mezzogiorno per il quale si riscontrano frequenze minori. Nello specifico, le maggiori frequenze di accadimento si osservano per il settore di ponente (circa il 18%);
- i venti dominanti (più intensi) provengono quasi esclusivamente dai settori di levante e scirocco ed in misura inferiore dal settore di libeccio, con classi di velocità superiori a 22 nodi per una frequenza di accadimento pari a circa al 2%.

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

3.4 Escursioni di livello

Le escursioni del livello marino sono il risultato della sovrapposizione di effetti concomitanti di diversa natura tra cui quelli di maggiore influenza sono dovuti a fenomeni astronomici, quali l'attrazione gravitazionale esercitata dalla luna e dal sole, e meteorologici, dovuti essenzialmente dall'azione del vento ed alle variazioni di pressione atmosferica. In ultimo anche la presenza di moto ondoso incidente il litorale genera degli effetti indotti sul livello idrometrico marino locale.

Un approccio comunemente utilizzato per la determinazione delle massime variazioni di livello della superficie marina, è basato proprio sull'analisi degli effetti indotti da ciascuna singola componente e dalla loro successiva combinazione e sovrapposizione, tutt'altro che semplice in considerazione della aleatorietà della concomitanza tra fenomeni di carattere meteorologico ed astronomico.

Nel caso in esame, disponendo delle misure dirette di livello registrate dalla stazione mareografica di Anzio, si ritiene più semplice ed attendibile effettuare una stima delle escursioni basata sull'analisi diretta dei livelli misurati, a prescindere quindi dalla ricostruzione dell'influenza esercitata da ciascuna singola componente, astronomica e meteo-marina.

La stazione mareografica è dotata di strumentazioni in grado di fornire il valore del "livello idrometrico" con precisione millimetrica, ed è dotata di caposaldi altimetrici, riferiti al livello medio del mare misurato a Genova dall'antico mareografo Thompson, che determinano la quota altimetrica mediante livellazione di alta precisione condotta a partire dalle linee principali stabilite dall'IGM.

Per la determinazione dell'entità delle escursioni del livello marino, è stato pertanto eseguita un'elaborazione basata sul metodo empirico applicato

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

direttamente alla serie di misure di livello, partendo dall'ipotesi di poter considerare il livello del mare come una variabile aleatoria, prescindendo dalla periodicità delle componenti astronomiche dell'oscillazione. Tale procedura, nel caso di una serie storica sufficientemente lunga, consentirebbe di stimare in maniera deterministica l'entità delle oscillazioni associata ad un prestabilito tempo di ritorno.

Nel caso in esame tuttavia, disponendo di registrazioni estese su un arco temporale di circa 2 anni e mezzo solamente, risultando di scarsa attendibilità eventuali elaborazioni statistiche, ci si limiterà ad una semplice classificazione dei livelli misurati mediante la seguente rappresentazione ad istogramma delle frequenze per classi di livello idrometrico.

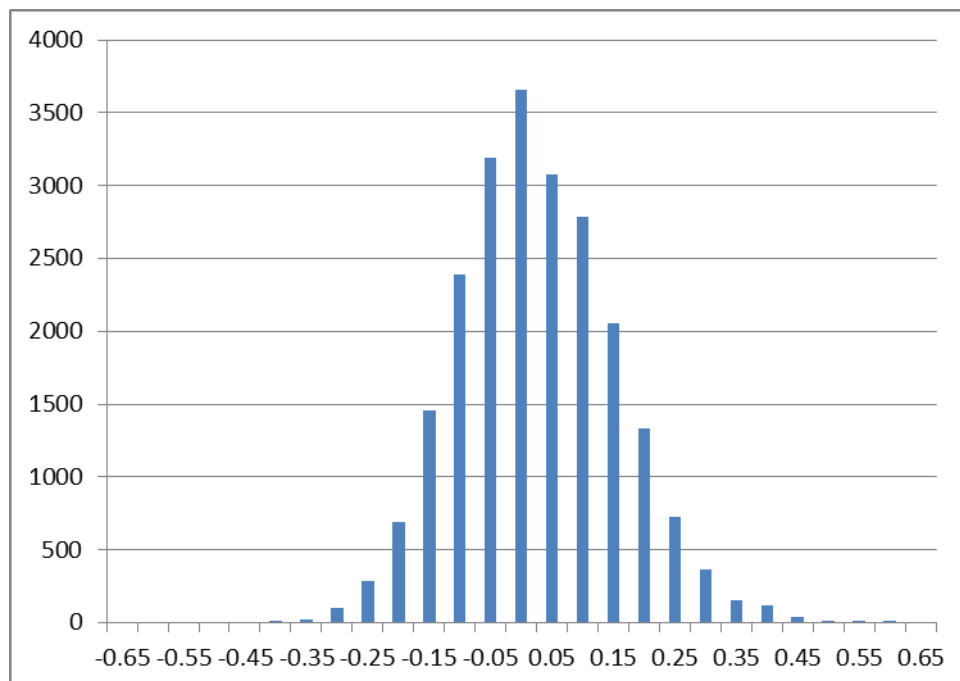


Figura 5. Istogramma delle variazioni di livello idrometrico misurate dal mareografo di Anzio

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

Questa semplice analisi consente di rilevare che nel periodo di registrazione considerato, si è registrato un valore massimo di innalzamento del livello marino pari a +0.60 m s.l.m.m. ed un valore minimo di abbassamento del livello marino pari a -0.40 m s.l.m.m. che potranno essere presi in considerazione come valori di riferimento per le massime escursioni del livello idrometrico marino locale, osservando che tali valori risultano leggermente superiori a quelli determinati negli studi idraulici a corredo del progetto definitivo, ma comunque in linea con gli stessi.

3.5 Corrente

Come già accennato nei precedenti paragrafi, oltre alla caratterizzazione del clima anemometrico locale, un'altra forzante fisica che può avere rilevanza nel dimensionamento di sistemi di ormeggio e di strutture galleggianti, è quella associata al campo idrodinamico delle correnti marine.

In generale se i sistemi di ormeggio in esame non ricadono in siti caratterizzati da condizioni particolari quali ad esempio quelle di un bacino chiuso di notevole estensione soggetto ad escursioni di marea significative (come potrebbe essere per la laguna di Venezia), oppure in corrispondenza di corsi d'acqua con portate significative, e pertanto le correnti in gioco sono solamente correnti di marea, queste risultano essere di intensità minima e quindi poco significative ai fini del dimensionamento dei sistemi di ormeggio.

Tale circostanza generale trova riscontro facendo riferimento ai risultati dello studio idrodinamico finalizzato all'analisi del ricambio idrico portuale associato alla configurazione finale di progetto del porto di Anzio, eseguito in sede di progettazione definitiva, nel quale sono state eseguite diverse simulazioni, con

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

l'ausilio di specifico modello matematico, condotte utilizzando come unica forzante idrodinamica le oscillazioni di livello dovute alla sola marea astronomica. Dall'analisi dello studio suddetto, è possibile osservare il campo di velocità all'interno del nuovo porto di Anzio associato alle differenti fasi di marea, da cui si evincono valori molto bassi della velocità della corrente con particolare riguardo chiaramente alle zone più interne del porto (Darsena Pamphili), in cui si riscontrano valori mediamente inferiori a 0.001 m/s.

Pertanto, confermata la scarsa entità del fenomeno in esame, nei calcoli che seguiranno verranno trascurate le azioni indotte dalle correnti sulle imbarcazioni e sulle strutture galleggianti.

3.6 Moto ondoso

Come già accennato nei precedenti paragrafi, in aggiunta alle grandezze già considerate, un'altra forzante fisica che può avere rilevanza nel dimensionamento di sistemi di ormeggio e di strutture galleggianti, è quella associata agli effetti indotti dalla presenza di moto ondoso.

Tale aspetto riveste una rilevanza primaria nei casi di sistemi di ormeggio ricadenti in aree soggette ad una esposizione diretta alle forzanti ondose che, in tali casi, divengono dimensionanti anche sotto il profilo strutturale, mentre nei casi più generali di aree ridossate e caratterizzate da condizioni di agitazione ondosa residua per effetto dei fenomeni di diffrazione e riflessione subiti dal moto ondoso, questo fenomeno può essere considerato alla stessa stregua di semplici variazioni di livello marino.

Nel caso in esame, facendo riferimento allo studio dell'agitazione interna portuale a corredo del progetto Esecutivo del porto di Anzio, considerato che nei diversi scenari considerati si riscontrano valori massimi di altezza d'onda residua variabili da un minimo di 0,1 m per le zone più interne ad un massimo di circa 0,4 m per

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

quelle più esposte e che tali valori risultano inferiori alle massime escursioni di livello calcolate nel paragrafo 3.4, nei calcoli che seguiranno potranno essere considerate unicamente queste ultime ai fini delle verifiche di stabilità.

4. CALCOLO DELLE AZIONI DI PROGETTO

4.1 Il vento

Come già descritto nei precedenti paragrafi, la conoscenza della forza del vento rappresenta, nella maggioranza dei casi, la principale sollecitazione di cui bisogna tener conto nel dimensionamento delle strutture di ormeggio.

Una formula correntemente impiegata per determinare la forza del vento F (in Newton) è la seguente ¹:

$$F = 0.72 \cdot E \cdot D \cdot S \cdot V^2$$

dove :

E = area della sezione trasversale della parte emergente dell'imbarcazione (m^2), pari a circa 1/3 dell'area della sezione trasversale dell'imbarcazione

D = fattore adimensionale di direzione

S = fattore adimensionale di schermo

V = velocità del vento (m/s).

Un fattore di 1.2 è compreso nell'equazione per tenere conto della geometria tipica delle imbarcazioni da diporto.

¹ FRANCO L., MARCONI R., 1999 – Porti Turistici, Nuova guida alla progettazione e costruzione.
NICHOL M.J., 1990 – Wind design factors for small boat mooring facilities
TOBIASSON B.O., 1989 – Marina Layout Parameters, Vessel Characteristics and Design Forces

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

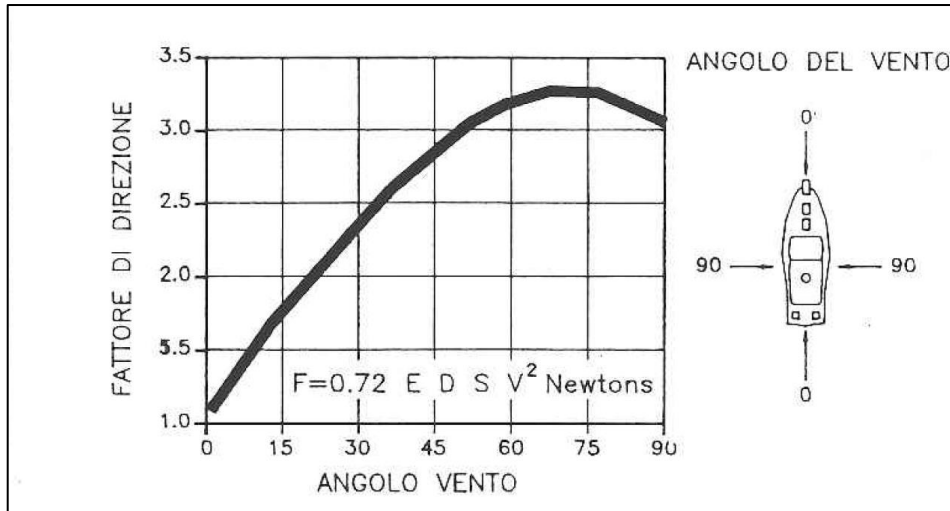


Figura 6. Andamento del fattore direzionale al variare dell'angolo di incidenza del vento

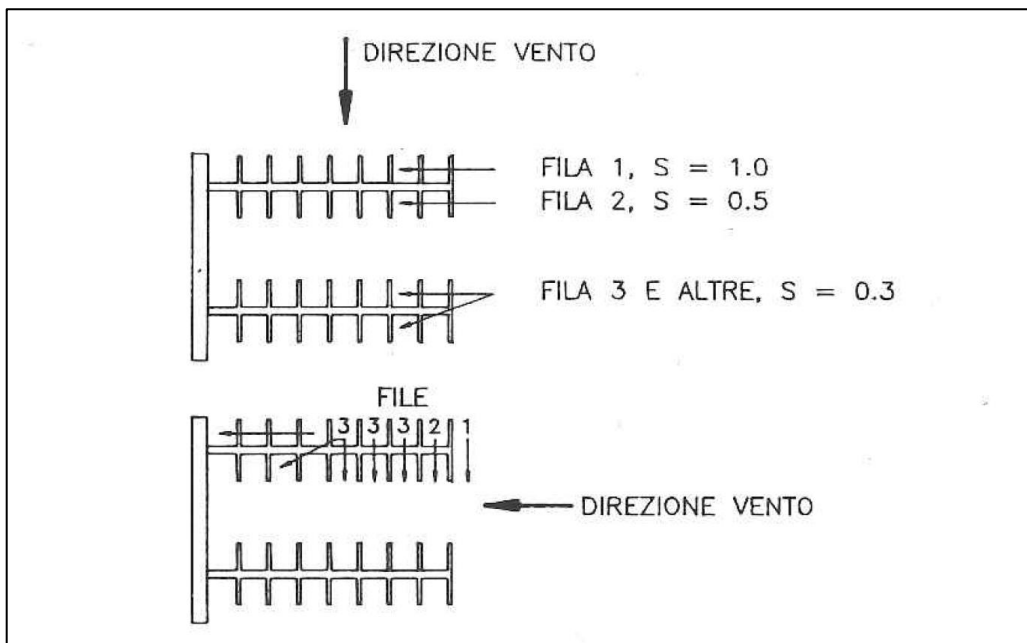


Figura 7. Fattori di schermo al variare della esposizione

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

Nei calcoli di verifica dei sistemi di ormeggio illustrati nel capitolo successivo, al fine di ottimizzare i dimensionamenti delle opere in questione in funzione della reale esposizione degli stessi, verranno tenuti in considerazione i valori massimi di velocità del vento registrati per le differenti direzioni di provenienza, desunti dalle elaborazioni descritte nel paragrafo 3.3 e riportati nella seguente Figura.

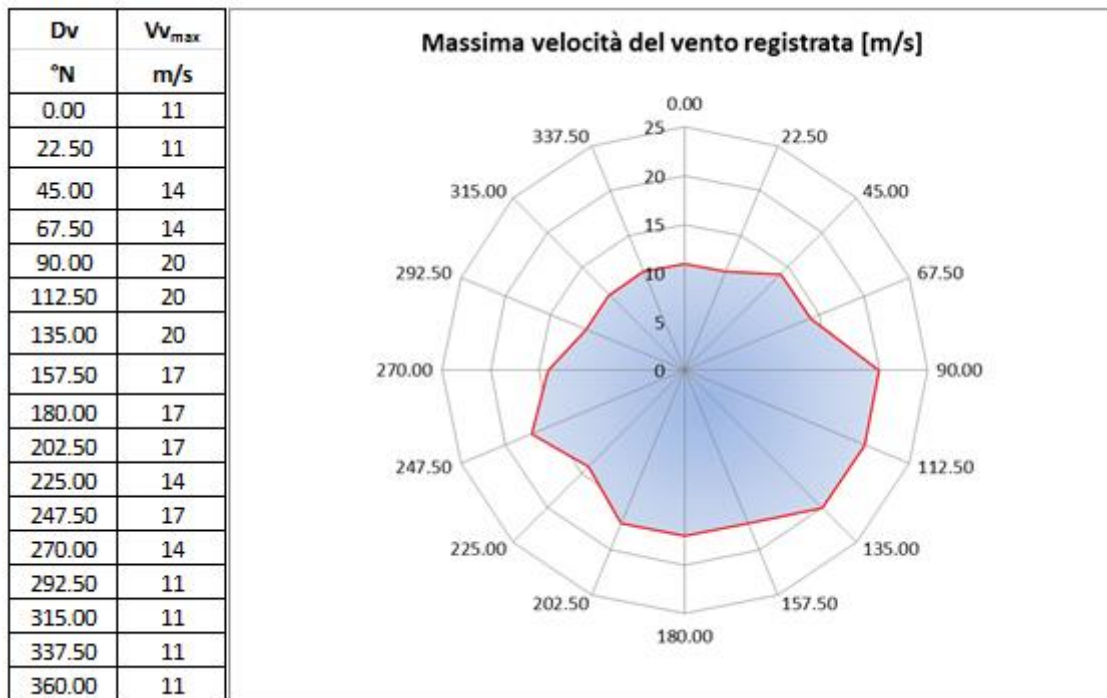


Figura 8. Stazione anemometrica di Anzio, diagramma polare delle velocità del vento massime registrate

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

4.2 Escursioni di livello

Considerato che le variazioni del livello marino hanno una diretta influenza nella determinazione delle condizioni di equilibrio raggiunte dal complesso sistema di forze agenti trasmesso alle catenarie ed ai corpi morti, tutte le verifiche di stabilità saranno effettuate sia in condizioni statiche, cioè riferite ad un livello del mare coincidente con il livello medio marino, sia nelle condizioni di variazione del livello idrometrico più gravose per la stabilità del sistema che, nel caso di strutture galleggianti, sono rappresentate dalle condizioni di massimo innalzamento del livello marino.

Facendo riferimento pertanto alle analisi illustrate nel paragrafo 3.4, verrà preso in considerazione un valore massimo di innalzamento del livello marino pari a +0.60 m s.l.m.m..

4.3 Corrente

Per quanto riguarda le forze trasferite alle imbarcazioni ed ai sistemi di ormeggio galleggianti ad opera delle correnti marine, viene generalmente impiegata una formula simile a quella considerata nella valutazione delle forze indotte dall'azione del vento, applicata alla cosiddetta "opera viva" dei corpi galleggianti (parte immersa).

In generale la pressione esercitata da una corrente fluida sulla parte immersa della carena di un'imbarcazione (espressa in pounds/sq.ft) può essere calcolata mediante l'espressione seguente:

$$P = V_c^2 \cdot C_D \cdot A_{carena}$$

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

V_c = velocità della corrente espressa in ft/s

C_D : coefficiente che tiene conto della direzione di incidenza della corrente rispetto alla carena (0.6 per incidenza parallela all'asse della carena; 0.8 per incidenza trasversale);

A_{carena} : estensione della superficie immersa a contatto con l'acqua espressa in sq.ft

Nel caso in esame, come già accennato nel precedente paragrafo 3.5, in considerazione della scarsa entità dei valori associati alla velocità della corrente all'interno del porto di Anzio, nei calcoli che seguiranno verranno trascurate le azioni indotte dalle correnti sulle imbarcazioni e sulle strutture galleggianti.

4.4 Moto ondoso

Come già accennato nei precedenti paragrafi, nel caso di presenza di significative forze dinamiche dovute alle onde, è necessario condurre un'analisi approfondita e specialistica, mentre nei casi più generali di aree ridossate con azioni dovute al moto ondoso di lieve entità, questo fenomeno può essere considerato alla stessa stregua di semplici variazioni di livello marino.

Nel caso in esame, gli effetti dovuti al moto ondoso potranno essere ragionevolmente trascurati, essendosi dimostrata più gravosa l'entità delle massime escursioni di livello considerate.

5. DIMENSIONAMENTO DEI SISTEMI DI ORMEGGIO

5.1 Teoria della catenaria

Mediante le formulazioni illustrate nel capitolo precedente, è possibile determinare le azioni risultanti che debbono essere contrastate dai vari sistemi di ormeggio, per ciascuna tipologia di imbarcazione e per ogni condizione di esposizione alle grandezze fisiche considerate.

A questo punto, scelto il numero dei vincoli (corpi morti) ed il loro posizionamento (geometria del sistema), è possibile determinare il peso minimo dei singoli blocchi di contrasto nonché le caratteristiche di peso, resistenza e lunghezza delle relative catene di collegamento, verificando la risoluzione vettoriale del sistema di forze in gioco e garantendo il rispetto di un adeguato coefficiente di sicurezza.

A tal fine, facendo riferimento allo schema della successiva figura, possono applicarsi le formulazioni proprie della “teoria della catenaria” di seguito riportate:

$$y(z) = \frac{\bar{g}}{No} \cdot \frac{z^2}{2} + \left(\frac{H}{l} - \frac{\bar{g}l}{2No} \right) \cdot z \quad (1)$$

$$\tan \alpha = y'(z) = \frac{\bar{g}}{No} \cdot z + \frac{H}{l} - \frac{\bar{g}l}{2No} \quad (2)$$

$$\eta(z) = \frac{\bar{g}}{2No} \cdot (l - z) \cdot z \quad (3)$$

$$L_d = \sqrt{l^2 + H^2} \quad (4)$$

$$\frac{d\eta}{dz} = \frac{\bar{g}l}{2No} - \frac{\bar{g}z}{No} \quad (5)$$

$$L = \frac{L_d}{l} \cdot \int_0^l \left[1 - \frac{2Hl}{L_d^2} \cdot \frac{d\eta}{dz} + \frac{l^2}{L_d^2} \cdot \left(\frac{d\eta}{dz} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} dz \quad (6)$$

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

in cui i parametri assumono i seguenti significati:

- \bar{g} : peso immerso della catena per unità di lunghezza in pianta
- N_O : sforzo orizzontale nella catena in O
- H : profondità del corpo morto (comprensiva di eventuale sovralzato)
- l : lunghezza in pianta della catena
- L_d : lunghezza retta congiungente O - O'

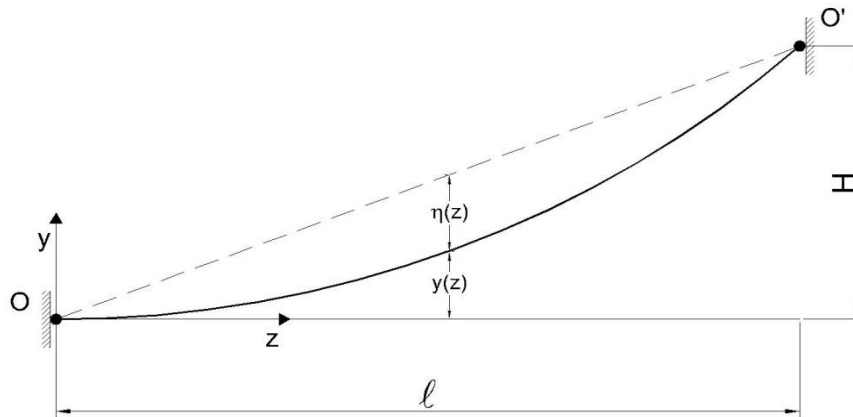


Figura 9. Schema statico della catenaria

Pertanto la soluzione del sistema di forze è assicurata dalla curva deformata della catena per la quale si ottiene il bilanciamento delle forze applicate ai suoi estremi rappresentate da un lato dall'azione orizzontale trasferita dalla struttura galleggiante alla catena (sforzo applicato in O') e dall'altro dalla resistenza allo scorrimento sul fondo del blocco di ancoraggio calcolata a partire dalla componenti dello sforzo nel vertice O.

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

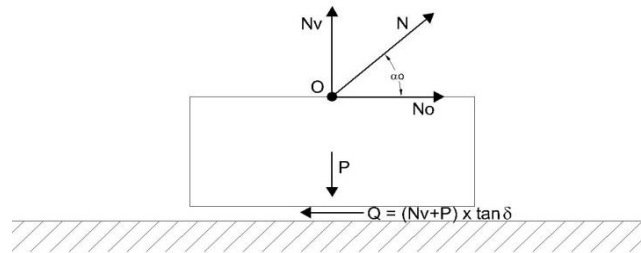


Figura 10. Schematizzazione delle forze in gioco nella stabilità di un corpo morto

SCHEMA FORZE CATENE DI FONDO

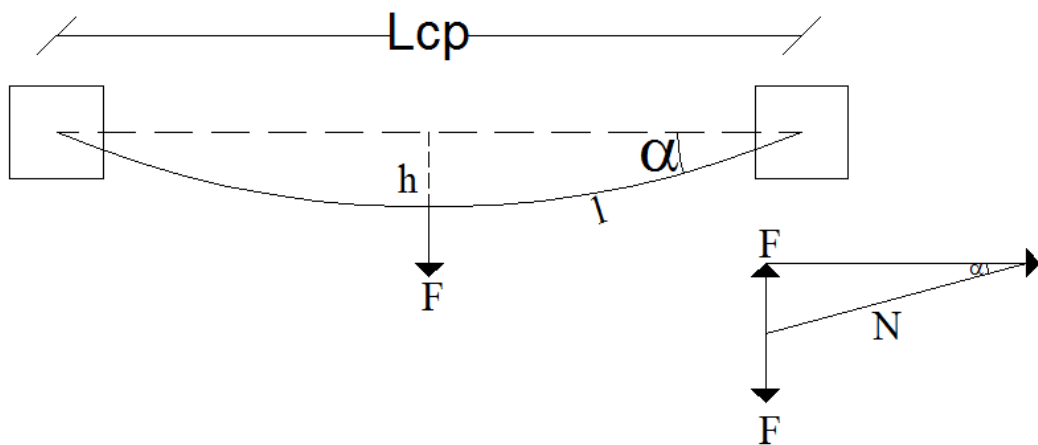


Figura 11. Schema statico della catena di fondo

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

5.2 Descrizione e sintesi dei risultati delle verifiche

Nei tabulati di output che seguono, vengono riportati i risultati delle procedure di verifica descritte nei paragrafi precedenti, applicate a ciascuna tipologia di sistema di ormeggio previsto e per ciascuna delle condizioni di esposizione più gravose in termini di intensità e direzione delle forzanti.

Per il dimensionamento dei singoli componenti degli ormeggi si è fatto riferimento agli schemi di ancoraggio maggiormente impiegati ed in particolare:

- in relazione ai pontili galleggianti, si è considerato un ancoraggio con corpi morti e catene incrociate, sia in senso trasversale che longitudinale (Figura 12 e Figura 13);
- per le imbarcazioni si è fatto riferimento alla tradizionale metodologia di ormeggio tramite catenaria e pendino (Figura 14 e Figura 15);
- per l'identificazione delle caratteristiche geometriche e di resistenza delle catene per ormeggio, si è fatto riferimento ai valori normalizzati di prodotti presenti in commercio, riportati negli schemi di Tabella 3.

Risolvendo pertanto i sistemi di forze per ciascuna condizione di ormeggio e per le varie caratteristiche di esposizione alle forzanti in gioco secondo le metodologie descritte nei capitoli precedenti, si è proceduto al dimensionamento e verifica dei singoli componenti, i cui risultati sono riepilogati nella successiva tabella, mentre i dettagli analitici di ciascun risultato sono riportati nelle specifiche schede di calcolo seguenti.

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

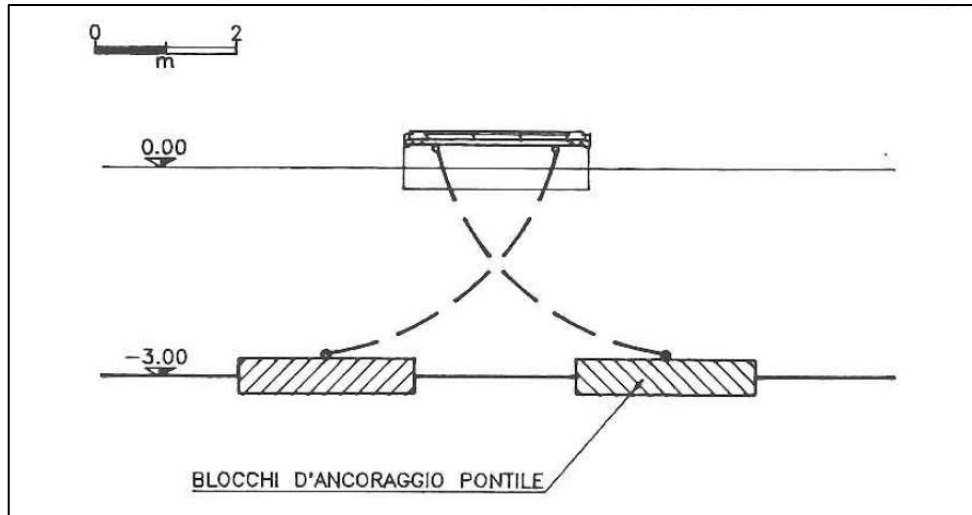


Figura 12. Schema tipico di ancoraggio di un pontile galleggiante. Vista in sezione.

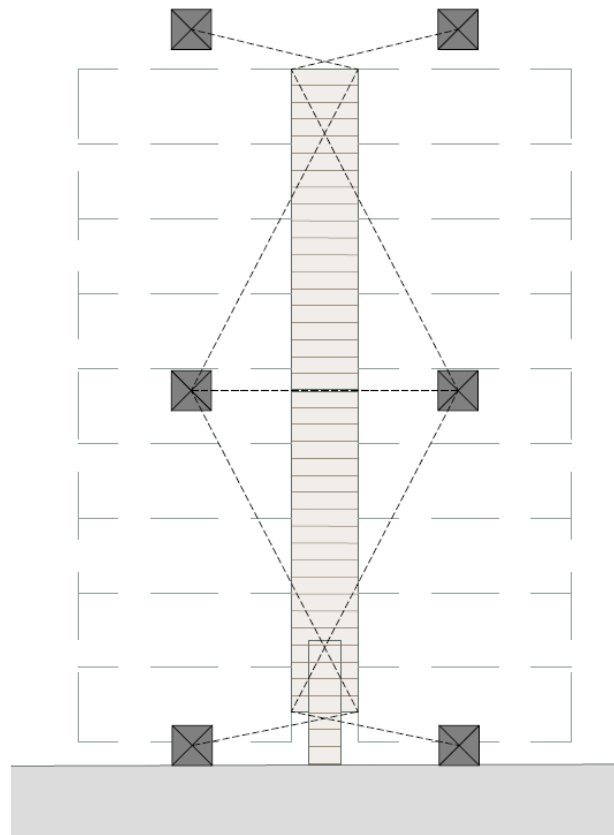


Figura 13. Schema tipico di ancoraggio di un pontile galleggiante. Vista in pianta

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

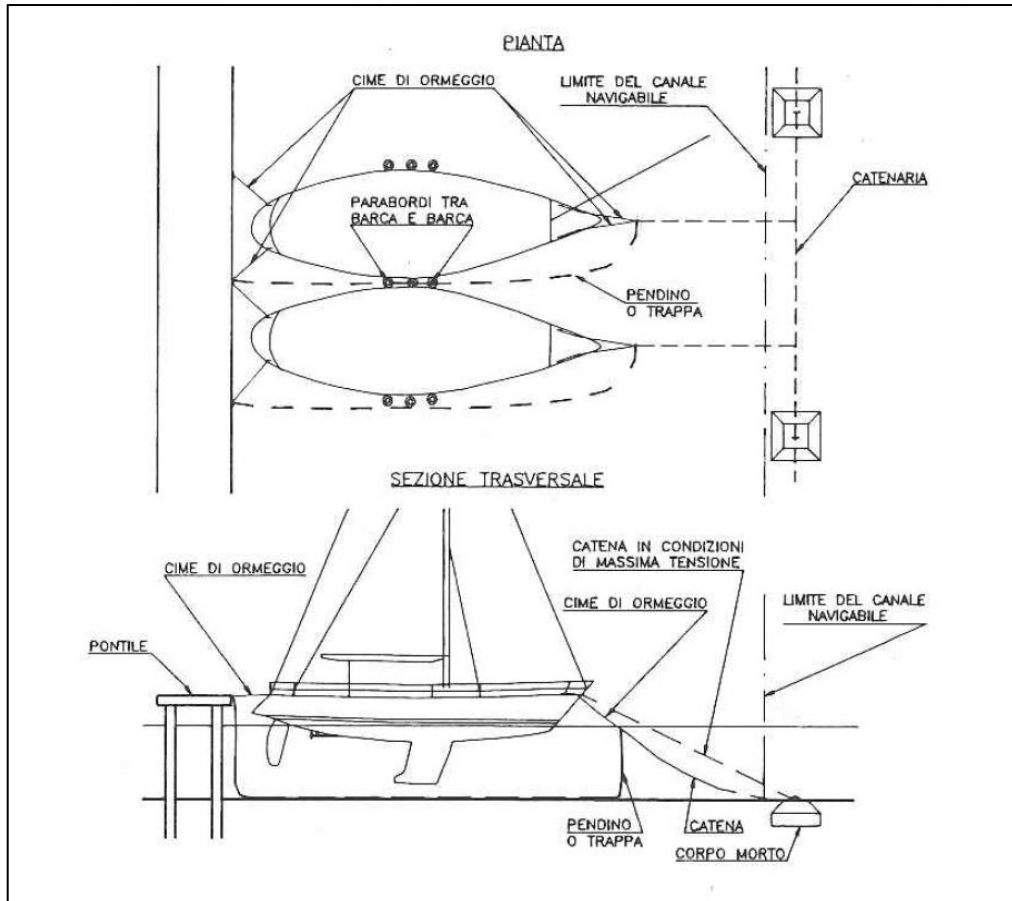


Figura 14. Schema di ormeggio tipo

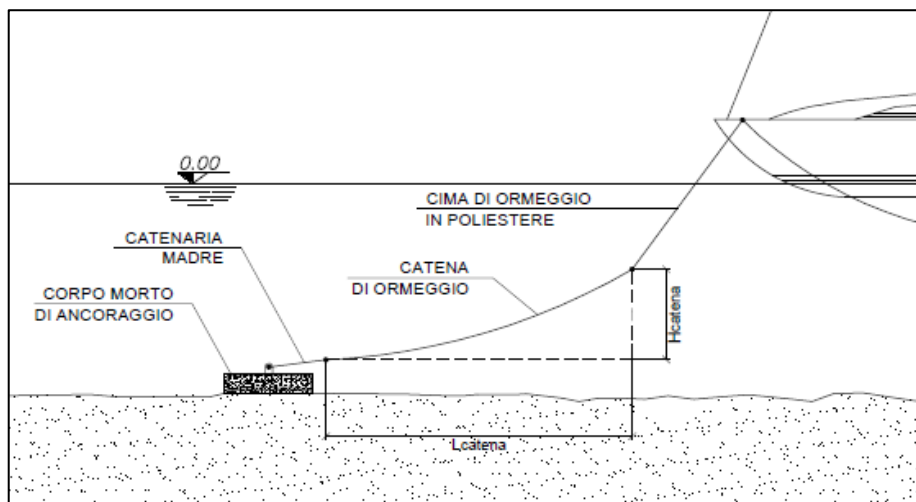


Figura 15. Particolare dei componenti del sistema di ormeggio delle imbarcazioni

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

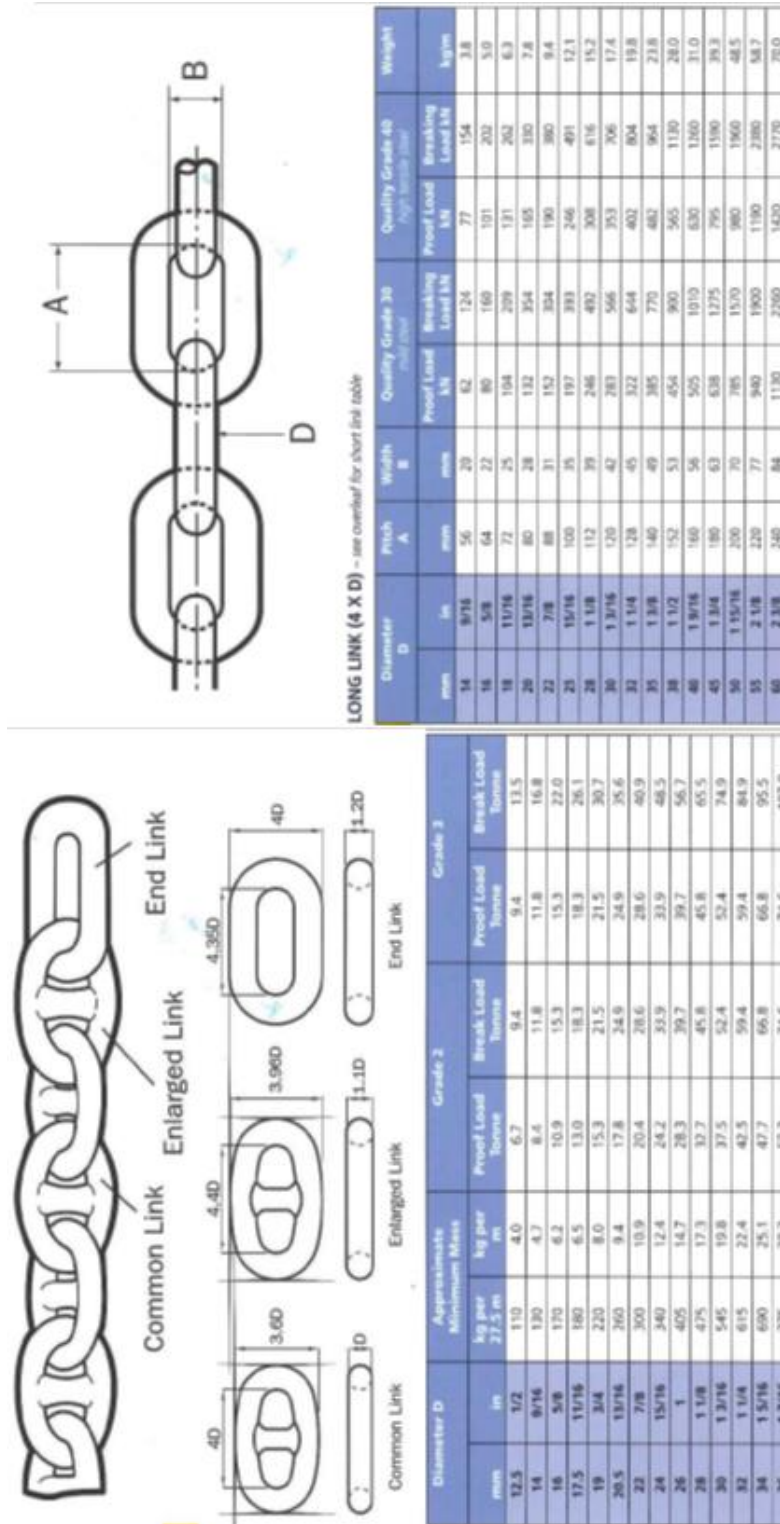


Tabella 3. Caratteristiche geometriche delle catene per ormeggi

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

Diametro [mm]	Peso [gr/m]	Carico rottura [t]
6	26	0.5
8	45	0.9
10	75	1.4
12	110	2.0
14	140	2.8
16	170	3.3
18	220	4.2
20	280	5.0
22	330	6.0
24	380	6.8
26	480	8.2
28	560	9.6
30	680	11.6
32	800	13.6
34	830	14.2
36	930	14.9
38	1100	16.0
40	1250	20.0

Tabella 4. Caratteristiche geometriche delle trappe per ormeggi

Nelle tabelle seguenti vengono riportati i dimensionamenti e le verifiche delle bitte di ormeggio, dei corpi morti per l'ormeggio dei pontili e delle imbarcazioni.

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

- Forze esercitate dalle imbarcazioni sui pontili**

Identificazione Ormezzo: Pontili A - B			Fila 1	Fila2
Larghezza imbarcazione	L	[m]	6.3	6.3
Altezza imbarcazione	H	[m]	3.0	3.0
Area laterale imbarcazione	A _L	[m ²]	18.8	18.8
Velocità del vento	V _v	[m/s]	20.0	11.0
Coefficiente di schermatura	S		1.0	0.5
Area di calcolo	E	[m ²]	6.2	6.2
Coefficiente di direzione	D		3.3	3.3
Forza esercitata	F	[kN]	5.9	0.9
		[t]	0.6	0.1

Identificazione Ormezzo: Pontile C - D			Fila 1	Fila2
Larghezza imbarcazione	L	[m]	6.3	5.5
Altezza imbarcazione	H	[m]	3.0	2.5
Area laterale imbarcazione	AL	[m ²]	18.8	13.8
Velocità del vento	V _v	[m/s]	20.0	11.0
Coefficiente di schermatura	S		1.0	0.3
Area di calcolo	E	[m ²]	6.2	4.5
Coefficiente di direzione	D		3.3	3.3
Forza esercitata	F	[kN]	5.9	0.4
		[t]	0.6	0.04

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

Identificazione Ormezzo: Pontile E - F			Fila 1	Fila2
Larghezza imbarcazione	L	[m]	5.5	4.8
Altezza imbarcazione	H	[m]	2.5	2.0
Area laterale imbarcazione	AL	[m ²]	13.8	9.5
Velocità del vento	Vv	[m/s]	20.0	11.0
Coefficiente di schermatura	S		0.3	0.3
Area di calcolo	E	[m ²]	4.5	3.1
Coefficiente di direzione	D		3.3	3.3
Forza esercitata	F	[kN]	1.3	0.3
		[t]	0.1	0.03

Identificazione Ormezzo: Pontile G - H			Fila 1	Fila2
Larghezza imbarcazione	L	[m]	4.8	4.3
Altezza imbarcazione	H	[m]	2	2
Area laterale imbarcazione	AL	[m ²]	9.6	8.5
Velocità del vento	Vv	[m/s]	20.0	11.0
Coefficiente di schermatura	S		0.3	0.3
Area di calcolo	E	[m ²]	3.2	2.8
Coefficiente di direzione	D		3.3	3.3
Forza esercitata	F	[kN]	0.9	0.2
		[t]	0.1	0.02

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

Identificazione Ormeggio: Banchina Est			
			Fila 1
Larghezza imbarcazione	L	[m]	3.4
Altezza imbarcazione	H	[m]	2
Area laterale imbarcazione	AL	[m ²]	6.8
Velocità del vento	Vv	[m/s]	20.0
Coefficiente di schermatura	S		0.3
Area di calcolo	E	[m ²]	2.2
Coefficiente di direzione	D		3.3
Forza esercitata	F	[kN]	0.6
		[t]	0.1

Identificazione Ormeggio: Darsena Pamphili				
			Fila 1	Fila2
Larghezza imbarcazione	L	[m]	3.3	3.3
Altezza imbarcazione	H	[m]	2	2
Area laterale imbarcazione	AL	[m ²]	6.6	6.6
Velocità del vento	Vv	[m/s]	14.0	14.0
Coefficiente di schermatura	S		1.0	0.5
Area di calcolo	E	[m ²]	2.2	2.2
Coefficiente di direzione	D		3.3	3.3
Forza esercitata	F	[kN]	1.0	0.5
		[t]	0.1	0.05

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

Identificazione Ormezzo:Diga di sottoflutto			10m	7m
Larghezza imbarcazione	L	[m]	3.4	2.7
Altezza imbarcazione	H	[m]	2.0	2.0
Area laterale imbarcazione	AL	[m ²]	6.7	5.4
Velocità del vento	Vv	[m/s]	14.0	14.0
Coefficiente di schermatura	S		0.3	0.3
Area di calcolo	E	[m ²]	2.2	1.8
Coefficiente di direzione	D		3.3	3.3
Forza esercitata	F	[kN]	0.3	0.2
		[t]	0.03	0.02

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

• **Dimensionamento dei corpi morti per l'ancoraggio dei pontili**

Identificazione Ormeggio: Pontili A - B			
			Fila 1
Altezza della catena	H	[m]	5.0
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]	10.0
Lunghezza della catena	L	[m]	11.2
Pendenza	p		0.5
Inclinazione	α	[°]	26.6
Numero imbarcazioni	N		3.0
Azione orizzontale sul singolo ormeggio	No	[t]	0.9
Coefficiente di attrito	δ		0.6
Azione verticale sul singolo corpo morto	Nv	[t]	0.4
Azione sul singolo corpo morto	N	[t]	1.0
Peso corpo morto	P	[t]	5.0
Reazione vincolare corpo morto	Q	[t]	2.7
Coefficiente di sicurezza	Cr		3.10
Verifica	≥ 3		Verificato

Identificazione Ormeggio: Pontili C - D				
			Fila 1	Fila 2
Altezza della catena	H	[m]	7.0	5.5
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]	5.0	5.0
Lunghezza della catena	L	[m]	8.6	7.4
Pendenza	p		1.4	1.1
Inclinazione	α	[°]	54.5	47.7
Numero imbarcazioni	N		3.0	2.0
Azione orizzontale sul singolo ormeggio	No	[t]	0.1	0.2
Coefficiente di attrito	δ		0.6	0.6
Azione verticale sul singolo corpo morto	Nv	[t]	0.1	0.2
Azione sul singolo corpo morto	N	[t]	0.2	0.3
Peso corpo morto	P	[t]	3.0	3.0
Reazione vincolare corpo morto	Q	[t]	1.7	1.7
Coefficiente di sicurezza	Cr		17.2	8.3
Verifica	≥ 3		Verificato	Verificato

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

Identificazione Ormezzo: Pontili E - F				
			Fila 1	Fila 2
Altezza della catena	H	[m]	4.0	3.5
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]	5.0	5.0
Lunghezza della catena	L	[m]	6.4	6.1
Pendenza	p		0.8	0.7
Inclinazione	α	[°]	38.7	35.0
Numero imbarcazioni	N		3.0	2.0
Azione orizzontale sul singolo ormezzo	No	[t]	0.04	0.13
Coefficiente di attrito	δ		0.6	0.6
Azione verticale sul singolo corpo morto	Nv	[t]	0.0	0.1
Azione sul singolo corpo morto	N	[t]	0.1	0.2
Peso corpo morto	P	[t]	3.0	3.0
Reazione vincolare corpo morto	Q	[t]	1.8	1.7
Coefficiente di sicurezza	Cr		43.9	13.5
Verifica	≥ 3		Verificato	Verificato

Identificazione Ormezzo: Pontili G - H				
			Fila 1	Fila 2
Altezza della catena	H	[m]	3.0	3.0
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]	5.0	5.0
Lunghezza della catena	L	[m]	5.8	5.8
Pendenza	p		0.6	0.6
Inclinazione	α	[°]	31.0	31.0
Numero imbarcazioni	N		3.0	2.5
Azione orizzontale sul singolo ormezzo	No	[t]	0.04	0.11
Coefficiente di attrito	δ		0.6	0.6
Azione verticale sul singolo corpo morto	Nv	[t]	0.0	0.1
Azione sul singolo corpo morto	N	[t]	0.0	0.1
Peso corpo morto	P	[t]	3.0	3.0
Reazione vincolare corpo morto	Q	[t]	1.8	1.76
Coefficiente di sicurezza	Cr		49.2	15.6
Verifica	≥ 3		Verificato	Verificato

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

Identificazione Ormeggio: Darsena Pamphili			Fila 1	Fila 2
Altezza della catena	H	[m]	4.0	4.0
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]	5.0	5.0
Lunghezza della catena	L	[m]	6.4	6.4
Pendenza	p		0.8	0.8
Inclinazione	α	[°]	38.7	38.7
Numero imbarcazioni	N		4.0	4.0
Azione orizzontale sul singolo ormeggio	No	[t]	0.41	0.20
Coefficiente di attrito	δ		0.6	0.6
Azione verticale sul singolo corpo morto	Nv	[t]	0.3	0.2
Azione sul singolo corpo morto	N	[t]	0.5	0.3
Peso corpo morto	P	[t]	3.0	3.0
Reazione vincolare corpo morto	Q	[t]	1.6	1.70
Coefficiente di sicurezza	Cr		4.0	8.4
Verifica	≥ 3		Verificato	Verificato

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

• **Dimensionamento dei corpi morti per l'ancoraggio delle imbarcazioni**

CORPI MORTI PER TRAPPE Pontili B-D (A-C)				
			C (D)	B-D(A-C)
Altezza della catena	H	[m]	7.00	4.50
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]	8.00	20.00
Lunghezza della catena	L	[m]	10.6	20.5
Pendenza	p		0.88	0.23
Inclinazione	α	[°]	41.2	12.7
Numero imbarcazioni	N		1.20	3.00
Azione orizzontale sul singolo ormeggio	No	[t]	0.71	0.90
Coefficiente di attrito	δ		0.60	0.60
Azione verticale sul singolo corpo morto	Nv	[t]	0.62	0.20
Azione sul singolo corpo morto	N	[t]	0.94	0.92
Peso corpo morto	P	[t]	5.0	5.0
Reazione vincolare corpo morto	Q	[t]	2.6	2.9
Coefficiente di sicurezza	Cr		3.73	3.20
Verifica	≥ 3		Verificato	Verificato

CORPI MORTI PER TRAPPE Pontili D-F (C-E)			
Altezza della catena	H	[m]	4.50
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]	22.00
Lunghezza della catena	L	[m]	22.5
Pendenza	p		0.20
Inclinazione	α	[°]	11.6
Numero imbarcazioni	N		4.00
Azione orizzontale sul singolo ormeggio	No	[t]	0.52
Coefficiente di attrito	δ		0.60
Azione verticale sul singolo corpo morto	Nv	[t]	0.11
Azione sul singolo corpo morto	N	[t]	0.53
Peso corpo morto	P	[t]	5.0
Reazione vincolare corpo morto	Q	[t]	2.9
Coefficiente di sicurezza	Cr		5.67
Verifica	≥ 3		Verificato

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

ORMEGGI PER TRAPPE Pontili F-H (E-G)			
Altezza della catena	H	[m]	3.00
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]	22.00
Lunghezza della catena	L	[m]	22.2
Pendenza	p		0.14
Inclinazione	α	[°]	7.8
Numero imbarcazioni	N		5.00
Azione orizzontale sul singolo ormeggio	No	[t]	0.45
Coefficiente di attrito	δ		0.60
Azione verticale sul singolo corpo morto	Nv	[t]	0.06
Azione sul singolo corpo morto	N	[t]	0.46
Peso corpo morto	P	[t]	3.0
Reazione vincolare corpo morto	Q	[t]	1.8
Coefficiente di sicurezza	Cr		3.90
Verifica	≥ 3		Verificato

ORMEGGI PER TRAPPE Banchina Est - Pontile H (G)			
Altezza della catena	H	[m]	3.00
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]	15.00
Lunghezza della catena	L	[m]	15.3
Pendenza	p		0.20
Inclinazione	α	[°]	11.3
Numero imbarcazioni	N		5.00
Azione orizzontale sul singolo ormeggio	No	[t]	0.45
Coefficiente di attrito	δ		0.60
Azione verticale sul singolo corpo morto	Nv	[t]	0.09
Azione sul singolo corpo morto	N	[t]	0.46
Peso corpo morto	P	[t]	3.0
Reazione vincolare corpo morto	Q	[t]	1.7
Coefficiente di sicurezza	Cr		3.87
Verifica	≥ 3		Verificato

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

ORMEGGI PER TRAPPE Darsena Pamphili			
Altezza della catena	H	[m]	4.00
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]	15.00
Lunghezza della catena	L	[m]	15.5
Pendenza	p		0.27
Inclinazione	α	[°]	14.9
Numero imbarcazioni	N		4.00
Azione orizzontale sul singolo ormeggio	No	[t]	0.41
Coefficiente di attrito	δ		0.60
Azione verticale sul singolo corpo morto	Nv	[t]	0.11
Azione sul singolo corpo morto	N	[t]	0.42
Peso corpo morto	P	[t]	3.0
Reazione vincolare corpo morto	Q	[t]	1.7
Coefficiente di sicurezza	Cr		4.28
Verifica	≥3		Verificato

CORPI MORTI PER TRAPPE Diga sottoflutto				
			7m	10m
Altezza della catena	H	[m]	3.50	3.00
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]	22.00	22.00
Lunghezza della catena	L	[m]	22.3	22.2
Pendenza	p		0.16	0.14
Inclinazione	α	[°]	9.0	7.8
Numero imbarcazioni	N		9.00	7.00
Azione orizzontale sul singolo ormeggio	No	[t]	0.22	0.22
Coefficiente di attrito	δ		0.60	0.60
Azione verticale sul singolo corpo morto	Nv	[t]	0.04	0.03
Azione sul singolo corpo morto	N	[t]	0.23	0.22
Peso corpo morto	P	[t]	3.0	3.0
Reazione vincolare corpo morto	Q	[t]	1.8	1.8
Coefficiente di sicurezza	Cr		7.94	8.24
Verifica	≥3		Verificato	Verificato

**Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord**

Relazione di Calco degli Ancoraggi

Pontile	Peso corpi morti [t]	Numero Corpi morti
A	5.0	10
B	3.0	8
C	3.0	24
D	3.0	20
E	3.0	26
F	3.0	20
G	3.0	26
H	3.0	20
Darsena Pamphili	3.0	36

Tabella 5. Corpi morti per l'ancoraggio dei pontili

Imbarcazioni	Peso corpi morti [t]	Numero Corpi morti
18 metri	5.0	22
16 metri	5.0	14
14 metri	3.0	13
12 metri	3.0	20
10 metri	3.0	16
8 metri	3.0	12
7 metri	3.0	6

Tabella 6. Corpi morti per l'ancoraggio delle imbarcazioni

Peso corpi morti [t]	Numero Corpi morti
5.0	46
3.0	241

Tabella 7. Corpi morti necessari per gli ancoraggi

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

• **Dimensionamento delle catene per l'ancoraggio dei pontili**

Identificazione Ormezzo: Pontili A - B				
Altezza della catena	H	[m]		5.0
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]		10.0
Lunghezza della catena	L	[m]		11.2
Calibro Catena di ormeggio	φ	[mm]		20.0
Pendenza	p			0.5
Inclinazione	α	[°]		26.6
Azione orizzontale sulla catena	No	[t]		1.8
Azione verticale sulla catena	Nv	[t]		0.9
Azione sulla catena	N	[t]		2.0
Carico di rottura	Nr	[t]		24.9
Coefficiente di sicurezza	Cr			12.62
Verifica		≥ 4		Verificato

Identificazione Ormezzo: Pontili C - D					
				Fila 1	Fila 2
Altezza della catena	H	[m]		7.0	5.5
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]		5.0	5.0
Lunghezza della catena	L	[m]		8.6	7.4
Calibro Catena di ormeggio	φ	[mm]		20.0	20.0
Pendenza	p			1.4	1.1
Inclinazione	α	[°]		54.5	47.7
Azione orizzontale sulla catena	No	[t]		0.2	0.4
Azione verticale sulla catena	Nv	[t]		0.3	0.4
Azione sulla catena	N	[t]		0.3	0.6
Carico di rottura	Nr	[t]		24.9	24.9
Coefficiente di sicurezza	Cr			72.4	41.9
Verifica		≥ 4		Verificato	Verificato

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

Identificazione Ormeggio: Pontili E - F						
			Fila 1	Fila 2		
Altezza della catena	H	[m]	4.0	3.5		
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]	5.0	5.0		
Lunghezza della catena	L	[m]	6.4	6.1		
Calibro Catena di ormeggio	φ	[mm]	20.0	20.0		
Pendenza	p		0.8	0.7		
Inclinazione	α	[°]	38.7	35.0		
Azione orizzontale sulla catena	No	[t]	0.08	0.26		
Azione verticale sulla catena	Nv	[t]	0.1	0.2		
Azione sulla catena	N	[t]	0.1	0.3		
Carico di rottura	Nr	[t]	24.9	24.90		
Coefficiente di sicurezza	Cr		239.7	96.2		
Verifica		≥ 4	Verificato	Verificato		

Identificazione Ormeggio: Pontili G - H						
			Fila 1	Fila 2		
Altezza della catena	H	[m]	3.0	3.0		
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]	5.0	5.0		
Lunghezza della catena	L	[m]	5.8	5.8		
Calibro Catena di ormeggio	φ	[mm]	20.0	20.0		
Pendenza	p		0.6	0.6		
Inclinazione	α	[°]	31.0	31.0		
Azione orizzontale sulla catena	No	[t]	0.07	0.23		
Azione verticale sulla catena	Nv	[t]	0.0	0.1		
Azione sulla catena	N	[t]	0.1	0.3		
Carico di rottura	Nr	[t]	24.9	24.90		
Coefficiente di sicurezza	Cr		294.2	110.3		
Verifica		≥ 4	Verificato	Verificato		

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

Identificazione Ormeggio: Darsena Pamphili				Fila 1	Fila 2
Altezza della catena	H	[m]	4.0	4.0	
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]	5.0	5.0	
Lunghezza della catena	L	[m]	6.4	6.4	
Calibro Catena di ormeggio	φ	[mm]	20.0	20.0	
Pendenza	p		0.8	0.8	
Inclinazione	α	[°]	38.7	38.7	
Azione orizzontale sulla catena	No	[t]	0.41	0.20	
Azione verticale sulla catena	Nv	[t]	0.3	0.2	
Azione sulla catena	N	[t]	0.5	0.3	
Carico di rottura	Nr	[t]	24.9	24.90	
Coefficiente di sicurezza	Cr		47.9	122.7	
Verifica		≥4	Verificato	Verificato	

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

• **Dimensionamento delle catene di fondo**

Catena Pontili A-C (B-D)			
Lunghezza catena in pianta	Lcp	[m]	20.0
Lunghezza applicazione forza	L	[m]	10.0
Angolo deformazione catena	alfa	[°]	15.0
Lunghezza catena deformata	l	[m]	10.4
Allungamento catena	h	[m]	2.6
Numero imbarcazioni			3.0
Risultante forza applicata	F	[t]	1.8
Sforzo sulla catena	N	[t]	6.8
Calibro catena	φ	[mm]	30.0
Carico di rottura	Nr	[t]	52.4
Coefficiente di sicurezza	Cr		7.69
Verifica		≥4	Verificato

Catena Pontili C-E (D-F)			
Lunghezza catena in pianta	Lcp	[m]	22.0
Lunghezza applicazione forza	L	[m]	11.0
Angolo deformazione catena	alfa	[°]	15.0
Lunghezza catena deformata	l	[m]	11.4
Allungamento catena	h	[m]	2.8
Numero imbarcazioni			4.0
Risultante forza applicata	F	[t]	0.5
Sforzo sulla catena	N	[t]	2.0
Calibro catena	φ	[mm]	26.0
Carico di rottura	Nr	[t]	39.7
Coefficiente di sicurezza	Cr		19.86
Verifica		≥4	Verificato

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

Catena Pontili E-G (F-H)			
Lunghezza catena in pianta	Lcp	[m]	22.0
Lunghezza applicazione forza	L	[m]	11.0
Angolo deformazione catena	alfa	[°]	15.0
Lunghezza catena deformata	l	[m]	11.4
Allungamento catena	h	[m]	2.8
Numero imbarcazioni			5.0
Risultante forza applicata	F	[t]	0.5
Sforzo sulla catena	N	[t]	1.7
Calibro catena	φ	[mm]	26.0
Carico di rottura	Nr	[t]	39.7
Coefficiente di sicurezza	Cr		22.75
Verifica		≥4	Verificato

Catena Pontili Darsena Pamphili			
Lunghezza catena in pianta	Lcp	[m]	15.0
Lunghezza applicazione forza	L	[m]	7.5
Angolo deformazione catena	alfa	[°]	15.0
Lunghezza catena deformata	l	[m]	7.8
Allungamento catena	h	[m]	1.9
Numero imbarcazioni			4.0
Risultante forza applicata	F	[t]	0.4
Sforzo sulla catena	N	[t]	1.6
Calibro catena	φ	[mm]	26.0
Carico di rottura	Nr	[t]	39.7
Coefficiente di sicurezza	Cr		25.33
Verifica		≥4	Verificato

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

Catena Diga Sottoflutto			
Lunghezza catena in pianta	Lcp	[m]	22.0
Lunghezza applicazione forza	L	[m]	11.0
Angolo deformazione catena	alfa	[°]	15.0
Lunghezza catena deformata	l	[m]	11.4
Allungamento catena	h	[m]	2.8
Numero imbarcazioni			9.0
Risultante forza applicata	F	[t]	0.3
Sforzo sulla catena	N	[t]	0.4
Calibro catena	φ	[mm]	26.0
Carico di rottura	Nr	[t]	39.7
Coefficiente di sicurezza	Cr		91.79
Verifica		≥4	Verificato

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

• **Dimensionamento delle catene di ancoraggio delle imbarcazioni**

Identificazione Ormezzo: Pontili A - B			
			18m
Profondità	h	[m]	4.5
Altezza della catena	H	[m]	1.4
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]	4.3
Lunghezza della catena	L	[m]	4.5
Calibro Catena di ormezzo	φ	[mm]	16.0
Pendenza	p		0.3
Inclinazione	α	[°]	19.1
Azione orizzontale sulla catena	No	[t]	0.09
Azione verticale sulla catena	Nv	[t]	0.03
Azione sulla catena	N	[t]	0.09
Carico di rottura	Nr	[t]	15.3
Coefficiente di sicurezza	Cr		162.55
Verifica		≥4	Verificato

Identificazione Ormezzo: Pontili C - D				
			18m	16m
Profondità	h	[m]	6.5	5
Altezza della catena	H	[m]	1.9	1.5
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]	4.3	4.0
Lunghezza della catena	L	[m]	4.7	4.3
Calibro Catena di ormezzo	φ	[mm]	16.0	16.0
Pendenza	p		0.5	0.4
Inclinazione	α	[°]	26.6	22.6
Azione orizzontale sulla catena	No	[t]	0.6	0.04
Azione verticale sulla catena	Nv	[t]	0.3	0.02
Azione sulla catena	N	[t]	0.7	0.04
Carico di rottura	Nr	[t]	15.3	15.3
Coefficiente di sicurezza	Cr		23.27	360.9
Verifica		≥4	Verificato	Verificato

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

Identificazione Ormeggio: Pontili E - F				
			16m	14m
Profondità	h	[m]	5.0	3.5
Altezza della catena	H	[m]	1.5	1.1
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]	4.0	3.7
Lunghezza della catena	L	[m]	4.3	3.9
Calibro Catena di ormeggio	φ	[mm]	16.0	14.0
Pendenza	p		0.4	0.3
Inclinazione	α	[°]	22.6	17.7
Azione orizzontale sulla catena	No	[t]	0.1	0.03
Azione verticale sulla catena	Nv	[t]	0.1	0.01
Azione sulla catena	N	[t]	0.1	0.03
Carico di rottura	Nr	[t]	15.3	11.8
Coefficiente di sicurezza	Cr		109.17	415.9
Verifica		≥4	Verificato	Verificato

Identificazione Ormeggio: Pontili G - H				
			14m	12m
Profondità	h	[m]	3.5	3.0
Altezza della catena	H	[m]	1.1	0.9
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]	3.7	2.7
Lunghezza della catena	L	[m]	3.9	2.9
Calibro Catena di ormeggio	φ	[mm]	14.0	14.0
Pendenza	p		0.3	0.4
Inclinazione	α	[°]	17.7	20.6
Azione orizzontale sulla catena	No	[t]	0.1	0.02
Azione verticale sulla catena	Nv	[t]	0.03	0.01
Azione sulla catena	N	[t]	0.1	0.03
Carico di rottura	Nr	[t]	11.8	11.8
Coefficiente di sicurezza	Cr		124.49	456.7
Verifica		≥4	Verificato	Verificato

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

Identificazione Ormezzo: Banchina Est			
			10m
Profondità	h	[m]	3.0
Altezza della catena	H	[m]	0.9
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]	2.8
Lunghezza della catena	L	[m]	3.0
Calibro Catena di ormeggio	φ	[mm]	10.0
Pendenza	p		0.4
Inclinazione	α	[°]	19.4
Azione orizzontale sulla catena	No	[t]	0.06
Azione verticale sulla catena	Nv	[t]	0.02
Azione sulla catena	N	[t]	0.07
Carico di rottura	Nr	[t]	9.4
Coefficiente di sicurezza	Cr		138.54
Verifica	≥ 4		Verificato

Identificazione Ormezzo: Darsena Pamphili				
			10m	8m
Profondità	h	[m]	4.0	3.0
Altezza della catena	H	[m]	1.2	0.4
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]	2.5	1.0
Lunghezza della catena	L	[m]	2.8	1.1
Calibro Catena di ormeggio	φ	[mm]	10.0	10.0
Pendenza	p		0.5	0.5
Inclinazione	α	[°]	28.1	26.6
Azione orizzontale sulla catena	No	[t]	0.1	0.05
Azione verticale sulla catena	Nv	[t]	0.05	0.03
Azione sulla catena	N	[t]	0.1	0.06
Carico di rottura	Nr	[t]	9.4	9.4
Coefficiente di sicurezza	Cr		81.77	165.8
Verifica	≥ 4		Verificato	Verificato

Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord

Relazione di Calco degli Ancoraggi

Identificazione Ormeggio: Diga di Sottoflutto				10m	7m
Profondità	h	[m]	3.0	3.5	
Altezza della catena	H	[m]	0.7	0.8	
Lunghezza in pianta della catena	l	[m]	1.0	1.0	
Lunghezza della catena	L	[m]	1.2	1.3	
Calibro Catena di ormeggio	φ	[mm]	10.0	10.0	
Pendenza	p		1.0	1.2	
Inclinazione	α	[°]	45.0	49.4	
Azione orizzontale sulla catena	No	[t]	0.03	0.02	
Azione verticale sulla catena	Nv	[t]	0.03	0.03	
Azione sulla catena	N	[t]	0.0	0.04	
Carico di rottura	Nr	[t]	9.4	9.4	
Coefficiente di sicurezza	Cr		215.18	245.7	
Verifica		≥4	Verificato	Verificato	

Per il dimensionamento delle trappe si sono presi in considerazione i diametri ed i rispettivi carichi di rottura in funzione della forza esercitata dalle imbarcazioni. Anche in questo caso è stato utilizzato un valore minimo del coefficiente di sicurezza ≥ 4 .

Imbarcazioni	Diametro Trappa[mm]	Carico di rottura [t]	Coefficiente di sicurezza
18 metri	22	6.0	5.4
16 metri	22	6.0	6.1
14 metri	20	5.0	7.0
12 metri	20	5.0	7.3
10 metri	18	4.2	9.0
8 metri	16	3.3	9.8
7 metri	16	3.3	12.1

**Progettazione Esecutiva
Fase 2
Adeguamento Darsena Nord**

Relazione di Calco degli Ancoraggi

6. CONCLUSIONI

La presente relazione è stata eseguita per poter dimensionare gli ancoraggi per l'ormeggio delle imbarcazioni previste nella seconda fase realizzativa del porto di Anzio.

Le condizioni ondose in ingresso sono state individuate dal precedente studio della penetrazione del moto ondoso all'interno del porto mediante l'utilizzo modello numerico Mike 21. Per l'azione del vento sono stati elaborati i dati registrati dall'anemometro di Anzio.

Applicando le formulazioni presenti in letteratura si è potuta stimare l'entità della forza che le singole imbarcazioni trasmettono agli ormeggi a causa del vento che spira all'interno del Marina.

Si sono dimensionate diverse tipologie di ormeggi così suddivise:

- 46 corpi morti da 5.0 tonnellate;
- 241 corpi morti da 3.0 tonnellate;
- Catene di fondo avente diametro $\phi 30\text{mm}$ e $\phi 26\text{mm}$;
- Catene di ancoraggio aventi diametro $\phi 20\text{mm}$; $\phi 16\text{mm}$; $\phi 14\text{mm}$; $\phi 10\text{mm}$;
- Cime per ormeggio aventi diametro $\phi 22\text{mm}$, $\phi 20\text{mm}$, $\phi 18\text{mm}$; $\phi 16\text{mm}$