



Provincia
Della Spezia

RIQUALIFICAZIONE DEGLI ORMEGGI CON L'INSTALLAZIONE DI PONTILI GALLEGGGIANTI NELLA RADA DI LERICI



REGIONE LIGURIA

PROGETTO DEFINITIVO



Verifica di assoggettabilità alla V.I.A.

Codice elaborato - Titolo elaborato

R06 - RELAZIONE DI CALCOLO DEI PONTILI

Revisione: **Rev. 1**

Data: **Luglio 2023**

Scala: **-**

Proponenti:

Comune di Lerici
Provincia della Spezia



Progettista:

Ing. Giovanni Procida Mirabelli di Lauro

Collaborazione alla progettazione:

Ing. Ludovico Santoro



R.U.P.:

Arch. Ivano Pepe

Sommario

1. PREMESSE.....	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI E TESTUALI.....	3
3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	4
3.1 Pontili galleggianti	4
3.2 Passerelle	5
3.3 Sistema di ormeggio.....	6
3.3.1 Corpi morti	6
3.3.2 Catene e maniglioni.....	7
4. AZIONI DI CALCOLO	9
4.1 Carico di esercizio per i pontili galleggianti	9
4.2 Azioni del vento, della corrente e del moto ondoso	9
5. VERIFICHE AL GALLEGGIAMENTO E DI STABILITA'	10
5.1 Verifica al galleggiamento dei pontili	10
5.2 Calcolo del bordo libero dei pontili	12
5.3 Verifica di stabilità per carico uniformemente distribuito su metà pontile	13
6. CALCOLO DELL'ANCORAGGIO DEI PONTILI GALLEGGIANTI	18
6.1 Verifica del peso dei corpi morti.....	19
6.2 Verifica del carico a rottura delle catene	33
6.3 Verifiche strutturali dei pali di ancoraggio	34
6.3.1 Caratteristiche dei pali (profilo, diametro, profondità di infissione)	34
6.3.2 Schema di calcolo	35
6.3.3 Verifiche strutturali.....	36
6.3.4 Verifica di sicurezza dei pali.....	37

1. PREMESSE

La presente Relazione di calcolo pontili è parte integrante del progetto definitivo dal titolo: “Riqualificazione degli ormeggi con l’installazione di pontili galleggianti nella rada di Lerici (SP)”

Il progetto prevede essenzialmente la razionalizzazione dei posti barca già in concessione demaniale marittima al comune di Lerici attraverso l’installazione di pontili galleggianti con i relativi impianti tecnologici: impianto idrico, antincendio, elettrico, ed i servizi di smaltimento dei rifiuti solidi e delle acque di sentina delle imbarcazioni.

Gli elementi galleggianti previsti presentano una lunghezza di 12,0-12,5m e larghezza compresa tra 2,50 e 3,00m, portata compresa tra 200 e 400 Kg/mq ed un affioramento a vuoto compreso tra 0,55m e 0,70m. Il galleggiamento è assicurato da galleggianti in calcestruzzo ovvero in PEAD riempiti di schiuma di poliuretano a cellula chiusa, pertanto a tenuta stagna, che incorporano una canalina per l'alloggio di tubazioni idriche ed elettriche.

I pontili sono ancorati al fondo con catenarie e corpi morti, in un caso (pontile di spina collegato dalla passerella al pontile fisso) il pontile è ancorato su pali, per incrementare la rigidità del sistema di ormeggio.

Nella presente Relazione viene dimensionato il sistema d'ormeggio per i pontili galleggianti e per le imbarcazioni per garantire la sua stabilità in condizioni estreme. Pertanto nel seguito vengono effettuati i seguenti calcoli:

- Esame delle caratteristiche tecniche dei pontili galleggianti e delle passerelle
- Determinazione delle azioni di calcolo;
- Verifiche al galleggiamento e di stabilità
- Dimensionamento degli ancoraggi, ovvero corpi morti e catene, e dei pali per il pontile di spina.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI E TESTUALI

Le procedure di calcolo sono state formulate nel rispetto delle leggi, prescrizioni normative, consultando raccomandazioni e bibliografie tecniche. In particolare si citano:

- [1] Le onde marine, Edoardo Benassai, Liguori Editore 2012;
- [2] Porti turistici, P. Viola, E. Colombo, Dario Flaccovio Editore 2010;
- [3] Raccomandazioni tecniche per la progettazione dei porti turistici "AIPCN-PIANC" Sezione italiana febbraio 2002 Cap. AB - "Pontili e banchine";
- [4] Review of selected standards for floating dock designs. Special Commission for Sport and Pleasure Navigation Supplement 10 PIANC Bulletin no 93 (January 1997), cap. 6.
- [5] Australian Standard – Guidelines for design of marinas, second edition (2001)
- [6] RINA 1998: Regole per la costruzione e la classificazione dei natanti "Sezione "G" capitolo 7, paragrafo 2.6. norme relative alle catene in acciaio per ancore";
- [7] D.M. 14.01.2008 Norme Tecniche per le Costruzioni.
- [8] D.M. 17.01.2018. Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 Pontili galleggianti

I Pontili saranno realizzati con elementi modulari di dimensione mt 12,00-12,50x2,50, e di dimensione 12,00-12,50x3,00m

Elemento modulare di dimensione mt 12,00x2,50

La struttura portante è realizzata in acciaio zincato a caldo spessore 120 micr. secondo norma UNI EN ISO 1461.

I galleggianti sono realizzati in blocchi di calcestruzzo con anima in polistirolo densità 15 kg/mc, con calcestruzzo per impiego marino ad alto dosaggio di cemento, confezionato con inerte di vario diametro, armato con fibre polimeriche strutturali adeguatamente miscelate in varie misure e rete metallica. Il collegamento di ciascun galleggiante al telaio avviene con 4 barre filettate in acciaio inox A2. In alternativa, è previsto l'utilizzo di galleggianti in PEAD riempiti con schiuma di poliuretano ad alta densità.

Il piano di calpestio è realizzato in doghe di legno esotico duro e naturalmente durevole, di spessore 20 mm., lavorate in superficie con scanalature longitudinali, composto da una parte centrale fissata con viteria inox a speciali longheroni in lega di alluminio. In alternativa al legno possono essere utilizzate doghe in materiale composito WPC costituito per il 70% da scarti della lavorazione del legno e per il restante 30% dal polimero polipropilene.

Le restanti caratteristiche tecniche sono le seguenti:

- Sovraccarico di 200 Kg/ mq;
- Bordo libero, a pontile scarico, non inferiore a cm 55;
- n.2 canalette laterali di alloggiamento degli impianti ricoperte con pannelli della pavimentazione;
- parabordi laterali in gomma della sezione di 95x35 mm;
- n. 2 giunti di collegamento a ginocchiera fra gli elementi come da particolari costruttivi;
- bulloneria e viteria in acciaio inox AISI 304.

Ancoraggio dei moduli galleggianti

L'ancoraggio delle piattaforme modulari che costituiscono i pontili galleggianti è assicurato a mezzo di catene che fissano le estremità dei moduli a dei corpi morti (blocchi) in calcestruzzo posti sul fondo del mare. Il peso dei corpi morti è indicato ai punti successivi.

Elemento modulare di dimensione mt 12,00x3,00

L'elemento modulare 12,00x3,00m è costituito da un galleggiante in cemento monoblocco, privo di telaio in acciaio;

Il galleggiante di calcestruzzo è costituito da una struttura in calcestruzzo per impiego marino opportunamente armato, aperta sul fondo, con anima in polistirolo densità 15 kg/mc.

Il collegamento tra i pontili è realizzato con speciali giunti composti da blocchi di neoprene, serrati con cavi in acciaio inox posti in appositi pozzetti sulle testate.

L'ancoraggio realizzato mediante pozzi catene ricavati nella struttura in cemento delle testate.

Le restanti caratteristiche tecniche sono le seguenti:

- sovraccarico di 400 Kg/ mq; bordo libero, a pontile scarico, non inferiore a cm 70;
- n. 2 canalette laterali di alloggiamento degli impianti ricoperte con pannelli della pavimentazione;

- parabordi laterali in gomma della sezione di 95x35 mm;

Per gli impianti sono disposti tubi in canaline in ferro zincato con pozzetti secondo le necessità.

- n. 2 giunti di collegamento fra gli elementi come da particolari costruttivi;
- bulloneria e viteria in acciaio inox AISI 304.

3.2 Passerelle

Le passerelle saranno realizzate con i medesimi materiali e tecniche costruttive dei moduli galleggianti, e verranno incernierate al molo con una piattaforma, secondo la fig. 1, tratta da [5].

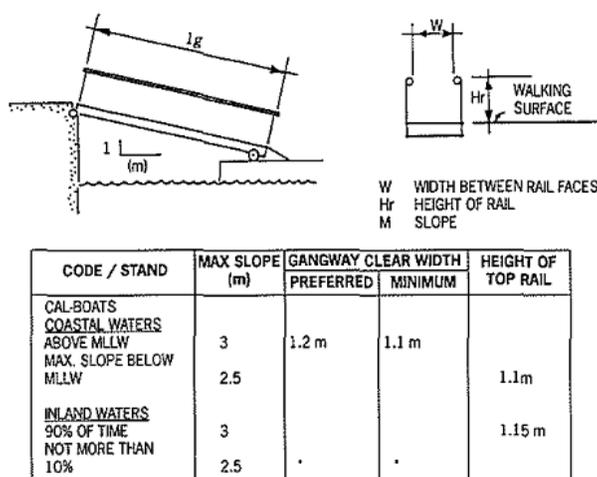


Fig. 1 – Caratteristiche funzionali passerella (da [5])

La passerella tipo ha dimensione mt 8,00x2,43, è costituita da un robusto telaio portate realizzato con profilati pieni di acciaio Fe 430 (UNI EN 10204 +A1) sottoposti a trattamento di zincatura a caldo normalizzato; bulloneria e carpenteria di collegamento per le opere vive in acciaio Fe 430 (UNI EN 10204 +A1) e bulloneria di classe 8.8 e 10.9 per le opere morte, sottoposta a trattamento di zincatura a caldo normalizzato.

Il telaio di acciaio Fe 430 zincato a caldo è composto da:

- Due longheroni laterali a sezione maggiorata (UPN 180);
- Traverse intermedie (UNP 80);
- Due longheroni di rinforzo,
- Traverse intermedie (UNP 80);
- Listelli superiori per il fissaggio del pagliolato.

3.3 Sistema di ormeggio

Il sistema di ormeggio delle imbarcazioni a pendino o trappa sarà realizzato con corpi morti, catenarie, boe, cime riportate sui pontili.

La trappa è costituita da:

- una catena navale a maglia genovese $\Phi 20$ zincata UNI 4419 di lunghezza pari a 0,8 volte la lunghezza del posto barca; una cima di ormeggio in poliestere doppio ritorto autoaffondante completa di grilli di unione, redancia in acciaio inox ed impiombatura, di diametro $\Phi 20$;
- una catena madre avente diametro 26 mm ed i corpi morti di ancoraggio di cls del peso in aria di almeno 5 t, comprese le brache ad anello formate da un filato di poliestere multi-filamento inguainato in un doppio tessuto con carico di rottura non inferiore a 24.000 kg per il collegamento delle catene figlie alla catena madre, compresi i grilli di acciaio inox da fissare all'estremità delle catene figlie.

3.3.1 Corpi morti

Costituiti da cls armato con anello di ormeggio $\Phi = 60\text{mm}$;

ferri di armatura $\Phi = 8\text{mm}$;

dimensioni in pianta, altezza, peso in aria ed in acqua secondo i calcoli riportati di seguito.

3.3.2 Catene e maniglioni

CATENE DI COLLEGAMENTO AI CORPI MORTI

Materiale: acciaio ad alta resistenza;
diametro maglia: 20mm;
peso in aria: 8,4 Kg/ml;
peso in acqua: $8,4 \times 0,81 = 6,8 \text{ kg/ml}$;
carico di rottura: $Q = 172 \text{ KN} = 17,5 \text{ ton}$
carico ammissibile: $Q/1,5 = 114,6 \text{ KN}$;

Rif. Tabella allegata

Codice Code	Misura francese French dimension	Filo diametro Diameter wire		Passo Pitch		Larghezza Width		Peso per metro lineare Weight per meter	Carico di lavoro Working load	Carico di prova Proof load	Carico di rottura Breaking load	Minimo allungamento Minimum elongation	Massimo diametro saldatura Maximum diameter of weld	Motasse da Bundles of
	n°	mm		mm		mm		kg/mt	kN	kN	kN	%	mm	mt
		d	±	p	±	Interna min. h Inside min. h	Esterna max. H Outside max. H							
CTGE016A34	12	1,6	0,10	13,0	0,5	3,8	7,5	0,055	0,15	0,30	0,60	10	1,92	50
CTGE022A34	14	2,2	0,10	15,2	0,5	6,0	10,9	0,095	0,25	0,50	1,00	10	2,64	50
CTGE024A34	15	2,4	0,10	16,2	0,5	6,0	11,5	0,110	0,30	0,60	1,20	10	2,88	50
CTGE027A34	16	2,7	0,10	17,0	0,5	6,4	12,5	0,140	0,37	0,74	1,48	10	3,24	50
CTGE030A34	17	3,0	0,20	19,0	0,5	6,8	13,5	0,170	0,55	1,10	2,20	10	3,60	50
CTGE035A34	18	3,5	0,20	20,0	0,8	7,2	15,0	0,220	1,00	2,00	4,00	10	4,20	50
CTGE040A34	19	4,0	0,20	19,0	1,0	7,0	17,0	0,295	1,10	2,20	4,40	10	4,80	50
CTGE045A34	20	4,5	0,20	22,0	1,0	8,5	19,0	0,370	2,00	4,00	8,00	10	5,40	50
CTGE050A34	21	5,0	0,25	21,0	1,1	8,0	21,0	0,470	250	5,00	10,00	10	6,00	50
CTGE055A34	22	5,5	0,30	25,0	1,1	9,0	23,0	0,590	3,00	6,00	12,00	10	6,60	50
CTGE060A34	23	6,0	0,30	24,0	1,2	10,0	25,0	0,695	3,10	6,20	12,40	10	7,20	50
CTGE065A34	24	6,5	0,3	28,0	2,0	10,5	27,0	0,805	400	8,00	16,00	10	7,80	50
CTGE070A34	25	7,0	0,35	28,0	1,4	11,0	29,0	0,960	4,50	9,00	18,00	10	8,40	25
CTGE075A34	26	7,5	0,35	35,0	1,4	13,5	32,0	1,100	5,50	11,00	22,00	10	9,00	25
CTGE080A34	27	8,0	0,40	32,0	1,6	13,5	33,0	1,260	6,00	12,00	24,00	10	9,60	25
CTGE090A34	28	9,0	0,40	38,0	2,0	14,0	37,0	1,620	8,00	16,00	32,00	10	10,80	25
CTGE100A34	30	10,0	0,50	40,0	2,0	16,0	42,0	2,000	10,00	20,00	40,00	10	12,00	25
CTGE120A34	32	12,0	0,50	48,0	2,4	20,0	50,0	3,000	14,00	28,00	56,00	10	14,40	25
CTGE140A34	34	14,0	0,65	56,0	2,6	22,0	52,0	4,000	18,00	36,00	72,00	10	16,80	25
CTGE160A34	36	16,0	0,80	56,0	2,6	24,0	54,0	5,400	25,00	50,00	100,00	10	19,20	25
CTGE180A34	38	18,0	0,80	63,0	3,0	24,0	63,0	6,300	33,00	70,00	140,00	10	21,60	25
CTGE200A34	40	20,0	1,20	70,0	3,0	27,0	72,0	8,400	43,00	86,00	172,00	10	24,00	25

CATENA MADRE DI COLLEGAMENTO TRA I CORPI MORTI

Materiale: acciaio ad alta resistenza;
diametro maglia: 26mm;
peso in aria: 14,0 Kg/ml;
peso in acqua: $14,0 \times 0,81 = 11,3 \text{ kg/ml}$;
carico di rottura: $Q = 232 \text{ KN} = 23,6 \text{ ton}$
carico ammissibile: $Q/1,5 = 154,6 \text{ KN}$;

Rif. Tabella allegata

Codice Code	Misura francese French dimension	Filo diametro Diameter wire		Passo Pitch		Larghezza Width		Peso per metro lineare Weight per meter	Carico di lavoro Working load	Carico di prova Proof load	Carico di rottura Breaking load	Minimo allungamento Minimum elongation	Massimo diametro saldatura Maximum diameter of weld	Mattasse da Bundles of
	n°	mm		mm		mm		kg/mt	kN	kN	kN	%	mm	mt
		d	±	p	±	Interna min. h Inside min. h	Esterna max. H Outside max. H							
CTGE220A34	42	22,0	1,20	80,0	3,0	31,0	83,0	10,000	45,00	90,00	180,00	10	26,40	25
CTGE240A34		24,0	1,20	86,0	3,5	31,0	83,0	12,000	53,00	106,00	212,00	10	28,80	25
CTGE260A34		26,0	1,30	91,0	3,5	35,0	94,0	14,000	63,00	116,00	232,00	10	31,20	25
CTGE280A34		28,0	1,40	98,0	3,5	36,0	101,0	16,500	75,00	150,00	300,00	10	33,60	25
CTGE300A34		30,0	1,50	105,0	3,5	39,0	108,0	19,000	85,00	170,00	340,00	10	36,00	25
CTGE330A34		33,0	1,70	115,0	4,0	43,0	119,0	22,500	100,00	200,00	400,00	10	39,60	25
CTGE360A34		36,0	1,80	126,0	4,0	47,0	130,0	26,500	125,00	250,00	500,00	10	43,20	25
CTGE390A34		39,0	2,00	136,0	4,0	51,0	140,0	31,000	140,00	280,00	560,00	10	46,80	25
CTGE420A34		42,0	2,10	147,0	4,0	55,0	151,0	36,000	170,00	340,00	680,00	10	50,40	25

MANIGLIONI

Materiale : acciaio ad alta resistenza;

numero : uno per attacco catena-corpo morto, uno per attacco catena longitudinale-catena trasversale.

4. AZIONI DI CALCOLO

4.1 Carico di esercizio per i pontili galleggianti

Il carico di esercizio per i pontili galleggianti viene desunto dalle AS_3962 2001 Guidelines for design of marinas [5], in cui per aree recintate di accesso alle imbarcazioni si assume un carico uniformemente distribuito di 2 Kpa (KN/mq), corrispondente a 200 kg/mq, come da allegata tab. 4.1.

TABLE 4.1
FLOTATION AND STABILITY LOADS FOR PONTOONS

Access (see Clause 4.3)	Flotation load (kPa)		Stability load (kPa)
	Walkways	Fingers	
Unrestricted	3.0	3.0	2.0
Restricted	2.0	2.0	1.5

4.2 Azioni del vento, della corrente e del moto ondoso

Caratteristiche delle azioni esterne

Per il calcolo delle caratteristiche delle azioni esterne, si sono adottati i criteri riportati nelle AS_3962-2001_guidelines_for_design_of_marinas [5].

I valori della velocità di corrente all'interno dello specchio d'acqua si assumono pari a $V=0,6 Kt$ ovvero 0,3 m/s.

Nella configurazione di progetto la disposizione dei natanti segue l'allineamento dei venti prevalenti, mentre la disposizione dei pontili è al traverso rispetto a questi ultimi. Pertanto nei calcoli successivi si assume un valore della velocità del vento pari a 25 m/s sia in direzione longitudinale che in direzione trasversale.

In assenza di indicazioni più precise, il valore minimo raccomandato nelle AS_3962-2001_guidelines è un carico a ml di 2 KN/m per le azioni dovute al moto ondoso sui pontili da 3,0m di larghezza, da 1,5 KN/m per le azioni sui pontili da 2,5m di larghezza.

Ricapitolando, sono state assunte alla base del calcolo le seguenti caratteristiche:

Velocità del vento: $V_v = 40 Kt = 25 \text{ m/s}$ per la direzione longitudinale

Velocità del vento: $V_v = 40 Kt = 25 \text{ m/s}$ per la direzione trasversale

Velocità della corrente: $V_c = 0,3 \text{ m/s} = 0,6 Kt$

Forza dovuta al moto ondoso $F = 1,5 \text{ KN/m}; F = 2 \text{ KN/m}$.

5. VERIFICHE AL GALLEGGIAMENTO E DI STABILITA'

5.1 Verifica al galleggiamento dei pontili

VERIFICA AL GALLEGGIAMENTO DEL PONTILE DA 2,5M									
ANALISI DEI CARICHI									
Dimensione Pontile									
L=	12								
Largh=	2,5								
H	1,25								
Dimensione galleggiante									
L=	2,5	spessore=	0,04	m	peso spe, cls=	2500	kg/m3		
Largh=	2								
H=	1								
Numero di galleggianti per pontile=			3						
Struttura in acciaio									
longheroni laterali a sezione maggiorata			n=	2	m=	264	kg		
traverse finali a sezione maggiorata			n=	2	m=	53,4	kg		
longheroni di rinforzo			n=	2	m=	103,8	kg		
traverse intermedie			n=	5	m=	21,62	kg		
diagonali tondo in acciaio			n=	2	m=	31,85	kg		
barre di fissaggio galleggianti			n=	4	m=	43,24	kg		
longheroni di sostegno pagliolato			n=	3	m=	43,2	kg		
traverse di sostegno pagliolato			n=	11	m=	9	kg		
Pagliolato									
longheroni fissaggio pagliolato			n=	2	m=	11,3	kg		
pagliolato					m=	450	kg		
Galleggianti									
Galleggianti			n=	3	m=	1460	kg		
Parabordi									
					m=	58,2	kg		
Piastre di ancoraggio e connessioni									
					m=	183,2	kg		
PESO TOTALE									
						6509,76	kg	65,0976	KN
Carico di esercizio unitario						2	KN/m2		
CARICO DI ESERCIZIO TOTALE									
								60	KN
CARICO + PESO PROPRIO									
								125,0976	KN
SPINTA DEI GALLEGGIANTI									
Peso specifico acqua marina			10,25	KN/m3					
Galleggiante			n=	3	V=	5	m3		
SPINTA TOTALE									
								153,75	KN
VERIFICA									
								1,22904	OK

VERIFICA AL GALLEGGIAMENTO DEL PONTILE DA 3,0M									
ANALISI DEI CARICHI									
Dimensione Pontile									
L=	12								
Largh=	3								
H	1,5								
Dimensione galleggiante									
L=	12	spessore=	0,04	m	peso spe, cls=	2500	kg/m3		
Largh=	3								
H=	1,25								
Numero di galleggianti per pontile=			1						
Struttura in acciaio									
longheroni laterali a sezione maggiorata			n=	2	m=	264	kg		
traverse finali a sezione maggiorata			n=	2	m=	53,4	kg		
longheroni di rinforzo			n=	2	m=	103,8	kg		
traverse intermedie			n=	5	m=	21,62	kg		
diagonali tondo in acciaio			n=	2	m=	31,85	kg		
barre di fissaggio galleggianti			n=	4	m=	43,24	kg		
longheroni di sostegno pagliolato			n=	3	m=	43,2	kg		
traverse di sostegno pagliolato			n=	11	m=	9	kg		
Pagliolato									
longheroni fissaggio pagliolato			n=	2	m=	11,3	kg		
pagliolato					m=	450	kg		
Galleggianti									
Galleggianti			n=	1	m=	10008	kg		
Parabordi									
					m=	58,2	kg		
Piastre di ancoraggio e connessioni									
					m=	183,2	kg		
PESO TOTALE						12137,76	kg	121,3776	KN
Carico di esercizio unitario						4	KN/m2		
CARICO DI ESERCIZIO TOTALE								144	KN
CARICO + PESO PROPRIO								265,3776	KN
SPINTA DEI GALLEGGIANTI									
Peso specifico acqua marina			10,25	KN/m3					
Galleggiante			n=	1	V=	45	m3		
SPINTA TOTALE								461,25	KN
VERIFICA								1,738089	OK

5.2 Calcolo del bordo libero dei pontili

Con riferimento alla fig. 2 tratta da [5], si ha:

CALCOLO IMMERSIONE PONTILE DA 2,5M			
Pontile scarico			
Carico		65,0976	
Spinta		153,75	
Rapporto		2,361838	
Affondamento		0,423399	
Bordo libero		0,826601	
Pontile carico			
Carico		125,0976	
Spinta		153,75	
Rapporto		1,22904	
Affondamento		0,813643	
Bordo libero		0,436357	

CALCOLO IMMERSIONE PONTILE DA 3,0M			
Pontile scarico			
Carico		121,3776	
Spinta		461,25	
Rapporto		3,800125	
Affondamento		0,328937	
Bordo libero		1,171063	
Pontile carico			
Carico		265,3776	
Spinta		461,25	
Rapporto		1,738089	
Affondamento		0,71918	
Bordo libero		0,78082	

Pertanto per entrambi i pontili la verifica del bordo libero ($>0,55\text{m}$) è soddisfatta.

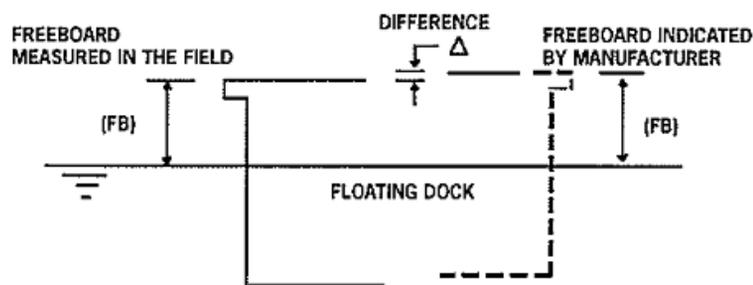


Fig. 2 – Immersione e bordo libero pontile galleggiante (da [5]).

5.3 Verifica di stabilità per carico uniformemente distribuito su metà pontile

Ai fini della stabilità del corpo galleggiante, si premettono le seguenti definizioni (vedi fig. 4):

- Baricentro G il centro di massa del corpo;
- Centro di carena C il baricentro del volume di liquido spostato dal galleggiante;
- Metacentro M il punto di intersezione con l'asse baricentrico della verticale condotta per il centro di carena conseguente ad una rotazione infinitesima del galleggiante.

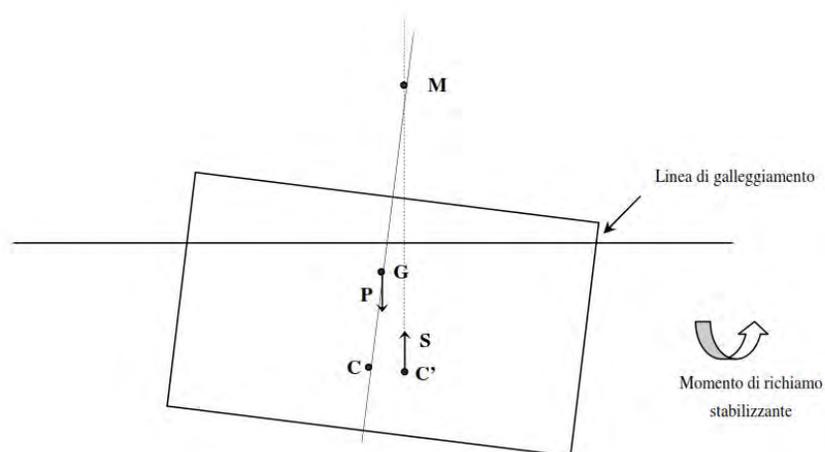


Figura 4 - Corpo galleggiante con il baricentro al di sopra del centro di carena, ma al di sotto del metacentro, M; configurazione di equilibrio stabile, poiché ad una inclinazione del corpo corrisponde l'ingenerarsi di un momento di richiamo stabilizzante.

Come è noto, il corpo galleggiante è in equilibrio stabile se il baricentro è ubicato al di sotto del centro di carena; in questo caso, a causa di una inclinazione del corpo dovuta ad una azione esterna, la forza peso e la spinta del liquido sul corpo generano un momento di richiamo

stabilizzante che tende a far tornare il corpo nella sua posizione iniziale.

Nel caso in cui, invece, il baricentro, G, è ubicato al di sopra del centro di carena, C, la condizione di stabilità dipende dalla posizione che G assume rispetto al metacentro, M:

se G è compreso tra C e M, il corpo è in una configurazione di equilibrio stabile poiché ad una piccola inclinazione del corpo corrisponde l'ingenerarsi di un momento di richiamo stabilizzante (Vedi Fig. 5);

se, invece, G è al di sopra sia di M, sia di C, il corpo è in una configurazione di equilibrio instabile in quanto il momento ingeneratosi, in seguito ad una piccola inclinazione del corpo medesimo, è destabilizzante.

La distanza GM è detta distanza metacentrica ed è positiva se M è al di sopra di G.

In altre parole, la stabilità di un corpo galleggiante, cioè l'attitudine a ritornare alla posizione iniziale di equilibrio in seguito all'inclinazione subita a causa di una perturbazione esterna, è misurata dall'altezza metacentrica iniziale, cioè dalla distanza tra il baricentro del corpo G ed il metacentro M; ciò è espresso dalla seguente espressione:

$$GM = CM - CG > 0$$

nella quale:

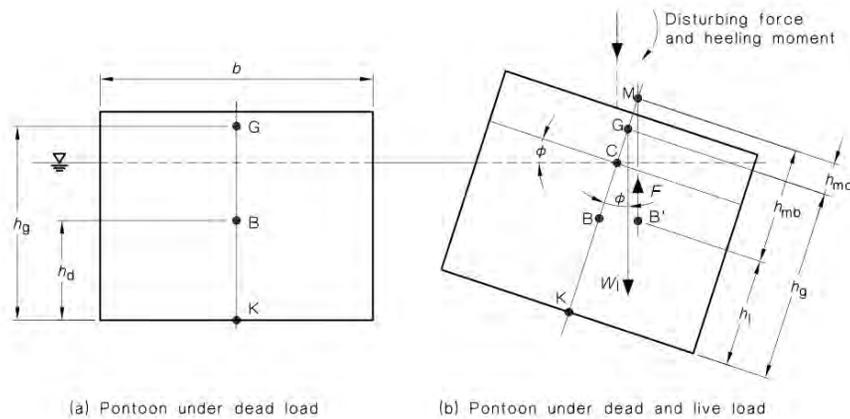
CM è il raggio metacentrico pari a I/V ;

I è il momento di inerzia della sezione di galleggiamento rispetto all'asse longitudinale; per sezioni rettangolari $I=1/12 bh^3$ con b larghezza ed h altezza della sezione di galleggiamento e V è il volume di carena.

La stabilità critica di un galleggiante, cioè quella minima, è quella trasversale, che si ha in corrispondenza di oscillazioni di rollio, ovverosia intorno all'asse orizzontale longitudinale del corpo; ciò poiché il raggio metacentrico di carena più piccolo, CM, è quello ottenuto dal rapporto tra il momento d'inerzia trasversale della sezione di galleggiamento ed il volume di carena. Se la stabilità trasversale è verificata, lo sarà a maggior ragione la stabilità longitudinale, in corrispondenza della quale si ha un raggio metacentrico di carena maggiore, poiché maggiore è il momento di inerzia della sezione di galleggiamento rispetto all'asse trasversale a parità di

volume di carena.

Nel seguito si farà riferimento allo Australian Standard – Guidelines for design of marinas, second edition (2001), fig. A1 per la verifica alla stabilità trasversale.



LEGEND:
 G = Centre of gravity of pontoon
 B = Centre of buoyancy of pontoon at rest
 M = Metacentre
 B' = Centre of buoyancy of displaced pontoon
 K = Keel
 W_l = Total dead and live weight
 F = Flotation of buoyant force
 C = Centroid of water plane area

FIGURE A1 STABILITY OF MARINA PONTOON

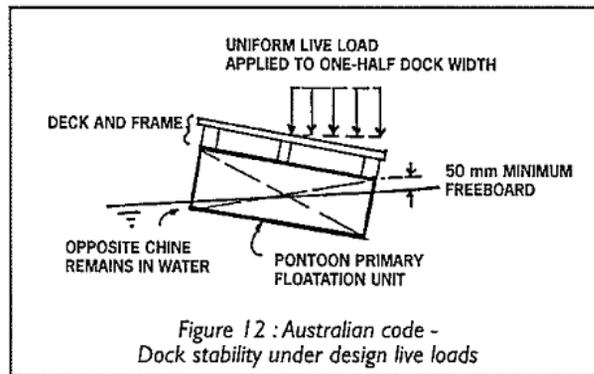


Fig. 5 – Schema di calcolo per verifica di stabilità per carico eccentrico

La verifica a carico eccentrico consiste nel rispetto del minimo bordo libero di 50 mm (5 cm) quando il pontile è sottoposto ad un carico uniformemente distribuito su metà pontile in senso longitudinale.

La verifica viene effettuata nei seguenti passi successivi:
 Relazione di calcolo pontili

-Calcolo della distanza tra centro di carena B e metacentro M, ottenuta dalla formula di Scribanti, attraverso il rapporto tra il momento di inerzia della sezione di galleggiamento ed il volume di carena

-Calcolo del momento d'inerzia della sezione di galleggiamento;

-Calcolo del volume di carena;

-Calcolo della distanza tra il centro di carena B ed il fondo della carena K, pari alla metà dell'immersione;

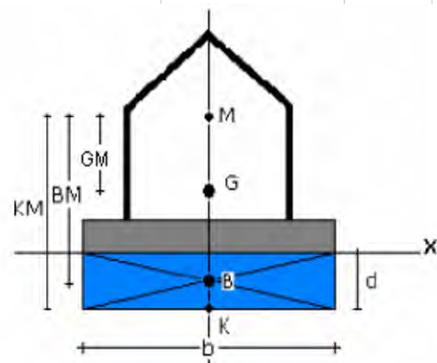
-Calcolo della distanza tra il metacentro M ed il fondo della carena K, dato dalla metà dell'immersione sommata a BM;

-Calcolo della distanza tra baricentro G e metacentro M, ovvero GM;

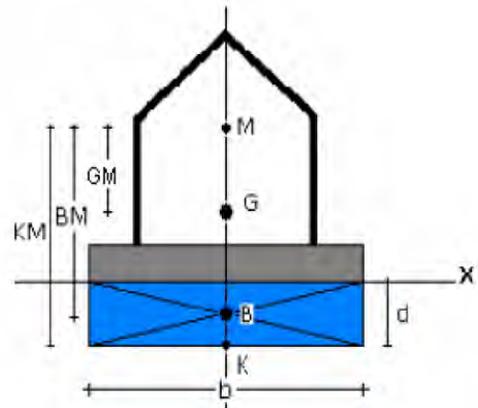
-Calcolo del seno della rotazione dovuta al carico eccentrico, pari al momento rispetto all'asse baricentrico longitudinale diviso per la forza moltiplicata per la distanza GM;

I risultati per il pontile da 2,5m e per il pontile da 3,0m vengono di seguito riportati.

VERIFICA STABILITA' PONTILE 2,5M		DATI	
Formula di Scribanti $BM=I/W$			
$I=b^3/12$	15,63	L 12	m
$W=lbh$	24,30	h 0,81	m
$BM=b^2/12 h$	0,64	b 2,5	m
$BK=h/2$	0,41	KG 0,77	m
$KM=BK+BM=h/2 + b^2 /12h$	1,05	q 2	KN/mq
$GM=KM-KG = h/2 + b^2 /12 h - KG$	0,28	F 30	KN
		M 18,75	KN m
$\sin \alpha = M/ (F \times GM)$	2,25		
$\alpha = \sin^{-1} [\sin \alpha]$	0,04		
$hf = H - (h + 0.5 \times b \times \tan \alpha)$	0,39		
$hf > 0,05 \text{ m}$	SI		



VERIFICA STABILITA' PONTILE 3,0M		DATI	
Formula di Scribanti $BM=I/W$			
$I=l^3b^3/12$	27,00	L 12	m
$W=lbh$	18,00	h 0,5	m
$BM=b^2/12 h$	1,50	b 3	m
$BK=h/2$	0,25	KG 1,8	m
$KM=BK+BM=h/2 + b^2 /12h$	1,75	q 4	KN/mq
$GM=KM-KG = h/2 + b^2 /12 h - KG$	-0,05	F 72	KN
		M 54	KN m
$\sin \alpha = M/ (F \times GM)$	-15,00		
$\alpha = \sin^{-1} [\sin \alpha]$	-0,26		
$hf = H - (h + 0.5 \times b \times \tan \alpha)$	0,89		
$hf > 0,05 \text{ m}$	SI		



6. CALCOLO DELL'ANCORAGGIO DEI PONTILI GALLEGGIANTI

Azione del vento

Seguendo le AS_3962-2001_guidelines la pressione e la forza dovuta al vento possono essere calcolate dalle equazioni:

$$q_x = 0,0006 V^2$$

$$F_D = C_D A q_x$$

Essendo: q_x in KPa, F_D la forza in KN,.

q_x = pressione dovuta all'azione del vento (KPa);

V = velocità del vento di progetto (m/s)

C_D = coefficiente di drag

A = area proiettata nel piano verticale di ciascuna superficie esposta al vento (mq);

Azione della corrente

Seguendo le AS_3962-2001_guidelines la pressione dovuta alla corrente marina può essere calcolate dall'equazione:

$$p = 0,5 \rho C_D V^2$$

Essendo: p in KPa;

p = pressione dovuta all'azione del vento (KPa);

ρ = densità dell'acqua marina = 1025 kg/mc

V = velocità della corrente (m/s)

C_D = coefficiente di drag

$C_D = 0,3$ per strutture allineate alla corrente, $C_D = 0,6$ per strutture al traverso.

Azione del moto ondoso

Seguendo le AS_3962-2001_guidelines l'azione dovuta al moto ondoso si schematizza come una forza a ml di pontile pari ad 1,5 KN/m e 2 KN/m, in assenza di altre indicazioni.

Con tali premesse, nel seguito vengono riportati i calcoli di verifica degli ancoraggi per ciascuna classe di natanti.

6.1 Verifica del peso dei corpi morti

ANCORAGGIO POSTI BARCA DA 7,0M

PONTILE 12x2,5m

AZIONI VENTO

Geometria pontile

Htot= 1,25 m

$$q_x = 0,0006 * V^2$$

L= 12 lunghezza in m

profondità carena= 0,8 m

$$P_t = C_d * E_t * q_x$$

larg= 2,5 larghezza in m

bordo libero= 0,45 m

$$P_l = C_d * E_l * q_x$$

Et= 1,125 area esposta trasversale

El= 5,4 area esposta longitudinale

Cd= 0,6

Velocità del vento

V= 25

Angolo di inclinazione delle imbarcazioni rispetto all'asse Nord-Sud

beta= 90

SET	DIR	V	DIR. CAL.	DIR. CAL.	P	p_t	p_l	P_t	P_l
	(°)	(m/s)	(°)	(rad)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN)	(kN)
1	7,5	25	-7,5	-0,13	0,38	0,38	-0,05	0,26	-0,16
2	22,5	25	-22,5	-0,39	0,38	0,35	-0,14	0,24	-0,45
3	37,5	25	-37,5	-0,65	0,38	0,3	-0,23	0,2	-0,75
4	52,5	25	-52,5	-0,92	0,38	0,23	-0,3	0,16	-0,97
5	67,5	25	-67,5	-1,18	0,38	0,14	-0,35	0,09	-1,13
6	82,5	25	-82,5	-1,44	0,38	0,05	-0,38	0,03	-1,23
7	97,5	25	-97,5	-1,7	0,38	-0,05	-0,38	-0,03	-1,23
8	112,5	25	-112,5	-1,96	0,38	-0,14	-0,35	-0,09	-1,13
9	127,5	25	-127,5	-2,22	0,38	-0,23	-0,3	-0,16	-0,97
10	142,5	25	-142,5	-2,49	0,38	-0,3	-0,23	-0,2	-0,75
11	157,5	25	-157,5	-2,75	0,38	-0,35	-0,15	-0,24	-0,49
12	172,5	25	-172,5	-3,01	0,38	-0,38	-0,05	-0,26	-0,16
13	187,5	25	-187,5	-3,27	0,38	-0,38	0,05	-0,26	0,16
14	202,5	25	-202,5	-3,53	0,38	-0,35	0,14	-0,24	0,45
15	217,5	25	-217,5	-3,79	0,38	-0,3	0,23	-0,2	0,75
16	232,5	25	-232,5	-4,06	0,38	-0,23	0,3	-0,16	0,97
17	247,5	25	-247,5	-4,32	0,38	-0,15	0,35	-0,1	1,13
18	262,5	25	-262,5	-4,58	0,38	-0,05	0,38	-0,03	1,23
19	277,5	25	-277,5	-4,84	0,38	0,05	0,38	0,03	1,23
20	292,5	25	-292,5	-5,1	0,38	0,14	0,35	0,09	1,13
21	307,5	25	-307,5	-5,36	0,38	0,23	0,3	0,16	0,97
22	322,5	25	-322,5	-5,63	0,38	0,3	0,23	0,2	0,75
23	337,5	25	-337,5	-5,89	0,38	0,35	0,15	0,24	0,49
24	352,5	25	-352,5	-6,15	0,38	0,38	0,05	0,26	0,16

VALORI MASSIMI DELLE AZIONI

0,26 1,23 kN

AZIONI MOTO ONDOSO

N= 2 KN/m
 N1= 24 moto ondoso al traverso N2= 5 moto ondoso allineato

AZIONI CORRENTE

V= 1 velocità della corrente
 ρ= 1025 densità acqua marina
 Cd= 0,3 coeff. Drag per strutture allineate alla corrente 0,6 coeff. Drag per strutture di traverso
 C1= 153,75 Corrente nella direzione allineata (kPa) C2= 307,5 Corrente nella direzione al traverso
 Fc1= 4,6125 KN Fc2= 9,225 KN

FORZE COMPRESSIVE MASSIME IN DIREZIONE ALLINEATA DOVUTE AL PONTILE= 9,8725 KN

FORZE COMPRESSIVE MASSIME IN DIREZIONE NORMALE DOVUTE AL PONTILE= 34,455 KN

R_n	34,455	(azione massima normale al pontile)
R_t	9,8725	(azione massima tangenziale al pontile)
N_n	2	(punti di ancoraggio delle catene nella direzione ortogonale al pontile)
N_t	2	(punti di ancoraggio delle catene nella direzione tangente al pontile)
R'_n	17,2275	(sforzo nel punto di ancoraggio nella direzione ortogonale al pontile)
R'_t	4,93625	(sforzo nel punto di ancoraggio nella direzione tangente al pontile)
R'	17,2275	(sforzo massimo agente sul punto di ancoraggio)

IMBARCAZIONI L=7,0M

AZIONI VENTO

Geometria imbarcazione

L= 7 lunghezza in m profondità carena= 1

larg= 2,5 larghezza in m

Et= 4 area esposta trasversale

El= 14 area esposta longitudinale Cd= 0,6

Velocità del vento

V= 25

Angolo di inclinazione delle imbarcazioni rispetto all'asse Nord-Sud

beta= 0

Numero di imbarcazioni ancorate ad ogni corpo morto

n= 2

$$q_x = 0,0006 * V^2$$

$$P_t = C_d * E_t * q_x$$

$$P_l = C_d * E_l * q_x$$

SET	DIR	V	DIR. CAL.	DIR. CAL.	P	P_t	P_l	P_t	P_l
	(°)	(m/s)	(°)	(rad)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN)	(kN)
1	7,5	25	-7,5	-0,13	0,38	0,38	-0,05	0,91	-0,42
2	22,5	25	-22,5	-0,39	0,38	0,35	-0,14	0,84	-1,18
3	37,5	25	-37,5	-0,65	0,38	0,3	-0,23	0,72	-1,93
4	52,5	25	-52,5	-0,92	0,38	0,23	-0,3	0,55	-2,52
5	67,5	25	-67,5	-1,18	0,38	0,14	-0,35	0,34	-2,94
6	82,5	25	-82,5	-1,44	0,38	0,05	-0,38	0,12	-3,19
7	97,5	25	-97,5	-1,7	0,38	-0,05	-0,38	-0,12	-3,19
8	112,5	25	-112,5	-1,96	0,38	-0,14	-0,35	-0,34	-2,94
9	127,5	25	-127,5	-2,22	0,38	-0,23	-0,3	-0,55	-2,52
10	142,5	25	-142,5	-2,49	0,38	-0,3	-0,23	-0,72	-1,93
11	157,5	25	-157,5	-2,75	0,38	-0,35	-0,15	-0,84	-1,26
12	172,5	25	-172,5	-3,01	0,38	-0,38	-0,05	-0,91	-0,42
13	187,5	25	-187,5	-3,27	0,38	-0,38	0,05	-0,91	0,42
14	202,5	25	-202,5	-3,53	0,38	-0,35	0,14	-0,84	1,18
15	217,5	25	-217,5	-3,79	0,38	-0,3	0,23	-0,72	1,93
16	232,5	25	-232,5	-4,06	0,38	-0,23	0,3	-0,55	2,52
17	247,5	25	-247,5	-4,32	0,38	-0,15	0,35	-0,36	2,94
18	262,5	25	-262,5	-4,58	0,38	-0,05	0,38	-0,12	3,19
19	277,5	25	-277,5	-4,84	0,38	0,05	0,38	0,12	3,19
20	292,5	25	-292,5	-5,1	0,38	0,14	0,35	0,34	2,94
21	307,5	25	-307,5	-5,36	0,38	0,23	0,3	0,55	2,52
22	322,5	25	-322,5	-5,63	0,38	0,3	0,23	0,72	1,93
23	337,5	25	-337,5	-5,89	0,38	0,35	0,15	0,84	1,26
24	352,5	25	-352,5	-6,15	0,38	0,38	0,05	0,91	0,42

VALORI MASSIMI DELLE AZIONI **0,91** **3,19** KN

AZIONI MOTO ONDO SO

N= 2 KN/m
 N1= 14 moto ondoso al trasverso N2= 5 moto ondoso allineato

AZIONI CORRENTE

V= 1 velocità della corrente
 ρ= 1025 densità acqua marina
 Cd= 0,3 coeff. Drag per strutture allineate alla corrente 0,6 coeff. Drag per strutture di trasverso
 C1= 153,75 Corrente nella direzione allineata (kPa) C2= 307,5 Corrente nella direzione al trasverso
 Fc1= 2,690625 KN Fc2= 5,38125 KN

FORZE COMPLESSIVE MASSIME IN DIREZIONE ALLINEATA DOVUTE ALL'IMBARCAZIONE= 8,600625 KN dovute al pontile 2,5m 9,87 KN
 FORZE COMPLESSIVE MASSIME IN DIREZIONE NORMALE DOVUTE ALL'IMBARCAZIONE= 22,57125 KN dovute al pontile 2,5m 34,45 KN

R_n =	57,02125	(azione massima normale al pontile)
R_t =	18,47063	(azione massima tangenziale al pontile)
R' =	57,02125	(sforzo massimo agente sul punto di ancoraggio)

DIMENSIONAMENTO CATENE PER ANCORAGGIO PONTILE

α =	0	0	(angolo della catena sulla verticale)
β =	15	0,26	(angolo della catena sull'orizzontale)

$C = R' / (\cos(0) * \cos(15))$ dove C è l'azione sulla catena

R'	C	29,5	(sforzo massimo sulla singola catena)
Carico di Rottura= $C*3$		88,5	

DIMENSIONI DEL CORPO MORTO PER PONTILI

A=	2,5	(larghezza)	A'=	6,25	(m ²)	Y=	2,5	(peso specifico cls) (ton/m ³)
B=	2,5	(profondità)	A=	2,5	(m ²)	Yw=	1	(peso specifico acqua)(ton/m ³)
H=	1	(altezza)	V=	6,25	(m ³)			
Hi=	0	(interramento)						

AZIONI AGENTI SUL CORPO MORTO

	(ton)	
C=	5,923695	azione sul corpo morto dovute alle imbarcazioni
$C_o = C * \cos 1$	5,72	azione orizzontale sul corpo morto delle catene
$C_v = C * \sin 1$	1,52	azione verticale sul corpo morto delle catene
P=	15,625	peso proprio del corpo morto= $V*Y$
Sw=	6,25	sottospinta idraulica= $V*Yw$
Fd=	0	forza di drag
Fl=	0	forza di lift
Fm=	0	forza di massa
Sp=	0	spinta passiva

BRACCI	(m)
d1=	1,25
d2=	1,25
d3=	1,25
h1=	1

VERIFICHE GLOBALI SUL CORPO MORTO

Verifica allo scorrimento

	(ton)	
F=	5,72	risultante forze orizzontali
P=	7,855	risultante forza verticali
μ_s =	1,099	$P \cdot 0,8 / F$

Verifica al ribaltamento

	(ton*m)	
Ms=	9,82	momento generato dalle forze verticali o mometo sollecitante dovuto all'azione della catena sul corpo
Mr=	5,72	momento generato dalle forze orizzontali o momento resistente dovuto al peso del corpo
μ_r =	1,717	Ms/Mr

ANCORAGGIO POSTI BARCA DA 9,0M

PONTILE 12x2,5m

AZIONI VENTO

Geometria pontile	Htot=	1,25	m	$q_x = 0,0006 * V^2$
L= 12 lunghezza in m	profondità carena=	0,8	m	$P_t = C_d * E_t * q_x$
larg= 2,5 larghezza in m	bordo libero=	0,45	m	$P_l = C_d * E_l * q_x$
Et= 1,125 area esposta trasversale				
EI= 5,4 area esposta longitudinale	Cd=	0,6		
Velocità del vento				
V=	25			
Angolo di inclinazione delle imbarcazioni rispetto all'asse Nord-Sud				
beta=	90			

SET	DIR	V	DIR. CAL.	DIR. CAL.	P	p_t	p_l	P_t	P_l
	(°)	(m/s)	(°)	(rad)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN)	(kN)
1	7,5	25	-7,5	-0,13	0,38	0,38	-0,05	0,26	-0,16
2	22,5	25	-22,5	-0,39	0,38	0,35	-0,14	0,24	-0,45
3	37,5	25	-37,5	-0,65	0,38	0,3	-0,23	0,2	-0,75
4	52,5	25	-52,5	-0,92	0,38	0,23	-0,3	0,16	-0,97
5	67,5	25	-67,5	-1,18	0,38	0,14	-0,35	0,09	-1,13
6	82,5	25	-82,5	-1,44	0,38	0,05	-0,38	0,03	-1,23
7	97,5	25	-97,5	-1,7	0,38	-0,05	-0,38	-0,03	-1,23
8	112,5	25	-112,5	-1,96	0,38	-0,14	-0,35	-0,09	-1,13
9	127,5	25	-127,5	-2,22	0,38	-0,23	-0,3	-0,16	-0,97
10	142,5	25	-142,5	-2,49	0,38	-0,3	-0,23	-0,2	-0,75
11	157,5	25	-157,5	-2,75	0,38	-0,35	-0,15	-0,24	-0,49
12	172,5	25	-172,5	-3,01	0,38	-0,38	-0,05	-0,26	-0,16
13	187,5	25	-187,5	-3,27	0,38	-0,38	0,05	-0,26	0,16
14	202,5	25	-202,5	-3,53	0,38	-0,35	0,14	-0,24	0,45
15	217,5	25	-217,5	-3,79	0,38	-0,3	0,23	-0,2	0,75
16	232,5	25	-232,5	-4,06	0,38	-0,23	0,3	-0,16	0,97
17	247,5	25	-247,5	-4,32	0,38	-0,15	0,35	-0,1	1,13
18	262,5	25	-262,5	-4,58	0,38	-0,05	0,38	-0,03	1,23
19	277,5	25	-277,5	-4,84	0,38	0,05	0,38	0,03	1,23
20	292,5	25	-292,5	-5,1	0,38	0,14	0,35	0,09	1,13
21	307,5	25	-307,5	-5,36	0,38	0,23	0,3	0,16	0,97
22	322,5	25	-322,5	-5,63	0,38	0,3	0,23	0,2	0,75
23	337,5	25	-337,5	-5,89	0,38	0,35	0,15	0,24	0,49
24	352,5	25	-352,5	-6,15	0,38	0,38	0,05	0,26	0,16

VALORI MASSIMI DELLE AZIONI

0,26 1,23 kN

AZIONI MOTO ONDOSO

N= 2 KN/m
 N1= 24 moto ondoso al traverso N2= 5 moto ondoso allineato

AZIONI CORRENTE

V= 1 velocità della corrente
 ρ= 1025 densità acqua marina
 Cd= 0,3 coeff. Drag per strutture allineate alla corrente 0,6 coeff. Drag per strutture di traverso
 C1= 153,75 Corrente nella direzione allineata (kPa) C2= 307,5 Corrente nella direzione al traverso
 Fc1= 4,6125 KN Fc2= 9,225 KN

FORZE COMPLESSIVE MASSIME IN DIREZIONE ALLINEATA DOVUTE AL PONTILE= 9,8725 KN
 FORZE COMPLESSIVE MASSIME IN DIREZIONE NORMALE DOVUTE AL PONTILE= 34,455 KN

R_n	34,455	(azione massima normale al pontile)
R_t	9,8725	(azione massima tangenziale al pontile)
N_n	2	(punti di ancoraggio delle catene nella direzione ortogonale al pontile)
N_t	2	(punti di ancoraggio delle catene nella direzione tangente al pontile)
R'_n	17,2275	(sforzo nel punto di ancoraggio nella direzione ortogonale al pontile)
R'_t	4,93625	(sforzo nel punto di ancoraggio nella direzione tangente al pontile)
R'	17,2275	(sforzo massimo agente sul punto di ancoraggio)

IMBARCAZIONI

AZIONI VENTO

Geometria imbarcazione

L= 9 lunghezza in m profondità carena= 1
 larg= 3 larghezza in m
 Et= 6 area esposta trasversale
 El= 19 area esposta longitudinale Cd= 0,6

$$q_x = 0,0006 * V^2$$

$$P_t = C_d * E_t * q_x$$

$$P_l = C_d * E_l * q_x$$

Velocità del vento

V= 25

Angolo di inclinazione delle imbarcazioni rispetto all'asse Nord-Sud

beta= 0

Numero di imbarcazioni ancorate ad ogni corpo morto

n= 2

SET	DIR (°)	V (m/s)	DIR. CAL. (°)	DIR. CAL. (rad)	P (kPa)	P_t (kPa)	P_l (kPa)	P_t (kN)	P_l (kN)
1	7,5	25	-7,5	-0,13	0,38	0,38	-0,05	1,37	-0,57
2	22,5	25	-22,5	-0,39	0,38	0,35	-0,14	1,26	-1,6
3	37,5	25	-37,5	-0,65	0,38	0,3	-0,23	1,08	-2,62
4	52,5	25	-52,5	-0,92	0,38	0,23	-0,3	0,83	-3,42
5	67,5	25	-67,5	-1,18	0,38	0,14	-0,35	0,5	-3,99
6	82,5	25	-82,5	-1,44	0,38	0,05	-0,38	0,18	-4,33
7	97,5	25	-97,5	-1,7	0,38	-0,05	-0,38	-0,18	-4,33
8	112,5	25	-112,5	-1,96	0,38	-0,14	-0,35	-0,5	-3,99
9	127,5	25	-127,5	-2,22	0,38	-0,23	-0,3	-0,83	-3,42
10	142,5	25	-142,5	-2,49	0,38	-0,3	-0,23	-1,08	-2,62
11	157,5	25	-157,5	-2,75	0,38	-0,35	-0,15	-1,26	-1,71
12	172,5	25	-172,5	-3,01	0,38	-0,38	-0,05	-1,37	-0,57
13	187,5	25	-187,5	-3,27	0,38	-0,38	0,05	-1,37	0,57
14	202,5	25	-202,5	-3,53	0,38	-0,35	0,14	-1,26	1,6
15	217,5	25	-217,5	-3,79	0,38	-0,3	0,23	-1,08	2,62
16	232,5	25	-232,5	-4,06	0,38	-0,23	0,3	-0,83	3,42
17	247,5	25	-247,5	-4,32	0,38	-0,15	0,35	-0,54	3,99
18	262,5	25	-262,5	-4,58	0,38	-0,05	0,38	-0,18	4,33
19	277,5	25	-277,5	-4,84	0,38	0,05	0,38	0,18	4,33
20	292,5	25	-292,5	-5,1	0,38	0,14	0,35	0,5	3,99
21	307,5	25	-307,5	-5,36	0,38	0,23	0,3	0,83	3,42
22	322,5	25	-322,5	-5,63	0,38	0,3	0,23	1,08	2,62
23	337,5	25	-337,5	-5,89	0,38	0,35	0,15	1,26	1,71
24	352,5	25	-352,5	-6,15	0,38	0,38	0,05	1,37	0,57

VALORI MASSIMI DELLE AZIONI **1,37** **4,33** KN

AZIONI MOTO ONDOSO

N= 2 KN/m
 N1= 18 moto ondoso al traverso N2= 6 moto ondoso allineato

AZIONI CORRENTE

V= 1 velocità della corrente
 ρ= 1025 densità acqua marina
 Cd= 0,3 coeff. Drag per strutture allineate alla corrente 0,6 coeff. Drag per strutture di traverso
 C1= 153,75 Corrente nella direzione allineata (kPa) C2= 307,5 Corrente nella direzione al traverso
 Fc1= 4,15125 KN Fc2= 8,3025 KN

FORZE COMPLESSIVE MASSIME IN DIREZIONE ALLINEATA DOVUTE ALL'IMBARCAZIONE= 11,52125 KN dovute al pontile 2,5m 9,8725 KN
 FORZE COMPLESSIVE MASSIME IN DIREZIONE NORMALE DOVUTE ALL'IMBARCAZIONE= 30,6325 KN dovute al pontile 2,5m 34,455 KN

R_n	65,0875	(azione massima normale al pontile)
R_t	21,39375	(azione massima tangenziale al pontile)
R'	65,0875	(sforzo massimo agente sul punto di ancoraggio)

DIMENSIONAMENTO CATENE PER ANCORAGGIO PONTILE

α	0	0	(angolo della catena sulla verticale)
β	15	0,26	(angolo della catena sull'orizzontale) $C=R'/(cos(0)*cos(15))$ dove C è l'azione sulla catena (KN)

R'	C	33,675	(sforzo massimo sulla singola catena)
------	-----	--------	---------------------------------------

Carico di Rottura= $C*3$ 101,025

DIMENSIONI DEL CORPO MORTO PER PONTILI

A=	2,5	(larghezza)	A'=	6,25	(m ²)	Y=	2,5	(peso specifico cls) (ton/m ³)
B=	2,5	(profondità)	A=	3,75	(m ²)	Yw=	1	(peso specifico acqua)(ton/m ³)
H=	1,5	(altezza)	V=	9,375	(m ³)			
Hi=	0	(interramento)						

AZIONI AGENTI SUL CORPO MORTO

	(ton)	
C=	6,762048	azione sul corpo morto dovute alle imbarcazioni
$F_o=C*cos1$	6,53	azione orizzontale sul corpo morto delle catene
$F_v=C*sen1$	1,74	azione verticale sul corpo morto delle catene
P=	23,4375	peso proprio del corpo morto= $V*Y$
Sw=	9,375	sottospinta idraulica= $V*Yw$
Fd=	0	forza di drag
Fl=	0	forza di lift
Fm=	0	forza di massa
Sp=	0	spinta passiva

BRACCI	(m)
d1=	1,25
d2=	1,25
d3=	1,25
h1=	1,5

VERIFICHE GLOBALI SUL CORPO MORTO

Verifica allo scorrimento

	(ton)	
F=	6,53	risultante forze orizzontali
P=	12,3225	risultante forza verticali
μ_s	1,51	$P*0,8/F$

Verifica al ribaltamento

	(ton*m)	
Ms=	15,4	momento generato dalle forze verticali o mometo sollecitante dovuto all'azione della catena sul corpo
Mr=	9,795	momento generato dalle forze orizzontali o momento resistente dovuto al peso del corpo
μ_r	1,572	Ms/Mr

ANCORAGGIO POSTI BARCA DA 11,0M

PONTILE 12x2,5m

AZIONI VENTO

Geometria pontile Htot= 1,25 m $q_x = 0,0006 * V^2$
 L= 12 lunghezza in m profondità carena= 0,8 m $P_t = C_d * E_t * q_x$
 larg= 2,5 larghezza in m bordo libero= 0,45 m $P_l = C_d * E_l * q_x$
 Et= 1,125 area esposta trasversale
 El= 5,4 area esposta longitudinale Cd= 0,6
 Velocità del vento
 V= 25
 Angolo di inclinazione delle imbarcazioni rispetto all'asse Nord-Sud
 beta= 90

SET	DIR	V	DIR. CAL.	DIR. CAL.	P	p_t	p_l	P_t	P_l
	(°)	(m/s)	(°)	(rad)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN)	(kN)
1	7,5	25	-7,5	-0,13	0,38	0,38	-0,05	0,26	-0,16
2	22,5	25	-22,5	-0,39	0,38	0,35	-0,14	0,24	-0,45
3	37,5	25	-37,5	-0,65	0,38	0,3	-0,23	0,2	-0,75
4	52,5	25	-52,5	-0,92	0,38	0,23	-0,3	0,16	-0,97
5	67,5	25	-67,5	-1,18	0,38	0,14	-0,35	0,09	-1,13
6	82,5	25	-82,5	-1,44	0,38	0,05	-0,38	0,03	-1,23
7	97,5	25	-97,5	-1,7	0,38	-0,05	-0,38	-0,03	-1,23
8	112,5	25	-112,5	-1,96	0,38	-0,14	-0,35	-0,09	-1,13
9	127,5	25	-127,5	-2,22	0,38	-0,23	-0,3	-0,16	-0,97
10	142,5	25	-142,5	-2,49	0,38	-0,3	-0,23	-0,2	-0,75
11	157,5	25	-157,5	-2,75	0,38	-0,35	-0,15	-0,24	-0,49
12	172,5	25	-172,5	-3,01	0,38	-0,38	-0,05	-0,26	-0,16
13	187,5	25	-187,5	-3,27	0,38	-0,38	0,05	-0,26	0,16
14	202,5	25	-202,5	-3,53	0,38	-0,35	0,14	-0,24	0,45
15	217,5	25	-217,5	-3,79	0,38	-0,3	0,23	-0,2	0,75
16	232,5	25	-232,5	-4,06	0,38	-0,23	0,3	-0,16	0,97
17	247,5	25	-247,5	-4,32	0,38	-0,15	0,35	-0,1	1,13
18	262,5	25	-262,5	-4,58	0,38	-0,05	0,38	-0,03	1,23
19	277,5	25	-277,5	-4,84	0,38	0,05	0,38	0,03	1,23
20	292,5	25	-292,5	-5,1	0,38	0,14	0,35	0,09	1,13
21	307,5	25	-307,5	-5,36	0,38	0,23	0,3	0,16	0,97
22	322,5	25	-322,5	-5,63	0,38	0,3	0,23	0,2	0,75
23	337,5	25	-337,5	-5,89	0,38	0,35	0,15	0,24	0,49
24	352,5	25	-352,5	-6,15	0,38	0,38	0,05	0,26	0,16

VALORI MASSIMI DELLE AZIONI

0,26	1,23 kN
-------------	----------------

AZIONI MOTO ONDOSO

N= 2 KN/m
 N1= 24 moto ondoso al traverso N2= 5 moto ondoso allineato

AZIONI CORRENTE

V= 1 velocità della corrente
 ρ= 1025 densità acqua marina
 Cd= 0,3 coeff. Drag per strutture allineate alla corrente 0,6 coeff. Drag per strutture di traverso
 C1= 153,75 Corrente nella direzione allineata (kPa) C2= 307,5 Corrente nella direzione al traverso
 Fc1= 4,6125 KN Fc2= 9,225 KN

FORZE COMPLESSIVE MASSIME IN DIREZIONE ALLINEATA DOVUTE AL PONTILE= 9,8725 KN

FORZE COMPLESSIVE MASSIME IN DIREZIONE NORMALE DOVUTE AL PONTILE= 34,455 KN

$R_n=$	34,455	(azione massima normale al pontile)
$R_t=$	9,8725	(azione massima tangenziale al pontile)
$N_n=$	2	(punti di ancoraggio delle catene nella direzione ortogonale al pontile)
$N_t=$	2	(punti di ancoraggio delle catene nella direzione tangente al pontile)
$R'_n=$	17,2275	(sforzo nel punto di ancoraggio nella direzione ortogonale al pontile)
$R'_t=$	4,93625	(sforzo nel punto di ancoraggio nella direzione tangente al pontile)
$R''=$	17,2275	(sforzo massimo agente sul punto di ancoraggio)

IMBARCAZIONI

AZIONI VENTO

Geometria imbarcazione

L= 11 lunghezza in m profondità carena= 1

larg= 4 larghezza in m

Et= 9 area esposta trasversale

El= 26 area esposta longitudinale Cd= 0,6

Velocità del vento

V= 25

Angolo di inclinazione delle imbarcazioni rispetto all'asse Nord-Sud

beta= 0

Numero di imbarcazioni ancorate ad ogni corpo morto

n= 2

$$q_x = 0,0006 * V^2$$

$$P_t = C_d * E_t * q_x$$

$$P_l = C_d * E_l * q_x$$

SET	DIR	V	DIR. CAL.	DIR. CAL.	P	p_t	p_l	P_t	P_l
	(°)	(m/s)	(°)	(rad)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN)	(kN)
1	7,5	25	-7,5	-0,13	0,38	0,38	-0,05	2,05	-0,78
2	22,5	25	-22,5	-0,39	0,38	0,35	-0,14	1,89	-2,18
3	37,5	25	-37,5	-0,65	0,38	0,3	-0,23	1,62	-3,59
4	52,5	25	-52,5	-0,92	0,38	0,23	-0,3	1,24	-4,68
5	67,5	25	-67,5	-1,18	0,38	0,14	-0,35	0,76	-5,46
6	82,5	25	-82,5	-1,44	0,38	0,05	-0,38	0,27	-5,93
7	97,5	25	-97,5	-1,7	0,38	-0,05	-0,38	-0,27	-5,93
8	112,5	25	-112,5	-1,96	0,38	-0,14	-0,35	-0,76	-5,46
9	127,5	25	-127,5	-2,22	0,38	-0,23	-0,3	-1,24	-4,68
10	142,5	25	-142,5	-2,49	0,38	-0,3	-0,23	-1,62	-3,59
11	157,5	25	-157,5	-2,75	0,38	-0,35	-0,15	-1,89	-2,34
12	172,5	25	-172,5	-3,01	0,38	-0,38	-0,05	-2,05	-0,78
13	187,5	25	-187,5	-3,27	0,38	-0,38	0,05	-2,05	0,78
14	202,5	25	-202,5	-3,53	0,38	-0,35	0,14	-1,89	2,18
15	217,5	25	-217,5	-3,79	0,38	-0,3	0,23	-1,62	3,59
16	232,5	25	-232,5	-4,06	0,38	-0,23	0,3	-1,24	4,68
17	247,5	25	-247,5	-4,32	0,38	-0,15	0,35	-0,81	5,46
18	262,5	25	-262,5	-4,58	0,38	-0,05	0,38	-0,27	5,93
19	277,5	25	-277,5	-4,84	0,38	0,05	0,38	0,27	5,93
20	292,5	25	-292,5	-5,1	0,38	0,14	0,35	0,76	5,46
21	307,5	25	-307,5	-5,36	0,38	0,23	0,3	1,24	4,68
22	322,5	25	-322,5	-5,63	0,38	0,3	0,23	1,62	3,59
23	337,5	25	-337,5	-5,89	0,38	0,35	0,15	1,89	2,34
24	352,5	25	-352,5	-6,15	0,38	0,38	0,05	2,05	0,78

VALORI MASSIMI DELLE AZIONI **2,05** **5,93** KN

AZIONI MOTO ONDOSO

N= 2 KN/m
 N1= 22 moto ondoso al traverso N2= 8 moto ondoso allineato

AZIONI CORRENTE

V= 1 velocità della corrente
 ρ= 1025 densità acqua marina
 Cd= 0,3 coeff. Drag per strutture allineate alla corrente 0,6 coeff. Drag per strutture di traverso
 C1= 153,75 Corrente nella direzione allineata (kPa) C2= 307,5 Corrente nella direzione al traverso
 Fc1= 6,765 KN Fc2= 13,53 KN

FORZE COMPLESSIVE MASSIME IN DIREZIONE ALLINEATA DOVUTE ALL'IMBARCAZIONE= 16,815 KN dovute al pontile 2,5n 9,8725 KN
 FORZE COMPLESSIVE MASSIME IN DIREZIONE NORMALE DOVUTE ALL'IMBARCAZIONE= 41,46 KN dovute al pontile 2,5n 34,455 KN

R_n	75,915	(azione massima normale al pontile)
R_t	26,6875	(azione massima tangenziale al pontile)
R'	75,915	(sforzo massimo agente sul punto di ancoraggio)

DIMENSIONAMENTO CATENE PER ANCORAGGIO PONTILE

α	0	0	(angolo della catena sulla verticale)
β	15	0,26	(angolo della catena sull'orizzontale) $C=R'/(cos(0)*cos(15))$ dove C è l'azione sulla catena
			(KN)

R'	C	39,28	(sforzo massimo sulla singola catena)
Carico di Rottura= $C*3$		117,84	

DIMENSIONI DEL CORPO MORTO PER PONTILI

A=	2,5	(larghezza)	A'=	6,25	(m ²)	Y=	2,5	(peso specifico cls) (ton/m ³)
B=	2,5	(profondità)	A=	3,75	(m ²)	Yw=	1	(peso specifico acqua)(ton/m ³)
H=	1,5	(altezza)	V=	9,375	(m ³)			
Hi=	0	(interramento)						

AZIONI AGENTI SUL CORPO MORTO

		(ton)
C=	7,88755	azione sul corpo morto dovute alle imbarcazioni
$h_o=C*cos1$	7,62	azione orizzontale sul corpo morto delle catene
$h_v=C*sen1$	2,03	azione verticale sul corpo morto delle catene
P=	23,4375	peso proprio del corpo morto= $V*Y$
Sw=	9,375	sottospinta idraulica= $V*Yw$
Fd=	0	forza di drag
Fl=	0	forza di lift
Fm=	0	forza di massa
Sp=	0	spinta passiva

BRACCI	(m)
d1=	1,25
d2=	1,25
d3=	1,25
h1=	1,5

VERIFICHE GLOBALI SUL CORPO MORTO

Verifica allo scorrimento

		(ton)
F=	7,62	risultante forze orizzontali
P=	12,0325	risultante forza verticali
μs	1,263	$P*0,8/F$

Verifica al ribaltamento

		(ton*m)
Ms=	15,04	momento generato dalle forze verticali o mometo sollecitante dovuto all'azione della catena sul corpo
Mr=	11,43	momento generato dalle forze orizzontali o momento resistente dovuto al peso del corpo
μr	1,316	Ms/Mr

ANCORAGGIO POSTI BARCA DA 13,0M

PONTILE 12x3m

AZIONI VENTO

Geometria pontile Htot= 1,25 m

L= 12 lunghezza in m profondità carena= 0,5 m

larg= 3 larghezza in m bordo libero= 0,75 m

Et= 2,25 area esposta trasversale

El= 9 area esposta longitudinale Cd= 0,6

Velocità del vento

V= 25

Angolo di inclinazione delle imbarcazioni rispetto all'asse Nord-Sud

beta= 90

$$q_x = 0,0006 * V^2$$

$$P_t = C_d * E_t * q_x$$

$$P_l = C_d * E_l * q_x$$

SET	DIR	V	DIR. CAL.	DIR. CAL.	P	p_t	p_l	P_t	P_l
	(°)	(m/s)	(°)	(rad)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN)	(kN)
1	7,5	25	-7,5	-0,13	0,38	0,38	-0,05	0,51	-0,27
2	22,5	25	-22,5	-0,39	0,38	0,35	-0,14	0,47	-0,76
3	37,5	25	-37,5	-0,65	0,38	0,3	-0,23	0,41	-1,24
4	52,5	25	-52,5	-0,92	0,38	0,23	-0,3	0,31	-1,62
5	67,5	25	-67,5	-1,18	0,38	0,14	-0,35	0,19	-1,89
6	82,5	25	-82,5	-1,44	0,38	0,05	-0,38	0,07	-2,05
7	97,5	25	-97,5	-1,7	0,38	-0,05	-0,38	-0,07	-2,05
8	112,5	25	-112,5	-1,96	0,38	-0,14	-0,35	-0,19	-1,89
9	127,5	25	-127,5	-2,22	0,38	-0,23	-0,3	-0,31	-1,62
10	142,5	25	-142,5	-2,49	0,38	-0,3	-0,23	-0,41	-1,24
11	157,5	25	-157,5	-2,75	0,38	-0,35	-0,15	-0,47	-0,81
12	172,5	25	-172,5	-3,01	0,38	-0,38	-0,05	-0,51	-0,27
13	187,5	25	-187,5	-3,27	0,38	-0,38	0,05	-0,51	0,27
14	202,5	25	-202,5	-3,53	0,38	-0,35	0,14	-0,47	0,76
15	217,5	25	-217,5	-3,79	0,38	-0,3	0,23	-0,41	1,24
16	232,5	25	-232,5	-4,06	0,38	-0,23	0,3	-0,31	1,62
17	247,5	25	-247,5	-4,32	0,38	-0,15	0,35	-0,2	1,89
18	262,5	25	-262,5	-4,58	0,38	-0,05	0,38	-0,07	2,05
19	277,5	25	-277,5	-4,84	0,38	0,05	0,38	0,07	2,05
20	292,5	25	-292,5	-5,1	0,38	0,14	0,35	0,19	1,89
21	307,5	25	-307,5	-5,36	0,38	0,23	0,3	0,31	1,62
22	322,5	25	-322,5	-5,63	0,38	0,3	0,23	0,41	1,24
23	337,5	25	-337,5	-5,89	0,38	0,35	0,15	0,47	0,81
24	352,5	25	-352,5	-6,15	0,38	0,38	0,05	0,51	0,27

VALORI MASSIMI DELLE AZIONI

0,51 2,05 kN

AZIONI MOTO ONDOSO

N= 2 KN/m

N1= 24 moto ondoso al traverso N2= 6 moto ondoso allineato

AZIONI CORRENTE

V= 1 velocità della corrente

ρ = 1025 densità acqua marina

Cd= 0,3 coeff. Drag per strutture allineate alla corrente 0,6 coeff. Drag per strutture di traverso

C1= 153,75 Corrente nella direzione allineata (kPa) C2= 307,5 Corrente nella direzione al traverso

Fc1= 5,535 KN Fc2= 11,07 KN

FORZE COMPLESSIVE MASSIME IN DIREZIONE ALLINEATA DOVUTE AL PONTILE= 12,045 KN

FORZE COMPLESSIVE MASSIME IN DIREZIONE NORMALE DOVUTE AL PONTILE= 37,12 KN

AZIONI VENTO

Geometria imbarcazione

L= 13 lunghezza in m profondità carena= 1
 larg= 4,5 larghezza in m
 Et= 13 area esposta trasversale
 El= 35 area esposta longitudinale Cd= 0,6

$$q_x = 0,0006 * V^2$$

$$P_t = C_d * E_t * q_x$$

$$P_l = C_d * E_l * q_x$$

Velocità del vento

V= 25

Angolo di inclinazione delle imbarcazioni rispetto all'asse Nord-Sud

beta= 0

Numero di imbarcazioni ancorate ad ogni corpo morto

n= 2

SET	DIR	V	DIR. CAL.	DIR. CAL.	P	p_t	p_l	P_t	P_l
	(°)	(m/s)	(°)	(rad)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN)	(kN)
1	7,5	25	-7,5	-0,13	0,38	0,38	-0,05	2,96	-1,05
2	22,5	25	-22,5	-0,39	0,38	0,35	-0,14	2,73	-2,94
3	37,5	25	-37,5	-0,65	0,38	0,3	-0,23	2,34	-4,83
4	52,5	25	-52,5	-0,92	0,38	0,23	-0,3	1,79	-6,3
5	67,5	25	-67,5	-1,18	0,38	0,14	-0,35	1,09	-7,35
6	82,5	25	-82,5	-1,44	0,38	0,05	-0,38	0,39	-7,98
7	97,5	25	-97,5	-1,7	0,38	-0,05	-0,38	-0,39	-7,98
8	112,5	25	-112,5	-1,96	0,38	-0,14	-0,35	-1,09	-7,35
9	127,5	25	-127,5	-2,22	0,38	-0,23	-0,3	-1,79	-6,3
10	142,5	25	-142,5	-2,49	0,38	-0,3	-0,23	-2,34	-4,83
11	157,5	25	-157,5	-2,75	0,38	-0,35	-0,15	-2,73	-3,15
12	172,5	25	-172,5	-3,01	0,38	-0,38	-0,05	-2,96	-1,05
13	187,5	25	-187,5	-3,27	0,38	-0,38	0,05	-2,96	1,05
14	202,5	25	-202,5	-3,53	0,38	-0,35	0,14	-2,73	2,94
15	217,5	25	-217,5	-3,79	0,38	-0,3	0,23	-2,34	4,83
16	232,5	25	-232,5	-4,06	0,38	-0,23	0,3	-1,79	6,3
17	247,5	25	-247,5	-4,32	0,38	-0,15	0,35	-1,17	7,35
18	262,5	25	-262,5	-4,58	0,38	-0,05	0,38	-0,39	7,98
19	277,5	25	-277,5	-4,84	0,38	0,05	0,38	0,39	7,98
20	292,5	25	-292,5	-5,1	0,38	0,14	0,35	1,09	7,35
21	307,5	25	-307,5	-5,36	0,38	0,23	0,3	1,79	6,3
22	322,5	25	-322,5	-5,63	0,38	0,3	0,23	2,34	4,83
23	337,5	25	-337,5	-5,89	0,38	0,35	0,15	2,73	3,15
24	352,5	25	-352,5	-6,15	0,38	0,38	0,05	2,96	1,05

VALORI MASSIMI DELLE AZIONI **2,96** **7,98** KN

AZIONI MOTO ONDOSI

N= 2 KN/m

N1= 26 moto ondoso al traverso N2= 9 moto ondoso allineato

AZIONI CORRENTE

V= 1 velocità della corrente

ρ = 1025 densità acqua marina

Cd= 0,3 coeff. Drag per strutture allineate alla corrente 0,6 coeff. Drag per strutture di traverso

C1= 153,75 Corrente nella direzione allineata (kPa) C2= 307,5 Corrente nella direzione al traverso

Fc1= 8,994375 KN Fc2= 17,98875 KN

FORZE COMPLESSIVE MASSIME IN DIREZIONE ALLINEATA DOVUTE ALL'IMBARCAZIONE= 20,95438 KN dovute al pontile 3,0m 12,045 KN

FORZE COMPLESSIVE MASSIME IN DIREZIONE NORMALE DOVUTE ALL'IMBARCAZIONE= 51,96875 KN dovute al pontile 3,0m 37,12 KN

$R_n=$	89,08875	(azione massima normale al pontile)
$R_t=$	32,99938	(azione massima tangenziale al pontile)
$R'=$	89,08875	(sforzo massimo agente sul punto di ancoraggio)

DIMENSIONAMENTO CATENE PER ANCORAGGIO PONTILE

$\alpha=$	0	0	(angolo della catena sulla verticale)
$\beta=$	15	0,26	(angolo della catena sull'orizzontale)

$C=R'/(cos(0)*cos(15))$ dove C è l'azione sulla catena (KN)

R'	$C=$	46,095	(sforzo massimo sulla singola catena)
Carico di Rottura= $C*3$		138,285	

DIMENSIONI DEL CORPO MORTO PER PONTILI

$A=$	2,5	(larghezza)	$A'=$	6,25	(m^2)	$Y=$	2,5	(peso specifico cls) (ton/m^3)
$B=$	2,5	(profondità)	$A=$	3,75	(m^2)	$Yw=$	1	(peso specifico acqua) (ton/m^3)
$H=$	1,5	(altezza)	$V=$	9,375	(m^3)			
$H_i=$	0	(interramento)						

AZIONI AGENTI SUL CORPO MORTO

	(ton)	
$C=$	9,256024	azione sul corpo morto dovute alle imbarcazioni
$C_o=C*cos1$	8,94	azione orizzontale sul corpo morto delle catene
$C_v=C*sen1$	2,38	azione verticale sul corpo morto delle catene
$P=$	23,4375	peso proprio del corpo morto= $V*Y$
$Sw=$	9,375	sottospinta idraulica= $V*Yw$
$Fd=$	0	forza di drag
$Fl=$	0	forza di lift
$Fm=$	0	forza di massa
$Sp=$	0	spinta passiva

BRACCI	(m)
$d1=$	1,25
$d2=$	1,25
$d3=$	1,25
$h1=$	1,5

VERIFICHE GLOBALI SUL CORPO MORTO

Verifica allo scorrimento

	(ton)	
$F=$	8,94	risultante forze orizzontali
$P=$	11,6825	risultante forza verticali
$\mu_s=$	1,045	$P*0,8/F$

Verifica al ribaltamento

	($ton*m$)	
$M_s=$	14,6	momento generato dalle forze verticali o mometo sollecitante dovuto all'azione della catena sul corpo
$M_r=$	13,41	momento generato dalle forze orizzontali o momento resistente dovuto al peso del corpo
$\mu_r=$	1,089	M_s/M_r

ANCORAGGIO POSTI BARCA DA 15,0M

PONTILE 12x3,0m

AZIONI VENTO

Geometria pontile

L= 12 lunghezza in m

larg= 3 larghezza in m

Et= 2,25 area esposta trasversale

Ei= 9 area esposta longitudinale

Velocità del vento

V= 25

Angolo di inclinazione delle imbarcazioni rispetto all'asse Nord-Sud

beta= 90

Htot= 1,25 m

profondità carena= 0,5 m

bordo libero= 0,75 m

Cd= 0,6

$$q_x = 0,0006 * V^2$$

$$P_t = C_d * E_t * q_x$$

$$P_l = C_d * E_l * q_x$$

SET	DIR	V	DIR. CAL.	DIR. CAL.	P	p_t	p_l	P_t	P_l
	(°)	(m/s)	(°)	(rad)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN)	(kN)
1	7,5	25	-7,5	-0,13	0,38	0,38	-0,05	0,51	-0,27
2	22,5	25	-22,5	-0,39	0,38	0,35	-0,14	0,47	-0,76
3	37,5	25	-37,5	-0,65	0,38	0,3	-0,23	0,41	-1,24
4	52,5	25	-52,5	-0,92	0,38	0,23	-0,3	0,31	-1,62
5	67,5	25	-67,5	-1,18	0,38	0,14	-0,35	0,19	-1,89
6	82,5	25	-82,5	-1,44	0,38	0,05	-0,38	0,07	-2,05
7	97,5	25	-97,5	-1,7	0,38	-0,05	-0,38	-0,07	-2,05
8	112,5	25	-112,5	-1,96	0,38	-0,14	-0,35	-0,19	-1,89
9	127,5	25	-127,5	-2,22	0,38	-0,23	-0,3	-0,31	-1,62
10	142,5	25	-142,5	-2,49	0,38	-0,3	-0,23	-0,41	-1,24
11	157,5	25	-157,5	-2,75	0,38	-0,35	-0,15	-0,47	-0,81
12	172,5	25	-172,5	-3,01	0,38	-0,38	-0,05	-0,51	-0,27
13	187,5	25	-187,5	-3,27	0,38	-0,38	0,05	-0,51	0,27
14	202,5	25	-202,5	-3,53	0,38	-0,35	0,14	-0,47	0,76
15	217,5	25	-217,5	-3,79	0,38	-0,3	0,23	-0,41	1,24
16	232,5	25	-232,5	-4,06	0,38	-0,23	0,3	-0,31	1,62
17	247,5	25	-247,5	-4,32	0,38	-0,15	0,35	-0,2	1,89
18	262,5	25	-262,5	-4,58	0,38	-0,05	0,38	-0,07	2,05
19	277,5	25	-277,5	-4,84	0,38	0,05	0,38	0,07	2,05
20	292,5	25	-292,5	-5,1	0,38	0,14	0,35	0,19	1,89
21	307,5	25	-307,5	-5,36	0,38	0,23	0,3	0,31	1,62
22	322,5	25	-322,5	-5,63	0,38	0,3	0,23	0,41	1,24
23	337,5	25	-337,5	-5,89	0,38	0,35	0,15	0,47	0,81
24	352,5	25	-352,5	-6,15	0,38	0,38	0,05	0,51	0,27

VALORI MASSIMI DELLE AZIONI

0,51 2,05 KN

AZIONI MOTO ONDOSO

N= 2 KN/m

N1= 24 moto ondoso al traverso

N2= 6 moto ondoso allineato

AZIONI CORRENTE

V= 1 velocità della corrente

ρ = 1025 densità acqua marina

Cd= 0,3 coeff. Drag per strutture allineate alla corrente

0,6 coeff. Drag per strutture di traverso

C1= 153,75 Corrente nella direzione allineata (kPa)

C2= 307,5 Corrente nella direzione al traverso

Fc1= 5,535 KN

Fc2= 11,07 KN

FORZE COMPLESSIVE MASSIME IN DIREZIONE ALLINEATA DOVUTE AL PONTILE=

12,045 KN

FORZE COMPLESSIVE MASSIME IN DIREZIONE NORMALE DOVUTE AL PONTILE=

37,12 KN

IMBARCAZIONI

AZIONI VENTO

Geometria imbarcazione

L= 15 lunghezza in m profondità carena= 1

larg= 5 larghezza in m

Et= 18 area esposta trasversale

El= 45 area esposta longitudinale Cd= 0,6

Velocità del vento

V= 25

Angolo di inclinazione delle imbarcazioni rispetto all'asse Nord-Sud

beta= 0

Numero di imbarcazioni ancorate ad ogni corpo morto

n= 2

$$q_x = 0,0006 * V^2$$

$$P_t = C_d * E_t * q_x$$

$$P_l = C_d * E_l * q_x$$

SET	DIR	V	DIR. CAL.	DIR. CAL.	P	p_t	p_l	P_t	P_l
	(°)	(m/s)	(°)	(rad)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kN)	(kN)
1	7,5	25	-7,5	-0,13	0,38	0,38	-0,05	4,1	-1,35
2	22,5	25	-22,5	-0,39	0,38	0,35	-0,14	3,78	-3,78
3	37,5	25	-37,5	-0,65	0,38	0,3	-0,23	3,24	-6,21
4	52,5	25	-52,5	-0,92	0,38	0,23	-0,3	2,48	-8,1
5	67,5	25	-67,5	-1,18	0,38	0,14	-0,35	1,51	-9,45
6	82,5	25	-82,5	-1,44	0,38	0,05	-0,38	0,54	-10,26
7	97,5	25	-97,5	-1,7	0,38	-0,05	-0,38	-0,54	-10,26
8	112,5	25	-112,5	-1,96	0,38	-0,14	-0,35	-1,51	-9,45
9	127,5	25	-127,5	-2,22	0,38	-0,23	-0,3	-2,48	-8,1
10	142,5	25	-142,5	-2,49	0,38	-0,3	-0,23	-3,24	-6,21
11	157,5	25	-157,5	-2,75	0,38	-0,35	-0,15	-3,78	-4,05
12	172,5	25	-172,5	-3,01	0,38	-0,38	-0,05	-4,1	-1,35
13	187,5	25	-187,5	-3,27	0,38	-0,38	0,05	-4,1	1,35
14	202,5	25	-202,5	-3,53	0,38	-0,35	0,14	-3,78	3,78
15	217,5	25	-217,5	-3,79	0,38	-0,3	0,23	-3,24	6,21
16	232,5	25	-232,5	-4,06	0,38	-0,23	0,3	-2,48	8,1
17	247,5	25	-247,5	-4,32	0,38	-0,15	0,35	-1,62	9,45
18	262,5	25	-262,5	-4,58	0,38	-0,05	0,38	-0,54	10,26
19	277,5	25	-277,5	-4,84	0,38	0,05	0,38	0,54	10,26
20	292,5	25	-292,5	-5,1	0,38	0,14	0,35	1,51	9,45
21	307,5	25	-307,5	-5,36	0,38	0,23	0,3	2,48	8,1
22	322,5	25	-322,5	-5,63	0,38	0,3	0,23	3,24	6,21
23	337,5	25	-337,5	-5,89	0,38	0,35	0,15	3,78	4,05
24	352,5	25	-352,5	-6,15	0,38	0,38	0,05	4,1	1,35

VALORI MASSIMI DELLE AZIONI	4,1	10,26	KN
-----------------------------	-----	-------	----

AZIONI MOTO ONDO SO

N= 2 KN/m

N1= 30 moto ondoso al trasverso N2= 10 moto ondoso allineato

AZIONI CORRENTE

V= 1 velocità della corrente

ρ = 1025 densità acqua marina

Cd= 0,3 coeff. Drag per strutture allineate alla corrente 0,6 coeff. Drag per strutture di trasverso

C1= 153,75 Corrente nella direzione allineata (kPa) C2= 307,5 Corrente nella direzione al trasverso

Fc1= 11,53125 KN Fc2= 23,0625 KN

FORZE COMPLESSIVE MASSIME IN DIREZIONE ALLINEATA DOVUTE ALL'IMBARCAZIONE= 25,63125 KN dovute al pontile 3,0r 12,045 KN

FORZE COMPLESSIVE MASSIME IN DIREZIONE NORMALE DOVUTE ALL'IMBARCAZIONE= 63,3225 KN dovute al pontile 3,0r 37,12 KN

R_n =	100,4425	(azione massima normale a due imbarcazioni)
R_t =	37,67625	(azione massima tangenziale a due imbarcazioni)
R' =	100,4425	(sforzo massimo agente sul punto di ancoraggio)

DIMENSIONAMENTO CATENE PER ANCORAGGIO PONTILE

$\alpha=$	0	0	(angolo della catena sulla verticale)
$\beta=$	15	0,26	(angolo della catena sull'orizzontale) $C=R'/(cos(0)*cos(15))$ dove C è l'azione sulla catena
(KN)			
R'	C=	51,97	(sforzo massimo sulla singola catena)
Carico di Rottura=C*3		155,91	

DIMENSIONI DEL CORPO MORTO PER PONTILI

A=	2,5	(larghezza)	A'=	6,25	(m ²)	Y=	2,5	(peso specifico cls) (ton/m ³)
B=	2,5	(profondità)	A=	5	(m ²)	Yw=	1	(peso specifico acqua)(ton/m ³)
H=	2	(altezza)	V=	12,5	(m ³)			
Hi=	0	(interramento)						

AZIONI AGENTI SUL CORPO MORTO

	(ton)	
C=	10,43574	azione sul corpo morto dovute alle imbarcazioni
$C_o=C*cos1$	10,08	azione orizzontale sul corpo morto delle catene
$C_v=C*sen1$	2,68	azione verticale sul corpo morto delle catene
P=	31,25	peso proprio del corpo morto=V*Y
Sw=	12,5	sottospinta idraulica=V*Yw
Fd=	0	forza di drag
Fl=	0	forza di lift
Fm=	0	forza di massa
Sp=	0	spinta passiva

BRACCI	(m)
d1=	1,25
d2=	1,25
d3=	1,25
h1=	2

VERIFICHE GLOBALI SUL CORPO MORTO

Verifica allo scorrimento

	(ton)	
F=	10,08	risultante forze orizzontali
P=	16,07	risultante forza verticali
$\mu_s=$	1,275	$P*0,8/F$

Verifica al ribaltamento

	(ton*m)	
Ms=	20,09	momento generato dalle forze verticali o mometo sollecitante dovuto all'azione della catena sul corpo
Mr=	20,16	momento generato dalle forze orizzontali o momento resistente dovuto al peso del corpo
$\mu_r=$	0,997	Ms/Mr

6.2 Verifica del carico a rottura delle catene

Considerando che ogni pontile viene collegato con una catena alla catenaria che collega i tre corpi morti, posta parallelamente al pontile stesso, e considerando il carico a rottura della catena genovese da 20 mm riportato al punto 3.2.2 è pari a 172 KN, si ha:

Forza max barca da 7,0m	:	F=57 KN
Forza max barca da 9,0m	:	F=65 KN
Forza max barca da 11,0m	:	F=76 KN
Forza max barca da 13,0m	:	F=89 KN
Forza max barca da 15,0m	:	F=100 KN

Coefficiente di sicurezza $S_{min} = 172 / 100 = 1,72$

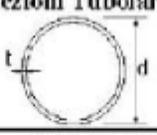
6.3 Verifiche strutturali dei pali di ancoraggio

La configurazione dei pontili galleggianti è costituita da un pontile di spina di dimensioni 12,00x3,00m, che parte dal pontile fisso e procede verso Ovest in direzione della diga foranea. A tale pontile si collegano n. 6 file di pontili di dimensioni 12,00x2,50m.

Per aumentare la rigidità del sistema, il pontile di spina è ancorato su pali d'acciaio di diametro $\phi=406$ mm. Nel seguito si effettua la verifica strutturale dei pali nella sezione più sollecitata, posta al termine del pontile di spina.

6.3.1 Caratteristiche dei pali (profilo, diametro, profondità di infissione)

- profilo sezione palo: tubolare;
- diametro nominale (esterno): $d_e = 406,00$ mm;
- spessore: $t = 12,50$ mm;
- diametro interno: $d_i = 381,00$;
- area della sezione trasversale: $A = 320,40$ cm²;
- modulo di resistenza plastico: $W_{pl} = 1936,18$ cm³;
- tipo di acciaio: S 355 H;
- valore di snervamento dell'acciaio: $f_{yk} = 355$ MPa
- coefficiente ϵ : 0,81;
- prodotto $50\epsilon^2$: 32,51
- rapporto tra diametro e spessore: $d/t = 25,4$;
- classificazione della sezione tubolare: Classe 1 - $d/t < 50\epsilon^2$ (vedi tabella di seguito riportata – rif. Tab. 4.2.V D.M. 17/01/2018).

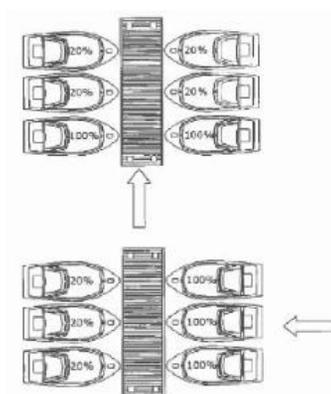
Sezioni Tubolari						
						
Classe	Sezione inflessa e/o compressa					
1	$d/t \leq 50\epsilon^2$					
2	$d/t \leq 70\epsilon^2$					
3	$d/t < 90\epsilon^2$ (Per $d/t > 90\epsilon^2$ vedere EN 1003-1-d)					
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	ϵ^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

- Profondità di infissione variabile : $L = 5,00 - 9,00$ m
- Quota fondale in corrispondenza del pontile di spina variabile : da $- 3,00$ m a $- 5,00$ m
- Quota azione trasmessa dal pontile al palo : $+ 1,00$ m

- Profondità di infissione nella sezione più sollecitata : $L = 9,00$ m
- Quota fondale nella sezione più sollecitata: $L = - 5,00$ m

6.3.2 Schema di calcolo

Per il calcolo delle azioni agenti sul pontile derivanti dalla spinta del vento, del moto ondoso e dalla corrente sulle imbarcazioni si è fatto riferimento allo schema di calcolo per la verifica degli ancoraggi, riportato precedentemente. In aggiunta, con riferimento alle azioni del vento, si riporta lo schema tratto dalle Australian Standard che tiene conto dell'azione di schermatura delle barche poste sopravvento in ciascuna direzione rispetto al pontile, associando il carico totale pari al 100% per le imbarcazioni sopravvento ed il 20% per le imbarcazioni sottovento. Detto schema non è stato utilizzato, a vantaggio di sicurezza, per il calcolo degli ancoraggi con i corpi morti.



Le azioni vengono calcolate con riferimento al termine del pontile di spina di 3,00m allo snodo con il pontile da 2,5m, e vengono assorbite da n. 4 pali (n. 2 sul pontile da 3,0m e n. 2 sul pontile da 2,5m).

Si riportano nella tabella seguente le forze complessive dovute al vento, alla corrente ed alle onde residue ottenute sommando le azioni sul pontile e sulle imbarcazioni, con riferimento alle imbarcazioni da 7,0, 9,0, 11,0, 13,0 e 15,0m.

	Forza al traverso (KN)	Forza in linea (KN)
Pontile da 2,5m	34,4	9,9
Imbarcazioni da 7,0m	22,57	8,60
Imbarcazioni da 9,0m	30,63	11,52
Imbarcazioni da 11,0m	41,46	16,81
Imbarcazioni da 13,0m	51,97	20,95
Imbarcazioni da da 15,0m	63,32	25,63

La somma delle azioni sul pontile da 2,5m e sulle imbarcazioni ancorate nella sezione di calcolo (al traverso per il pontile, in linea per imbarcazioni da 7,0m e da 13,0m) fornisce:

$F = 94,16$ KN che, ripartita su 4 pali, fornisce: $F = 23,5$ KN.

6.3.3 Verifiche strutturali

Nel presente paragrafo si procede alla verifica della sezione trasversale del palo caricato in testa dall'azione trasversale definita nel paragrafo precedente, che in considerazione delle condizioni di vincolo del palo stesso, genera nelle membrature della sezione tubolare sollecitazioni di flessione e taglio (si fa riferimento al punto 4.2.4 del DM 17/01/2018).

Il momento flettente di calcolo M_{Ed} deve rispettare la seguente condizione:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

Considerato che la sezione trasversale del palo appartiene alla classe 1, la resistenza di calcolo a flessione retta della sezione è pari a:

$$M_{c,Rd} = \frac{M_{pl,Rd}}{\xi} = \frac{1}{\xi} \frac{f_{yk} W_{pl}}{\gamma_{M0}}$$

In cui si tiene conto del fattore di correlazione ξ , il cui valore è funzione del numero di verticali di indagine secondo la tabella 6.4 IV del D.M. 2018, pari a 2 (vedi Relazione Geotecnica).

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Mentre il momento di calcolo si ricava dalla seguente espressione (teoria di Broms – ipotesi di palo corto):

$$M_{Ed} = H \left(e + \frac{2}{3} f \right)$$

Essendo:

e = quota di H rispetto al fondo del mare;

H = carico trasversale agente sul palo più sollecitato. Tale valore, essendo un'azione variabile, è amplificato con un coefficiente pari ad 1,5, in accordo con la tab. 2.6.I del D.M. 2018;

Nell'equazione precedente il valore di f è pari a:

$$f = 0,816 \sqrt{\frac{H}{k_p \gamma' d}}$$

Pertanto nel caso specifico, si ha:

H (KN)	ξ	f	Wpl (cm ³)	Fyh (KN/cm ²)	γ_{m0}	Med (KNm)	Mcrd (KNm)
35,25	1,65	1,35	1936,18	35,5	1,05	243,2	396,7

Si ottiene : $M_{ed} = 243,2 \text{ KN m} < M_{Crd} = 396,7 \text{ KN m}$

Per cui la verifica risulta soddisfatta.

Si evidenzia infine che nella verifica sopra riportata non si è tenuto conto dell'influenza del taglio poiché, come riportato nel paragrafo 4.2.4.1.2.6 del D.M. del 2018, tale influenza può essere trascurata qualora il taglio di progetto V_{ed} sia inferiore a metà della resistenza di progetto a taglio V_{cRd} .

Nel caso in esame la resistenza di calcolo a taglio, tenuto conto del fattore di correlazione ξ definito in precedenza vale:

$$V_{c,Rd} = \frac{1}{\xi} \frac{A_v f_{yk}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

Essendo per sezioni circolari cave e tubi di spessore uniforme:

$$A_v = \frac{2A}{\pi},$$

con A= area lorda della sezione del profilo.

L'azione tagliante massima, amplificata per 1,5, vale: $H = 35,25 \text{ KN}$, per cui la verifica risulta soddisfatta risultando:

$$V_{Ed} = 35,25 \text{ KN} < V_{cR,d} = 4732 \text{ KN}$$

Per la verifica dell'ipotesi di palo corto si fa riferimento al paragrafo successivo.

6.3.4 Verifica di sicurezza dei pali

Ai fini delle verifiche di sicurezza occorre distinguere i possibili meccanismi di rottura di palo corto e di palo lungo.

Per i pali relativamente corti e rigidi, infatti, il valore del carico limite orizzontale dipende solo dalle caratteristiche geometriche del palo (lunghezza e diametro, distanza dalla testa dal piano di infissione e , e dalla resistenza del terreno (angolo di attrito ϕ e peso immerso γ' dell'unità di volume per i terreni incoerenti).

Per i pali lunghi, invece, il valore limite di H dipende anche dalle caratteristiche di resistenza del palo, in quanto la rottura avviene con formazione di una cerniera plastica lungo il fusto del

palo per raggiungimento del momento di plasticizzazione della sezione resistente.

Il procedimento da adottare è il seguente: si calcola il valore del carico limite ipotizzando che si verifichi il meccanismo di rottura di palo corto; noto il massimo momento flettente che si genera lungo il fusto, lo si confronta con il momento di plasticizzazione della corrispondente sezione trasversale, verificando il meccanismo ipotizzato.

Per il problema in esame il generico palo è stato considerato come libero di ruotare in testa, assumendo come eccentricità e della testa rispetto al piano di infissione la distanza che intercorre tra la quota del fondale (posta pari a -5,0 m sul livello del mare) e la quota del bordo libero dei pontili (+1,0 m).

Il calcolo della capacità portante per le azioni orizzontali è stato, quindi, eseguito facendo riferimento alle espressioni proposte da Broms riportate di seguito:

Nell'ipotesi di palo corto, si ha:

$$\frac{M_{max}}{k_p \gamma' d^4} = \frac{L}{2(L+e)} \left(\frac{L}{d}\right)^3 \left(\frac{e}{L} + 0.544 \sqrt{\frac{L}{2(L+e)}}\right)$$

È necessario però verificare che $M_{max} < M_y$, essendo M_y il momento di plasticizzazione della sezione resistente del palo che si ricava dall'espressione riportata al paragrafo 4.2.4 del DM 17/01/2018:

$$M_y = M_{pl} = \frac{f_{yk} W_{pl}}{\gamma_{M0}}$$

Se risulta $M_{max} > M_y$, il palo è lungo. L'espressione di M_{max} rimane invariata, ma risulta limitata dal valore di M_y , per cui l'equazione di riferimento diventa:

$$\frac{M_y}{k_p \gamma' d^4} = \frac{H}{k_p \gamma' d^3} \left(\frac{e}{d} + 0.544 \sqrt{\frac{H}{k_p \gamma' d^3}}\right)$$

Pertanto nel caso specifico, si ha:

Wpl (cm ³)	f _{yh} (KN/cm ²)	γ _{mo}	H (KN)	γ' (KN/m ³)	d (m)	K _p	e (m)	Med (KNm)	M _{crd} (KNm)
1936,18	35,5	1,05	35,25	10,8	0,406	3,0	6,0	2776	655

Si ottiene : $M_{max} = 2776 \text{ KN m} > M_{pl} = 655 \text{ KN m}$ il palo è lungo.

A questo punto calcoliamo, a partire dall'equazione del momento di plasticizzazione, il valore di H_{lim} , per poi confrontarlo con il valore di H (forza laterale massima calcolata precedentemente).

Calcoliamo H_{lim} con l'equazione di M_y , assumendo M_{max} pari ad M_{pl} . Si ha:

γ' (KN/m ³)	d (m)	Kp	e (m)	H_{lim} (KN)	$H_{lim,d}$ (KN)	H_{amm} (KN)
10,8	0,406	3,0	6,0	88,2	67,8	27,4

Il valore caratteristico del carico limite orizzontale $H_{lim,k}$ è dato dal minore dei valori ottenuti applicando alla resistenza calcolata (H_{lim}) i fattori di correlazione ξ in funzione delle verticali di sondaggio indagate.

Il valore della resistenza di progetto $H_{lim,d}$ si ottiene applicando ad $H_{lim,k}$ il coefficiente $\gamma_t = 1,3$.

Si avrà pertanto:

$$H_{lim,d} = \frac{H_{lim,k}}{\gamma_t}$$

Bisogna considerare tuttavia che è necessario applicare un ulteriore coefficiente parziale sulle azioni secondo quanto riportato nella tabella 2.6.I del DM 17/01/2018, per cui, considerato che nel caso in esame le azioni sono di tipo variabile, il carico trasversale massimo consentito H sarà:

$$H_{amm} = \frac{H_{lim,d}}{\gamma_{Qi}} = \frac{H_{lim,d}}{1.5}$$

Tale valore deve essere confrontato con il carico orizzontale massimo agente sul singolo palo.

Per cui:

- $H_{amm} = 27,4$ KN.
- La verifica è pertanto soddisfatta, essendo $F_{max} = 23,5$ KN < $H_{amm} = 27,4$ KN.