

Concessionario:

**PORTO TURISTICO
INTERNAZIONALE DI RAPALLO S.p.A.**

Porto Carlo Riva



Calata Andrea Doria, 2 - 16035 Rapallo (GE)

Committente:



ARGO S.r.l.

Piazza Generale Armando Diaz, 1 - 20123 MILANO

Titolo generale:

**PORTO TURISTICO INTERNAZIONALE DI RAPALLO
INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA
DELLO SPECCHIO ACQUEO**

PROGETTO DEFINITIVO

Titolo elaborato:

DIMENSIONAMENTO DEI SISTEMI DI ORMEGGI

Progettazione esecutiva architettonica:



Progettazione esecutiva fasi 2 e 4:



Corso Torino 17/6 sc.A - 16129 Genova
Tel. 010.5740568
E-mail: studio@ingepro.eu
PEC: studio@pec.ingepro.eu
C.F. e P. IVA: 02726060995

Progettazione esecutiva impiantistica:

STUDIO TECNICO QUEIROLO

Via Piani di Coreglia 38/2 - 16040 COREGLIA
Tel. 0185.334127 Fax 0185.334027
e-mail: info@studioqueirolo.com
P. IVA: 01089270993

Revisione	Data	Redatto da:	Verificato da:	Approvato da:	Descrizione
0	Aprile 2022	MLB	MGM	AD	Emissione

Data:	Scala:	Codice interno:
Aprile 2022	-	Codice generale elaborato:
		V3-R-08-00

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

SOMMARIO

1	PREMESSA	5
2	PIANO DI ORMEGGI.....	6
3	APPROCCIO DI CALCOLO	8
3.1	MASSIMO TIRO CONTRASTABILE CON ATTRITO.....	8
3.2	MASSIMO TIRO ESERCITATO DALLE IMBARCAZIONI.....	9
4	VERIFICHE DEI SISTEMI DI ORMEGGIO	11
4.1	DESCRIZIONE DEI SISTEMI DI ORMEGGIO.....	11
4.1.1	<i>Pontili.....</i>	<i>11</i>
4.1.2	<i>Molo Est.....</i>	<i>12</i>
4.1.3	<i>Molo Sud.....</i>	<i>13</i>
4.1.4	<i>Piazzale.....</i>	<i>14</i>
4.1.5	<i>Molo Langano.....</i>	<i>16</i>
4.2	ORMEGGI A TERRA.....	17
4.2.1	<i>Pontili.....</i>	<i>18</i>
4.2.1.1	Pontile n.2 – I braccio – lato nord.....	18
4.2.1.1.1	Azione del vento su imbarcazione.....	18
4.2.1.1.1.1	Imbarcazioni tipo 1 (L ≤ 10 m).....	18
4.2.1.1.1.2	Imbarcazioni tipo 2B (L = 14 m).....	19
4.2.1.1.2	Dimensionamento delle bitte.....	19
4.2.1.1.2.1	Imbarcazioni tipo 1 (L ≤ 10 m) e tipo 2B (L = 14 m).....	19
4.2.1.2	Pontile n.2 – I braccio – lato sud.....	20
4.2.1.2.1	Azione del vento su imbarcazione.....	20
4.2.1.2.1.1	Imbarcazioni tipo 1 (L ≤ 10 m).....	20
4.2.1.2.2	Dimensionamento delle bitte.....	20
4.2.1.2.2.1	Imbarcazioni tipo 1 (L ≤ 10 m).....	20
4.2.1.3	Pontile n.2 – II braccio – lato nord.....	21
4.2.1.3.1	Azione del vento su imbarcazione.....	21
4.2.1.3.1.1	Imbarcazioni tipo 1 (L ≤ 10 m).....	21
4.2.1.3.1.2	Imbarcazioni tipo 2A (L = 12 m).....	22
4.2.1.3.1.3	Imbarcazioni tipo 3 (16 m ≤ L ≤ 20 m).....	22
4.2.1.3.2	Dimensionamento delle bitte.....	23
4.2.1.3.2.1	Imbarcazioni tipo 1 (L ≤ 10 m), tipo 2A (L = 12 m) e tipo 3 (16 m ≤ L ≤ 20 m).....	23
4.2.1.4	Pontile n.2 – II braccio – lato sud.....	24
4.2.1.4.1	Azione del vento su imbarcazione.....	24
4.2.1.4.1.1	Imbarcazioni tipo 1 (L ≤ 10 m).....	24
4.2.1.4.2	Dimensionamento delle bitte.....	24
4.2.1.4.2.1	Imbarcazioni tipo 1 (L ≤ 10 m).....	24
4.2.1.5	Pontile n.3 – I braccio – lato nord.....	25
4.2.1.5.1	Azione del vento su imbarcazione.....	25
4.2.1.5.1.1	Imbarcazioni tipo 1 (L ≤ 10 m).....	25
4.2.1.5.1.2	Imbarcazioni tipo 2A (L = 12 m).....	26
4.2.1.5.2	Dimensionamento delle bitte.....	26
4.2.1.5.2.1	Imbarcazioni tipo 1 (L ≤ 10 m) e tipo 2A (L = 12 m).....	26
4.2.1.6	Pontile n.3 – I braccio – lato sud.....	27
4.2.1.6.1	Azione del vento su imbarcazione.....	27
4.2.1.6.1.1	Imbarcazioni tipo 1 (L ≤ 10 m).....	27
4.2.1.6.1.2	Imbarcazioni tipo 2A (L = 12 m).....	28

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	1 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.1.6.2	Dimensionamento delle bitte.....	28
4.2.1.6.2.1	Imbarcazioni tipo 1 (L ≤ 10 m) e tipo 2A (L = 12 m).....	28
4.2.1.7	Pontile n.3 – II braccio – lato nord	29
4.2.1.7.1	Azione del vento su imbarcazione.....	29
4.2.1.7.1.1	Imbarcazioni tipo 1 (L ≤ 10 m)	29
4.2.1.7.1.2	Imbarcazioni tipo 2A (L = 12 m).....	30
4.2.1.7.2	Dimensionamento delle bitte.....	30
4.2.1.7.2.1	Imbarcazioni tipo 1 (L ≤ 10 m) e tipo 2A (L = 12 m).....	30
4.2.1.8	Pontile n.3 – II braccio – lato sud	31
4.2.1.8.1	Azione del vento su imbarcazione.....	31
4.2.1.8.1.1	Imbarcazioni tipo 1 (L ≤ 10 m)	31
4.2.1.8.1.2	Imbarcazioni tipo 2A (L = 12 m).....	32
4.2.1.8.1.3	Imbarcazioni tipo 3 (16 m ≤ L ≤ 20 m)	32
4.2.1.8.2	Dimensionamento delle bitte.....	33
4.2.1.8.2.1	Imbarcazioni tipo 1 (L ≤ 10 m) e tipo 2A (L = 12 m).....	33
4.2.1.8.2.2	Imbarcazioni tipo 3 (16 m ≤ L ≤ 20 m)	33
4.2.2	<i>Molo Est</i>	34
4.2.2.1	Azione del vento su imbarcazione	34
4.2.2.1.1	Imbarcazioni tipo 3 – (16 m ≤ L ≤ 20 m).....	34
4.2.2.1.2	Imbarcazioni tipo 4 (20 m < L ≤ 30 m).....	35
4.2.2.1.3	Imbarcazioni tipo 5 (30 m < L ≤ 42 m).....	35
4.2.2.2	Dimensionamento delle bitte	36
4.2.2.2.1	Imbarcazioni tipo 3 (16 m ≤ L ≤ 20 m).....	36
4.2.2.2.2	Imbarcazioni tipo 4 (20 m < L ≤ 30 m).....	36
4.2.2.2.3	Imbarcazioni tipo 5 (30 m < L ≤ 42 m).....	37
4.2.3	<i>Molo Sud</i>	38
4.2.3.1	Molo Sud – II braccio.....	38
4.2.3.1.1	Azione del vento su imbarcazione.....	38
4.2.3.1.1.1	Imbarcazioni tipo 1 (L ≤ 10 m)	38
4.2.3.1.2	Dimensionamento delle bitte.....	39
4.2.3.1.2.1	Imbarcazioni tipo 1 (L ≤ 10 m)	39
4.2.3.2	Molo Sud – III braccio.....	39
4.2.3.2.1	Azione del vento su imbarcazione.....	39
4.2.3.2.1.1	Imbarcazioni tipo 3 (16 m ≤ L ≤ 20 m)	39
4.2.3.2.2	Dimensionamento delle bitte.....	40
4.2.3.2.2.1	Imbarcazioni tipo 3 (16 m ≤ L ≤ 20 m)	40
4.2.4	<i>Piazzale</i>	41
4.2.4.1	Azione del vento su imbarcazione	41
4.2.4.1.1	Imbarcazioni tipo 3 (16 m ≤ L ≤ 20 m).....	41
4.2.4.1.2	Imbarcazioni tipo 4 (20 m < L ≤ 30 m).....	42
4.2.4.1.3	Imbarcazioni tipo 5 (30 m < L ≤ 42 m).....	42
4.2.4.1.4	Imbarcazioni tipo 6 (42 m < L ≤ 50 m).....	43
4.2.4.2	Dimensionamento delle bitte	44
4.2.4.2.1	Imbarcazioni tipo 3 (16 m ≤ L ≤ 20 m), tipo 4 (20 m < L ≤ 30 m) e tipo 5 (30 m < L ≤ 42 m)	44
4.2.4.2.2	Imbarcazioni tipo 6 (42 m < L ≤ 50 m).....	44
4.2.5	<i>Molo Langano</i>	45
4.2.5.1	Azione del vento su imbarcazione	45
4.2.5.1.1	Imbarcazioni tipo 3 (16 m ≤ L ≤ 20 m).....	45
4.2.5.1.2	Imbarcazioni tipo 4 (20 m < L ≤ 30 m).....	46
4.2.5.1.3	Imbarcazioni tipo 5 (30 m < L ≤ 42 m).....	46
4.2.5.1.4	Imbarcazioni tipo 6 (42 m < L ≤ 50 m).....	47
4.2.5.1.5	Imbarcazioni tipo 7 (L > 50 m).....	48
4.2.5.2	Dimensionamento delle bitte	48
4.2.5.2.1	Imbarcazioni tipo 3 (16 m ≤ L ≤ 20 m), tipo 4 (20 m < L ≤ 30 m) e tipo 5 (30 m < L ≤ 42 m)	48
4.2.5.2.2	Imbarcazioni tipo 6 (42 m < L ≤ 50 m) e tipo 7 (L > 50 m).....	49
4.3	ORMEGGI A MARE.....	50

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	2 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.1	<i>Pontili</i>	51
4.3.1.1	Resistenza per attrito catene	51
4.3.1.2	Pontile n.2 – I braccio – lato nord.....	52
4.3.1.2.1	Azione del vento su imbarcazione.....	52
4.3.1.2.1.1	Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)	52
4.3.1.2.1.2	Imbarcazioni tipo 2B ($L = 14$ m).....	53
4.3.1.2.2	Dimensionamento dei corpi morti.....	53
4.3.1.2.2.1	Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)	53
4.3.1.2.2.2	Imbarcazioni tipo 2B ($L = 14$ m).....	54
4.3.1.3	Pontile n.2 – I braccio – lato sud.....	55
4.3.1.3.1	Azione del vento su imbarcazione.....	55
4.3.1.3.1.1	Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)	55
4.3.1.3.2	Dimensionamento dei corpi morti.....	55
4.3.1.4	Pontile n.2 – II braccio – lato nord	57
4.3.1.4.1	Azione del vento su imbarcazione.....	57
4.3.1.4.1.1	Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)	57
4.3.1.4.1.2	Imbarcazioni tipo 2A ($L = 12$ m).....	58
4.3.1.4.1.3	Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20$ m)	58
4.3.1.4.2	Dimensionamento dei corpi morti.....	59
4.3.1.4.2.1	Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m) e tipo 2A ($L = 12$ m).....	59
4.3.1.4.2.2	Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20$ m)	61
4.3.1.5	Pontile n.2 – II braccio – lato sud	62
4.3.1.5.1	Azione del vento su imbarcazione.....	62
4.3.1.5.1.1	Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)	62
4.3.1.5.2	Dimensionamento dei corpi morti.....	62
4.3.1.6	Pontile n.3 – I braccio – lato nord.....	64
4.3.1.6.1	Azione del vento su imbarcazione.....	64
4.3.1.6.1.1	Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)	64
4.3.1.6.1.2	Imbarcazioni tipo 2A ($L = 12$ m).....	65
4.3.1.6.2	Dimensionamento dei corpi morti.....	65
4.3.1.7	Pontile n.3 – I braccio – lato sud.....	67
4.3.1.7.1	Azione del vento su imbarcazione.....	67
4.3.1.7.1.1	Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)	67
4.3.1.7.1.2	Imbarcazioni tipo 2A ($L = 12$ m).....	68
4.3.1.7.2	Dimensionamento dei corpi morti.....	68
4.3.1.8	Pontile n.3 – II braccio – lato nord	70
4.3.1.8.1	Azione del vento su imbarcazione.....	70
4.3.1.8.1.1	Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)	70
4.3.1.8.1.2	Imbarcazioni tipo 2A ($L = 12$ m).....	71
4.3.1.8.2	Dimensionamento dei corpi morti.....	71
4.3.1.9	Pontile n.3 – II braccio – lato sud	73
4.3.1.9.1	Azione del vento su imbarcazione.....	73
4.3.1.9.1.1	Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)	73
4.3.1.9.1.2	Imbarcazioni tipo 2A ($L = 12$ m).....	74
4.3.1.9.1.3	Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20$ m)	74
4.3.1.9.2	Dimensionamento dei corpi morti.....	75
4.3.2	<i>Molo Est</i>	77
4.3.2.1	Resistenza per attrito catene	77
4.3.2.2	Azione del vento su imbarcazione	78
4.3.2.2.1	Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20$ m).....	78
4.3.2.2.2	Imbarcazioni tipo 4 ($20 \text{ m} < L \leq 30$ m).....	78
4.3.2.2.3	Imbarcazioni tipo 5 ($30 \text{ m} < L \leq 42$ m).....	79
4.3.2.3	Dimensionamento dei corpi morti	80
4.3.3	<i>Molo Sud</i>	82
4.3.3.1	Resistenza per attrito catene	82
4.3.3.2	Molo Sud – II braccio	83
4.3.3.2.1	Azione del vento su imbarcazione.....	83

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	3 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.3.2.1.1	Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)	83
4.3.3.2.2	Dimensionamento dei corpi morti.....	84
4.3.3.3	Molo Sud – III braccio.....	85
4.3.3.3.1	Azione del vento su imbarcazione.....	85
4.3.3.3.1.1	Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20$ m)	85
4.3.3.3.2	Dimensionamento dei corpi morti.....	86
4.3.4	<i>Piazzale</i>	87
4.3.4.1	Resistenza per attrito catene	87
4.3.4.2	Azione del vento su imbarcazione	88
4.3.4.2.1	Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20$ m).....	88
4.3.4.2.2	Imbarcazioni tipo 4 ($20 \text{ m} < L \leq 30$ m).....	88
4.3.4.2.3	Imbarcazioni tipo 5 ($30 \text{ m} < L \leq 42$ m).....	89
4.3.4.2.4	Imbarcazioni tipo 6 ($42 \text{ m} < L \leq 50$ m).....	89
4.3.4.3	Dimensionamento dei corpi morti	90
4.3.4.3.1	Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20$ m) e tipo 4 ($20 \text{ m} < L \leq 30$ m).....	90
4.3.4.3.2	Imbarcazioni tipo 5 ($30 \text{ m} < L \leq 42$ m) e tipo 6 ($42 \text{ m} < L \leq 50$ m).....	91
4.3.5	<i>Molo Langano</i>	93
4.3.5.1	Resistenza per attrito catene	93
4.3.5.2	Azione del vento su imbarcazione	94
4.3.5.2.1	Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20$ m).....	94
4.3.5.2.2	Imbarcazioni tipo 4 ($20 \text{ m} < L \leq 30$ m).....	94
4.3.5.2.3	Imbarcazioni tipo 5 ($30 \text{ m} < L \leq 42$ m).....	95
4.3.5.2.4	Imbarcazioni tipo 6 ($42 \text{ m} < L \leq 50$ m).....	95
4.3.5.2.5	Imbarcazioni tipo 7 ($L > 50$ m).....	96
4.3.5.3	Dimensionamento dei corpi morti	97
4.3.5.3.1	Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20$ m) e tipo 4 ($20 \text{ m} < L \leq 30$ m).....	97
4.3.5.3.2	Imbarcazioni tipo 5 ($30 \text{ m} < L \leq 42$ m), tipo 6 ($42 \text{ m} < L \leq 50$ m) e tipo 7 ($L > 50$ m).....	98

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	4 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

1 PREMESSA

Nella giornata del 29 e nella notte tra il 29 e il 30 ottobre l'eccezionale mareggiata abbattutasi nella costa ligure ha provocato, tra gli altri, ingentissimi danni nel Golfo di Rapallo e soprattutto alle strutture portuali del Porto Turistico Internazionale – Porto Carlo Riva.

A seguito di ciò, è stato elaborato un “*Piano Generale di Messa in Sicurezza delle Opere a Difesa e Tutela dell’Abitato e dell’Area Portuale*” che prevedeva diverse fasi di intervento, finalizzate al ripristino delle condizioni di sicurezza delle opere di difese a mare, con riferimento primariamente al molo sopraflutto (Molo Sud), fino alla ricostruzione di tutta la marina (in vista del recupero della sua funzionalità operativa e della conseguente ripresa del servizio portuale).

Il Piano ha previsto tre progressive fasi di intervento:

- Fase 1: ripristino urgente della mantellata dell’opera di difesa a mare;
- Fase 2: interventi di manutenzione e miglioramento delle seguenti strutture:
 - o Fase 2.1 Molo alla foce del T. Boate (Molo Duca degli Abruzzi)
 - o Fase 2.2 Molo Langanò
 - o Fase 2.3 Pontili
 - o Fase 2.4 Molo Est
- Fase 3: potenziamento opere difesa mare Molo Sud.

Gli interventi della Fase 1, così come quelli delle Fasi 2.1 e 2.2, sono stati realizzati nel 2019.

Il progetto delle Fasi residue del “Piano di Messa in Sicurezza” (Fasi 2.3 e 2.4 e Fase 3), è stato approvato con il Decreto del Presidente della Regione Liguria quale Commissario Delegato n. 9/2020 del 06.02.2020. I lavori sono stati effettivamente avviati il 03.05.2021, attualmente le opere sono in corso di esecuzione, con particolare riguardo al potenziamento dell’opera di difesa (“*ripristino ed il potenziamento del molo sopraflutto - molo Sud*”), che sarà completato entro l’autunno 2022.

Durante il corso dei lavori è emersa la necessità, oltre che di migliorare la sicurezza nei confronti delle mareggiate già assicurata dall’opera approvata, anche di migliorare la sicurezza della marina nei confronti della navigazione e dell’organizzazione dello specchio acqueo, apportando limitate modifiche rispetto alla configurazione delle strutture preesistenti: nel presente progetto sono presentate queste modifiche, finalizzate all’ottimizzazione, ammodernamento e miglioramento della funzionalità delle strutture interne portuali, aumentando la sicurezza della circolazione e dell’ormeggio nello specchio d’acqua, anche in adeguamento a prescrizioni che l’iter di VIA ha apposto alle opere inerenti il molo sopraflutto (molo Sud), che impongono di differenziare in parte l’assetto degli ormeggi rispetto alla situazione ante mareggiata.

Per la descrizione degli interventi si faccia riferimento all’elaborato progettuale “*V3-R01-00 – Relazione illustrativa*” e agli elaborati grafici facenti parte della presente progettazione.

Nel presente documento sono contenute una descrizione del piano ormeggi, delle tipologie di imbarcazione e dei sistemi di ormeggio (a terra e a mare) previsti a progetto. In esso sono altresì contenute le calcolazioni effettuate per la determinazione dell’azione massima trasmessa dalle imbarcazioni e sono dimensionati e verificati gli elementi che costituiscono i sistemi di ormeggio.

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	5 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

2 PIANO DI ORMEGGI

Lungo le banchine del bacino portuale oggetto dell'intervento, il piano ormeggi prevede alcune modifiche sulle tipologie di imbarcazioni ormeggiate in alcune zone del Poto:

- Pontili: è prevista l'eliminazione del pontile n°1 e l'ormeggio di imbarcazioni fino a 20 m lungo il pontile n°2 e n°3 (già previste nel precedente piano di ormeggi).
- Molo Est: viene sostanzialmente ridistribuita l'ubicazione degli ormeggi, allontanando quelli di dimensione maggiore dall'estremità per favorire l'ampliamento del canale di accesso.
- Molo Sud: le tipologie di imbarcazione ormeggiate lungo il molo Sud rimangono pressoché invariate, con taglia medio piccola (da 8 m a 20 m) e con ormeggi della banchina del II braccio solo estivi.
- Piazzale: la banchina del piazzale, originariamente utilizzata per ormeggio temporaneo di piccole imbarcazioni o gommoni di servizio, offrirà ormeggi per n° 6 posti per imbarcazioni di lunghezza da 16 m a 50 m.
- Molo Langano: lungo la banchina, già ospitante imbarcazioni fino a 42 m, è previsto l'ormeggio delle unità più grandi di 50 e 60 m.
 - Di seguito si riporta la planimetria del nuovo piano di ormeggi:

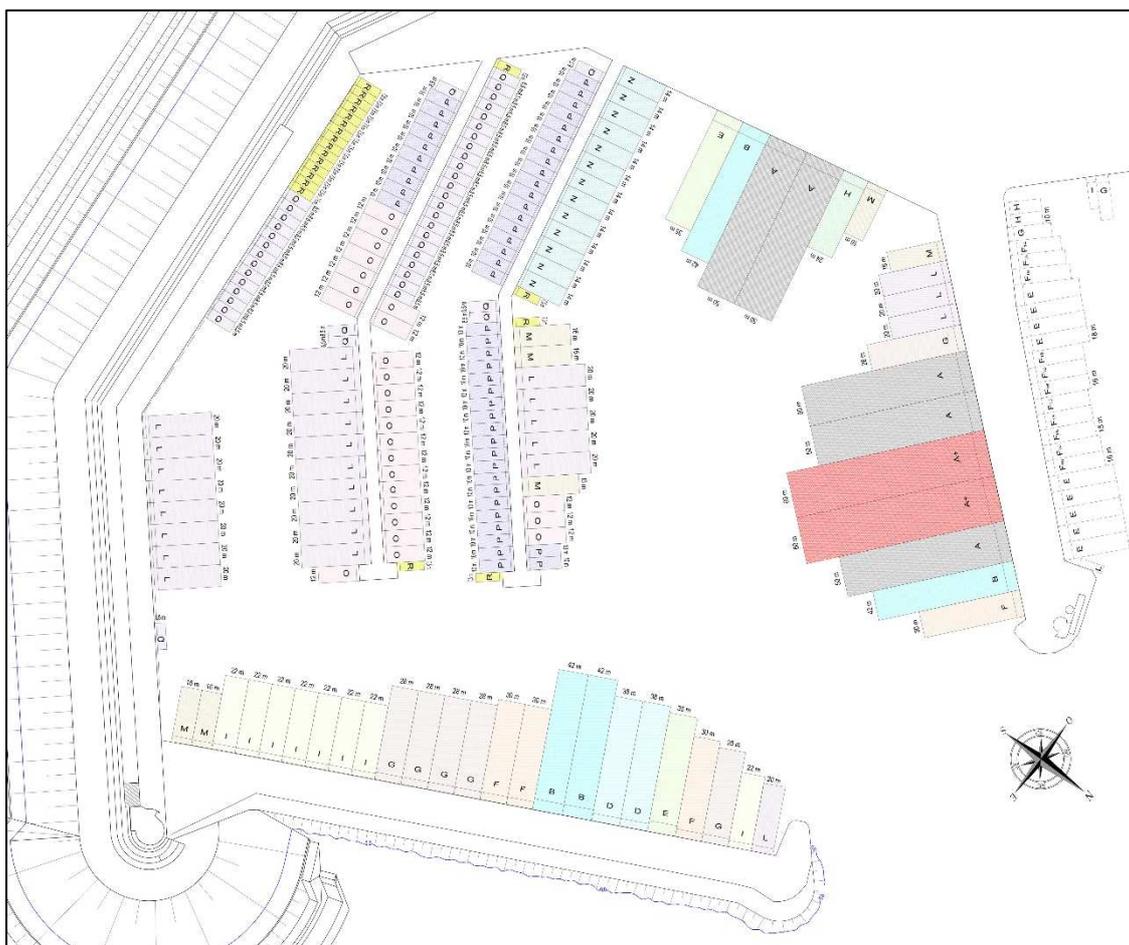


Figura 1 – Proposta di nuovo layout portuale

Le larghezze dei posti barca di tutte le unità vengono dimensionate in base all'attuale mercato della nautica, con franchi di sicurezza commisurati alla classe. Lo spazio a poppa lasciato rispetto al filo banchina varia da 1,00 m per le unità minori a 4,00 m per quelle maggiori.

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	6 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

Il suddetto piano di ormeggio tiene altresì conto delle prescrizioni della conferenza dei servizi a riguardo dell'ormeggio sulla diga sud, che dovrà essere consentito nei periodi invernali a unità di lunghezza maggiori di 20 m, e tiene sostanzialmente invariato l'assetto dei pontili 2 e 3, salvo alcune lievi variazioni, mentre modifica radicalmente gli ormeggi sulla porzione est del molo Langano e massimizza le dimensioni dei posti barca sul molo est, anche in considerazione della riduzione delle unità nel molo sud.

Nella tabella seguente sono riportati i posti barca previsti dal nuovo piano di ormeggio.

ORMEGGI		
<i>Categoria</i>	<i>Dimensioni in metri*</i>	<i>Quantità</i>
A+	60,00X15,00	2
A	50,00X13,00	5
B	42,00X9,50	4
D	38,00X9,00	2
E	35,00X9,00	3
F	30,00X8,50	5
G	28,00X8,50	6
H	24,00X8,50	1
I	22,00X7,50	7
L	20,00X7,00	27
M	16,00X6,50	6
N	14,00X6,00	13
O	12,00X5,20	26
P	10,00X4,00	50
Q	8,50X3,50	45
R	7,50X2,80	20
TOT. ORMEGGI N°		222

Tabella 1 – Posti barca

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	7 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

3 APPROCCIO DI CALCOLO

Nel presente capitolo viene illustrato l'approccio di calcolo adottato per la determinazione dei massimi tiri trasmessi dalle imbarcazioni ai sistemi di ormeggio a terra (bitte) e a mare (catenari/corpi morti).

3.1 Massimo tiro contrastabile con attrito

Nel presente paragrafo si riportano le formule per la determinazione del valore massimo del tiro dell'imbarcazione oltre il quale la catena viene totalmente sollevata dal fondale marino trasmettendo il suddetto tiro direttamente alla catenaria.

Si faccia riferimento alla figura seguente:

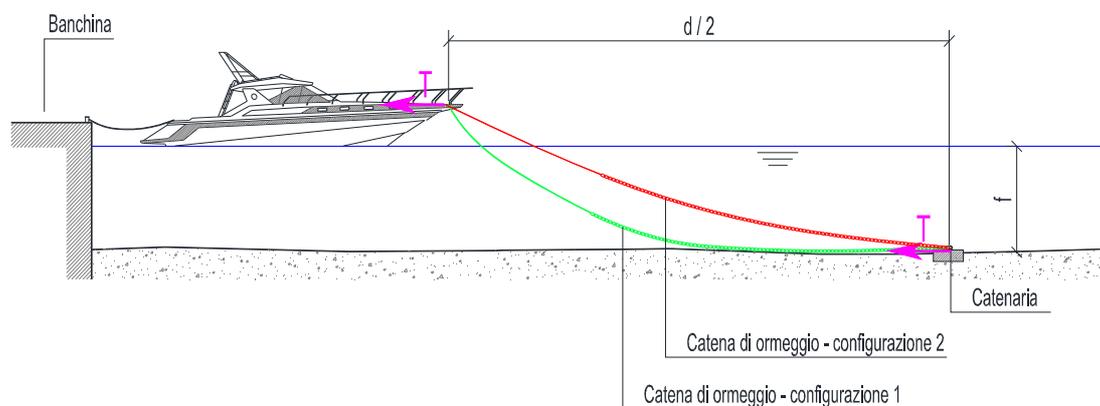


Figura 2: Schema di calcolo per determinazione tiro massimo catene di ormeggio

Con riferimento all'immagine sopra riportata, la *configurazione 1* della catena di ormeggio rappresenta la posizione in condizioni di esercizio.

Quando l'imbarcazione viene colpita dal vento esercita sulla catena di ormeggio una forza orizzontale di tiro, la quale inizialmente viene interamente contrastata dall'attrito della catena sul fondale marino e dal peso della catena stessa e, al raggiungimento del valore T, viene interamente trasmessa alla catenaria e ai corpi morti, così come rappresentato nella *configurazione 2* riportata nell'immagine di cui sopra.

Per la determinazione del valore del tiro T agente devono essere definite le seguenti caratteristiche:

- freccia f (profondità fondale)
- campata d ($2 \times$ distanza imbarcaz/catenaria)
- peso catena q (immersa)

Dalla formula di *Blondel Truxa* si ricava il tiro T:

$$f = \frac{q \times d^2}{8T} \quad \Rightarrow \quad T = \frac{q \times d^2}{8f}$$

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	8 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

3.2 Massimo tiro esercitato dalle imbarcazioni

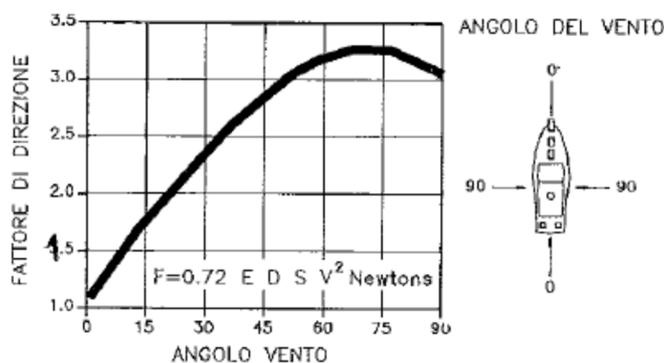
Per la determinazione dell'azione di tiro orizzontale sui sistemi di ormeggio è stata utilizzata la seguente formula correntemente impiegata per la determinazione della forza del vento agente sui natanti da diporto all'ormeggio:

$$F = 0,72 \times E \times D \times S \times V^2 \text{ (in Newtons)}^{1,2}$$

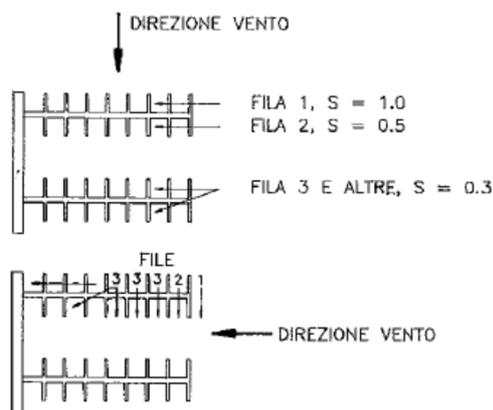
dove:

E = Area della sezione trasversale della parte emergente dell'imbarcazione in m²

D = Fattore adimensionale di direzione, che tiene conto dell'aumento di superficie investita dal vento al variare della direzione rispetto all'asse longitudinale dell'imbarcazione (vedi immagine sottostante)



S = Fattore adimensionale di schermo, che tiene conto dell'eventuale schermatura offerta dalla presenza di pontili o altre barriere nella traiettoria del vento (cfr. figura sottostante)



V = Velocità del vento in m/s

Per determinare i valori di progetto sono state assunte le seguenti ipotesi:

¹ Nichol M.J., 1990 – Wind design factors for small boat mooring facilities. A survey of practice – P.I.A.N.C. Bulletin n. 68, Bruxelles

² Tobiasson B.O., 1989 – Marina Layout Parameters, Vessel Characteristics and Design Forces, pp. 235-246 Marinas: Design and Operation (Ed. W.R. Blain and N.B. Webber), Computational Mechanics Publications Southampton

Codice	Titolo elaborato	Pagina
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	9 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

– Imbarcazione di progetto:

sono state prese in considerazione 6 tipologie di imbarcazione come segue:

- Imbarcazione tipo 1 (imbarcazioni di categoria P, Q, R): $L \leq 10$ m
- Imbarcazione tipo 2A (imbarcazioni di categoria O): $L = 12$ m
- Imbarcazione tipo 2B (imbarcazioni di categoria N): $L = 14$ m
- Imbarcazione tipo 3 (imbarcazioni di categoria L, M): $16 \text{ m} \leq L \leq 20$ m
- Imbarcazione tipo 4 (imbarcazioni di categoria F, G, H, I): $20 \text{ m} < L \leq 30$ m
- Imbarcazione tipo 5 (imbarcazioni di categoria D, E): $30 \text{ m} < L \leq 42$ m
- Imbarcazione tipo 6 (imbarcazioni di categoria A, B): $42 \text{ m} < L \leq 50$ m
- Imbarcazione tipo 7 (imbarcazioni di categoria A+): $L > 50,00$ m

Nella tabella seguente, per ogni tipologia di imbarcazione, sono riportate le dimensioni geometriche utilizzate per l'individuazione delle sezioni trasversali di calcolo.

Tipologia imbarcazione	Lunghezza [m]	Larghezza [m]	Altezza fuori acqua [m]	Sezione [m ²]
1	$L \leq 10$ m	3,50	1,50	5,25
2A	$L = 12$ m	4,00	2,00	8,00
2B	$L = 14$ m	4,50	3,00	13,50
3	$16 \text{ m} \leq L \leq 20$ m	5,00	4,00	20,00
4	$20 \text{ m} < L \leq 30$ m	6,50	4,50	29,25
5	$30 \text{ m} < L \leq 42$ m	7,30	5,50	40,15
6	$42 \text{ m} < L \leq 50$ m	9,50	6,50	61,75
7	$L > 50$ m	11,00	7,50	82,50

– Fattore di schermo:

Nelle verifiche dei sistemi di ormeggio il fattore di schermo viene attribuito per ogni singola situazione in base all'incidenza del vento rispetto all'asse barca, calcolato per ogni banchina.

Il fattore di schermo viene ponderato non solo sulla copertura offerta dai vari fronti di accosto, ma anche in base all'orografia del contesto circostante e alla schermatura offerta dal versante montano di ponente e da quello di levante. Nell'assunzione del fattore di schermo si tiene altresì conto della differenza dimensionale delle barche schermanti rispetto a quello schermate.

- Velocità del vento: $V = 28,00$ m/s
(Liguria - Zona 7 secondo Tab 3.3.1 D.M. 17.01.2018)

- Incremento dovuto al moto ondoso: $k = 1,2$

Per il calcolo delle sollecitazioni agenti nelle bitte, le azioni vengono incrementate di un fattore pari a 1,2 per tener conto del moto ondoso e della rigidità dell'ormeggio. Per il calcolo dei corpi morti tale fattore non viene considerato in quanto si ritiene che il sistema dei pendini abbia un'elasticità tale da assorbire il moto ondoso senza incrementare significativamente l'azione di calcolo.

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	10 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4 VERIFICHE DEI SISTEMI DI ORMEGGIO

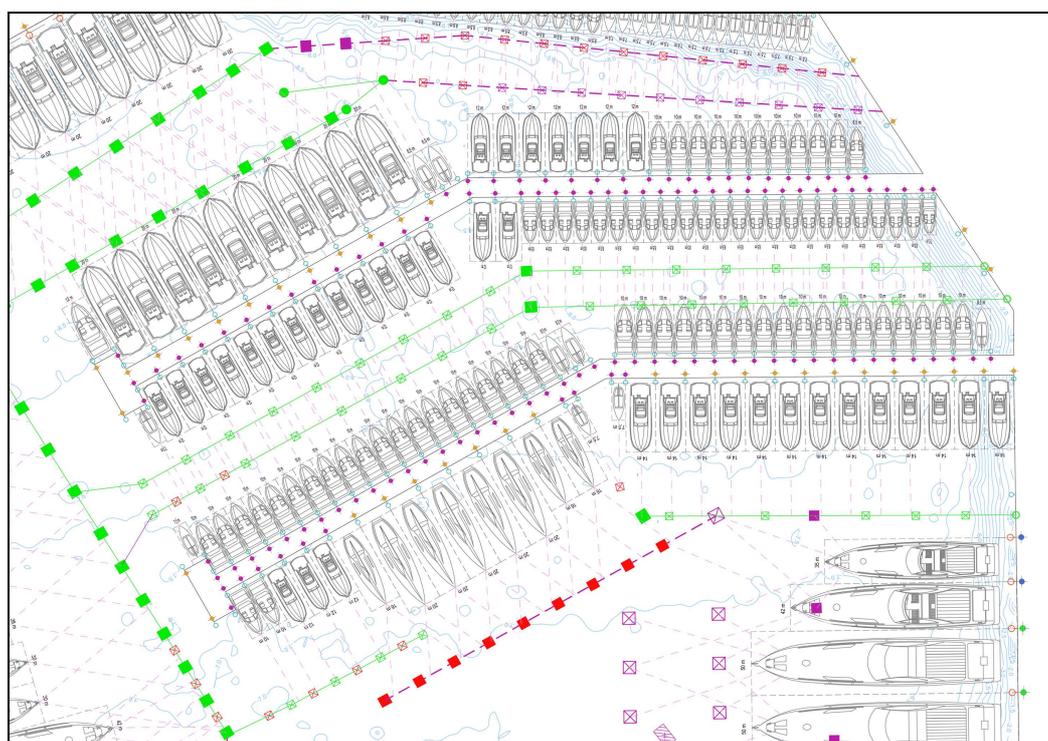
Di seguito, per ciascuna tipologia di ormeggio (a terra e a mare) e per ciascuna parte d'opera (molo Est, pontili, banchina Sud, Piazzale, molo Langano), vengono determinate le azioni agenti massime trasmesse dalle imbarcazioni allo specifico sistema di ormeggio e vengono effettuate le verifiche delle bitte e dei corpi morti.

4.1 Descrizione dei sistemi di ormeggio

4.1.1 Pontili

Lungo i pontili è previsto l'ormeggio di imbarcazioni di lunghezza da 7,5 m a 20,0 m.

Nella figura seguente è riportata la planimetria di dettaglio dei pontili, con indicazione dei posti barca previsti e dei sistemi di ormeggio.



LEGENDA

CATENARI E CORPI MORTI DI RECENTE REALIZZAZIONE (DAL 2013 AL 2018)

Oggetto di manutenzione	■ CORPI MORTI DA 5,5 t
	⊠ CORPI MORTI DA 2,7 t
	● CORPI MORTI DA 1,8 t
	— CATENARIE ESISTENTI
	■ CORPI MORTI DA 5,5 t RICOLLOCATI (n.12)
⊠ CORPI MORTI DA 2,7 t RICOLLOCATI (n.24)	

NUOVO IMPIANTO CATENARIO

⊠	NUOVI CORPI MORTI DA 30 t (n.16)
⊠	NUOVI CORPI MORTI DA 15 t (n.12)
■	NUOVI CORPI MORTI DA 5,5 t (18)
⊠	NUOVI CORPI MORTI DA 2,7 t (10)
---	NUOVE CATENARIE

Figura 3: Planimetria di dettaglio pontili con indicazione dei sistemi di ormeggio a terra e a mare

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	11 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

Lungo i pontili, con passo variabile in funzione della lunghezza dei posti barca, è prevista l'installazione di bitte da 5 t (imbarcazioni tipo 1, tipo 2A e tipo 2B) e da 10 t (imbarcazioni tipo 3).

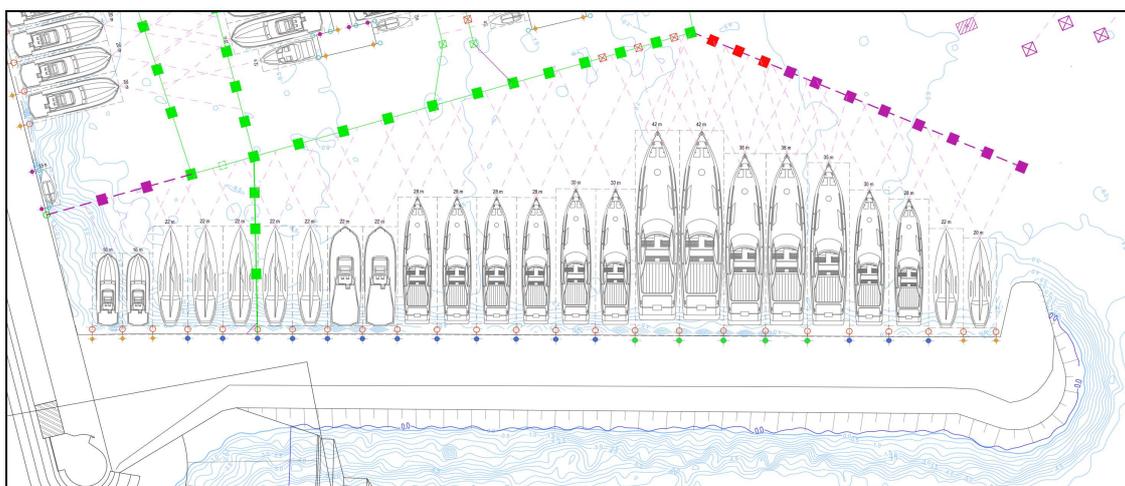
All'interno degli specchi d'acqua antistanti i pontili è previsto il riutilizzo/potenziamento del sistema di ormeggio esistente, costituito dai seguenti elementi:

- catenaria principale con maglia $\phi 26$ mm
- catene di collegamento con altre catenarie $\phi 26$ mm
- pendini:
 - imbarcazioni tipo 1 $\phi 12$ mm
 - imbarcazioni tipo 2A e tipo 2B $\phi 14$ mm
 - imbarcazioni tipo 3 – L=16 m $\phi 16$ mm
 - imbarcazioni tipo 3 – L=20 m $\phi 18$ mm
- corpi morti da 2,7 t e da 5,5 t

4.1.2 Molo Est

Lungo il molo Est, che si sviluppa per una lunghezza complessiva di circa 200 m, è previsto l'ormeggio di imbarcazioni di lunghezza da 16,0 m (in radice) a 42,0 m (nella porzione centrale).

Nella figura seguente è riportata la planimetria di dettaglio del molo Est, con indicazione dei posti barca previsti e dei sistemi di ormeggio.



LEGENDA

CATENARI E CORPI MORTI DI RECENTE REALIZZAZIONE (DAL 2013 AL 2018)

- | | |
|--|---|
| <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: green; margin-right: 5px;"></div> CORPI MORTI DA 5,5 t </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 10px; height: 10px; border: 1px solid green; margin-right: 5px;"></div> CORPI MORTI DA 2,7 t </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: red; margin-right: 5px;"></div> CORPI MORTI DA 1,8 t </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 10px; height: 10px; border-bottom: 2px solid green; margin-right: 5px;"></div> CATENARIE ESISTENTI </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: red; margin-right: 5px;"></div> CORPI MORTI DA 5,5 t RICOLLOCATI (n.12) </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 10px; height: 10px; border: 1px solid red; margin-right: 5px;"></div> CORPI MORTI DA 2,7 t RICOLLOCATI (n.24) </div> </div> | <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 10px; height: 10px; border: 1px solid red; margin-right: 5px;"></div> NUOVI CORPI MORTI DA 30 t (n.16) </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 10px; height: 10px; border: 1px solid purple; margin-right: 5px;"></div> NUOVI CORPI MORTI DA 15 t (n.12) </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: purple; margin-right: 5px;"></div> NUOVI CORPI MORTI DA 5,5 t (18) </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 10px; height: 10px; border: 1px solid purple; margin-right: 5px;"></div> NUOVI CORPI MORTI DA 2,7 t (10) </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 10px; height: 10px; border-bottom: 2px dashed purple; margin-right: 5px;"></div> NUOVE CATENARIE </div> </div> |
|--|---|

NUOVO IMPIANTO CATENARIO

Figura 4: Planimetria di dettaglio molo Est con indicazione dei sistemi di ormeggio a terra e a mare

Codice	Titolo elaborato	Pagina
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	12 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

Lungo la banchina, con passo variabile in funzione della lunghezza dei posti barca, è prevista l'installazione di bitte da 10 t (imbarcazioni da 16 m e da 20 m), da 20 t (imbarcazioni fino a 35 m) e da 30 t (imbarcazioni di lunghezza superiore a 35 m).

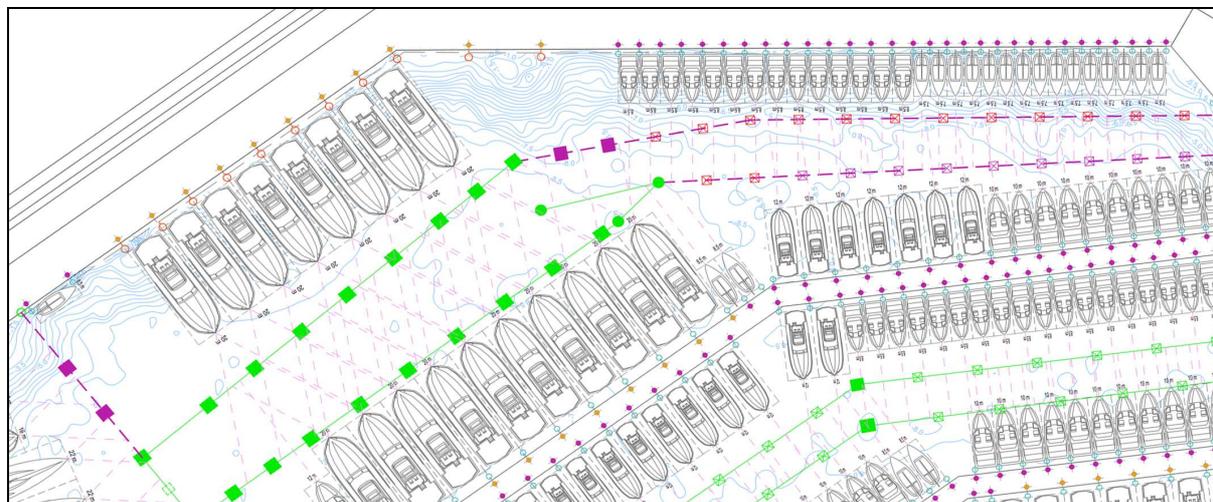
All'interno dello specchio d'acqua antistante la banchina è prevista il riutilizzo/potenziamento del sistema di ormeggio esistente, costituito dai seguenti elementi:

- catenaria principale con maglia $\phi 36$ mm
- pendini:
 - imbarcazioni tipo 3 – L=16 m $\phi 16$ mm
 - imbarcazioni tipo 3 – L=20 m $\phi 18$ mm
 - imbarcazioni tipo 4 – L=22 m $\phi 18$ mm
 - imbarcazioni tipo 4 – L=24 m $\phi 20$ mm
 - imbarcazioni tipo 4 – L=28 m e L= 30 m $\phi 22$ mm
 - imbarcazioni tipo 5 – L=35 m $\phi 22$ mm
 - imbarcazioni tipo 5 – L=38 m e L= 42 m $\phi 24$ mm
- corpi morti da 5,5 t

4.1.3 Molo Sud

Lungo il molo Sud è previsto l'ormeggio di imbarcazioni di lunghezza da 7,5 m, da 8,5 m e da 20,0 m.

Nella figura seguente è riportata la planimetria di dettaglio del molo Sud, con indicazione dei posti barca previsti e dei sistemi di ormeggio.



LEGENDA

CATENARI E CORPI MORTI DI RECENTE REALIZZAZIONE (DAL 2013 AL 2018)

- | | |
|---------------------------|---|
| Categorie di manutenzione | <ul style="list-style-type: none"> ■ CORPI MORTI DA 5,5 t ⊠ CORPI MORTI DA 2,7 t ● CORPI MORTI DA 1,8 t — CATENARIE ESISTENTI ■ CORPI MORTI DA 5,5 t RICOLLOCATI (n.12) ⊠ CORPI MORTI DA 2,7 t RICOLLOCATI (n.24) |
|---------------------------|---|

NUOVO IMPIANTO CATENARIO

- | | |
|-----|----------------------------------|
| ⊠ | NUOVI CORPI MORTI DA 30 t (n.16) |
| ⊠ | NUOVI CORPI MORTI DA 15 t (n.12) |
| ■ | NUOVI CORPI MORTI DA 5,5 t (18) |
| ⊠ | NUOVI CORPI MORTI DA 2,7 t (10) |
| --- | NUOVE CATENARIE |

Figura 5: Planimetria di dettaglio molo Sud / P3 con indicazione dei sistemi di ormeggio a terra e a mare

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	13 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

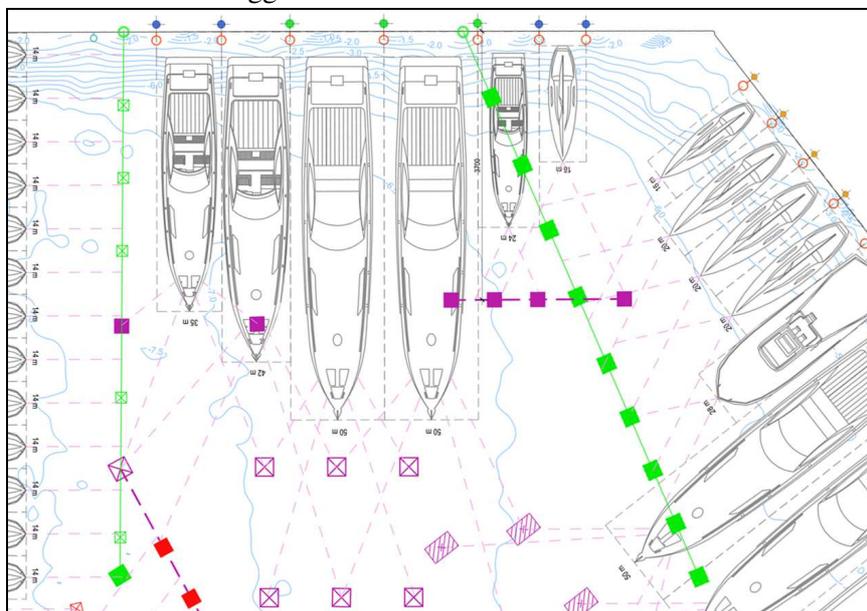
Lungo la banchina, con passo variabile in funzione della lunghezza dei posti barca, è prevista l'installazione di bitte da 5 t (imbarcazioni da 7,5 m e da 8,5 m) e da 10 t (imbarcazioni da 20 m).

- catenaria principale con maglia $\phi 26$ mm (II braccio) e $\phi 36$ (III braccio)
- pendini:
 - imbarcazioni tipo 1 $\phi 12$ mm
 - imbarcazioni tipo 3 – L=20 m $\phi 18$ mm
- corpi morti da 1,8 t, 2,7 t e 5,5 t

4.1.4 Piazzale

Lungo il piazzale è previsto l'ormeggio di imbarcazioni di lunghezza da 16 m a 50,0 m.

Nella figura seguente è riportata la planimetria di dettaglio del piazzale, con indicazione dei posti barca previsti e dei sistemi di ormeggio.



LEGENDA

CATENARI E CORPI MORTI DI RECENTE REALIZZAZIONE (DAL 2013 AL 2018)

- | | |
|---|---|
| <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: green; margin-right: 5px;"></div> CORPI MORTI DA 5,5 t </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 10px; height: 10px; border: 1px dashed green; margin-right: 5px;"></div> CORPI MORTI DA 2,7 t </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: red; margin-right: 5px;"></div> CORPI MORTI DA 1,8 t </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 10px; height: 10px; border: 1px solid green; margin-right: 5px;"></div> CATENARIE ESISTENTI </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: red; margin-right: 5px;"></div> CORPI MORTI DA 5,5 t RICOLLOCATI (n.12) </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 10px; height: 10px; border: 1px dashed red; margin-right: 5px;"></div> CORPI MORTI DA 2,7 t RICOLLOCATI (n.24) </div> </div> | <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 10px; height: 10px; border: 1px dashed purple; margin-right: 5px;"></div> NUOVI CORPI MORTI DA 30 t (n.16) </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 10px; height: 10px; border: 1px dashed purple; margin-right: 5px;"></div> NUOVI CORPI MORTI DA 15 t (n.12) </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 10px; height: 10px; background-color: purple; margin-right: 5px;"></div> NUOVI CORPI MORTI DA 5,5 t (18) </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 5px;"> <div style="width: 10px; height: 10px; border: 1px dashed purple; margin-right: 5px;"></div> NUOVI CORPI MORTI DA 2,7 t (10) </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 10px; height: 10px; border: 1px dashed purple; margin-right: 5px;"></div> NUOVE CATENARIE </div> |
|---|---|

NUOVO IMPIANTO CATENARIO

Figura 6: Planimetria di dettaglio banchina piazzale con indicazione dei sistemi di ormeggio a terra e a mare

Lungo la banchina, con passo variabile in funzione della lunghezza dei posti barca, è prevista l'installazione di bitte da 20 t (imbarcazioni da 16 m a 42 m) e da 30 t (imbarcazioni da 42 m a 50 m).

All'interno dello specchio d'acqua antistante la banchina è prevista la realizzazione del nuovo sistema di ormeggio costituito dai seguenti elementi:

- Tratto di catenaria principale per le prime 2 barche a nord (L = 15 m) con maglia $\phi 36$ mm, con c.m. da 5,5 t

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	14 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

- Campo di corpi morti da 5,5 t e da 15 t per l'ormeggio puntuale delle 4 quattro unità verso sud
- pendini:
 - imbarcazioni tipo 3 – L=16 m φ16 mm
 - imbarcazioni tipo 4 – L=24 m φ20 mm
 - imbarcazioni tipo 5 – L=35 m φ22 mm
 - imbarcazioni tipo 5 – L= 42 m φ24 mm
 - imbarcazioni tipo 6 φ36 mm + trappa

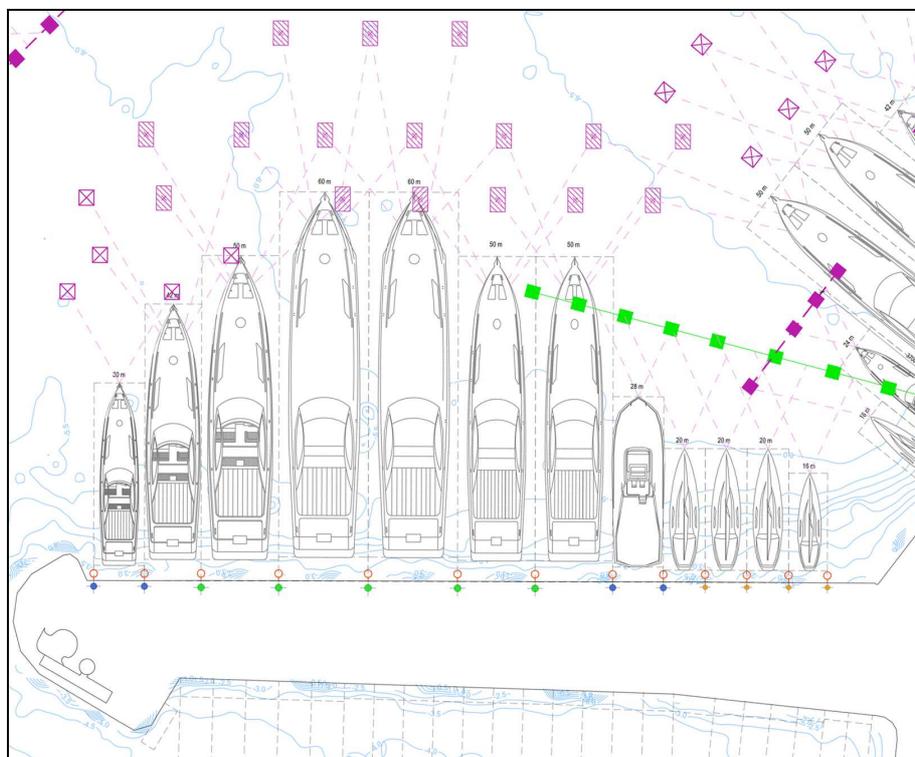
<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	15 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.1.5 Molo Langano

Lungo il molo Langano è previsto l'ormeggio di imbarcazioni di lunghezza da 16 m a 60,0 m.

Nella figura seguente è riportata la planimetria di dettaglio del molo Langano, con indicazione dei posti barca previsti e dei sistemi di ormeggio.



LEGENDA

CATENARIE E CORPI MORTI DI RECENTE REALIZZAZIONE (DAL 2013 AL 2018)

Oggetto di manutenzione	■ CORPI MORTI DA 5,5 t
	⊠ CORPI MORTI DA 2,7 t
	● CORPI MORTI DA 1,8 t
	— CATENARIE ESISTENTI
	■ CORPI MORTI DA 5,5 t RICOLLOCATI (n.12)
	⊠ CORPI MORTI DA 2,7 t RICOLLOCATI (n.24)

NUOVO IMPIANTO CATENARIO

⊠ NUOVI CORPI MORTI DA 30 t (n.16)
⊠ NUOVI CORPI MORTI DA 15 t (n.12)
■ NUOVI CORPI MORTI DA 5,5 t (18)
⊠ NUOVI CORPI MORTI DA 2,7 t (10)
--- NUOVE CATENARIE

Figura 7: Planimetria di dettaglio molo Langano con indicazione dei sistemi di ormeggio a terra e a mare

Lungo la banchina, con passo variabile in funzione della lunghezza dei posti barca, è prevista l'installazione di bitte da 10 t (imbarcazioni da 16 m a 20 m), da 20 t (imbarcazioni da 20 m a 42 m) e da 30 t (imbarcazioni da 50 m a 60 m).

All'interno dello specchio d'acqua antistante la banchina è prevista la realizzazione del nuovo sistema di ormeggio costituito dai seguenti elementi:

- Catenaria principale esistente con maglia ϕ 40 mm e c.m. da 5,5 t;
- Campo corpi morti da 30 e 15 t per l'ormeggio diretto delle unità navali più grandi
- pendini:
 - imbarcazioni tipo 3 – L=16 m ϕ 16 mm
 - imbarcazioni tipo 3 – L=20 m ϕ 18 mm
 - imbarcazioni tipo 4 – L=28 m e L = 30 m ϕ 22 mm

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	16 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

- imbarcazioni tipo 5 – L= 42 m φ24 mm
- imbarcazioni tipo 6 φ36 mm + trappa
- imbarcazioni tipo 7 φ36 mm + trappa

4.2 Ormeggi a terra

Nella planimetria seguente è riportato uno schema planimetrico con indicazione, per ciascuna parte d'opera, dei fattori di schermatura utilizzati per la determinazione dei tiri massimi agenti nelle bitte.



Figura 8: Schema planimetrico con indicazione dei fattori di schermo - verifiche degli ormeggi a terra

Con riferimento allo schema planimetrico sopra riportato, per la determinazione dei fattori di schermo non si è tenuto prudenzialmente conto della schermatura fornita dalle imbarcazioni adiacenti.

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	17 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.1 Pontili

4.2.1.1 Pontile n.2 – I braccio – lato nord

4.2.1.1.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da sud) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.2.1.1.1.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 3,50$ m
- Altezza imbarcazione: $h = 1,50$ m
- Area sezione trasversale: $E = 5,25$ m²

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a pontile (kN/m)
0	1	0,3	0,89	0,25	0,25
15	1,75	0,3	1,56	0,44	0,43
30	2,35	0,3	2,09	0,60	0,52
45	2,85	0,5	4,22	1,21	0,85
60	3,2	0,5	4,74	1,35	0,68
75	3,28	0,5	4,86	1,39	0,36
90	3,05	0,5	4,52	1,29	0,00

Tabella 2 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 4,86 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al pontile è stata ottenuta per una direzione del vento di 45° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,85 \text{ kN/m}$$

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	18 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.1.1.1.2 Imbarcazioni tipo 2B (L = 14 m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 4,5 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 3,0 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 13,5 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a pontile (kN/m)
0	1	0,3	2,29	0,51	0,51
15	1,75	0,3	4,00	0,89	0,86
30	2,35	0,3	5,37	1,19	1,03
45	2,85	0,5	10,86	2,41	1,71
60	3,2	0,5	12,19	2,71	1,35
75	3,28	0,5	12,50	2,78	0,72
90	3,05	0,5	11,62	2,58	0,00

Tabella 3 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 12,50 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al pontile è stata ottenuta per una direzione del vento di 45° e vale:

$$q_{H,\perp} = 1,71 \text{ kN/m}$$

4.2.1.1.2 Dimensionamento delle bitte

4.2.1.1.2.1 Imbarcazioni tipo 1 (L < 10 m) e tipo 2B (L = 14 m)

La forza massima agente sulle imbarcazioni di maggiori dimensioni (tipo 2B) vale:

$$F_{\max} = 12,50 \text{ kN}$$

Ai fini dei calcoli si ipotizza prudenzialmente che tale forza sia interamente trasmessa alla bitta di progetto. Pertanto, tenendo conto di un incremento del 20% dovuto all'oscillazione del moto ondoso (cfr. capitolo 3 del presente documento) e di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. tabella 2.6.1 delle N.T.C. 2018) la forza massima agente nelle bitte maggiormente sollecitate vale:

$$F_{2,Ed} = 1,2 \times 1,5 \times 12,50 = 22,50 \text{ kN}$$

Il progetto prevede l'installazione di bitte da 5 t e da 10 t, pertanto la forza resistente di tali elementi vale (si assume la resistenza della bitta da 5 t):

$$F_{Rd} = 50,00 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{2,Ed}$$

La verifica è soddisfatta

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	19 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.1.2 Pontile n.2 – I braccio – lato sud

4.2.1.2.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da nord) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.2.1.2.1.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 3,50$ m
- Altezza imbarcazione: $h = 1,50$ m
- Area sezione trasversale: $E = 5,25$ m²

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a pontile (kN/m)
0	1	0,3	0,89	0,25	0,25
15	1,75	0,5	2,59	0,74	0,72
30	2,35	0,5	3,48	0,99	0,86
45	2,85	0,5	4,22	1,21	0,85
60	3,2	0,3	2,84	0,81	0,41
75	3,28	0,3	2,92	0,83	0,22
90	3,05	0,3	2,71	0,77	0,00

Tabella 4 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 45° e vale:

$$F_{\max} = 4,22 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al pontile è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,86 \text{ kN/m}$$

4.2.1.2.2 Dimensionamento delle bitte

4.2.1.2.2.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)

La forza massima agente sulle imbarcazioni tipo 1 vale:

$$F_{\max} = 4,22 \text{ kN}$$

Ai fini dei calcoli si ipotizza prudenzialmente che tale forza sia interamente trasmessa alla bitta di progetto. Pertanto, tenendo conto di un incremento del 20% dovuto all'oscillazione del moto ondoso (cfr. capitolo 3 del presente documento) e di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. tabella 2.6.1 delle N.T.C. 2018) la forza massima agente nelle bitte maggiormente sollecitate vale:

$$F_{1,Ed} = 1,2 \times 1,5 \times 4,22 = 7,60 \text{ kN}$$

Il progetto prevede l'installazione di bitte da 5 t, pertanto la forza resistente di tali elementi vale:

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	20 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

$$F_{Rd} = 50,00 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{1,Ed}$$

La verifica è soddisfatta

4.2.1.3 Pontile n.2 – Il braccio – lato nord

4.2.1.3.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da sud-est) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.2.1.3.1.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10 \text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 3,50 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 1,50 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 5,25 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a pontile (kN/m)
0	1	0,3	0,89	0,25	0,25
15	1,75	0,3	1,56	0,44	0,43
30	2,35	0,5	3,48	0,99	0,86
45	2,85	0,5	4,22	1,21	0,85
60	3,2	0,5	4,74	1,35	0,68
75	3,28	0,5	4,86	1,39	0,36
90	3,05	0,5	4,52	1,29	0,00

Tabella 5 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 4,86 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al pontile è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,86 \text{ kN/m}$$

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	21 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.1.3.1.2 Imbarcazioni tipo 2A (L = 12 m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 4,0 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 2,0 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 8,0 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a banchina (kN/m)
0	1	0,3	1,35	0,34	0,34
15	1,75	0,3	2,37	0,59	0,57
30	2,35	0,5	5,31	1,33	1,15
45	2,85	0,5	6,44	1,61	1,14
60	3,2	0,5	7,23	1,81	0,90
75	3,28	0,5	7,41	1,85	0,48
90	3,05	0,5	6,89	1,72	0,00

Tabella 6 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 7,41 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al pontile è stata ottenuta per una direzione del vento di 45° e vale:

$$q_{H,\perp} = 1,15 \text{ kN/m}$$

4.2.1.3.1.3 Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 5,0 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 4,0 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 20,0 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a pontile (kN/m)
0	1	0,3	3,39	0,68	0,68
15	1,75	0,3	5,93	1,19	1,15
30	2,35	0,5	13,27	2,65	2,30
45	2,85	0,5	16,09	3,22	2,28
60	3,2	0,5	18,06	3,61	1,81
75	3,28	0,5	18,51	3,70	0,96
90	3,05	0,5	17,22	3,44	0,00

Tabella 7 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	22 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 18,51 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al pontile è stata ottenuta per una direzione del vento di 45° e vale:

$$q_{H,\perp} = 2,30 \text{ kN/m}$$

4.2.1.3.2 Dimensionamento delle bitte

4.2.1.3.2.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10 \text{ m}$), tipo 2A ($L 12 \text{ m}$) e tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$)

La forza massima agente sulle imbarcazioni di maggiori dimensioni (tipo 3) vale:

$$F_{\max} = 18,51 \text{ kN}$$

Ai fini dei calcoli si ipotizza prudenzialmente che tale forza sia interamente trasmessa alla bitta di progetto. Pertanto, tenendo conto di un incremento del 20% dovuto all'oscillazione del moto ondoso (cfr. *capitolo 3* del presente documento) e di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. *tabella 2.6.I* delle N.T.C. 2018) la forza massima agente nelle bitte maggiormente sollecitate vale:

$$F_{3,Ed} = 1,2 \times 1,5 \times 18,51 = 33,32 \text{ kN}$$

Il progetto prevede l'installazione di bitte da 5 t e da 10 t (per le imbarcazioni da 20 m), pertanto la forza resistente di tali elementi vale (si assume la resistenza della bitta da 5 t):

$$F_{Rd} = 50,00 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{3,Ed}$$

La verifica è soddisfatta

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	23 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.1.4 Pontile n.2 – II braccio – lato sud

4.2.1.4.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da nord-ovest) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.2.1.4.1.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 3,50$ m
- Altezza imbarcazione: $h = 1,50$ m
- Area sezione trasversale: $E = 5,25$ m²

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a pontile (kN/m)
0	1	0,3	0,89	0,25	0,25
15	1,75	0,3	1,56	0,44	0,43
30	2,35	0,5	3,48	0,99	0,86
45	2,85	0,5	4,22	1,21	0,85
60	3,2	0,5	4,74	1,35	0,68
75	3,28	0,5	4,86	1,39	0,36
90	3,05	0,5	4,52	1,29	0,00

Tabella 8 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 4,86 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al pontile è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,86 \text{ kN/m}$$

4.2.1.4.2 Dimensionamento delle bitte

4.2.1.4.2.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)

La forza massima agente sulle imbarcazioni tipo 1 vale:

$$F_{\max} = 4,86 \text{ kN}$$

Ai fini dei calcoli si ipotizza prudenzialmente che tale forza sia interamente trasmessa alla bitta di progetto. Pertanto, tenendo conto di un incremento del 20% dovuto all'oscillazione del moto ondoso (cfr. capitolo 3 del presente documento) e di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. tabella 2.6.1 delle N.T.C. 2018) la forza massima agente nelle bitte maggiormente sollecitate vale:

$$F_{1,Ed} = 1,2 \times 1,5 \times 4,86 = 8,75 \text{ kN}$$

Il progetto prevede l'installazione di bitte da 5 t, pertanto la forza resistente di tali elementi vale:

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	24 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

$$F_{Rd} = 50,00 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{1,Ed}$$

La verifica è soddisfatta

4.2.1.5 Pontile n.3 – I braccio – lato nord

4.2.1.5.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da sud) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.2.1.5.1.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10 \text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 3,50 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 1,50 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 5,25 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a pontile (kN/m)
0	1	0,3	0,89	0,25	0,25
15	1,75	0,3	1,56	0,44	0,43
30	2,35	0,3	2,09	0,60	0,52
45	2,85	0,3	2,53	0,72	0,51
60	3,2	0,3	2,84	0,81	0,41
75	3,28	0,3	2,92	0,83	0,22
90	3,05	0,3	2,71	0,77	0,00

Tabella 9 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 2,92 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al pontile è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,52 \text{ kN/m}$$

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	25 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.1.5.1.2 Imbarcazioni tipo 2A (L = 12 m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 4,0 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 2,0 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 8,0 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a banchina (kN/m)
0	1	0,3	1,35	0,34	0,34
15	1,75	0,3	2,37	0,59	0,57
30	2,35	0,3	3,18	0,80	0,69
45	2,85	0,3	3,86	0,97	0,68
60	3,2	0,3	4,34	1,08	0,54
75	3,28	0,3	4,44	1,11	0,29
90	3,05	0,3	4,13	1,03	0,00

Tabella 10 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 4,44 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al pontile è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,69 \text{ kN/m}$$

4.2.1.5.2 Dimensionamento delle bitte

4.2.1.5.2.1 Imbarcazioni tipo 1 (L < 10 m) e tipo 2A (L = 12 m)

La forza massima agente sulle imbarcazioni di maggiori dimensioni (tipo 2A) vale:

$$F_{\max} = 4,44 \text{ kN}$$

Ai fini dei calcoli si ipotizza prudenzialmente che tale forza sia interamente trasmessa alla bitta di progetto. Pertanto, tenendo conto di un incremento del 20% dovuto all'oscillazione del moto ondoso (cfr. capitolo 3 del presente documento) e di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. tabella 2.6.1 delle N.T.C. 2018) la forza massima agente nelle bitte maggiormente sollecitate vale:

$$F_{2,Ed} = 1,2 \times 1,5 \times 4,44 = 7,99 \text{ kN}$$

Il progetto prevede l'installazione di bitte da 5 t, pertanto la forza resistente di tali elementi vale:

$$F_{Rd} = 50,00 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{2,Ed}$$

La verifica è soddisfatta

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	26 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.1.6 Pontile n.3 – I braccio – lato sud

4.2.1.6.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da nord) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.2.1.6.1.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 3,50$ m
- Altezza imbarcazione: $h = 1,50$ m
- Area sezione trasversale: $E = 5,25$ m²

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a pontile (kN/m)
0	1	0,3	0,89	0,25	0,25
15	1,75	0,3	1,56	0,44	0,43
30	2,35	0,3	2,09	0,60	0,52
45	2,85	0,3	2,53	0,72	0,51
60	3,2	0,3	2,84	0,81	0,41
75	3,28	0,3	2,92	0,83	0,22
90	3,05	0,3	2,71	0,77	0,00

Tabella 11 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 2,92 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al pontile è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,52 \text{ kN/m}$$

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.1.6.1.2 Imbarcazioni tipo 2A (L = 12 m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 4,0 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 2,0 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 8,0 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a banchina (kN/m)
0	1	0,3	1,35	0,34	0,34
15	1,75	0,3	2,37	0,59	0,57
30	2,35	0,3	3,18	0,80	0,69
45	2,85	0,3	3,86	0,97	0,68
60	3,2	0,3	4,34	1,08	0,54
75	3,28	0,3	4,44	1,11	0,29
90	3,05	0,3	4,13	1,03	0,00

Tabella 12 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 4,44 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al pontile è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,69 \text{ kN/m}$$

4.2.1.6.2 Dimensionamento delle bitte

4.2.1.6.2.1 Imbarcazioni tipo 1 (L < 10 m) e tipo 2A (L = 12 m)

La forza massima agente sulle imbarcazioni di maggiori dimensioni (tipo 2A) vale:

$$F_{\max} = 4,44 \text{ kN}$$

Ai fini dei calcoli si ipotizza prudenzialmente che tale forza sia interamente trasmessa alla bitta di progetto. Pertanto, tenendo conto di un incremento del 20% dovuto all'oscillazione del moto ondoso (cfr. capitolo 3 del presente documento) e di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. tabella 2.6.1 delle N.T.C. 2018) la forza massima agente nelle bitte maggiormente sollecitate vale:

$$F_{2,Ed} = 1,2 \times 1,5 \times 4,44 = 7,99 \text{ kN}$$

Il progetto prevede l'installazione di bitte da 5 t, pertanto la forza resistente di tali elementi vale:

$$F_{Rd} = 50,00 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{2,Ed}$$

La verifica è soddisfatta

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	28 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.1.7 Pontile n.3 – II braccio – lato nord

4.2.1.7.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da sud-est) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.2.1.7.1.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 3,50$ m
- Altezza imbarcazione: $h = 1,50$ m
- Area sezione trasversale: $E = 5,25$ m²

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a pontile (kN/m)
0	1	0,3	0,89	0,25	0,25
15	1,75	0,3	1,56	0,44	0,43
30	2,35	0,5	3,48	0,99	0,86
45	2,85	0,5	4,22	1,21	0,85
60	3,2	0,5	4,74	1,35	0,68
75	3,28	0,5	4,86	1,39	0,36
90	3,05	0,5	4,52	1,29	0,00

Tabella 13 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 4,86 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al pontile è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,86 \text{ kN/m}$$

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	29 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.1.7.1.2 Imbarcazioni tipo 2A (L = 12 m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 4,0 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 2,0 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 8,0 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a banchina (kN/m)
0	1	0,3	1,35	0,34	0,34
15	1,75	0,3	2,37	0,59	0,57
30	2,35	0,5	5,31	1,33	1,15
45	2,85	0,5	6,44	1,61	1,14
60	3,2	0,5	7,23	1,81	0,90
75	3,28	0,5	7,41	1,85	0,48
90	3,05	0,5	6,89	1,72	0,00

Tabella 14 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 7,41 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al pontile è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 1,15 \text{ kN/m}$$

4.2.1.7.2 Dimensionamento delle bitte

4.2.1.7.2.1 Imbarcazioni tipo 1 (L < 10 m) e tipo 2A (L = 12 m)

La forza massima agente sulle imbarcazioni di maggiori dimensioni (tipo 2A) vale:

$$F_{\max} = 7,41 \text{ kN}$$

Ai fini dei calcoli si ipotizza prudenzialmente che tale forza sia interamente trasmessa alla bitta di progetto. Pertanto, tenendo conto di un incremento del 20% dovuto all'oscillazione del moto ondoso (cfr. capitolo 3 del presente documento) e di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. tabella 2.6.1 delle N.T.C. 2018) la forza massima agente nelle bitte maggiormente sollecitate vale:

$$F_{2,Ed} = 1,2 \times 1,5 \times 7,41 = 13,34 \text{ kN}$$

Il progetto prevede l'installazione di bitte da 5 t, pertanto la forza resistente di tali elementi vale:

$$F_{Rd} = 50,00 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{2,Ed}$$

La verifica è soddisfatta

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	30 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.1.8 Pontile n.3 – II braccio – lato sud

4.2.1.8.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da nord-ovest) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.2.1.8.1.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 3,50$ m
- Altezza imbarcazione: $h = 1,50$ m
- Area sezione trasversale: $E = 5,25$ m²

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a banchina (kN/m)
0	1	0,3	0,89	0,25	0,25
15	1,75	0,5	2,59	0,74	0,72
30	2,35	0,5	3,48	0,99	0,86
45	2,85	0,5	4,22	1,21	0,85
60	3,2	0,5	4,74	1,35	0,68
75	3,28	0,5	4,86	1,39	0,36
90	3,05	0,5	4,52	1,29	0,00

Tabella 15 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 4,86 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al pontile è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,86 \text{ kN/m}$$

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.1.8.1.2 Imbarcazioni tipo 2A (L = 12 m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 4,0 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 2,0 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 8,0 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a banchina (kN/m)
0	1	0,3	1,35	0,34	0,34
15	1,75	0,5	3,95	0,99	0,95
30	2,35	0,5	5,31	1,33	1,15
45	2,85	0,5	6,44	1,61	1,14
60	3,2	0,5	7,23	1,81	0,90
75	3,28	0,5	7,41	1,85	0,48
90	3,05	0,5	6,89	1,72	0,00

Tabella 16 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 7,41 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al pontile è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 1,15 \text{ kN/m}$$

4.2.1.8.1.3 Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 5,0 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 4,0 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 20,0 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a banchina (kN/m)
0	1	0,3	3,39	0,68	0,68
15	1,75	0,5	9,88	1,98	1,91
30	2,35	0,5	13,27	2,65	2,30
45	2,85	0,5	16,09	3,22	2,28
60	3,2	0,5	18,06	3,61	1,81
75	3,28	0,5	18,51	3,70	0,96
90	3,05	0,5	17,22	3,44	0,00

Tabella 17 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	32 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 18,51 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al pontile è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 2,30 \text{ kN/m}$$

4.2.1.8.2 Dimensionamento delle bitte

4.2.1.8.2.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10 \text{ m}$) e tipo 2A ($L = 12 \text{ m}$)

La forza massima agente sulle imbarcazioni di maggiori dimensioni (tipo 2A) vale:

$$F_{\max} = 7,41 \text{ kN}$$

Ai fini dei calcoli si ipotizza prudenzialmente che tale forza sia interamente trasmessa alla bitta di progetto. Pertanto, tenendo conto di un incremento del 20% dovuto all'oscillazione del moto ondoso (cfr. *capitolo 3* del presente documento) e di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. *tabella 2.6.I* delle N.T.C. 2018) la forza massima agente nelle bitte maggiormente sollecitate vale:

$$F_{2,Ed} = 1,2 \times 1,5 \times 7,90 = 13,34 \text{ kN}$$

Il progetto prevede l'installazione di bitte da 5 t, pertanto la forza resistente di tali elementi vale:

$$F_{Rd} = 50,00 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{2,Ed}$$

La verifica è soddisfatta

4.2.1.8.2.2 Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$)

La forza massima agente sulle imbarcazioni tipo 3 vale:

$$F_{\max} = 18,51 \text{ kN}$$

Ai fini dei calcoli si ipotizza prudenzialmente che tale forza sia interamente trasmessa alla bitta di progetto. Pertanto, tenendo conto di un incremento del 20% dovuto all'oscillazione del moto ondoso (cfr. *capitolo 3* del presente documento) e di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. *tabella 2.6.I* delle N.T.C. 2018) la forza massima agente nelle bitte maggiormente sollecitate vale:

$$F_{3,Ed} = 1,2 \times 1,5 \times 18,51 = 33,32 \text{ kN}$$

Il progetto prevede l'installazione di bitte da 5 t e da 10 t (per le imbarcazioni da 20 m), pertanto la forza resistente di tali elementi vale (si assume la resistenza della bitta da 5 t):

$$F_{Rd} = 50,00 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{3,Ed}$$

La verifica è soddisfatta

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	33 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.2 Molo Est

4.2.2.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da est - sud-est) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.2.2.1.1 Imbarcazioni tipo 3 – ($16\text{ m} \leq L \leq 20\text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 5,00\text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 4,00\text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 20,00\text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a banchina (kN/m)
0	1	1,0	11,29	2,26	2,26
15	1,75	1,0	19,76	3,95	3,82
30	2,35	1,0	26,53	5,31	4,60
45	2,85	1,0	32,18	6,44	4,55
60	3,2	1,0	36,13	7,23	3,61
75	3,28	1,0	37,03	7,41	1,92
90	3,05	0,5	17,22	3,44	0,00

Tabella 18 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 37,03\text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al molo Est è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 4,60\text{ kN/m}$$

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	34 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.2.1.2 Imbarcazioni tipo 4 ($20\text{ m} < L \leq 30\text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 6,50\text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 4,50\text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 29,25\text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a banchina (kN/m)
0	1	1,0	16,51	2,54	2,54
15	1,75	1,0	28,89	4,45	4,29
30	2,35	1,0	38,80	5,97	5,17
45	2,85	1,0	47,06	7,24	5,12
60	3,2	1,0	52,84	8,13	4,06
75	3,28	1,0	54,16	8,33	2,16
90	3,05	0,5	25,18	3,87	0,00

Tabella 19 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 54,16\text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al molo Est è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 5,17\text{ kN/m}$$

4.2.2.1.3 Imbarcazioni tipo 5 ($30\text{ m} < L \leq 42\text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 7,30\text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 5,50\text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 40,15\text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a banchina (kN/m)
0	1	1,0	22,66	3,10	3,10
15	1,75	1,0	39,66	5,43	5,25
30	2,35	1,0	53,26	7,30	6,32
45	2,85	1,0	64,59	8,85	6,26
60	3,2	1,0	72,52	9,93	4,97
75	3,28	1,0	74,34	10,18	2,64
90	3,05	0,5	34,56	4,73	0,00

Tabella 20 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	35 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 74,34 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al molo Est è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 6,32 \text{ kN/m}$$

4.2.2.2 Dimensionamento delle bitte

4.2.2.2.1 Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$)

La forza massima agente sulle imbarcazioni tipo 3 vale:

$$F_{\max} = 37,03 \text{ kN}$$

Ai fini dei calcoli si ipotizza prudenzialmente che tale forza sia interamente trasmessa alla bitta di progetto. Pertanto, tenendo conto di un incremento del 20% dovuto all'oscillazione del moto ondoso (cfr. capitolo 3 del presente documento) e di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. tabella 2.6.I delle N.T.C. 2018) la forza massima agente nelle bitte maggiormente sollecitate vale:

$$F_{3,Ed} = 1,2 \times 1,5 \times 37,03 = 66,65 \text{ kN}$$

Il progetto prevede l'installazione di bitte da 10 t, pertanto la forza resistente di tali elementi vale:

$$F_{Rd} = 100,00 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{3,Ed}$$

La verifica è soddisfatta

4.2.2.2.2 Imbarcazioni tipo 4 ($20 \text{ m} < L \leq 30 \text{ m}$)

La forza massima agente sulle imbarcazioni tipo 4 vale:

$$F_{\max} = 54,16 \text{ kN}$$

Ai fini dei calcoli si ipotizza prudenzialmente che tale forza sia interamente trasmessa alla bitta di progetto. Pertanto, tenendo conto di un incremento del 20% dovuto all'oscillazione del moto ondoso (cfr. capitolo 3 del presente documento) e di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. tabella 2.6.I delle N.T.C. 2018) la forza massima agente nelle bitte maggiormente sollecitate vale:

$$F_{4,Ed} = 1,2 \times 1,5 \times 54,16 = 97,49 \text{ kN}$$

Il progetto prevede l'installazione di bitte da 10 t (per n.2 imbarcazioni di lunghezza 22 m) e da 20 t (per tutte le altre imbarcazioni di lunghezza maggiore di 20 m e fino a 30 m). Come forza resistente si considera prudenzialmente quella relativa alle bitte da 10 t:

$$F_{Rd} = 100,00 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{4,Ed}$$

La verifica è soddisfatta

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	36 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.2.2.3 Imbarcazioni tipo 5 (30 m < L ≤ 42 m)

La forza massima agente sulle imbarcazioni tipo 5 vale:

$$F_{\max} = 74,34 \text{ kN}$$

Ai fini dei calcoli si ipotizza prudenzialmente che tale forza sia interamente trasmessa alla bitta di progetto. Pertanto, tenendo conto di un incremento del 20% dovuto all'oscillazione del moto ondoso (cfr. capitolo 3 del presente documento) e di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. tabella 2.6.I delle N.T.C. 2018) la forza massima agente nelle bitte maggiormente sollecitate vale:

$$F_{5,Ed} = 1,2 \times 1,5 \times 74,34 = 133,81 \text{ kN}$$

Il progetto prevede l'installazione di bitte da 30 t, pertanto la forza resistente di tali elementi vale:

$$F_{Rd} = 300,00 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{5,Ed}$$

La verifica è soddisfatta

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	37 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.3 Molo Sud

4.2.3.1 Molo Sud – Il braccio

4.2.3.1.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da sud) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.2.3.1.1.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 3,50$ m
- Altezza imbarcazione: $h = 1,5$ m
- Area sezione trasversale: $E = 5,25$ m²

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a banchina (kN/m)
0	1	0,5	1,48	0,42	0,42
15	1,75	0,5	2,59	0,74	0,72
30	2,35	0,5	3,48	0,99	0,86
45	2,85	0,5	4,22	1,21	0,85
60	3,2	0,5	4,74	1,35	0,68
75	3,28	0,5	4,86	1,39	0,36
90	3,05	0,5	4,52	1,29	0,00

Tabella 21 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 4,86 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al molo Sud è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,86 \text{ kN/m}$$

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	38 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.3.1.2 Dimensionamento delle bitte

4.2.3.1.2.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)

La forza massima agente sulle imbarcazioni tipo 1 vale:

$$F_{\max} = 4,86 \text{ kN}$$

Ai fini dei calcoli si ipotizza prudenzialmente che tale forza sia interamente trasmessa alla bitta di progetto. Pertanto, tenendo conto di un incremento del 20% dovuto all'oscillazione del moto ondoso (cfr. capitolo 3 del presente documento) e di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. tabella 2.6.I delle N.T.C. 2018) la forza massima agente nelle bitte maggiormente sollecitate vale:

$$F_{1,Ed} = 1,2 \times 1,5 \times 4,86 = 8,75 \text{ kN}$$

Il progetto prevede l'installazione di bitte da 5 t, pertanto la forza resistente di tali elementi vale:

$$F_{Rd} = 50,00 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{1,Ed}$$

La verifica è soddisfatta

4.2.3.2 Molo Sud – III braccio

4.2.3.2.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da sud) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.2.3.2.1.1 Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 5,00 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 4,00 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 20,00 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a banchina (kN/m)
0	1	0,3	3,39	0,68	0,68
15	1,75	0,3	5,93	1,19	1,15
30	2,35	0,5	13,27	2,65	2,30
45	2,85	0,5	16,09	3,22	2,28
60	3,2	0,5	18,06	3,61	1,81
75	3,28	0,5	18,51	3,70	0,96
90	3,05	0,5	17,22	3,44	0,00

Tabella 22 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	39 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

$$F_{\max} = 18,51 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al molo Sud è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 2,30 \text{ kN/m}$$

4.2.3.2.2 Dimensionamento delle bitte

4.2.3.2.2.1 Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$)

La forza massima agente sulle imbarcazioni tipo 3 vale:

$$F_{\max} = 18,51 \text{ kN}$$

Ai fini dei calcoli si ipotizza prudenzialmente che tale forza sia interamente trasmessa alla bitta di progetto. Pertanto, tenendo conto di un incremento del 20% dovuto all'oscillazione del moto ondoso (cfr. capitolo 3 del presente documento) e di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. tabella 2.6.I delle N.T.C. 2018) la forza massima agente nelle bitte maggiormente sollecitate vale:

$$F_{3,Ed} = 1,2 \times 1,5 \times 18,51 = 33,32 \text{ kN}$$

Il progetto prevede l'installazione di bitte da 10 t, pertanto la forza resistente di tali elementi vale:

$$F_{Rd} = 100,00 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{3,Ed}$$

La verifica è soddisfatta

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	40 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.4 Piazzale

4.2.4.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da sud) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.2.4.1.1 Imbarcazioni tipo 3 ($16\text{ m} \leq L \leq 20\text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 5,00\text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 4,00\text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 20,00\text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a banchina (kN/m)
0	1	0,3	3,39	0,68	0,68
15	1,75	0,3	5,93	1,19	1,15
30	2,35	0,3	7,96	1,59	1,38
45	2,85	0,3	9,65	1,93	1,37
60	3,2	0,3	10,84	2,17	1,08
75	3,28	0,3	11,11	2,22	0,58
90	3,05	0,3	10,33	2,07	0,00

Tabella 23 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 11,11\text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al piazzale è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 1,38\text{ kN/m}$$

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	41 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.4.1.2 Imbarcazioni tipo 4 (20 m < L ≤ 30 m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 5,50 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 5,00 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 27,50 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a banchina (kN/m)
0	1	0,3	4,95	0,76	0,76
15	1,75	0,3	8,67	1,33	1,29
30	2,35	0,3	11,64	1,79	1,55
45	2,85	0,3	14,12	2,17	1,54
60	3,2	0,3	15,85	2,44	1,22
75	3,28	0,3	16,25	2,50	0,65
90	3,05	0,3	15,11	2,32	0,00

Tabella 24 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 16,25 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al piazzale è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 1,55 \text{ kN/m}$$

4.2.4.1.3 Imbarcazioni tipo 5 (30 m < L ≤ 42 m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 7,30 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 5,50 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 40,15 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a banchina (kN/m)
0	1	0,3	6,80	0,93	0,93
15	1,75	0,3	11,90	1,63	1,57
30	2,35	0,3	15,98	2,19	1,90
45	2,85	0,3	19,38	2,65	1,88
60	3,2	0,3	21,76	2,98	1,49
75	3,28	0,3	22,30	3,05	0,79
90	3,05	0,3	20,74	2,84	0,00

Tabella 25 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	42 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 22,30 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al piazzale è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 1,90 \text{ kN/m}$$

4.2.4.1.4 Imbarcazioni tipo 6 (42 m < L ≤ 50 m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 9,50 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 6,50 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 61,75 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a banchina (kN/m)
0	1	0,3	10,46	1,10	1,10
15	1,75	0,3	18,30	1,93	1,86
30	2,35	0,3	24,57	2,59	2,24
45	2,85	0,3	29,80	3,14	2,22
60	3,2	0,3	33,46	3,52	1,76
75	3,28	0,3	34,30	3,61	0,93
90	3,05	0,3	31,89	3,36	0,00

Tabella 26 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 34,30 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al piazzale è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 2,24 \text{ kN/m}$$

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.4.2 Dimensionamento delle bitte

4.2.4.2.1 Imbarcazioni tipo 3 ($16\text{ m} \leq L \leq 20\text{ m}$), tipo 4 ($20\text{ m} < L \leq 30\text{ m}$) e tipo 5 ($30\text{ m} < L \leq 42\text{ m}$)

La forza massima agente sulle imbarcazioni di maggiore lunghezza (imbarcazioni tipo 5) vale:

$$F_{\max} = 22,30\text{ kN}$$

Ai fini dei calcoli si ipotizza prudenzialmente che tale forza sia interamente trasmessa alla bitta di progetto. Pertanto, tenendo conto di un incremento del 20% dovuto all'oscillazione del moto ondoso (cfr. capitolo 3 del presente documento) e di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. tabella 2.6.I delle N.T.C. 2018) la forza massima agente nelle bitte maggiormente sollecitate vale:

$$F_{5,Ed} = 1,2 \times 1,5 \times 22,30 = 40,14\text{ kN}$$

Il progetto prevede l'installazione di bitte da 20 t, pertanto la forza resistente di tali elementi vale:

$$F_{Rd} = 200,00\text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{5,Ed}$$

La verifica è soddisfatta

4.2.4.2.2 Imbarcazioni tipo 6 ($42\text{ m} < L \leq 50\text{ m}$)

La forza massima agente sulle imbarcazioni tipo 6 vale:

$$F_{\max} = 34,30\text{ kN}$$

Ai fini dei calcoli si ipotizza prudenzialmente che tale forza sia interamente trasmessa alla bitta di progetto. Pertanto, tenendo conto di un incremento del 20% dovuto all'oscillazione del moto ondoso (cfr. capitolo 3 del presente documento) e di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. tabella 2.6.I delle N.T.C. 2018) la forza massima agente nelle bitte maggiormente sollecitate vale:

$$F_{6,Ed} = 1,2 \times 1,5 \times 34,30 = 61,74\text{ kN}$$

Il progetto prevede l'installazione di bitte da 30 t, pertanto la forza resistente di tali elementi vale:

$$F_{Rd} = 300,00\text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{6,Ed}$$

La verifica è soddisfatta

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	44 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.5 Molo Langano

4.2.5.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da sud) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.2.5.1.1 Imbarcazioni tipo 3 ($16\text{ m} \leq L \leq 20\text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 5,00\text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 4,00\text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 20,00\text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a banchina (kN/m)
0	1	1,0	11,29	2,26	2,26
15	1,75	1,0	19,76	3,95	3,82
30	2,35	1,0	26,53	5,31	4,60
45	2,85	1,0	32,18	6,44	4,55
60	3,2	1,0	36,13	7,23	3,61
75	3,28	1,0	37,03	7,41	1,92
90	3,05	1,0	34,43	6,89	0,00

Tabella 27 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 37,03\text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al molo Langano è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 4,60\text{ kN/m}$$

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	45 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.5.1.2 Imbarcazioni tipo 4 ($20\text{ m} < L \leq 30\text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 6,50\text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 4,50\text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 29,25\text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a banchina (kN/m)
0	1	1,0	16,51	2,54	2,54
15	1,75	1,0	28,89	4,45	4,29
30	2,35	1,0	38,80	5,97	5,17
45	2,85	1,0	47,06	7,24	5,12
60	3,2	1,0	52,84	8,13	4,06
75	3,28	1,0	54,16	8,33	2,16
90	3,05	1,0	50,36	7,75	0,00

Tabella 28 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 54,16\text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al molo Langano è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 5,17\text{ kN/m}$$

4.2.5.1.3 Imbarcazioni tipo 5 ($30\text{ m} < L \leq 42\text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 7,30\text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 5,50\text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 40,15\text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a banchina (kN/m)
0	1	1,0	22,66	3,10	3,10
15	1,75	1,0	39,66	5,43	5,25
30	2,35	1,0	53,26	7,30	6,32
45	2,85	1,0	64,59	8,85	6,26
60	3,2	1,0	72,52	9,93	4,97
75	3,28	1,0	74,34	10,18	2,64
90	3,05	1,0	69,12	9,47	0,00

Tabella 29 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	46 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 74,34 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al molo Langano è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 6,32 \text{ kN/m}$$

4.2.5.1.4 Imbarcazioni tipo 6 ($42 \text{ m} < L \leq 50 \text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 9,50 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 6,50 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 61,75 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a banchina (kN/m)
0	1	1,0	34,86	3,67	3,67
15	1,75	1,0	61,00	6,42	6,20
30	2,35	1,0	81,91	8,62	7,47
45	2,85	1,0	99,34	10,46	7,39
60	3,2	1,0	111,54	11,74	5,87
75	3,28	1,0	114,33	12,03	3,11
90	3,05	1,0	106,31	11,19	0,00

Tabella 30 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 114,33 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al molo Langano è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 7,47 \text{ kN/m}$$

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.5.1.5 Imbarcazioni tipo 7 ($L > 50$ m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 11,00$ m
- Altezza imbarcazione: $h = 7,50$ m
- Area sezione trasversale: $E = 82,50$ m²

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a banchina (kN/m)
0	1	1,0	46,57	4,23	4,23
15	1,75	1,0	81,50	7,41	7,16
30	2,35	1,0	109,44	9,95	8,62
45	2,85	1,0	132,72	12,07	8,53
60	3,2	1,0	149,02	13,55	6,77
75	3,28	1,0	152,75	13,89	3,59
90	3,05	1,0	142,04	12,91	0,00

Tabella 31 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 152,75 \text{ kN}$$

La forza massima per unità per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al molo Langano è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 8,62 \text{ kN/m}$$

4.2.5.2 Dimensionamento delle bitte

4.2.5.2.1 Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$), tipo 4 ($20 \text{ m} < L \leq 30 \text{ m}$) e tipo 5 ($30 \text{ m} < L \leq 42 \text{ m}$)

La forza massima agente sulle imbarcazioni di maggiore lunghezza (imbarcazioni tipo 5) vale:

$$F_{\max} = 74,34 \text{ kN}$$

Ai fini dei calcoli si ipotizza prudenzialmente che tale forza sia interamente trasmessa alla bitta di progetto. Pertanto, tenendo conto di un incremento del 20% dovuto all'oscillazione del moto ondoso (cfr. capitolo 3 del presente documento) e di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. tabella 2.6.I delle N.T.C. 2018) la forza massima agente nelle bitte maggiormente sollecitate vale:

$$F_{5,Ed} = 1,2 \times 1,5 \times 74,34 = 133,81 \text{ kN}$$

Il progetto prevede l'installazione di bitte da 20 t, pertanto la forza resistente di tali elementi vale:

$$F_{Rd} = 200,00 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{5,Ed}$$

La verifica è soddisfatta

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	48 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.2.5.2.2 Imbarcazioni tipo 6 ($42\text{ m} < L \leq 50\text{ m}$) e tipo 7 ($L > 50\text{ m}$)

La forza massima agente sulle imbarcazioni di maggiore lunghezza (imbarcazioni tipo 7) vale: $F_{\max} = 152,75\text{ kN}$

Ai fini dei calcoli si ipotizza prudenzialmente che tale forza sia interamente trasmessa alla bitta di progetto. Pertanto, tenendo conto di un incremento del 20% dovuto all'oscillazione del moto ondoso (cfr. *capitolo 3* del presente documento) e di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. *tabella 2.6.I* delle N.T.C. 2018) la forza massima agente nelle bitte maggiormente sollecitate vale:

$$F_{7,Ed} = 1,2 \times 1,5 \times 152,75 = 274,95\text{ kN}$$

Il progetto prevede l'installazione di bitte da 30 t, pertanto la forza resistente di tali elementi vale:

$$F_{Rd} = 300,00\text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{7,Ed}$$

La verifica è soddisfatta

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	49 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3 Ormeggi a mare

Nella planimetria seguente è riportato uno schema planimetrico con indicazione, per ciascuna parte d'opera, dei fattori di schermatura utilizzati per la determinazione dei tiri massimi agenti nelle bitte.

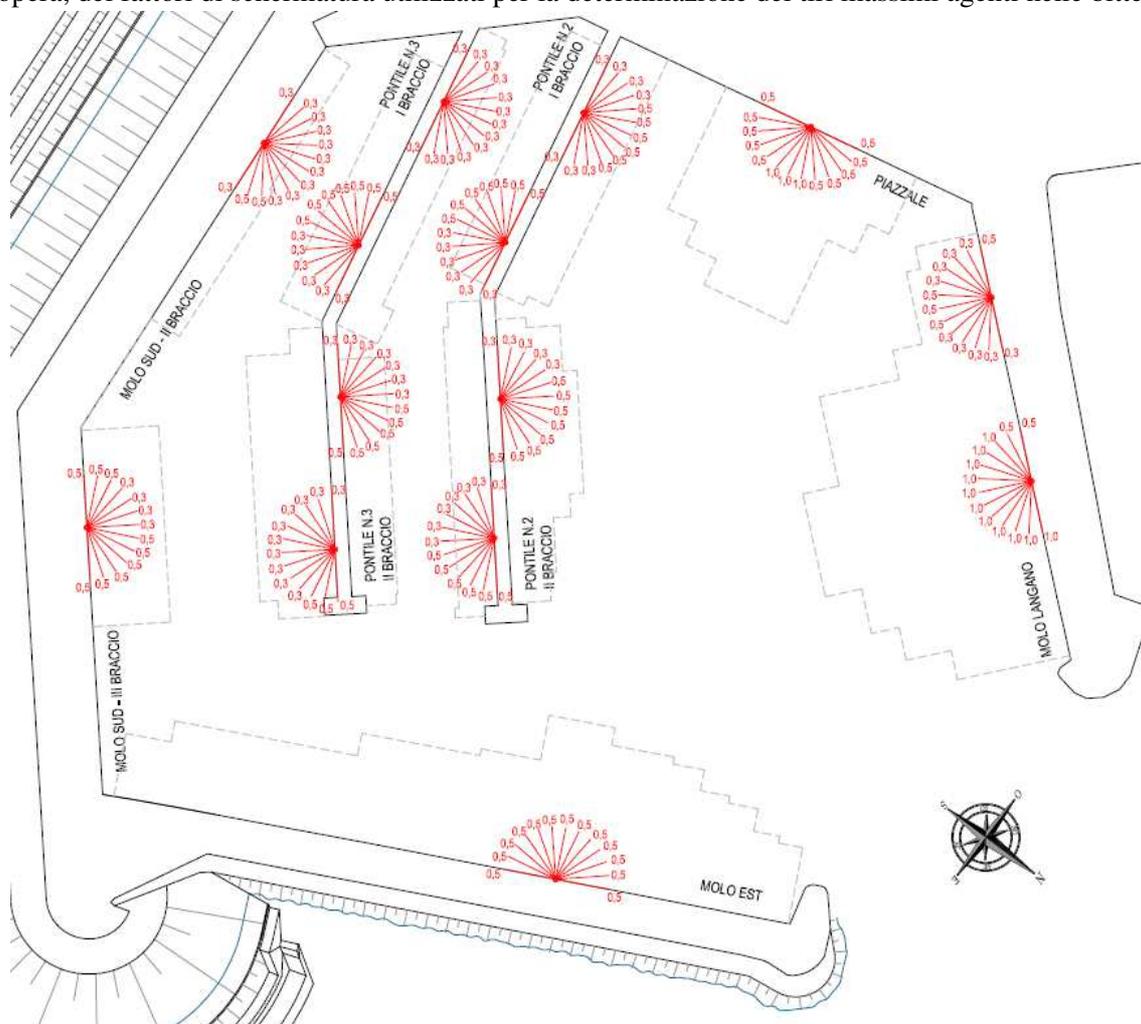


Figura 9: Schema planimetrico con indicazione dei fattori di schermo - verifiche degli ormeggi a terra

Con riferimento allo schema planimetrico sopra riportato, per la determinazione dei fattori di schermo non si è tenuto prudenzialmente conto della schermatura fornita dalle imbarcazioni adiacenti.

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	50 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.1 Pontili

4.3.1.1 Resistenza per attrito catene

Il collegamento tra le imbarcazioni presenti lungo i pontili e la catenaria principale sarà realizzato con catene aventi diametro 16 mm (imbarcazioni tipo 3), 14 mm (imbarcazioni tipo 2A e tipo 2B) e 12 mm (imbarcazioni tipo 1).

Con riferimento all'approccio di calcolo descritto al *paragrafo 3.1* del presente documento, nella tabella seguente, per ciascun diametro di catena, si riportano le caratteristiche necessarie per la determinazione della resistenza per attrito delle catene.

<i>Tipologia imbarcazione</i>	<i>Diametro catena [mm]</i>	<i>f [m]</i>	<i>d [m]</i>	<i>q (immerso) [kN/m]</i>
Tipologia 1 L ≤ 10 m	12	8,0	16,0	0,026
Tipologia 2A L = 12 m	14	8,0	16,0	0,037
Tipologia 2B L = 14 m	14	7,5	15,0	0,037
Tipologia 3 16 m ≤ L ≤ 20 m	16	8,0	16,0	0,050

Tabella 32 – caratteristiche per la determinazione della resistenza per attrito delle catene

Per le imbarcazioni tipo 3 ($16\text{ m} \leq L \leq 20\text{ m}$) è previsto l'utilizzo di catene $\phi 16\text{ mm}$ ($L=16\text{ m}$), $\phi 18\text{ mm}$ ($L=20\text{ m}$). Ai fini dei calcoli, a favore di sicurezza, si considera il peso delle catene $\phi 16\text{ mm}$.

Mediante la formula di *Blondel Truxa*, (cfr. *paragrafo 3.1*), per ciascuna tipologia di imbarcazione vengono ricavati i seguenti valori di resistenza per attrito delle catene di collegamento imbarcazioni – catenaria principale:

- | | |
|------------------------|---------------------------|
| - Imbarcazioni tipo 1 | $T_1 = 0,10\text{ kN}$ |
| - Imbarcazioni tipo 2A | $T_{2A} = 0,15\text{ kN}$ |
| - Imbarcazioni tipo 2B | $T_{2B} = 0,14\text{ kN}$ |
| - Imbarcazioni tipo 3 | $T_3 = 0,20\text{ kN}$ |

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.1.2 Pontile n.2 – I braccio – lato nord

4.3.1.2.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da nord) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.3.1.2.1.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 3,50$ m
- Altezza imbarcazione: $h = 1,50$ m
- Area sezione trasversale: $E = 5,25$ m²

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	0,5	1,48	0,42	0,42
15	1,75	0,5	2,59	0,74	0,72
30	2,35	0,5	3,48	0,99	0,86
45	2,85	0,5	4,22	1,21	0,85
60	3,2	0,3	2,84	0,81	0,41
75	3,28	0,3	2,92	0,83	0,22
90	3,05	0,3	2,71	0,77	0,00

Tabella 33 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 45° e vale:

$$F_{\max} = 4,22 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria principale è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,86 \text{ kN/m}$$

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.1.2.1.2 Imbarcazioni tipo 2B (L = 14 m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 4,5 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 3,0 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 13,5 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	0,5	3,81	0,85	0,85
15	1,75	0,5	6,67	1,48	1,43
30	2,35	0,5	8,95	1,99	1,72
45	2,85	0,5	10,86	2,41	1,71
60	3,2	0,3	7,32	1,63	0,81
75	3,28	0,3	7,50	1,67	0,43
90	3,05	0,3	6,97	1,55	0,00

Tabella 34 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 45° e vale:

$$F_{\max} = 10,86 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria principale è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 1,72 \text{ kN/m}$$

4.3.1.2.2 Dimensionamento dei corpi morti

Con riferimento ai paragrafi precedenti, di seguito si riportano i valori di tiro massimo contrastabile dal peso proprio delle catene secondarie:

- Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10 \text{ m}$) $T_1 = 4,22 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 2B ($L = 14 \text{ m}$) $T_2 = 10,86 \text{ kN}$

Confrontando i valori di resistenza delle catenarie (cfr. *paragrafo 4.3.1.1*) con quelli sopra riportati, emerge che questi ultimi sono sensibilmente maggiori. Le forze di attrito delle catene secondarie non sono pertanto sufficienti a equilibrare le azioni agenti, pertanto la catenaria principale risulta sollecitata trasversalmente.

4.3.1.2.2.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10 \text{ m}$)

Lungo il I braccio (lato nord) del pontile n.2 è presente un'unica imbarcazione tipo 1, che è prevista ormeggiata direttamente su un corpo morto da 2,7 t. Su tale corpo morto è inoltre previsto l'ormeggio di un'altra imbarcazione tipo 1 del II braccio. Tenendo conto di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. *tabella 2.6.I* delle N.T.C. 2018) la forza massime di calcolo agente direttamente sul corpo morto vale:

$$F_{Ed,1} = 2 \times 1,5 \times T_1 = 2 \times 1,5 \times 4,22 = 12,66 \text{ kN}$$

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	53 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

Il peso immerso del singolo corpo morto da 2,7 t vale:

$$P_i = \frac{P \times (\gamma_{cls} - \gamma_w)}{\gamma_{cls}} = \frac{27,0 \times (24,0 - 10,1)}{24,0} = 15,64 \text{ kN}$$

Il tiro delle imbarcazioni viene contrastato dal peso proprio e dall'attrito che si genera lungo il piano di scivolamento. La forza resistente viene pertanto calcolata mediante la formula seguente e vale:

$$R_i = P_i \times \eta = 15,64 \text{ kN}$$

dove: P_i = peso del singolo masso immerso = 15,64 kN
 η = coefficiente di attrito masso – terreno = 1,00
 (valore che tiene conto dell'effetto "ventosa")

$$R_i > F_{Ed,1}$$

Il sistema di ormeggio a mare è verificato.

4.3.1.2.2 Imbarcazioni tipo 2B (L = 14 m)

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria principale vale:

- Imbarcazioni tipo 2B (L = 14 m)

$$F_{cat,2} = 1,72 \text{ kN/m}$$

Tenendo conto di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. *tabella 2.6.1* delle N.T.C. 2018) la forza massima di calcolo per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria principale vale:

$$F_{cat,Ed,2} = 1,5 \times F_{cat,2} = 1,5 \times 1,72 = 2,58 \text{ kN/m}$$

Il progetto prevede il riutilizzo/potenziamento dei corpi morti esistenti da 2,7 t. Il peso immerso del singolo corpo morto da 2,7 t vale:

$$P_i = \frac{P \times (\gamma_{cls} - \gamma_w)}{\gamma_{cls}} = \frac{27,0 \times (24,0 - 10,1)}{24,0} = 15,64 \text{ kN}$$

Il tiro delle imbarcazioni viene contrastato dal peso proprio e dall'attrito che si genera lungo il piano di scivolamento. La forza resistente viene pertanto calcolata mediante la formula seguente e vale:

$$R_i = P_i \times \eta = 15,64 \text{ kN}$$

dove: P_i = peso del singolo masso immerso = 15,64 kN
 η = coefficiente di attrito masso – terreno = 1,00
 (valore che tiene conto dell'effetto "ventosa")

L'interasse massimo con cui dovranno essere posizionati i corpi morti viene determinato mediante la formula seguente:

$$i_{max} = \frac{R_i}{F_{cat,Ed}} = 6,06 \text{ m}$$

Lungo la catenaria esistente sono attualmente presenti corpi morti da 2,7 t ogni 10,0 m circa. Il progetto prevede la sostituzione di n.2 corpi morti esistenti con un blocco da 5,5 t e un blocco da 15 t. Tali elementi forniscono un vincolo rigido alla catenaria, pertanto il sistema di ormeggio nella configurazione di progetto si ritiene verificato.

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	54 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.1.3 Pontile n.2 – I braccio – lato sud

4.3.1.3.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da sud) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.3.1.3.1.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 3,50$ m
- Altezza imbarcazione: $h = 1,50$ m
- Area sezione trasversale: $E = 5,25$ m²

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	0,5	1,48	0,42	0,42
15	1,75	0,5	2,59	0,74	0,72
30	2,35	0,5	3,48	0,99	0,86
45	2,85	0,5	4,22	1,21	0,85
60	3,2	0,5	4,74	1,35	0,68
75	3,28	0,5	4,86	1,39	0,36
90	3,05	0,5	4,52	1,29	0,00

Tabella 35 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 45° e vale:

$$F_{\max} = 4,22 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,86 \text{ kN/m}$$

4.3.1.3.2 Dimensionamento dei corpi morti

Con riferimento al paragrafo precedente, di seguito si riporta il valore di tiro massimo contrastabile dal peso proprio delle catene secondarie:

- Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m) $T_1 = 4,22$ kN

Confrontando i valori di resistenza delle catenarie (cfr. *paragrafo 4.3.1.1*) con quelli sopra riportati, emerge che questi ultimi sono sensibilmente maggiori. Le forze di attrito delle catene secondarie non sono pertanto sufficienti a equilibrare le azioni agenti, pertanto la catenaria principale risulta sollecitata trasversalmente.

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria principale vale:

Codice	Titolo elaborato	Pagina
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	55 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

- Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)

$$F_{cat,1} = 0,86 \text{ kN/m}$$

Tenendo conto di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. *tabella 2.6.1* delle N.T.C. 2018) la forza massima di calcolo per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria principale vale:

$$F_{cat,Ed,1} = 1,5 \times F_{cat,1} = 1,5 \times 0,86 = 1,29 \text{ kN/m}$$

Il progetto prevede il riutilizzo/potenziamento dei corpi morti esistenti da 2,7 t. Il peso immerso del singolo corpo morto da 2,7 t vale:

$$P_i = \frac{P \times (\gamma_{cls} - \gamma_w)}{\gamma_{cls}} = \frac{27,0 \times (24,0 - 10,1)}{24,0} = 15,64 \text{ kN}$$

Il tiro delle imbarcazioni viene contrastato dal peso proprio e dall'attrito che si genera lungo il piano di scivolamento. La forza resistente viene pertanto calcolata mediante la formula seguente e vale:

$$R_i = P_i \times \eta = 15,64 \text{ kN}$$

dove: P_i = peso del singolo masso immerso = 15,64 kN
 η = coefficiente di attrito masso – terreno = 1,00
 (valore che tiene conto dell'effetto "ventosa")

L'interasse massimo con cui dovranno essere posizionati i corpi morti viene determinato mediante la formula seguente:

$$i_{max} = \frac{R_i}{F_{cat,Ed}} = \frac{15,64}{1,29} = 12,12 \text{ m}$$

Lungo la catenaria esistente sono attualmente presenti corpi morti da 2,7 t ogni 10,0 m circa. L'interasse attuale risulta minore dell'interasse massimo desunto dalle calcolazioni, pertanto il sistema di ormeggio si ritiene verificato.

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	56 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.1.4 Pontile n.2 – II braccio – lato nord

4.3.1.4.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da nord-ovest) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (*D*) e del fattore di schermo (*S*).

4.3.1.4.1.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 3,50$ m
- Altezza imbarcazione: $h = 1,50$ m
- Area sezione trasversale: $E = 5,25$ m²

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	0,5	1,48	0,42	0,42
15	1,75	0,5	2,59	0,74	0,72
30	2,35	0,5	3,48	0,99	0,86
45	2,85	0,5	4,22	1,21	0,85
60	3,2	0,5	4,74	1,35	0,68
75	3,28	0,5	4,86	1,39	0,36
90	3,05	0,5	4,52	1,29	0,00

Tabella 36 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 4,86 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,86 \text{ kN/m}$$

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.1.4.1.2 Imbarcazioni tipo 2A (L = 12 m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 4,5 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 3,0 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 13,5 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	0,5	2,26	0,56	0,56
15	1,75	0,5	3,95	0,99	0,95
30	2,35	0,5	5,31	1,33	1,15
45	2,85	0,5	6,44	1,61	1,14
60	3,2	0,5	7,23	1,81	0,90
75	3,28	0,5	7,41	1,85	0,48
90	3,05	0,5	6,89	1,72	0,00

Tabella 37 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 7,41 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 1,15 \text{ kN/m}$$

4.3.1.4.1.3 Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 5,0 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 4,0 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 20,0 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	0,5	5,64	1,13	1,13
15	1,75	0,5	9,88	1,98	1,91
30	2,35	0,5	13,27	2,65	2,30
45	2,85	0,5	16,09	3,22	2,28
60	3,2	0,5	18,06	3,61	1,81
75	3,28	0,5	18,51	3,70	0,96
90	3,05	0,5	17,22	3,44	0,00

Tabella 38 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	58 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 18,51 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 2,30 \text{ kN/m}$$

4.3.1.4.2 Dimensionamento dei corpi morti

Con riferimento ai paragrafi precedenti, di seguito si riportano i valori di tiro massimo contrastabile dal peso proprio delle catene secondarie:

- Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10 \text{ m}$)	$T_1 = 4,86 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 2A ($L = 12 \text{ m}$)	$T_2 = 7,41 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$)	$T_3 = 18,51 \text{ kN}$

Confrontando i valori di resistenza delle catenarie (cfr. *paragrafo 4.3.1.1*) con quelli sopra riportati, emerge che questi ultimi sono sensibilmente maggiori. Le forze di attrito delle catene secondarie non sono pertanto sufficienti a equilibrare le azioni agenti, pertanto la catenaria principale risulta sollecitata trasversalmente.

Le forze massime per unità di lunghezza agenti in direzione perpendicolare alla catenaria principale valgono:

- Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10 \text{ m}$)	$F_{\text{cat},1} = 0,86 \text{ kN/m}$
- Imbarcazioni tipo 2A ($L = 12 \text{ m}$)	$F_{\text{cat},2} = 1,15 \text{ kN/m}$
- Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$)	$F_{\text{cat},3} = 2,30 \text{ kN/m}$

Il progetto prevede il riutilizzo/potenziamento dei corpi morti esistenti da 2,7 t (per le imbarcazioni tipo 2A) e la posa di nuovi corpi morti da 5,5 t.

Con riferimento alla planimetria di progetto, lungo il II braccio del pontile n.2 (lato nord) è presente solamente un'imbarcazione tipo 1 da 7,5 m (a ponente delle imbarcazioni tipo 3) e n.2 imbarcazioni tipo 1 da 10 t. Il natante da 7,5 m è previsto ormeggiato a un unico corpo morto da 2,7 t, in comune con l'imbarcazione tipo 1 presente lungo il I braccio del pontile n.2. I natanti da 10 m sono invece ormeggiati alla catenaria esistente.

4.3.1.4.2.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10 \text{ m}$) e tipo 2A ($L = 12 \text{ m}$)

Le forze massime per unità di lunghezza agenti in direzione perpendicolare alla catenaria principale valgono:

- Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10 \text{ m}$)	$F_{\text{cat},1} = 0,86 \text{ kN/m}$
- Imbarcazioni tipo 2A ($L = 12 \text{ m}$)	$F_{\text{cat},2} = 1,15 \text{ kN/m}$

Tenendo conto di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. *tabella 2.6.I* delle N.T.C. 2018) le forze massime di calcolo per unità di lunghezza agenti in direzione perpendicolare alla catenaria principale valgono:

$$F_{\text{cat,Ed},1} = 1,5 \times F_{\text{cat},1} = 1,5 \times 0,86 = 1,29 \text{ kN/m}$$

$$F_{\text{cat,Ed},2} = 1,5 \times F_{\text{cat},2} = 1,5 \times 1,15 = 1,73 \text{ kN/m}$$

Il progetto prevede il riutilizzo/potenziamento dei corpi morti esistenti da 2,7 t. Il peso immerso del singolo corpo morto da 2,7 t vale:

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	59 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

$$P_i = \frac{P \times (\gamma_{cls} - \gamma_w)}{\gamma_{cls}} = \frac{27,0 \times (24,0 - 10,1)}{24,0} = 15,64 \text{ kN}$$

Il tiro delle imbarcazioni viene contrastato dal peso proprio e dall'attrito che si genera lungo il piano di scivolamento. La forza resistente viene pertanto calcolata mediante la formula seguente e vale:

$$R_i = P_i \times \eta = 15,64 \text{ kN}$$

dove: P_i = peso del singolo masso immerso = 15,64 kN
 η = coefficiente di attrito masso – terreno = 1,00
(valore che tiene conto dell'effetto "ventosa")

L'interasse massimo con cui dovranno essere posizionati i corpi morti viene determinato mediante la formula seguente:

$$i_{max} = \frac{R_i}{F_{cat,Ed}}$$

Nella tabella seguente, per ciascuna tipologia di imbarcazione, è riportato il calcolo dell'interasse massimo con cui dovranno essere posizionati i corpi morti:

<i>Tipologia imbarcazione</i>	<i>Forza di tiro ortogonale alla catenaria [kN/m]</i>	<i>Interasse max blocchi [m]</i>
Tipologia 1 L ≤ 10 m	1,29	12,12
Tipologia 2A L = 12 m	1,73	9,04

Lungo la catenaria esistente sono attualmente presenti corpi morti da 2,7 t ogni 10,0 m circa. Il progetto prevede il potenziamento dei corpi morti esistenti con il posizionamento di n.4 corpi morti da 2,7 t, salpati in precedenza, tra quelli esistenti. Conseguentemente, il nuovo interasse tra i blocchi è pari a circa 5,0 m, minore dell'interasse massimo desunto dalle calcolazioni, pertanto il sistema di ormeggio si ritiene verificato.

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	60 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.1.4.2.2 Imbarcazioni tipo 3 (16 m ≤ L ≤ 20 m)

Tenendo conto di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. *tabella 2.6.1* delle N.T.C. 2018) la forza massima di calcolo per unità di lunghezza agenti in direzione perpendicolare alla catenaria principale vale:

$$F_{cat,Ed,1} = 1,5 \times F_{cat,1} = 1,5 \times 2,30 = 3,45 \text{ kN/m}$$

Il peso immerso del singolo corpo morto da 5,5 t vale:

$$P_i = \frac{P \times (\gamma_{cls} - \gamma_w)}{\gamma_{cls}} = \frac{55,0 \times (24,0 - 10,1)}{24,0} = 31,85 \text{ kN}$$

Il tiro delle imbarcazioni viene contrastato dal peso proprio e dall'attrito che si genera lungo il piano di scivolamento. La forza resistente viene pertanto calcolata mediante la formula seguente e vale:

$$R_i = P_i \times \eta = 31,85 \text{ kN}$$

dove: P_i = peso del singolo masso immerso = 31,85 kN
 η = coefficiente di attrito masso – terreno = 1,00
 (valore che tiene conto dell'effetto "ventosa")

L'interasse massimo con cui dovranno essere posizionati i corpi morti viene determinato mediante la formula seguente:

$$i_{max} = \frac{R_i}{F_{cat,Ed}} = \frac{31,85}{3,45} = 9,23 \text{ m}$$

Il progetto prevede la realizzazione di una nuova catenaria principale (L ~ 80 m) e il posizionamento di corpi morti da 5,5 t con interasse di 8 m. Tale interasse risulta essere minore dell'interasse massimo desunto dalle calcolazioni, pertanto il sistema di ormeggio si ritiene verificato.

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	61 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.1.5 Pontile n.2 – II braccio – lato sud

4.3.1.5.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da sud-est) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.3.1.5.1.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 3,50$ m
- Altezza imbarcazione: $h = 1,50$ m
- Area sezione trasversale: $E = 5,25$ m²

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	0,3	0,89	0,25	0,25
15	1,75	0,5	2,59	0,74	0,72
30	2,35	0,5	3,48	0,99	0,86
45	2,85	0,5	4,22	1,21	0,85
60	3,2	0,5	4,74	1,35	0,68
75	3,28	0,5	4,86	1,39	0,36
90	3,05	0,5	4,52	1,29	0,00

Tabella 39 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 4,86 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al pontile è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,86 \text{ kN/m}$$

4.3.1.5.2 Dimensionamento dei corpi morti

Con riferimento al paragrafo precedente, di seguito si riporta il valore di tiro massimo contrastabile dal peso proprio delle catene secondarie:

- Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m) $T_1 = 4,86$ kN

Confrontando i valori di resistenza delle catenarie (cfr. *paragrafo 4.3.1.1*) con quelli sopra riportati, emerge che questi ultimi sono sensibilmente maggiori. Le forze di attrito delle catene secondarie non sono pertanto sufficienti a equilibrare le azioni agenti, pertanto la catenaria principale risulta sollecitata trasversalmente.

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria principale vale:

Codice	Titolo elaborato	Pagina
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	62 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

- Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)

$$F_{cat,1} = 0,86 \text{ kN/m}$$

Tenendo conto di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. *tabella 2.6.1* delle N.T.C. 2018) la forza massima di calcolo per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria principale vale:

$$F_{cat,Ed,1} = 1,5 \times F_{cat,1} = 1,5 \times 0,86 = 1,29 \text{ kN/m}$$

Il progetto prevede il riutilizzo/potenziamento dei corpi morti esistenti da 2,7 t. Il peso immerso del singolo corpo morto da 2,7 t vale:

$$P_i = \frac{P \times (\gamma_{cls} - \gamma_w)}{\gamma_{cls}} = \frac{27,0 \times (24,0 - 10,1)}{24,0} = 15,64 \text{ kN}$$

Il tiro delle imbarcazioni viene contrastato dal peso proprio e dall'attrito che si genera lungo il piano di scivolamento. La forza resistente viene pertanto calcolata mediante la formula seguente e vale:

$$R_i = P_i \times \eta = 15,64 \text{ kN}$$

dove: P_i = peso del singolo corpo immerso = 15,64 kN
 η = coefficiente di attrito corpo – terreno = 1,00
 (valore che tiene conto dell'effetto "ventosa")

L'interasse massimo con cui dovranno essere posizionati i corpi morti viene determinato mediante la formula seguente:

$$i_{max} = \frac{R_i}{F_{cat,Ed}} = \frac{15,64}{1,29} = 12,12 \text{ m}$$

Lungo la catenaria esistente sono attualmente presenti corpi morti da 2,7 t ogni 10,0 m circa. L'interasse attuale risulta minore dell'interasse massimo desunto dalle calcolazioni, pertanto il sistema di ormeggio si ritiene verificato.

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	63 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.1.6 Pontile n.3 – I braccio – lato nord

4.3.1.6.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da nord) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.3.1.6.1.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 3,50$ m
- Altezza imbarcazione: $h = 1,50$ m
- Area sezione trasversale: $E = 5,25$ m²

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	0,3	0,89	0,25	0,25
15	1,75	0,3	1,56	0,44	0,43
30	2,35	0,3	2,09	0,60	0,52
45	2,85	0,3	2,53	0,72	0,51
60	3,2	0,3	2,84	0,81	0,41
75	3,28	0,3	2,92	0,83	0,22
90	3,05	0,3	2,71	0,77	0,00

Tabella 40 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 2,92 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,52 \text{ kN/m}$$

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.1.6.1.2 Imbarcazioni tipo 2A (L = 12 m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 4,0 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 2,0 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 8,0 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	0,3	1,35	0,34	0,34
15	1,75	0,3	2,37	0,59	0,57
30	2,35	0,3	3,18	0,80	0,69
45	2,85	0,3	3,86	0,97	0,68
60	3,2	0,3	4,34	1,08	0,54
75	3,28	0,3	4,44	1,11	0,29
90	3,05	0,3	4,13	1,03	0,00

Tabella 41 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{ma} = 4,44 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,69 \text{ kN/m}$$

4.3.1.6.2 Dimensionamento dei corpi morti

Con riferimento ai paragrafi precedenti, di seguito si riportano i valori di tiro massimo contrastabile dal peso proprio delle catene secondarie:

- Imbarcazioni tipo 1 (L \leq 10 m) $T_1 = 2,92 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 2A (L = 12 m) $T_2 = 4,44 \text{ kN}$

Confrontando i valori di resistenza delle catenarie (cfr. *paragrafo 4.3.1.1*) con quelli sopra riportati, emerge che questi ultimi sono sensibilmente maggiori. Le forze di attrito delle catene secondarie non sono pertanto sufficienti a equilibrare le azioni agenti, pertanto la catenaria principale risulta sollecitata trasversalmente.

Le forze massime per unità di lunghezza agenti in direzione perpendicolare alla catenaria principale valgono:

- Imbarcazioni tipo 1 (L \leq 10 m) $F_{cat,1} = 0,52 \text{ kN/m}$
- Imbarcazioni tipo 2A (L = 12 m) $F_{cat,2} = 0,69 \text{ kN/m}$

Tenendo conto di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. *tabella 2.6.I* delle N.T.C. 2018) le forze massime di calcolo per unità di lunghezza agenti in direzione perpendicolare alla catenaria principale valgono:

$$F_{cat,Ed,1} = 1,5 \times F_{cat,1} = 1,5 \times 0,52 = 0,78 \text{ kN/m}$$

Codice	Titolo elaborato	Pagina
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	65 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

$$F_{cat,Ed,2} = 1,5 \times F_{cat,2} = 1,5 \times 0,69 = 1,04 \text{ kN/m}$$

Il progetto prevede il riutilizzo dei corpi morti esistenti da 2,7 t. Il peso immerso del singolo corpo morto da 2,7 t vale:

$$P_i = \frac{P \times (\gamma_{cls} - \gamma_w)}{\gamma_{cls}} = \frac{27,0 \times (24,0 - 10,1)}{24,0} = 15,64 \text{ kN}$$

Il tiro delle imbarcazioni viene contrastato dal peso proprio e dall'attrito che si genera lungo il piano di scivolamento. La forza resistente viene pertanto calcolata mediante la formula seguente e vale:

$$R_i = P_i \times \eta = 15,64 \text{ kN}$$

dove: P_i = peso del singolo masso immerso = 15,64 kN
 η = coefficiente di attrito masso – terreno = 1,00
 (valore che tiene conto dell'effetto "ventosa")

L'interasse massimo con cui dovranno essere posizionati i corpi morti viene determinato mediante la formula seguente:

$$i_{max} = \frac{R_i}{F_{cat,Ed}}$$

Nella tabella seguente, per ciascuna tipologia di imbarcazione, è riportato il calcolo dell'interasse massimo con cui dovranno essere posizionati i corpi morti:

<i>Tipologia imbarcazione</i>	<i>Forza di tiro ortogonale alla catenaria [kN/m]</i>	<i>Interasse max blocchi [m]</i>
Tipologia 1 L ≤ 10 m	0,78	20,05
Tipologia 2A L = 12 m	1,04	15,04

Lungo la catenaria esistente sono attualmente presenti corpi morti da 2,7 t ogni 10,0 m circa. L'interasse attuale risulta minore dell'interasse massimo desunto dalle calcolazioni, pertanto il sistema di ormeggio si ritiene verificato.

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	66 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.1.7 Pontile n.3 – I braccio – lato sud

4.3.1.7.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da sud) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.3.1.7.1.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 3,50$ m
- Altezza imbarcazione: $h = 1,50$ m
- Area sezione trasversale: $E = 5,25$ m²

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	0,5	1,48	0,42	0,42
15	1,75	0,5	2,59	0,74	0,72
30	2,35	0,5	3,48	0,99	0,86
45	2,85	0,5	4,22	1,21	0,85
60	3,2	0,5	4,74	1,35	0,68
75	3,28	0,5	4,86	1,39	0,36
90	3,05	0,5	4,52	1,29	0,00

Tabella 42 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 4,86 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,86 \text{ kN/m}$$

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.1.7.1.2 Imbarcazioni tipo 2A (L = 12 m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 4,0 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 2,0 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 8,0 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	0,5	2,26	0,56	0,56
15	1,75	0,5	3,95	0,99	0,95
30	2,35	0,5	5,31	1,33	1,15
45	2,85	0,5	6,44	1,61	1,14
60	3,2	0,5	7,23	1,81	0,90
75	3,28	0,5	7,41	1,85	0,48
90	3,05	0,5	6,89	1,72	0,00

Tabella 43 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 7,41 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 1,15 \text{ kN/m}$$

4.3.1.7.2 Dimensionamento dei corpi morti

Con riferimento ai paragrafi precedenti, di seguito si riportano i valori di tiro massimo contrastabile dal peso proprio delle catene secondarie:

- Imbarcazioni tipo 1 (L \leq 10 m) $T_1 = 4,86 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 2A (L = 12 m) $T_2 = 7,41 \text{ kN}$

Confrontando i valori di resistenza delle catenarie (cfr. *paragrafo 4.3.1.1*) con quelli sopra riportati, emerge che questi ultimi sono sensibilmente maggiori. Le forze di attrito delle catene secondarie non sono pertanto sufficienti a equilibrare le azioni agenti, pertanto la catenaria principale risulta sollecitata trasversalmente.

Le forze massime per unità di lunghezza agenti in direzione perpendicolare alla catenaria principale valgono:

- Imbarcazioni tipo 1 (L \leq 10 m) $F_{\text{cat},1} = 0,86 \text{ kN/m}$
- Imbarcazioni tipo 2A (L = 12 m) $F_{\text{cat},2} = 1,15 \text{ kN/m}$

Tenendo conto di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. *tabella 2.6.I* delle N.T.C. 2018) le forze massime di calcolo per unità di lunghezza agenti in direzione perpendicolare alla catenaria principale valgono:

$$F_{\text{cat,Ed},1} = 1,5 \times F_{\text{cat},1} = 1,5 \times 0,86 = 1,29 \text{ kN/m}$$

Codice	Titolo elaborato	Pagina
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	68 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

$$F_{cat,Ed,2} = 1,5 \times F_{cat,2} = 1,5 \times 1,15 = 1,73 \text{ kN/m}$$

Il progetto prevede il riutilizzo dei corpi morti esistenti da 2,7 t. Il peso immerso del singolo corpo morto da 2,7 t vale:

$$P_i = \frac{P \times (\gamma_{cls} - \gamma_w)}{\gamma_{cls}} = \frac{27,0 \times (24,0 - 10,1)}{24,0} = 15,64 \text{ kN}$$

Il tiro delle imbarcazioni viene contrastato dal peso proprio e dall'attrito che si genera lungo il piano di scivolamento. La forza resistente viene pertanto calcolata mediante la formula seguente e vale:

$$R_i = P_i \times \eta = 15,64 \text{ kN}$$

dove: P_i = peso del singolo masso immerso = 15,64 kN
 η = coefficiente di attrito masso – terreno = 1,00
 (valore che tiene conto dell'effetto "ventosa")

L'interasse massimo con cui dovranno essere posizionati i corpi morti viene determinato mediante la formula seguente:

$$i_{max} = \frac{R_i}{F_{cat,Ed}}$$

Nella tabella seguente, per ciascuna tipologia di imbarcazione, è riportato il calcolo dell'interasse massimo con cui dovranno essere posizionati i corpi morti:

<i>Tipologia imbarcazione</i>	<i>Forza di tiro ortogonale alla catenaria [kN/m]</i>	<i>Interasse max blocchi [m]</i>
Tipologia 1 L ≤ 10 m	1,29	12,12
Tipologia 2A L = 12 m	1,73	9,04

La catenaria esistente, appesantita da blocchi di dimensioni diverse (1,8 t, 2,7 t, 5,5 t), risulta completamente sepolta. Il progetto prevede la sua completa sostituzione con una nuova catenaria collegata a corpi morti da 2,7 t posizionati con un interasse di 8 m. Tale interasse risulta essere minore dell'interasse massimo desunto dalle calcolazioni, pertanto il sistema di ormeggio si ritiene verificato.

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	69 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.1.8 Pontile n.3 – II braccio – lato nord

4.3.1.8.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da nord-ovest) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.3.1.8.1.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 3,50$ m
- Altezza imbarcazione: $h = 1,50$ m
- Area sezione trasversale: $E = 5,25$ m²

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	0,3	0,89	0,25	0,25
15	1,75	0,5	2,59	0,74	0,72
30	2,35	0,5	3,48	0,99	0,86
45	2,85	0,5	4,22	1,21	0,85
60	3,2	0,5	4,74	1,35	0,68
75	3,28	0,5	4,86	1,39	0,36
90	3,05	0,5	4,52	1,29	0,00

Tabella 44 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 4,86 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,86 \text{ kN/m}$$

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.1.8.1.2 Imbarcazioni tipo 2A (L = 12 m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 4,0 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 2,0 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 8,0 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	0,3	1,35	0,34	0,34
15	1,75	0,3	2,37	0,59	0,57
30	2,35	0,3	3,18	0,80	0,69
45	2,85	0,3	3,86	0,97	0,68
60	3,2	0,5	7,23	1,81	0,90
75	3,28	0,5	7,41	1,85	0,48
90	3,05	0,5	6,89	1,72	0,00

Tabella 45 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

* il valore di 0,3 utilizzato nel calcolo è relativo alla maggioranza dei posti barca presenti lungo il III braccio (lato nord) del pontile n.3. Per le ultime imbarcazioni in testata il coefficiente di schermo per le traversie da nord-est vale 0,5. Tuttavia, il progetto prevede il rinforzo del collegamento al catenario del molo Est, con vincolo in testa in grado di assorbire gli sforzi di trazione nella zona terminale. Il sistema di ormeggio, in tale tratto, si ritiene pertanto verificato.

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 7,41 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria è stata ottenuta per una direzione del vento di 60° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,90 \text{ kN/m}$$

4.3.1.8.2 Dimensionamento dei corpi morti

Con riferimento ai paragrafi precedenti, di seguito si riportano i valori di tiro massimo contrastabile dal peso proprio delle catene secondarie:

- Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10 \text{ m}$) $T_1 = 4,86 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 2A ($L = 12 \text{ m}$) $T_2 = 7,41 \text{ kN}$

Confrontando i valori di resistenza delle catenarie (cfr. *paragrafo 4.3.1.1*) con quelli sopra riportati, emerge che questi ultimi sono sensibilmente maggiori. Le forze di attrito delle catene secondarie non sono pertanto sufficienti a equilibrare le azioni agenti, pertanto la catenaria principale risulta sollecitata trasversalmente.

Le forze massime per unità di lunghezza agenti in direzione perpendicolare alla catenaria principale valgono:

- Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10 \text{ m}$) $F_{\text{cat},1} = 0,86 \text{ kN/m}$
- Imbarcazioni tipo 2A ($L = 12 \text{ m}$) $F_{\text{cat},2} = 0,90 \text{ kN/m}$

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	71 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

Tenendo conto di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. *tabella 2.6.I* delle N.T.C. 2018) le forze massime di calcolo per unità di lunghezza agenti in direzione perpendicolare alla catenaria principale valgono:

$$F_{cat,Ed,1} = 1,5 \times F_{cat,1} = 1,5 \times 0,86 = 1,29 \text{ kN/m}$$

$$F_{cat,Ed,2} = 1,5 \times F_{cat,2} = 1,5 \times 0,90 = 1,35 \text{ kN/m}$$

Il progetto prevede il riutilizzo/potenziamento dei corpi morti esistenti da 2,7 t. Il peso immerso del singolo corpo morto da 2,7 t vale:

$$P_i = \frac{P \times (\gamma_{cls} - \gamma_w)}{\gamma_{cls}} = \frac{27,0 \times (24,0 - 10,1)}{24,0} = 15,64 \text{ kN}$$

Il tiro delle imbarcazioni viene contrastato dal peso proprio e dall'attrito che si genera lungo il piano di scivolamento. La forza resistente viene pertanto calcolata mediante la formula seguente e vale:

$$R_i = P_i \times \eta = 15,64 \text{ kN}$$

dove: P_i = peso del singolo massa immerso = 15,64 kN
 η = coefficiente di attrito massa – terreno = 1,00
 (valore che tiene conto dell'effetto "ventosa")

L'interasse massimo con cui dovranno essere posizionati i corpi morti viene determinato mediante la formula seguente:

$$l_{max} = \frac{R_i}{F_{cat,Ed}}$$

Nella tabella seguente, per ciascuna tipologia di imbarcazione, è riportato il calcolo dell'interasse massimo con cui dovranno essere posizionati i corpi morti:

<i>Tipologia imbarcazione</i>	<i>Forza di tiro ortogonale alla catenaria [kN/m]</i>	<i>Interasse max blocchi [m]</i>
Tipologia 1 L ≤ 10 m	1,29	12,12
Tipologia 2A L = 12 m	1,35	11,60

Lungo la catenaria esistente sono attualmente presenti corpi morti da 2,7 t ogni 10,0 m circa. L'interasse attuale risulta minore dell'interasse massimo desunto dalle calcolazioni, pertanto il sistema di ormeggio si ritiene verificato.

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	72 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.1.9 Pontile n.3 – II braccio – lato sud

4.3.1.9.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da nord-est) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.3.1.9.1.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 3,50$ m
- Altezza imbarcazione: $h = 1,50$ m
- Area sezione trasversale: $E = 5,25$ m²

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	0,3	0,89	0,25	0,25
15	1,75	0,3	1,56	0,44	0,43
30	2,35	0,3	2,09	0,60	0,52
45	2,85	0,3	2,53	0,72	0,51
60	3,2	0,5	4,74	1,35	0,68
75	3,28	0,5	4,86	1,39	0,36
90	3,05	0,5	4,52	1,29	0,00

Tabella 46 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 4,86 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria è stata ottenuta per una direzione del vento di 60° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,68 \text{ kN/m}$$

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.1.9.1.2 Imbarcazioni tipo 2A (L = 12 m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 4,0 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 2,0 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 8,0 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	0,3	1,35	0,34	0,34
15	1,75	0,3	2,37	0,59	0,57
30	2,35	0,3	3,18	0,80	0,69
45	2,85	0,3	3,86	0,97	0,68
60	3,2	0,5	7,23	1,81	0,90
75	3,28	0,5	7,41	1,85	0,48
90	3,05	0,5	6,89	1,72	0,00

Tabella 47 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 7,41 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria è stata ottenuta per una direzione del vento di 60° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,90 \text{ kN/m}$$

4.3.1.9.1.3 Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 5,0 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 4,0 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 20,0 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	0,3	3,39	0,68	0,68
15	1,75	0,3	5,93	1,19	1,15
30	2,35	0,3	7,96	1,59	1,38
45	2,85	0,3	9,65	1,93	1,37
60	3,2	0,5	18,06	3,61	1,81
75	3,28	0,5	18,51	3,70	0,96
90	3,05	0,5	17,22	3,44	0,00

Tabella 48 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	74 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 18,51 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria è stata ottenuta per una direzione del vento di 60° e vale:

$$q_{H,\perp} = 1,81 \text{ kN/m}$$

4.3.1.9.2 Dimensionamento dei corpi morti

Con riferimento ai paragrafi precedenti, di seguito si riportano i valori di tiro massimo contrastabile dal peso proprio delle catene secondarie:

- Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10 \text{ m}$) $T_1 = 4,86 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 2A ($L = 12 \text{ m}$) $T_2 = 7,41 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$) $T_3 = 18,51 \text{ kN}$

Confrontando i valori di resistenza delle catenarie (cfr. *paragrafo 4.3.1.1*) con quelli sopra riportati, emerge che questi ultimi sono sensibilmente maggiori. Le forze di attrito delle catene secondarie non sono pertanto sufficienti a equilibrare le azioni agenti, pertanto la catenaria principale risulta sollecitata trasversalmente.

Le forze massime per unità di lunghezza agenti in direzione perpendicolare alla catenaria principale valgono:

- Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10 \text{ m}$) $F_{\text{cat},1} = 0,68 \text{ kN/m}$
- Imbarcazioni tipo 2A ($L = 12 \text{ m}$) $F_{\text{cat},2} = 0,90 \text{ kN/m}$
- Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$) $F_{\text{cat},3} = 1,81 \text{ kN/m}$

Tenendo conto di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. *tabella 2.6.I* delle N.T.C. 2018) le forze massime di calcolo per unità di lunghezza agenti in direzione perpendicolare alla catenaria principale valgono:

$$F_{\text{cat,Ed},1} = 1,5 \times F_{\text{cat},1} = 1,5 \times 0,68 = 1,02 \text{ kN/m}$$

$$F_{\text{cat,Ed},2} = 1,5 \times F_{\text{cat},2} = 1,5 \times 0,90 = 1,35 \text{ kN/m}$$

$$F_{\text{cat,Ed},3} = 1,5 \times F_{\text{cat},3} = 1,5 \times 1,81 = 2,72 \text{ kN/m}$$

Il progetto prevede il riutilizzo/potenziamento dei corpi morti esistenti da 1,8 t (imbarcazioni tipo 1) e da 5,5 t (imbarcazioni tipo 2A e tipo 3). Il peso immerso del singolo corpo morto da 1,8 t e da 5,5 t vale:

$$P_{1,8t} = \frac{P \times (\gamma_{cls} - \gamma_w)}{\gamma_{cls}} = \frac{18,0 \times (24,0 - 10,1)}{24,0} = 10,43 \text{ kN}$$

$$P_{5,5t} = \frac{P \times (\gamma_{cls} - \gamma_w)}{\gamma_{cls}} = \frac{55,0 \times (24,0 - 10,1)}{24,0} = 31,85 \text{ kN}$$

Il tiro delle imbarcazioni viene contrastato dal peso proprio e dall'attrito che si genera lungo il piano di scivolamento. La forza resistente viene pertanto calcolata mediante la formula seguente e vale:

$$R_{1,8t} = P_{1,8t} \times \eta = 10,43 \text{ kN}$$

$$R_{5,5t} = P_{5,5t} \times \eta = 31,85 \text{ kN}$$

dove: $P_{1,8t}$ = peso immerso del singolo masso da 1,8 t = 10,43 kN

$P_{5,5t}$ = peso immerso del singolo masso da 5,5 t = 31,85 kN

η = coefficiente di attrito masso – terreno = 1,00

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	75 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

(valore che tiene conto dell'effetto "ventosa")

L'interasse massimo con cui dovranno essere posizionati i corpi morti viene determinato mediante la formula seguente:

$$i_{max} = \frac{R_i}{F_{cat,Ed}}$$

Nella tabella seguente, per ciascuna tipologia di imbarcazione, è riportato il calcolo dell'interasse massimo con cui dovranno essere posizionati i corpi morti:

<i>Tipologia imbarcazione</i>	<i>Forza di tiro ortogonale alla catenaria [kN/m]</i>	<i>Interasse max blocchi [m]</i>
Tipologia 1 L ≤ 10 m	1,02	10,23
Tipologia 2A L = 12 m	1,35	23,59
Tipologia 3 16 m ≤ L ≤ 20 m	2,72	11,71

Lungo la catenaria esistente sono attualmente presenti corpi morti da 5,5 t t ogni 10,0 m circa. L'interasse attuale risulta minore dell'interasse massimo desunto dalle calcolazioni, pertanto il sistema di ormeggio si ritiene verificato.

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	76 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.2 Molo Est

4.3.2.1 Resistenza per attrito catene

Il collegamento tra le imbarcazioni presenti lungo il molo Est e la catenaria principale sarà realizzato con catene aventi diametro 24 mm, 22 mm, 20 mm, 18 mm e 16 mm.

Con riferimento all'approccio di calcolo descritto al *paragrafo 3.1* del presente documento nella tabella seguente, per ciascuna tipologia di imbarcazione, si riportano le caratteristiche necessarie per la determinazione della resistenza per attrito delle catene.

<i>Tipologia imbarcazione</i>	<i>Diametro catena [mm]</i>	<i>f [m]</i>	<i>d [m]</i>	<i>q (immerso) [kN/m]</i>
Tipologia 3 $16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$	16	8,0	12,0	0,050
Tipologia 4 $20 \text{ m} < L \leq 30 \text{ m}$	18	8,0	10,0	0,064
Tipologia 5 $30 \text{ m} < L \leq 42 \text{ m}$	22	7,0	19,0	0,092

Tabella 49 – caratteristiche per la determinazione della resistenza per attrito delle catene

Con riferimento al *paragrafo 4.1.2* del presente documento, per le imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$) e tipo 4 ($20 \text{ m} < L \leq 30 \text{ m}$) è previsto l'utilizzo di catene di diverse dimensioni in funzione della loro lunghezza effettiva. Ai fini dei calcoli, a favore di sicurezza, si considerano i diametri minori delle catene a servizio delle imbarcazioni contenuti all'interno di ciascuna fascia.

Mediante la formula di *Blondel Truxa*, (cfr. *paragrafo 3.1*), per ciascuna tipologia di imbarcazione vengono ricavati i seguenti valori di resistenza per attrito delle catene di collegamento imbarcazioni – catenaria principale:

- Imbarcazioni tipo 3 $T_3 = 0,11 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 4 $T_4 = 0,10 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 5 $T_5 = 0,59 \text{ kN}$

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	77 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.2.2 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da sud-ovest) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.3.2.2.1 Imbarcazioni tipo 3 ($16\text{ m} \leq L \leq 20\text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 5,00\text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 4,00\text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 20,00\text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	0,5	5,64	1,13	1,13
15	1,75	0,5	9,88	1,98	1,91
30	2,35	0,5	13,27	2,65	2,30
45	2,85	0,5	16,09	3,22	2,28
60	3,2	0,5	18,06	3,61	1,81
75	3,28	0,5	18,51	3,70	0,96
90	3,05	0,5	17,22	3,44	0,00

Tabella 50 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 18,51\text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 2,30\text{ kN/m}$$

4.3.2.2.2 Imbarcazioni tipo 4 ($20\text{ m} < L \leq 30\text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 6,50\text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 4,50\text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 29,25\text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	78 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	0,5	8,26	1,27	1,27
15	1,75	0,5	14,45	2,22	2,15
30	2,35	0,5	19,40	2,98	2,58
45	2,85	0,5	23,53	3,62	2,56
60	3,2	0,5	26,42	4,06	2,03
75	3,28	0,5	27,08	4,17	1,08
90	3,05	0,5	25,18	3,87	0,00

Tabella 51 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 27,08 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 2,58 \text{ kN/m}$$

4.3.2.2.3 Imbarcazioni tipo 5 (30 m < L < 42 m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 7,30 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 5,50 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 40,15 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	0,5	11,33	1,55	1,55
15	1,75	0,5	19,83	2,72	2,62
30	2,35	0,5	26,63	3,65	3,16
45	2,85	0,5	32,30	4,42	3,13
60	3,2	0,5	36,26	4,97	2,48
75	3,28	0,5	37,17	5,09	1,32
90	3,05	0,5	34,56	4,73	0,00

Tabella 52 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 37,17 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 3,16 \text{ kN/m}$$

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	79 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.2.3 Dimensionamento dei corpi morti

Con riferimento ai paragrafi precedenti, di seguito si riportano i valori di tiro massimo contrastabile dal peso proprio delle catene secondarie:

- Imbarcazioni tipo 3 ($16\text{ m} \leq L \leq 20\text{ m}$) $T_3 = 18,51\text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 4 ($20\text{ m} < L \leq 30\text{ m}$) $T_4 = 27,08\text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 5 ($30\text{ m} < L \leq 42\text{ m}$) $T_5 = 37,17\text{ kN}$

Confrontando i valori di resistenza delle catenarie (cfr. *paragrafo 4.3.2.1*) con quelli sopra riportati, emerge che questi ultimi sono sensibilmente maggiori. Le forze di attrito delle catene secondarie non sono pertanto sufficienti a equilibrare le azioni agenti, pertanto la catenaria principale risulta sollecitata trasversalmente.

Le forze massime per unità di lunghezza agenti in direzione perpendicolare alla catenaria principale valgono:

- Imbarcazioni tipo 3 ($16\text{ m} \leq L \leq 20\text{ m}$) $F_{\text{cat},3} = 2,30\text{ kN/m}$
- Imbarcazioni tipo 4 ($20\text{ m} < L \leq 30\text{ m}$) $F_{\text{cat},4} = 2,58\text{ kN/m}$
- Imbarcazioni tipo 5 ($30\text{ m} < L \leq 42\text{ m}$) $F_{\text{cat},5} = 3,16\text{ kN/m}$

Tenendo conto di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. *tabella 2.6.I* delle N.T.C. 2018) le forze massime di calcolo per unità di lunghezza agenti in direzione perpendicolare alla catenaria principale valgono:

$$F_{\text{cat,Ed},3} = 1,5 \times F_{\text{cat},3} = 1,5 \times 2,30 = 3,45\text{ kN/m}$$

$$F_{\text{cat,Ed},4} = 1,5 \times F_{\text{cat},4} = 1,5 \times 2,58 = 3,87\text{ kN/m}$$

$$F_{\text{cat,Ed},5} = 1,5 \times F_{\text{cat},5} = 1,5 \times 3,16 = 4,74\text{ kN/m}$$

Il progetto prevede il riutilizzo/potenziamento dei corpi morti esistenti da 5,5 t e la realizzazione di un nuovo tratto di catenaria (nella zona nord) con nuovi corpi morti da 5,5 t. Il peso immerso del singolo blocco da 5,5 t vale:

$$P_i = \frac{P \times (\gamma_{cls} - \gamma_w)}{\gamma_{cls}} = \frac{55,0 \times (24,0 - 10,1)}{24,0} = 31,85\text{ kN}$$

Il tiro delle imbarcazioni viene contrastato dal peso proprio e dall'attrito che si genera lungo il piano di scivolamento. La forza resistente viene pertanto calcolata mediante la formula seguente e vale:

$$R_i = P_i \times \eta = 31,85\text{ kN}$$

dove: P_i = peso del singolo masso immerso = 31,85 kN
 η = coefficiente di attrito masso – terreno = 1,00
 (valore che tiene conto dell'effetto "ventosa")

L'interasse massimo con cui dovranno essere posizionati i corpi morti viene determinato mediante la formula seguente:

$$i_{\text{max}} = \frac{R_i}{F_{\text{cat,Ed}}}$$

Nella tabella seguente, per ciascuna tipologia di imbarcazione, è riportato il calcolo dell'interasse massimo con cui dovranno essere posizionati i corpi morti:

<i>Tipologia imbarcazione</i>	<i>Forza di tiro ortogonale</i>	<i>Interasse max blocchi</i>
-------------------------------	---------------------------------	------------------------------

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	80 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

	<i>alla catenaria [kN/m]</i>	<i>[m]</i>
Tipologia 3 16 m ≤ L ≤ 20 m	3,45	9,23
Tipologia 4 20 m < L ≤ 30 m	3,87	8,23
Tipologia 5 30 m < L ≤ 42 m	4,74	6,72

Lungo la catenaria esistente sono attualmente presenti corpi morti da 5,5 t a interasse variabile a seconda della lunghezza dell'imbarcazione. Nel terminale nord è invece prevista la realizzazione di un nuovo tratto di catenaria (L = 80 m) con corpi morti da 5,5 t posizionati con interasse variabile. Di seguito, per ciascuna tipologia di imbarcazione, si viene eseguita un'analisi del sistema di ormeggio a mare di progetto.

- Imbarcazioni tipo 3 e tipo 4:
 - Lungo il tratto di catenaria esistente i corpi morti sono posizionati con un interasse di circa 10 m e sono presenti n.4 punti fissi costituiti dalle catenarie a servizio delle imbarcazioni ormeggiate lungo i pontili e lungo il molo Sud. Grazie alla presenza di tali punti fissi, il sistema di ormeggio si ritiene verificato.
 - Lungo la nuova catenaria nella parte nord del molo Est, i corpi morti sono posizionati con un interasse di 8,0 m, minore dell'interasse massimo desunto dalle calcolazioni per le presenti tipologie di imbarcazione, pertanto il sistema di ormeggio a mare si ritiene verificato.
- Imbarcazioni tipo 5:
 - Lungo il tratto di catenaria esistente i corpi morti sono posizionati con un interasse di 8 m. Il progetto prevede il potenziamento del sistema di ormeggio mediante il posizionamento di un corpo morto da 2,7 t tra i corpi morti esistenti. Tenendo conto delle dimensioni dei blocchi, il nuovo interasse medio è pari a circa 6,0 m, minore dell'interasse massimo desunto dalle calcolazioni, pertanto il sistema di ormeggio a mare si ritiene verificato.
 - Lungo la nuova catenaria nella parte nord del molo Est, i corpi morti sono posizionati con un interasse di 6,0 m, minore dell'interasse massimo desunto dalle calcolazioni per le presenti tipologie di imbarcazione, pertanto il sistema di ormeggio a mare si ritiene verificato.

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	81 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.3 Molo Sud

4.3.3.1 Resistenza per attrito catene

Il collegamento tra le imbarcazioni presenti lungo il molo Sud e la catenaria principale sarà realizzato con catene aventi diametro 18 mm e 12 mm.

Con riferimento all'approccio di calcolo descritto al *paragrafo 3.1* del presente documento, nella tabella seguente, per ciascun diametro di catena, si riportano le caratteristiche necessarie per la determinazione della resistenza per attrito delle catene.

<i>Tipologia imbarcazione</i>	<i>Diametro catena [mm]</i>	<i>f [m]</i>	<i>d [m]</i>	<i>q (immerso) [kN/m]</i>
Tipologia 1 $L \leq 10$ m	12	8,0	11,0	0,026
Tipologia 3 $16 \text{ m} \leq L \leq 20$ m	18	8,0	28,0	0,064

Tabella 53 – caratteristiche per la determinazione della resistenza per attrito delle catene

Mediante la formula di *Blondel Truxa*, (cfr. *paragrafo 3.1*), per ciascuna tipologia di imbarcazione vengono ricavati i seguenti valori di resistenza per attrito delle catene di collegamento imbarcazioni – catenaria principale:

- Imbarcazioni tipo 1
- Imbarcazioni tipo 3

$$T_1 = 0,05 \text{ kN}$$

$$T_3 = 0,78 \text{ kN}$$

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	82 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.3.2 Molo Sud – II braccio

4.3.3.2.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da nord) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.3.3.2.1.1 Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 3,50$ m
- Altezza imbarcazione: $h = 1,50$ m
- Area sezione trasversale: $E = 5,25$ m²

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	0,3	0,89	0,25	0,25
15	1,75	0,3	1,56	0,44	0,43
30	2,35	0,3	2,09	0,60	0,52
45	2,85	0,3	2,53	0,72	0,51
60	3,2	0,5	4,74	1,35	0,68
75	3,28	0,5	4,86	1,39	0,36
90	3,05	0,3	2,71	0,77	0,00

Tabella 54 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 4,86 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria è stata ottenuta per una direzione del vento di 60° e vale:

$$q_{H,\perp} = 0,68 \text{ kN/m}$$

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.3.2.2 Dimensionamento dei corpi morti

Con riferimento al paragrafo precedente, di seguito si riporta il valore di tiro massimo contrastabile dal peso proprio delle catene secondarie:

- Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m) $T_1 = 4,86$ kN

Confrontando i valori di resistenza delle catenarie (cfr. *paragrafo 4.3.3.1*) con quelli sopra riportati, emerge che questi ultimi sono sensibilmente maggiori. Le forze di attrito delle catene secondarie non sono pertanto sufficienti a equilibrare le azioni agenti, pertanto la catenaria principale risulta sollecitata trasversalmente.

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria principale vale:

- Imbarcazioni tipo 1 ($L \leq 10$ m) $F_{cat,1} = 0,68$ kN/m

Tenendo conto di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. *tabella 2.6.1* delle N.T.C. 2018) la forza massima di calcolo per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria principale vale:

$$F_{cat,Ed,1} = 1,5 \times F_{cat,1} = 1,5 \times 0,68 = 1,02 \text{ kN/m}$$

Il progetto prevede il riutilizzo/potenziamento dei corpi morti esistenti da 1,8 t. Il peso immerso del singolo corpo morto da 1,8 t vale:

$$P_i = \frac{P \times (\gamma_{cls} - \gamma_w)}{\gamma_{cls}} = \frac{18,0 \times (24,0 - 10,1)}{24,0} = 10,43 \text{ kN}$$

Il tiro delle imbarcazioni viene contrastato dal peso proprio e dall'attrito che si genera lungo il piano di scivolamento. La forza resistente viene pertanto calcolata mediante la formula seguente e vale:

$$R_i = P_i \times \eta = 10,43 \text{ kN}$$

dove: P_i = peso del singolo masso immerso = 10,43 kN
 η = coefficiente di attrito masso – terreno = 1,00
 (valore che tiene conto dell'effetto "ventosa")

L'interasse massimo con cui dovranno essere posizionati i corpi morti viene determinato mediante la formula seguente:

$$i_{max} = \frac{R_i}{F_{cat,Ed}} = \frac{10,43}{1,02} = 10,23 \text{ m}$$

Lungo la catenaria esistente sono attualmente presenti corpi morti da 1,8 t, da 2,7 t e da 5,5 t mediamente ogni 8,0 m circa. L'interasse attuale risulta minore dell'interasse massimo desunto dalle calcolazioni, pertanto il sistema di ormeggio si ritiene verificato.

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	84 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.3.3 Molo Sud – III braccio

4.3.3.3.1 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da nord-ovest) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.3.3.3.1.1 Imbarcazioni tipo 3 ($16\text{ m} \leq L \leq 20\text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 5,00\text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 4,00\text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 20,00\text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a banchina (kN/m)
0	1	0,3	3,39	0,68	0,68
15	1,75	0,3	5,93	1,19	1,15
30	2,35	0,3	7,96	1,59	1,38
45	2,85	0,3	9,65	1,93	1,37
60	3,2	0,5	18,06	3,61	1,81
75	3,28	0,5	18,51	3,70	0,96
90	3,05	0,5	17,22	3,44	0,00

Tabella 55 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 18,51\text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare al molo Sud è stata ottenuta per una direzione del vento di 60° e vale:

$$q_{H,\perp} = 1,81\text{ kN/m}$$

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	85 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.3.3.2 Dimensionamento dei corpi morti

Con riferimento al paragrafo precedente, di seguito si riporta il valore di tiro massimo contrastabile dal peso proprio delle catene secondarie:

- Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$) $T_1 = 18,51 \text{ kN}$

Confrontando i valori di resistenza delle catenarie (cfr. *paragrafo 4.3.3.1*) con quelli sopra riportati, emerge che questi ultimi sono sensibilmente maggiori. Le forze di attrito delle catene secondarie non sono pertanto sufficienti a equilibrare le azioni agenti, pertanto la catenaria principale risulta sollecitata trasversalmente.

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria principale vale:

- Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$) $F_{\text{cat},3} = 1,81 \text{ kN/m}$

Tenendo conto di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. *tabella 2.6.1* delle N.T.C. 2018) la forza massima di calcolo per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria principale vale:

$$F_{\text{cat,Ed},3} = 1,5 \times F_{\text{cat},1} = 1,5 \times 1,81 = 2,72 \text{ kN/m}$$

Il progetto prevede il riutilizzo/potenziamento dei corpi morti esistenti da 5,5 t. Il peso immerso del singolo corpo morto da 5,5 t vale:

$$P_i = \frac{P \times (\gamma_{\text{cls}} - \gamma_w)}{\gamma_{\text{cls}}} = \frac{55,0 \times (24,0 - 10,1)}{24,0} = 31,85 \text{ kN}$$

Il tiro delle imbarcazioni viene contrastato dal peso proprio e dall'attrito che si genera lungo il piano di scivolamento. La forza resistente viene pertanto calcolata mediante la formula seguente e vale:

$$R_i = P_i \times \eta = 31,85 \text{ kN}$$

dove: P_i = peso del singolo masso immerso = 31,85 kN
 η = coefficiente di attrito masso – terreno = 1,00
 (valore che tiene conto dell'effetto "ventosa")

L'interasse massimo con cui dovranno essere posizionati i corpi morti viene determinato mediante la formula seguente:

$$i_{\text{max}} = \frac{R_i}{F_{\text{cat,Ed}}} = \frac{31,85}{2,72} = 11,71 \text{ m}$$

Lungo la catenaria esistente sono attualmente presenti corpi morti da 5,5 t t ogni 10,0 m circa. L'interasse attuale risulta minore dell'interasse massimo desunto dalle calcolazioni, pertanto il sistema di ormeggio si ritiene verificato.

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	86 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.4 Piazzale

4.3.4.1 Resistenza per attrito catene

Il collegamento tra le imbarcazioni presenti lungo il piazzale e la catenaria principale / corpi morti da 15 t sarà realizzato con catene aventi diametro 24 mm, 22 mm, 20 mm e 16 mm.

Con riferimento all'approccio di calcolo descritto al *paragrafo 3.1* del presente documento nella tabella seguente, per ciascuna tipologia di imbarcazione, si riportano le caratteristiche necessarie per la determinazione della resistenza per attrito delle catene.

<i>Tipologia imbarcazione</i>	<i>Diametro catena [mm]</i>	<i>f [m]</i>	<i>d [m]</i>	<i>q (immerso) [kN/m]</i>
Tipologia 3 L = 16 m	16	6,5	18,0	0,050
Tipologia 4 L = 24 m	18	6,5	11,0	0,064
Tipologia 5 30 m < L ≤ 42 m	22	7,0	17,0	0,092
Tipologia 6 42 m < L ≤ 50 m	36	7,0	5,0*	0,231

Tabella 56 – caratteristiche per la determinazione della resistenza per attrito delle catene

* Per le imbarcazioni da 50 m è previsto l'utilizzo di catene $\phi 36$ lunghe 5 m (collegate ai corpi morti) e di trappe collegate alle catene $\phi 36$. Ai fini dei calcoli si trascura prudenzialmente il peso proprio delle trappe.

Con riferimento al *paragrafo 4.1.4* del presente documento, per le imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$) e tipo 4 ($20 \text{ m} < L \leq 30 \text{ m}$) è previsto l'utilizzo di catene di diverse dimensioni in funzione della loro lunghezza effettiva. Ai fini dei calcoli si considerano i diametri effettivamente utilizzati dalle imbarcazioni ormeggiate lungo il piazzale.

Mediante la formula di *Blondel Truxa*, (cfr. *paragrafo 3.1*), per ciascuna tipologia di imbarcazione vengono ricavati i seguenti valori di resistenza per attrito delle catene di collegamento imbarcazioni – catenaria principale:

- Imbarcazioni tipo 3 $T_3 = 0,31 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 4 $T_4 = 0,15 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 5 $T_5 = 0,47 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 6 $T_6 = 0,10 \text{ kN}$

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	87 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.4.2 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da est) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.3.4.2.1 Imbarcazioni tipo 3 ($16\text{ m} \leq L \leq 20\text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 5,00\text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 4,00\text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 20,00\text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	1,0	11,29	2,26	2,26
15	1,75	1,0	19,76	3,95	3,82
30	2,35	0,5	13,27	2,65	2,30
45	2,85	0,5	16,09	3,22	2,28
60	3,2	0,5	18,06	3,61	1,81
75	3,28	0,5	18,51	3,70	0,96
90	3,05	0,5	17,22	3,44	0,00

Tabella 57 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata, la forza massima agente sull'imbarcazione e la forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria sono state ottenute per una direzione del vento di 15° e valgono:

$$F_{\max} = 19,76\text{ kN}$$

$$q_{H,\perp} = 3,82\text{ kN/m}$$

4.3.4.2.2 Imbarcazioni tipo 4 ($20\text{ m} < L \leq 30\text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 6,50\text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 4,50\text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 29,25\text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	1,0	16,51	2,54	2,54
15	1,75	1,0	28,89	4,45	4,29
30	2,35	0,5	19,40	2,98	2,58
45	2,85	0,5	23,53	3,62	2,56

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	88 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

60	3,2	0,5	26,42	4,06	2,03
75	3,28	0,5	27,08	4,17	1,08
90	3,05	0,5	25,18	3,87	0,00

Tabella 58 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata, la forza massima agente sull'imbarcazione e la forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria sono state ottenute per una direzione del vento di 15° e valgono:

$$F_{\max} = 28,89 \text{ kN}$$

$$q_{H,\perp} = 4,29 \text{ kN/m}$$

4.3.4.2.3 Imbarcazioni tipo 5 (30 m < L ≤ 42 m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 7,30 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 5,50 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 40,15 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)
0	1	1,0	22,66
15	1,75	1,0	39,66
30	2,35	0,5	26,63
45	2,85	0,5	32,30
60	3,2	0,5	36,26
75	3,28	0,5	37,17
90	3,05	0,5	34,56

Tabella 59 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata, la forza massima agente direttamente sul corpo morto è stata ottenuta per una direzione del vento di 15° e vale:

$$F_{\max} = 39,66 \text{ kN}$$

4.3.4.2.4 Imbarcazioni tipo 6 (42 m < L ≤ 50 m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 9,50 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 6,50 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 61,75 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)
-----------------	------------------	----------------------	-----------------------

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	89 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

0	1	1,0	34,86
15	1,75	1,0	61,00
30	2,35	0,5	40,96
45	2,85	0,5	49,67
60	3,2	0,5	55,77
75	3,28	0,5	57,16
90	3,05	0,5	53,16

Tabella 60 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata, la forza massima agente direttamente sul corpo morto è stata ottenuta per una direzione del vento di 15° e vale:

$$F_{\max} = 61,00 \text{ kN}$$

4.3.4.3 Dimensionamento dei corpi morti

Con riferimento ai paragrafi precedenti, di seguito si riportano i valori di tiro massimo contrastabile dal peso proprio delle catene secondarie:

- Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$)	$T_3 = 19,76 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 4 ($20 \text{ m} < L \leq 30 \text{ m}$)	$T_4 = 28,89 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 5 ($30 \text{ m} < L \leq 42 \text{ m}$)	$T_5 = 39,66 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 6 ($42 \text{ m} < L \leq 50 \text{ m}$)	$T_6 = 61,00 \text{ kN}$

Confrontando i valori di resistenza delle catenarie (cfr. *paragrafo 4.3.4.1*) con quelli sopra riportati, emerge che questi ultimi sono sensibilmente maggiori. Le forze di attrito delle catene secondarie non sono pertanto sufficienti a equilibrare le azioni agenti, pertanto la catenaria principale e i corpi morti risultano sollecitati trasversalmente.

4.3.4.3.1 Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$) e tipo 4 ($20 \text{ m} < L \leq 30 \text{ m}$)

Con riferimento alla planimetria di progetto, l'ormeggio delle imbarcazioni tipo 3 e tipo 4 è previsto mediante l'utilizzo di una catenaria che collega diversi corpi morti da 5,5 t. Per tali imbarcazioni le forze massime per unità di lunghezza agenti in direzione perpendicolare alla catenaria principale valgono:

- Imbarcazioni tipo 3 ($16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$)	$F_{\text{cat},3} = 3,82 \text{ kN/m}$
- Imbarcazioni tipo 4 ($20 \text{ m} < L \leq 30 \text{ m}$)	$F_{\text{cat},4} = 4,29 \text{ kN/m}$

Tenendo conto di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. *tabella 2.6.1* delle N.T.C. 2018) le forze massime di calcolo per unità di lunghezza agenti in direzione perpendicolare alla catenaria principale vale:

$$F_{\text{cat,Ed},3} = 1,5 \times F_{\text{cat},3} = 1,5 \times 3,82 = 5,73 \text{ kN/m}$$

$$F_{\text{cat,Ed},4} = 1,5 \times F_{\text{cat},4} = 1,5 \times 4,29 = 6,44 \text{ kN/m}$$

Il progetto prevede la posa in opera di corpi morti da 5,5 t. Il peso immerso del singolo corpo morto da 5,5 t vale:

$$P_i = \frac{P \times (\gamma_{cls} - \gamma_w)}{\gamma_{cls}} = \frac{55,0 \times (24,0 - 10,1)}{24,0} = 31,85 \text{ kN}$$

Il tiro delle imbarcazioni viene contrastato dal peso proprio e dall'attrito che si genera lungo il piano di scivolamento. La forza resistente viene pertanto calcolata mediante la formula seguente e vale:

$$R_i = P_i \times \eta = 31,85 \text{ kN}$$

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	90 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

dove: P_i = peso del singolo masso immerso = 31,85 kN
 η = coefficiente di attrito masso – terreno = 1,00
(valore che tiene conto dell'effetto "ventosa")

L'interasse massimo con cui dovranno essere posizionati i corpi morti viene determinato mediante la formula seguente:

$$i_{max} = \frac{R_i}{F_{cat,Ed}}$$

Nella tabella seguente, per ciascuna tipologia di imbarcazione, è riportato il calcolo dell'interasse massimo con cui dovranno essere posizionati i corpi morti:

<i>Tipologia imbarcazione</i>	<i>Forza di tiro ortogonale alla catenaria [kN/m]</i>	<i>Interasse max blocchi [m]</i>
Tipologia 3 $16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$	5,73	5,56
Tipologia 4 $20 \text{ m} < L \leq 30 \text{ m}$	6,44	4,95

Il catenario sarà realizzato mediante punto fisso realizzato sul catenario a servizio del molo Langano e la posa in opera di n.3 corpi morti da 5,5 t, posti a una distanza di circa 5,0 m l'uno dall'altro, minore dell'interasse massimo medio desunto dalle calcolazioni. Si ritiene pertanto che il sistema di ormeggio a mare sia verificato.

4.3.4.3.2 *Imbarcazioni tipo 5 ($30 \text{ m} < L \leq 42 \text{ m}$) e tipo 6 ($42 \text{ m} < L \leq 50 \text{ m}$)*

L'ormeggio a mare delle imbarcazioni tipo 5 e tipo 6 è previsto mediante la posa in opera di blocchi da 15 t, collegati direttamente ai natanti con n.4 catene secondarie ciascuno. Per tali imbarcazioni la forza massima agente direttamente sui corpi morti vale:

- Imbarcazioni tipo 5 ($30 \text{ m} < L \leq 42 \text{ m}$) $F_5 = 39,66 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 6 ($42 \text{ m} < L \leq 50 \text{ m}$) $F_6 = 61,00 \text{ kN}$

Tenendo conto di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. *tabella 2.6.I* delle N.T.C. 2018) la forza massima di calcolo (imbarcazioni tipo 6) sui corpi morti vale:

$$F_{Ed,6} = 1,5 \times F_6 = 1,5 \times 61,00 = 91,50 \text{ kN}$$

Il peso immerso del singolo elemento da 15 t vale:

$$P_i = \frac{P \times (\gamma_{cls} - \gamma_w)}{\gamma_{cls}} = \frac{150,0 \times (24,0 - 10,1)}{24,0} = 86,88 \text{ kN}$$

Il tiro delle imbarcazioni viene contrastato dal peso proprio e dall'attrito che si genera lungo il piano di scivolamento. La verifica viene condotta ipotizzando che tutto il tiro trasmesso dalle catene secondarie venga trasmesso solamente a due corpi morti. La forza resistente viene pertanto calcolata mediante la formula seguente e vale:

$$R_i = n \times P_i \times \eta = 173,76 \text{ kN}$$

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	91 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

dove: $n =$ numero di corpi morti reagenti = 2
 $P_i =$ peso del singolo masso immerso = 86,88 kN
 $\eta =$ coefficiente di attrito masso – terreno = 1,00
 (valore che tiene conto dell'effetto "ventosa")

$$R_i > F_{Ed,6}$$

Il sistema di ormeggio a mare è verificato.

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	92 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.5 Molo Lignano

4.3.5.1 Resistenza per attrito catene

Il collegamento tra le imbarcazioni presenti lungo il molo Lignano e la catenaria principale / corpi morti da 15 t sarà realizzato con catene aventi diametro 36 mm, 24 mm, 22 mm e 16 mm.

Con riferimento all'approccio di calcolo descritto al *paragrafo 3.1* del presente documento nella tabella seguente, per ciascuna tipologia di imbarcazione, si riportano le caratteristiche necessarie per la determinazione della resistenza per attrito delle catene.

<i>Tipologia imbarcazione</i>	<i>Diametro catena [mm]</i>	<i>f [m]</i>	<i>d [m]</i>	<i>q (immerso) [kN/m]</i>
Tipologia 3 16 m ≤ L ≤ 20 m	16	6,5	17,0	0,050
Tipologia 4 20 m < L ≤ 30 m	22	6,5	16,0	0,092
Tipologia 5 L = 42 m	24	6,0	22,0	0,111
Tipologia 6 42 m < L ≤ 50 m	36	6,5	5,0*	0,231
Tipologia 7 L > 50 m	36	6,5	5,0*	0,231

Tabella 61 – caratteristiche per la determinazione della resistenza per attrito delle catene

* Per le imbarcazioni da 50 m e da 60 m è previsto l'utilizzo di catene $\phi 36$ lunghe 5 m (collegate ai corpi morti) e di trappe collegate alle catene $\phi 36$. Ai fini dei calcoli si trascura prudenzialmente il peso proprio delle trappe.

Con riferimento al *paragrafo 4.1.5* del presente documento, per le imbarcazioni tipo 3 (16 m ≤ L ≤ 20 m) è previsto l'utilizzo di catene di diverse dimensioni in funzione della loro lunghezza effettiva. Ai fini dei calcoli si considerano i diametri effettivamente utilizzati dalle imbarcazioni ormeggiate lungo il molo Lignano.

Mediante la formula di *Blondel Truxa*, (cfr. *paragrafo 3.1*), per ciascuna tipologia di imbarcazione vengono ricavati i seguenti valori di resistenza per attrito delle catene di collegamento imbarcazioni – catenaria principale:

- Imbarcazioni tipo 3	$T_3 = 0,28 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 4	$T_4 = 0,45 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 5	$T_5 = 1,12 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 6	$T_6 = 0,11 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 7	$T_6 = 0,11 \text{ kN}$

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	93 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.5.2 Azione del vento su imbarcazione

Nel presente paragrafo, per ciascuna tipologia di imbarcazione, sono riportate le azioni del vento (direzione principale proveniente da sud-est) agenti sulle imbarcazioni, calcolate in funzione del fattore di direzione (D) e del fattore di schermo (S).

4.3.5.2.1 Imbarcazioni tipo 3 ($16\text{ m} \leq L \leq 20\text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 5,00\text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 4,00\text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 20,00\text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	0,5	5,64	1,13	1,13
15	1,75	0,5	9,88	1,98	1,91
30	2,35	0,5	13,27	2,65	2,30
45	2,85	0,5	16,09	3,22	2,28
60	3,2	0,5	18,06	3,61	1,81
75	3,28	0,5	18,51	3,70	0,96
90	3,05	0,5	17,22	3,44	0,00

Tabella 62 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 18,51\text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 2,30\text{ kN/m}$$

4.3.5.2.2 Imbarcazioni tipo 4 ($20\text{ m} < L \leq 30\text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 6,50\text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 4,50\text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 29,25\text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)	Forza/m (kN/m)	Forza/m \perp a catenaria (kN/m)
0	1	0,5	8,26	1,27	1,27
15	1,75	0,5	14,45	2,22	2,15

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	94 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

30	2,35	0,5	19,40	2,98	2,58
45	2,85	0,5	23,53	3,62	2,56
60	3,2	0,5	26,42	4,06	2,03
75	3,28	0,5	27,08	4,17	1,08
90	3,05	0,5	25,18	3,87	0,00

Tabella 63 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata il valore massimo di forza agente sull'imbarcazione è stato ottenuto per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 27,08 \text{ kN}$$

La forza massima per unità di lunghezza agente in direzione perpendicolare alla catenaria è stata ottenuta per una direzione del vento di 30° e vale:

$$q_{H,\perp} = 2,58 \text{ kN/m}$$

4.3.5.2.3 Imbarcazioni tipo 5 (30 m < L ≤ 42 m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 7,30 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 5,50 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 40,15 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)
0	1	1,0	22,66
15	1,75	1,0	39,66
30	2,35	1,0	53,26
45	2,85	1,0	64,59
60	3,2	1,0	72,52
75	3,28	1,0	74,34
90	3,05	1,0	69,12

Tabella 64 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata, la forza massima agente direttamente sul corpo morto è stata ottenuta per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 74,34 \text{ kN}$$

4.3.5.2.4 Imbarcazioni tipo 6 (42 m < L ≤ 50 m)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 9,50 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 6,50 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 61,75 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	95 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)
0	1	1,0	34,86
15	1,75	1,0	61,00
30	2,35	1,0	81,91
45	2,85	1,0	99,34
60	3,2	1,0	111,54
75	3,28	1,0	114,33
90	3,05	1,0	106,31

Tabella 65 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata, la forza massima agente direttamente sul corpo morto è stata ottenuta per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 114,33 \text{ kN}$$

4.3.5.2.5 Imbarcazioni tipo 7 ($L > 50 \text{ m}$)

Per tale tipologia di imbarcazione si considerano le seguenti caratteristiche geometriche:

- Larghezza imbarcazione: $b = 11,00 \text{ m}$
- Altezza imbarcazione: $h = 7,50 \text{ m}$
- Area sezione trasversale: $E = 82,50 \text{ m}^2$

Nella tabella seguente si riportano le azioni agenti sull'imbarcazione in funzione dell'orientamento del vento rispetto all'asse del natante e del fattore di schermo.

Direzione vento	Fattore direz. D	Fattore di schermo S	Forza su imbarc. (kN)
0	1	1,0	46,57
15	1,75	1,0	81,50
30	2,35	1,0	109,44
45	2,85	1,0	132,72
60	3,2	1,0	149,02
75	3,28	1,0	152,75
90	3,05	1,0	142,04

Tabella 66 – azioni agenti sull'imbarcazione in funzione della direzione del vento e del fattore di schermo

Come risulta dalla tabella sopra riportata, la forza massima agente direttamente sui corpi morti è stata ottenuta per una direzione del vento di 75° e vale:

$$F_{\max} = 152,75 \text{ kN}$$

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	96 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

4.3.5.3 Dimensionamento dei corpi morti

Con riferimento ai paragrafi precedenti, di seguito si riportano i valori di tiro massimo contrastabile dal peso proprio delle catene secondarie:

- Imbarcazioni tipo 3 ($16\text{ m} \leq L \leq 20\text{ m}$)	$T_3 = 37,03\text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 4 ($20\text{ m} < L \leq 30\text{ m}$)	$T_4 = 54,16\text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 5 ($30\text{ m} < L \leq 42\text{ m}$)	$T_5 = 74,34\text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 6 ($42\text{ m} < L \leq 50\text{ m}$)	$T_6 = 114,33\text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 7 ($L > 50\text{ m}$)	$T_7 = 152,75\text{ kN}$

Confrontando i valori di resistenza delle catenarie (cfr. *paragrafo 4.3.5.1*) con quelli sopra riportati, emerge che questi ultimi sono sensibilmente maggiori. Le forze di attrito delle catene secondarie non sono pertanto sufficienti a equilibrare le azioni agenti, pertanto la catenaria principale e i corpi morti risultano sollecitati trasversalmente.

4.3.5.3.1 Imbarcazioni tipo 3 ($16\text{ m} \leq L \leq 20\text{ m}$) e tipo 4 ($20\text{ m} < L \leq 30\text{ m}$)

Con riferimento alla planimetria di progetto, l'ormeggio delle imbarcazioni tipo 3 e tipo 4 è previsto mediante l'utilizzo di una catenaria che collega diversi corpi morti da 5,5 t. Per tali imbarcazioni le forze massime per unità di lunghezza agenti in direzione perpendicolare alla catenaria principale valgono:

- Imbarcazioni tipo 3 ($16\text{ m} \leq L \leq 20\text{ m}$)	$F_{\text{cat},3} = 2,30\text{ kN/m}$
- Imbarcazioni tipo 4 ($20\text{ m} < L \leq 30\text{ m}$)	$F_{\text{cat},4} = 2,58\text{ kN/m}$

Tenendo conto di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. *tabella 2.6.1* delle N.T.C. 2018) le forze massime di calcolo per unità di lunghezza agenti in direzione perpendicolare alla catenaria principale vale:

$$F_{\text{cat,Ed},3} = 1,5 \times F_{\text{cat},3} = 1,5 \times 2,30 = 3,45\text{ kN/m}$$

$$F_{\text{cat,Ed},4} = 1,5 \times F_{\text{cat},4} = 1,5 \times 2,58 = 3,87\text{ kN/m}$$

Il progetto prevede la posa in opera di corpi morti da 5,5 t. Il peso immerso del singolo corpo morto da 5,5 t vale:

$$P_i = \frac{P \times (\gamma_{\text{cls}} - \gamma_w)}{\gamma_{\text{cls}}} = \frac{55,0 \times (24,0 - 10,1)}{24,0} = 31,85\text{ kN}$$

Il tiro delle imbarcazioni viene contrastato dal peso proprio e dall'attrito che si genera lungo il piano di scivolamento. La forza resistente viene pertanto calcolata mediante la formula seguente e vale:

$$R_i = P_i \times \eta = 31,85\text{ kN}$$

dove: P_i = peso del singolo masso immerso = 31,85 kN
 η = coefficiente di attrito masso – terreno = 1,00
 (valore che tiene conto dell'effetto "ventosa")

L'interasse massimo con cui dovranno essere posizionati i corpi morti viene determinato mediante la formula seguente:

$$i_{\text{max}} = \frac{R_i}{F_{\text{cat,Ed}}}$$

dell'interasse massimo con cui dovranno essere posizionati i corpi morti:

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	97 di 98

<i>Committente</i>	<i>Progetto</i>
Porto Turistico Internazionale di Rapallo S.p.A.	Interventi di miglioramento della sicurezza dello specchio acqueo

<i>Tipologia imbarcazione</i>	<i>Forza di tiro ortogonale alla catenaria [kN/m]</i>	<i>Interasse max blocchi [m]</i>
Tipologia 3 $16 \text{ m} \leq L \leq 20 \text{ m}$	3,45	9,23
Tipologia 4 $20 \text{ m} < L \leq 30 \text{ m}$	3,87	8,23

Lungo la catenaria esistente sono attualmente presenti corpi morti da 5,5 t t ogni 8,0 m circa. L'interasse attuale risulta minore dell'interasse massimo desunto dalle calcolazioni, pertanto il sistema di ormeggio si ritiene verificato. Inoltre, la suddetta catenaria è collegata a un'altra catenaria pre-esistente, incrementando di fatto il coefficiente di sicurezza,

4.3.5.3.2 *Imbarcazioni tipo 5 ($30 \text{ m} < L \leq 42 \text{ m}$), tipo 6 ($42 \text{ m} < L \leq 50 \text{ m}$) e tipo 7 ($L > 50 \text{ m}$)*

L'ormeggio a mare delle imbarcazioni tipo 5 e tipo 6 è previsto mediante la posa in opera di blocchi da 30 t, collegati direttamente ai natanti con n.4 catene secondarie ciascuno. Per tali imbarcazioni la forza massima agente direttamente sui corpi morti vale:

- Imbarcazioni tipo 5 ($30 \text{ m} < L \leq 42 \text{ m}$) $F_5 = 74,34 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 6 ($42 \text{ m} < L \leq 50 \text{ m}$) $F_6 = 114,33 \text{ kN}$
- Imbarcazioni tipo 7 ($L > 50 \text{ m}$) $F_7 = 152,75 \text{ kN}$

Tenendo conto di un coefficiente parziale delle azioni γ_Q pari a 1,5 (cfr. *tabella 2.6.I* delle N.T.C. 2018) la forza massima di calcolo (imbarcazioni tipo 7) sui corpi morti vale:

$$F_{Ed,7} = 1,5 \times F_7 = 1,5 \times 152,75 = 229,13 \text{ kN}$$

Il peso immerso del singolo elemento da 15 t vale:

$$P_i = \frac{P \times (\gamma_{cls} - \gamma_w)}{\gamma_{cls}} = \frac{300,0 \times (24,0 - 10,1)}{24,0} = 173,75 \text{ kN}$$

Il tiro delle imbarcazioni viene contrastato dal peso proprio e dall'attrito che si genera lungo il piano di scivolamento. La verifica viene condotta ipotizzando che tutto il tiro trasmesso dalle catene secondarie venga trasmesso solamente a due corpi morti. La forza resistente viene pertanto calcolata mediante la formula seguente e vale:

$$R_i = n \times P_i \times \eta = 347,50 \text{ kN}$$

- dove:
- n = numero di corpi morti reagenti = 2
 - P_i = peso del singolo masso immerso = 173,75 kN
 - η = coefficiente di attrito masso – terreno = 1,00
(valore che tiene conto dell'effetto "ventosa")

$$R_i > F_{Ed,7}$$

Il sistema di ormeggio a mare è verificato.

<i>Codice</i>	<i>Titolo elaborato</i>	<i>Pagina</i>
V3-R-08-00	Dimensionamento dei sistemi di ormeggi	98 di 98