

Porto di Lavagna S.p.a.

V.le Monza 305 - 20126 Milano

**RICHESTA DI PROROGA DELLA CONCESSIONE
DEMANIALE MARITTIMA AI SENSI DELL'ART. 10,
COMMA 3, D.P.R. 509 / 1997**

**Relazione tecnica idraulico - marittima sugli
interventi realizzati sulla diga foranea**



Genova, marzo 2013

STUDIOELB INGEGNERI ASSOCIATI

Ing. Ernesto La Barbera - Ing. Riccardo Giannorini - Ing. Andrea Depiati
Ing. Simona Carraga - Ing. Michela La Barbera - Ing. Mauro Scaglione
Corso Torino 17/6 sc. A - 16129 GENOVA GE Tel. 010.5740568 - Fax 010.4211059
e-mail: inge@studioelb.it - PEC: studio@pec.studioelb.it - C.F. e P. IVA: 01933110999

AUEGATO d.g.

SOMMARIO

1. PREMESSA	2
2. PREVISIONE DEL CLIMA DEL MOTO ONDOSO	3
2.1 DATI DI BASE	3
2.2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA DI STUDIO	3
2.2.1 Settore di traversia del paraggio e fetches associati.....	3
2.2.2 Lay-out	4
2.3 ANALISI CRITICA DEI DATI DISPONIBILI.....	5
2.4 REGIME ANEMOLOGICO	6
2.5 CARATTERISTICHE DEL MOTO ONDOSO.....	9
2.5.1 <i>Clima al largo nel lungo termine</i>	9
2.5.2 <i>Valori estremi delle onde al largo</i>	9
2.6 PROPAGAZIONE DELLE ONDE A COSTA.....	12
2.6.3 <i>Clima a costa</i>	13
2.6.4 <i>Valori estremi nei pressi dei moli</i>	13
2.6 VARIAZIONI DEL LIVELLO MARINO	22
2.6.1 <i>Effetto del vento</i>	22
2.6.2 <i>Effetto della marea</i>	23
2.6.3 <i>Risultati</i>	24
2.7 LE CORRENTI	25
2.7.1 <i>Caratteristiche generali della circolazione</i>	25
2.7.2 <i>Caratteristiche della circolazione locale</i>	26
3. DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DELLA SEZIONE DEL MOLO FRANGIFLUTTI	27
3.1 CONFIGURAZIONE DEL PROGETTO APPROVATO NEL 1973	27
3.2 CONFIGURAZIONE ATTUALE	28
4. VERIFICA OPERE MARITTIME	29
4.1 DEFINIZIONE ONDA DI CALCOLO	29
4.2 CONSIDERAZIONI SUL DIMENSIONAMENTO DELLA MANTPELLATA	29
5. TRACIMAZIONE.....	30
6. CONCLUSIONI	31

1. PREMESSA

Il sottoscritto Dott. Ing. Ernesto La Barbera è stato incaricato da Porto di Lavagna s.p.a. per redigere una relazione sulle opere di adeguamento della funzionalità del molo foraneo eseguite nel 2005/2006.

I lavori di costruzione del molo frangiflutti del porto turistico di Lavagna hanno avuto inizio nel 1974; il progetto fu redatto dall'Ing. Paolo Vian e approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori pubblici.

Per la "novità" della realizzazione (uno dei primi porti turistici in Italia) e per la carenza legislativa in materia, all'epoca non era possibile prevedere con ragionevole approssimazione l'effettivo costo dell'investimento, in rapporto sia ai tempi necessari per il completamento delle opere e alla loro funzionalità, sia ai costi di manutenzione ordinaria e straordinaria di opere marittime, di cui solo l'esperienza ha fatto conoscere tempi, durata e costi.

Durante il periodo di esercizio trascorso si sono evidenziate insufficienti previsioni progettuali, non certo imputabili alla concessionaria ma dovute alle minori conoscenze e ai minori strumenti tecnici dell'epoca, che hanno determinato carenze costruttive soprattutto nelle opere di difesa. Dette carenze si sono evidenziate sin dai primi anni della gestione quando, durante le forti mareggiate della fine degli anni '70-primi anni '80 si sono manifestate ingenti trascinazioni del muro paraonde che hanno costretto l'Autorità marittima a non rilasciare l'agibilità della banchina di ormeggio sul lato interno del molo stesso.

Soltanto a partire dalla fine degli anni 80, con il progresso della tecnologia che ha consentito la raccolta di dati misurati sul moto ondoso, l'utilizzo di modelli numerici complessi e lo sviluppo della modellistica sperimentale è stato possibile affrontare le problematiche progettuali dell'opera di difesa non solo viste come calcolo di stabilità dei massi della mantellata o del massiccio di coronamento, ma anche in termini di tempi di ritorno e analisi probabilistica dell'ondazione, in termini di risalita dell'onda e di trascinazione e di conseguenza con la sicurezza e la funzionalità dell'intera opera.

Mentre il progetto originario si è limitato a determinare l'onda di progetto per il calcolo della stabilità dell'opera e il dimensionamento degli elementi della mantellata; negli anni 2000 la Porto di Lavagna s.p.a. ha dovuto riprogettare l'opera di difesa con l'ausilio dei nuovi strumenti a disposizione ed ha potuto potenziare la difesa dal mare rendendo possibile l'utilizzo dell'intero Porto ottenendo anche l'agibilità della banchina del molo frangiflutti.

Di seguito si riporta la verifica delle opere eseguite nel 2005/2006.

2. PREVISIONE DEL CLIMA DEL MOTO ONDOSO

2.1 Dati di base

Nell'ambito dei recenti studi si fa uso, come nel caso in esame, uso dei seguenti dati di base:

- dati K.N.M.I. relativi al Mar Ligure (vento e onde) per il periodo 1961-80;
- misure effettuate dalla boa ondometrica ubicata nell'area antistante La Spezia alle coordinate 43° 55.7' N e 9° 49.6' E relative a 12 anni (1989-2001). L'ondanmetro direzionale fa parte della Rete Ondometrica Nazionale (RON) del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale;
- rilievi batimetrici;
- dati batimetrici generali, desunti dalla carta nautica n° 1, in scala 1:100.000, emessa dall'Idrografico della Marina;
- dati mareografici desunti da "Admiralty Tide Tables" vol. 1, edito dall'Hydrographer of the Navy, Gran Bretagna.

2.2 Inquadramento geografico dell'area di studio

Vengono qui evidenziati alcuni aspetti relativi all'esposizione del paraggio e alle caratteristiche batimetriche dell'area in esame.

2.2.1 Settore di traversia del paraggio e fetches associati

Il porto di Lavagna, ubicato nel centro del Golfo del Tigullio lungo la riviera ligure di levante, è caratterizzato da un settore di traversia che va da 135° a 250°N (Fig. 1).

In questo settore il calcolo de fetch geografico e del fetch efficace, che consente di tener conto del fatto che il moto ondoso viene generato non solo nella direzione lungo la quale spirava il vento ma anche in tutte le direzioni comprese in un settore di $\pm 90^\circ$ rispetto alla direzione media di azione del vento, evidenzia un settore principale, il SO, ed un settore secondario, il S-SE, così come schematizzato nella seguente tabella:

Da	A	Fetch geografico	Fetch effettivo
135°N	160°N	170 km	150 Km
161°N	195°N	160 Km	140 Km
196°N	250°N	> 1000 Km	> 800 Km

Il settore SO assume una notevole importanza in quanto caratterizzato da maggiore energia e frequenza del moto ondoso, mentre i settori SE e S non presentano particolari condizioni energetiche e sono del tutto ininfluenti, considerata l'orientazione dell'imboccatura portuale verso ponente, per quanto concerne l'agitazione interna.

Relazione tecnica idraulica marittima

2.2.2 Layout

Il layout portuale attuale è visibile dalla foto aerea di Fig. 2: si notino il litorale di Chiavari, a ovest, e il litorale di Lavagna, a est, con i due rispettivi porti separati dalla foce del torrente Entella. La configurazione attuale del porto è caratterizzata da una singola darsena con imboccatura rivolta ad est.

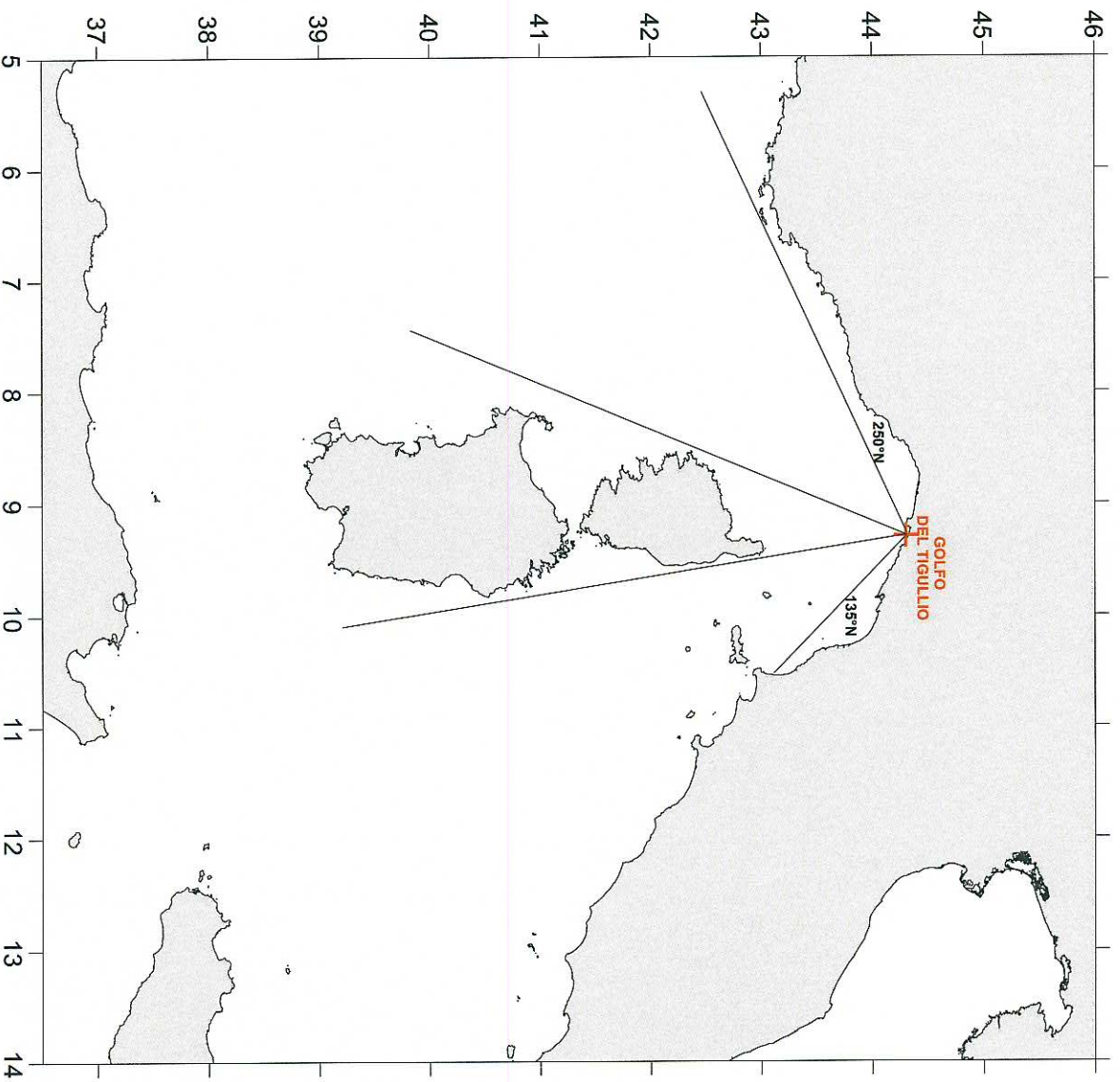


FIG. 1 – SETTORE DI ESPOSIZIONE DEL PARAGGIO



FIG. 2 – VISTA AEREA DELLA SITUAZIONE ATTUALE DELL'AREA

2.3 Analisi critica dei dati disponibili

In uno studio finalizzato al dimensionamento delle opere portuali è soprattutto il clima ondoso il parametro principale.

Ricordiamo che per clima del moto ondoso si intende una funzione $p(H, \theta, T)$ che rappresenti la distribuzione in frequenza di eventi definiti dall'altezza H , dal periodo T dell'onda e dalla sua direzione di provenienza θ .

La definizione del clima al largo, la sua rappresentatività statistica e la sua variabilità rivestono un'importanza notevole, in quanto il clima ondoso costiero, e quindi le interazioni onde-struttura portuale, dipendono dalle caratteristiche energetiche e direzionali delle onde al largo.

Il clima deve essere inoltre rappresentativo del lungo termine, deve cioè contenere tutte le variabilità mensili, stagionali e annuali che si verificano nel corso di un intervallo temporale statisticamente significativo.

Le uniche di misure a lungo termine disponibili lungo le coste liguri sono quelle effettuate dall'ondametro direzionale di La Spezia. Si è dunque preferito utilizzare tali dati, piuttosto che ricostruire il clima ondoso mediante metodi empirici o statistici.

L'ondametro di La Spezia è stato installato nel 1989 ed ha rilevato numerosi dati di altezza, periodo e direzione delle onde: sono così disponibili 13 anni di misura di eventi ondosi che possono essere considerati ben rappresentativi del levante ligure.

Per quanto concerne il vento al largo, l'assenza di misure è ancora totale. Nello studio si farà dunque ricorso alle "ship's observations" KNMI, spesso utilizzate per la definizione del regime anemologico in mare aperto. Al largo della Liguria sono disponibili 20 anni di osservazioni, dal 1961 al 1980. Per il presente studio sono stati selezionati i dati relativi ad un'area tale da garantire, nei limiti del possibile, la massima rappresentatività del clima al largo. Effettuando un'attenta

validazione dei dati, si ottiene un data-set di circa 7600 osservazioni, in quanto circa il 10% delle osservazioni risulta inattendibile per svariati motivi (errore nell'ubicazione, dati irrealistici, dati doppi e tripli).

Va ricordato che le osservazioni visive di intensità e direzione del vento rilevate a bordo di navi sono generalmente “corrette” adottando la relazione (Cardone et al., 1969):

$$W = 2.16 W_{obs}^{7/9} \quad [4.1]$$

dove W_{obs} è la velocità del vento osservata e W è la velocità “corretta”: entrambe sono espresse in nodi.

Sulla base delle considerazioni sopra-espote, il presente studio è stato basato sui dati KNMI per quanto concerne il vento, sui dati misurati a La Spezia per quanto concerne il moto ondoso.

2.4 Regime anemologico

Il regime medio annuale del vento (**Tab.1**) è caratterizzato da una prevalenza dei settori da 0° a 60° N (circa 32%), mentre la frequenza degli eventi provenienti dagli altri settori è abbastanza uniforme.

Per quanto concerne le intensità, gli eventi con velocità inferiore a 10 nodi sono circa il 59%, quelli inferiori a 20 nodi il 79% circa; valori maggiori di 40 nodi sono presenti solamente con percentuali dell'ordine di 0.2 %.

Ai fini dello studio è necessario valutare i valori estremi del vento trasversale e longitudinale alla costa, responsabili delle variazioni di livello marino.

Per ciascuna di tali distribuzioni sono stati calcolati i coefficienti α e β della funzione probabilistica di Weibull:

$$P(W>w) = 1 - \exp[-(w/\alpha)^\beta] \quad [1]$$

dove w è la variabile (velocità del vento), α e β sono i parametri della distribuzione calcolati mediante la tecnica di best-fit ai minimi quadrati e quindi valutati i valori estremi per differenti periodi di ritorno.

Sono state considerate le distribuzioni direzionali 0-180° e 90-270°, in quanto rappresentative del vento trasversale e longitudinale rispettivamente; i valori calcolati sono mostrati in **Tab. 2**.

Nel calcolo degli estremi si è utilizzata la relazione [1], quindi i valori riportati in tabella si riferiscono alla velocità del vento a 10 m sul livello medio mare.

DIR. (°N)	W (nodi)												TOT	
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	>55		
0	3.57	4.23	3.19	2.71	1.33	0.64	0.25	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	16.00	
30	3.17	3.39	1.97	0.96	0.74	0.20	0.02	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	10.50	
60	2.63	1.67	0.96	0.29	0.15	0.08	0.03	0.03	0.00	0.02	0.00	0.00	5.86	
90	2.12	1.63	0.83	0.56	0.20	0.08	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.44	
120	2.12	2.68	1.63	0.88	0.37	0.17	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.88	
150	2.93	2.75	1.75	0.66	0.17	0.08	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	8.41	
180	2.97	1.85	0.91	0.52	0.10	0.10	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	6.51	
210	2.43	1.58	0.96	0.52	0.46	0.20	0.02	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	6.22	
240	1.97	1.84	0.76	0.54	0.19	0.29	0.07	0.08	0.03	0.02	0.02	0.00	5.81	
270	1.53	1.06	0.39	0.25	0.15	0.10	0.07	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	3.60	
300	1.48	1.31	0.51	0.25	0.05	0.03	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	3.67	
330	2.90	2.22	1.45	1.16	0.46	0.20	0.08	0.05	0.02	0.00	0.00	0.02	8.56	
CALMA:	10.45												10.45	
VARIAB.:	1.10												1.10	
TOT	36.99	21.62	12.96	7.64	3.71	1.84	0.52	0.28	0.09	0.04	0.02	0.02	0.00	84.18

TAB. 1 - DISTRIBUZIONE (%) DELLA VELOCITA' DEL VENTO PER DIREZIONE DI PROVENIENZA - DATI KNMI

	VALORI ESTREMI (nodi)						
	1 ANNO	10 ANNI	25 ANNI	50 ANNI	75 ANNI	100 ANNI	
VENTO TRASVERSALE	38	45	48	53	56	60	
VENTO LONGITUDINALE	38	44	48	52	55	58	

TAB. 2 - VALORI ESTREMI DELLA VELOCITA' DEL VENTO TRASVERSALE E
LONGITUDINALE RISPETTO ALLA COSTA

2.5 Caratteristiche del moto ondoso

Nel presente capitolo viene definito il clima del moto ondoso e calcolati i valori estremi al largo e a costa.

2.5.1 *Clima al largo nel lungo termine*

La distribuzione dell'altezza d'onda al largo in funzione delle direzioni di provenienza principali è mostrata nella **Tab. 3**. Dall'osservazione della tabella si nota l'accentuata direzionalità del clima ondoso, dove il settore SO rappresenta 38% degli eventi. All'interno di tale settore la direzione caratterizzata da maggiore energia è 195°-225° N.

Per quanto concerne l'intensità, circa il 73 % delle onde mostra altezze inferiori uguali a 1 m, circa il 20 % presenta altezze comprese tra 1 e 2 m, circa il 7 % è caratterizzato da altezze superiori a 2 m. Si noti che sono state registrate, in sporadiche occasioni, anche onde superiori ai 6 m, limitatamente al settore SO, da cui provengono quindi sia i mari prevalenti che dominanti.

La distribuzione dei periodi in funzione dell'altezza d'onda significativa è mostrata nella **Tab. 4** da cui si osserva che l'84 % dei periodi riportati è inferiore o uguale a 6 s, mentre alle mareggiate più intense sono associati periodi dell'ordine dei 9 – 10 s.

Nelle applicazioni ingegneristiche è però consuetudine utilizzare il periodo significativo T_s e non il periodo T_m . Per associare il periodo T_s alle onde estreme si farà pertanto riferimento alla ben nota relazione:

$$H_s = 0.06 T_s^2 \quad [2]$$

generalmente adottata, dedotta da numerose misure effettuate nel passato nel Mar Mediterraneo e che può essere quindi considerata ben rappresentativa del mare da vento al largo dell'area in esame.

2.5.2 *Valori estremi delle onde al largo*

I valori estremi del moto ondoso, per le direzioni all'interno del settore di traversa, sono stati stimati mediante l'applicazione della funzione estrema di Weibull. I valori ottenuti sono mostrati nella **Tab. 5**, in cui vengono riportati anche i periodi significativi associati, ricavati mediante la relazione [2].

DIR (°N)	Hs (m)															TOTALE
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	>7.0	
0	1.93	1.86	0.35	0.01												4.15
30	1.95	1.17	0.20													3.32
60	0.59	0.27	0.04													0.90
90	0.46	0.17	0.02	0.01												0.66
120	0.74	0.86	0.26	0.05	0.01											1.92
150	2.38	2.88	1.14	0.24	0.03	0.01	0.00									6.68
180	4.67	4.61	1.48	0.53	0.16	0.05	0.01	0.01								11.52
210	5.53	4.88	2.78	1.45	0.76	0.26	0.08	0.04								15.78
240	11.29	12.17	6.07	3.75	2.28	1.39	0.74	0.50	0.21	0.09	0.04	0.01	0.01	0.00		38.55
270	5.86	2.73	0.66	0.17	0.09	0.03	0.01	0.00								9.55
300	2.62	1.17	0.29	0.05	0.01											4.14
330	1.37	1.09	0.22	0.01												2.69
TOTALE	39.39	33.86	13.51	6.27	3.34	1.74	0.84	0.55	0.21	0.09	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00	99.86

CALMA: 0.14

Legenda: "0.00" significa percentuali <0.01 %

TAB. 3 - DISTRIBUZIONE DELLA FREQUENZA PERCENTUALE DELL'ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA PER DIREZIONE DI PROVENIENZA

Ts(s)	Hs (m)															TOT
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	>7.0	
2	0.00															0.00
3	5.53	0.35														5.88
4	20.08	10.98	0.96	0.00												32.02
5	10.47	12.52	4.86	0.92	0.09											28.86
6	2.69	6.26	4.53	2.83	1.12	0.27	0.03	0.01	0.00							17.73
7	0.53	2.71	2.07	1.73	1.44	0.72	0.26	0.17	0.04	0.01	0.00					9.67
8	0.05	0.95	0.82	0.62	0.59	0.57	0.36	0.19	0.06	0.03	0.02	0.01				4.27
9	0.02	0.09	0.25	0.17	0.10	0.17	0.17	0.13	0.09	0.04	0.01	0.00	0.00			1.25
10	0.01	0.00	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00		0.19
11	0.00						0.00									0.01
12																
TOT	39.39	33.86	13.51	6.28	3.34	1.73	0.84	0.54	0.22	0.09	0.04	0.02	0.01	0.00		99.88

CALMA 0.12

Legenda: "0.00" significa percentuali <0.01 %

TAB. 4 – DISTRIBUZIONE DELLA FREQUENZA PERCENTUALE DELL'ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA
IN FUNZIONE DEL PERIODO MEDIO

DIR (°N)		PERIODO DI RITORNO IN ANNI												
		1		10		25		50		75		100		
	Hs(m)	Ts(s)	Hs(m)	Ts(s)	Hs(m)	Ts(s)	Hs(m)	Ts(s)	Hs(m)	Ts(s)	Hs(m)	Ts(s)	Hs(m)	Ts(s)
120	1.8	5.5	2.3	6.2	2.5	6.4	2.6	6.6	2.7	6.7	2.8	6.8		
150	2.3	6.2	2.9	7.0	3.1	7.2	3.3	7.4	3.4	7.5	3.5	7.6		
180	3.0	7.1	3.9	8.1	4.3	8.5	4.6	8.8	4.7	8.9	4.8	8.9		
210	3.7	7.9	4.8	8.9	5.2	9.3	5.5	9.6	5.7	9.7	5.8	9.8		
240*	5.5	9.6	6.9	10.7	7.5	11.2	7.9	11.5	8.1	11.6	8.3	11.8		
OMNI	5.5	9.6	6.9	10.7	7.5	11.2	7.9	11.5	8.1	11.6	8.3	11.8		

Nota*: il fitting dei valori relativi alla direzione 240°N porta a risultati più elevati di quelli omnidirezionali; il che non è fisicamente attendibile. Per il settore 240°N andranno dunque utilizzati i valori omnidirezionali.

TAB. 5 - VALORI ESTREMI DEL MOTO ONDOSO AL LARGO DEL GOLFO DEL TIGULLIO

6.3 Propagazione delle onde a costa

Per tener conto dei vari processi che influenzano la propagazione delle onde a costa, si è fatto uso del modello spettrale SWAN (Appendice 1).

Il ben noto SWAN (Simulating Waves Nearshore) è un modello numerico che calcola i vari parametri delle onde in aree costiere, a partire da condizioni definite al largo, tenuto conto delle caratteristiche del fondale.

SWAN è un modello spettrale di terza generazione, che tiene conto dei processi di attrito, rifrazione, shoaling, dissipazione. In SWAN sono formulati i seguenti processi di generazione e dissipazione:

- vento;
- “white-capping”;

- frangimento;
- attrito al fondo;
- interazioni non-lineari onda-onda.

Esempi grafici relativi alle mareggiate decennali provenienti dalle varie direzioni sono mostrati nelle **Fig. 3-7**. Dall'esame delle varie figure si nota che:

- l'ondazione da 120°N (**Fig. 3**), proveniente cioè da una direzione praticamente parallela a gran parte della costa del Tigullio, genera nei pressi di Lavagna un campo di moto ondoso molto modesto, con onde inferiori al mezzo metro;
- l'ondazione da 150°N (**Fig. 4**) mostra un andamento molto regolare nella sua propagazione a costa; ai limiti della surf-zone, si hanno valori di altezza d'onda significativa di 2 m;
- l'ondazione da 180°N (**Fig. 5**) evidenzia pure un andamento molto uniforme nella propagazione a costa; ai limiti della surf-zone, si hanno valori di altezza d'onda significativa di 3 m;
- l'ondazione da 210°N (**Fig. 6**) ha una direzione praticamente perpendicolare alla costa del Tigullio, con conseguente scarsa rifrazione del moto ondoso. Nei pressi di Lavagna si hanno valori di altezza d'onda significativa di circa 4 m;
- l'ondazione da 240°N (**Fig. 7**), la più energetica nel settore di traversia, presenta notevoli effetti diffrittivi da parte del promontorio di Portofino; nei pressi di Lavagna tuttavia le isolinee sono parallele alla costa, con valori di altezza significativa dell'ordine dei 5 m.

2.5.3 *Clima a costa*

Il clima a costa nel lungo termine è stato calcolato in un punto ubicato nei pressi dell'imboccatura portuale, ad una profondità di riferimento di 10 m. I risultati sono presentati nella **Tab. 6**.

2.5.4 *Valori estremi nei pressi dei moli*

Le **Tabb. 7-8** mostrano le onde estreme nella zona antistante il molo di sopraflutto.

Per ogni tabella vengono riportati:

- il periodo di ritorno a cui i valori della tabella si riferiscono;
- le direzioni di provenienza al largo;
- il periodo significativo T_s dell'onda;
- valori dell'altezza d'onda significativa H_s e della direzione d'onda locale .

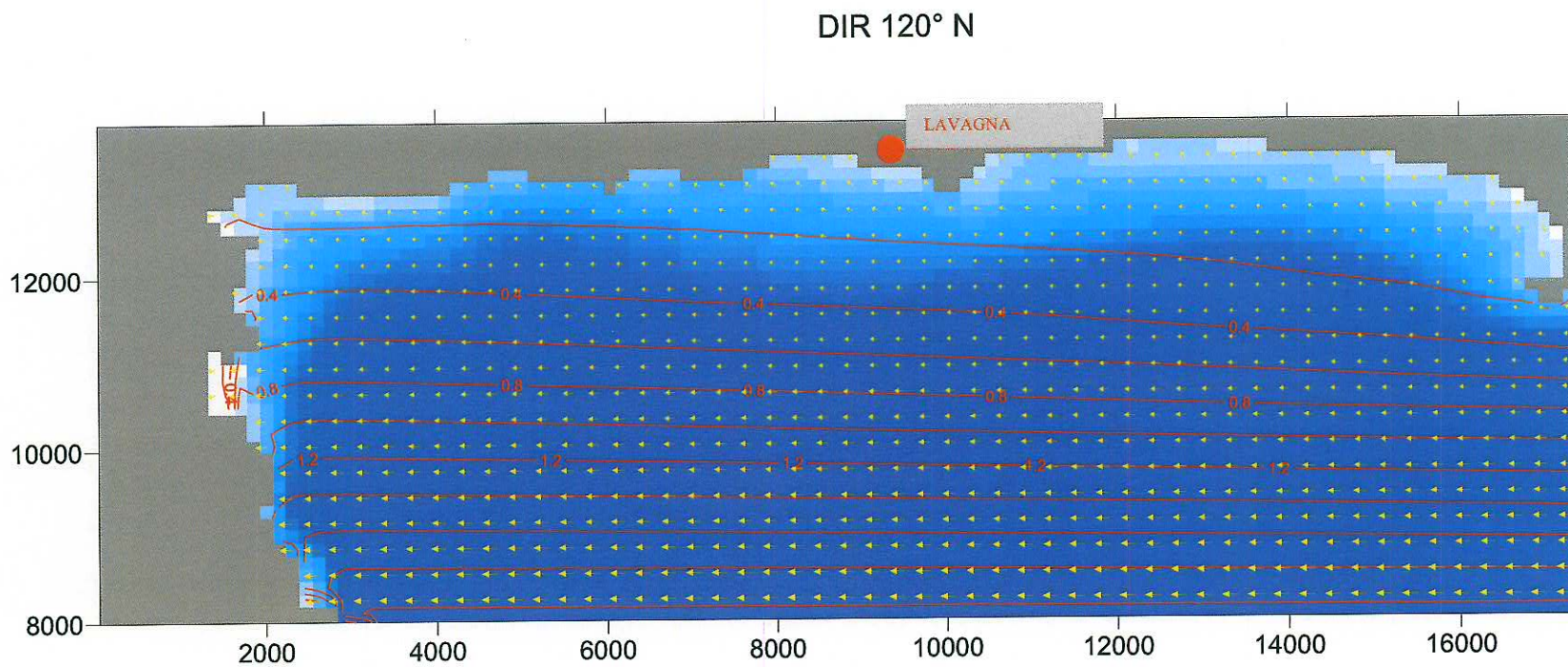


FIG. 3 - CAMPO DI MOTO ONDOSO GENERATO DALL'ONDA DECENNALE PROVENIENTE DA 120° N

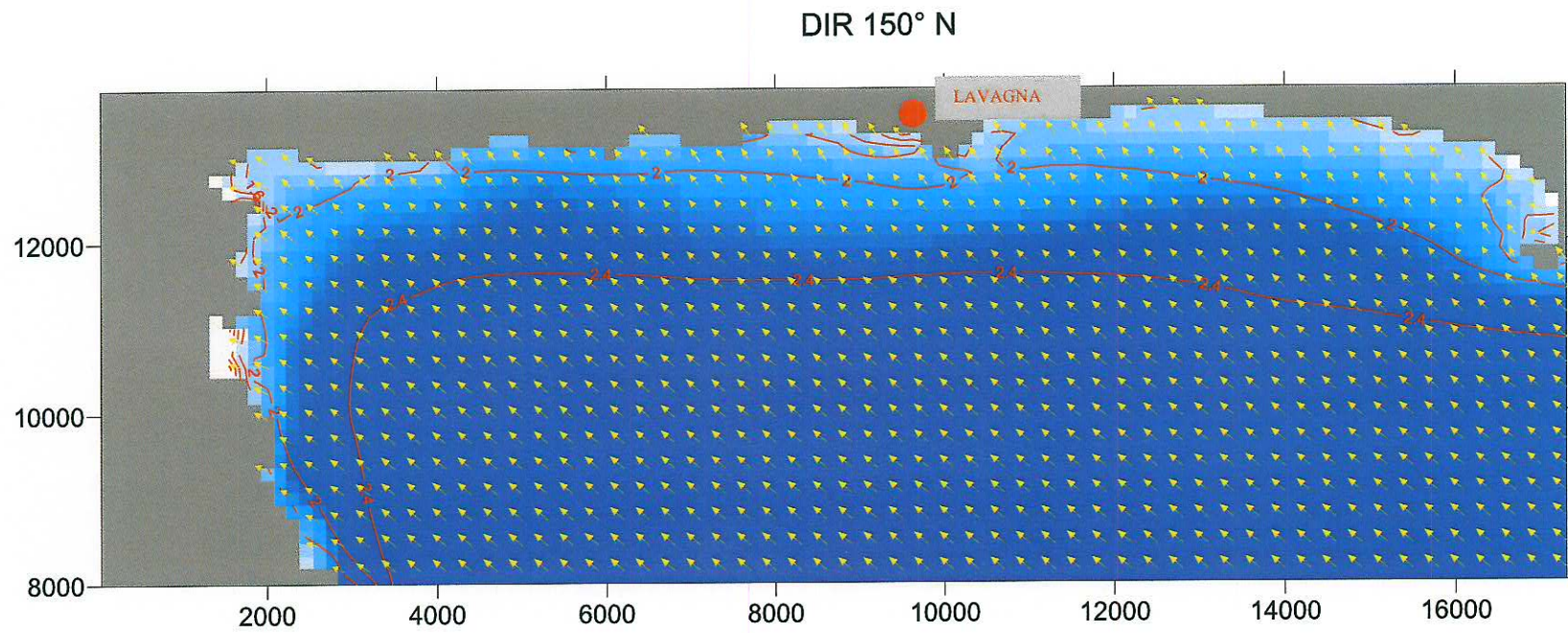


FIG. 4 - CAMPO DI MOTO ONDOSO GENERATO DALL'ONDA DECENNALE PROVENIENTE DA 150° N

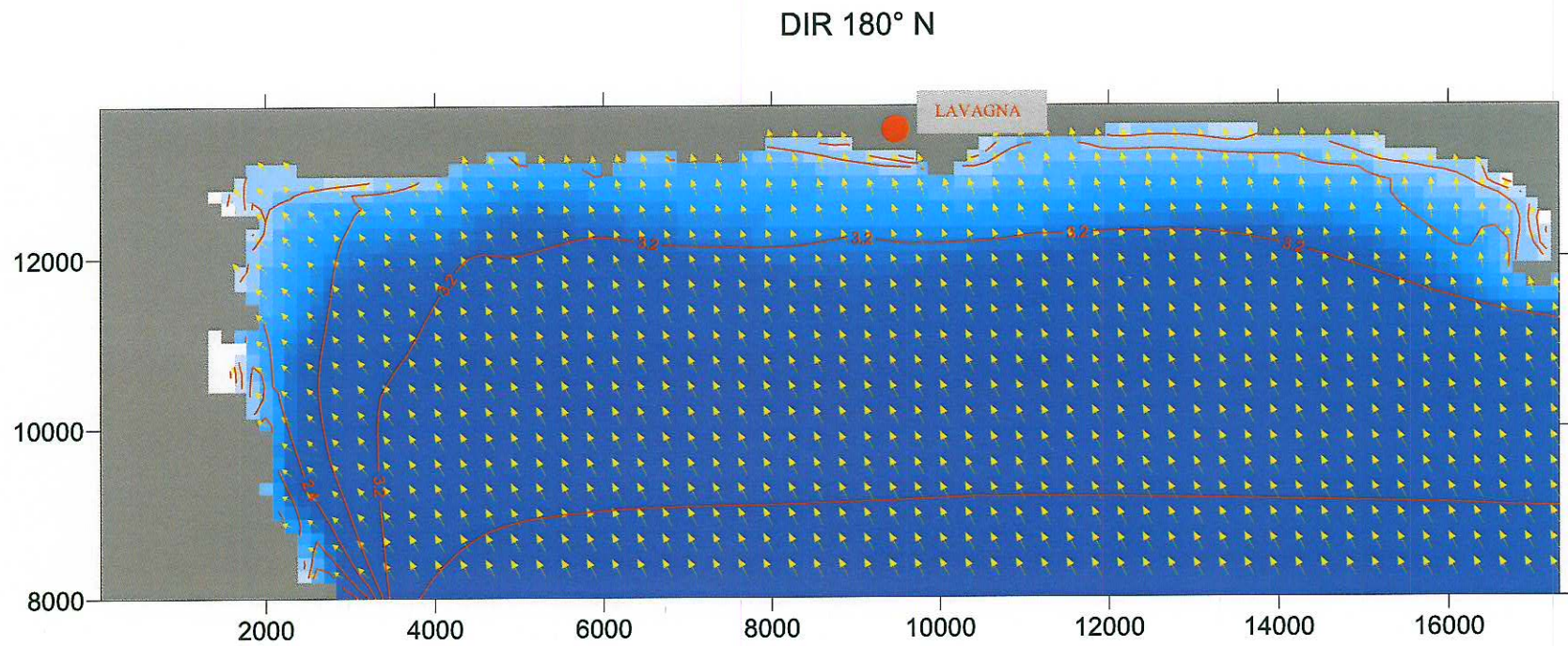


FIG. 5 - CAMPO DI MOTO ONDOSO GENERATO DALL'ONDA DECENNALE PROVENIENTE DA 180° N

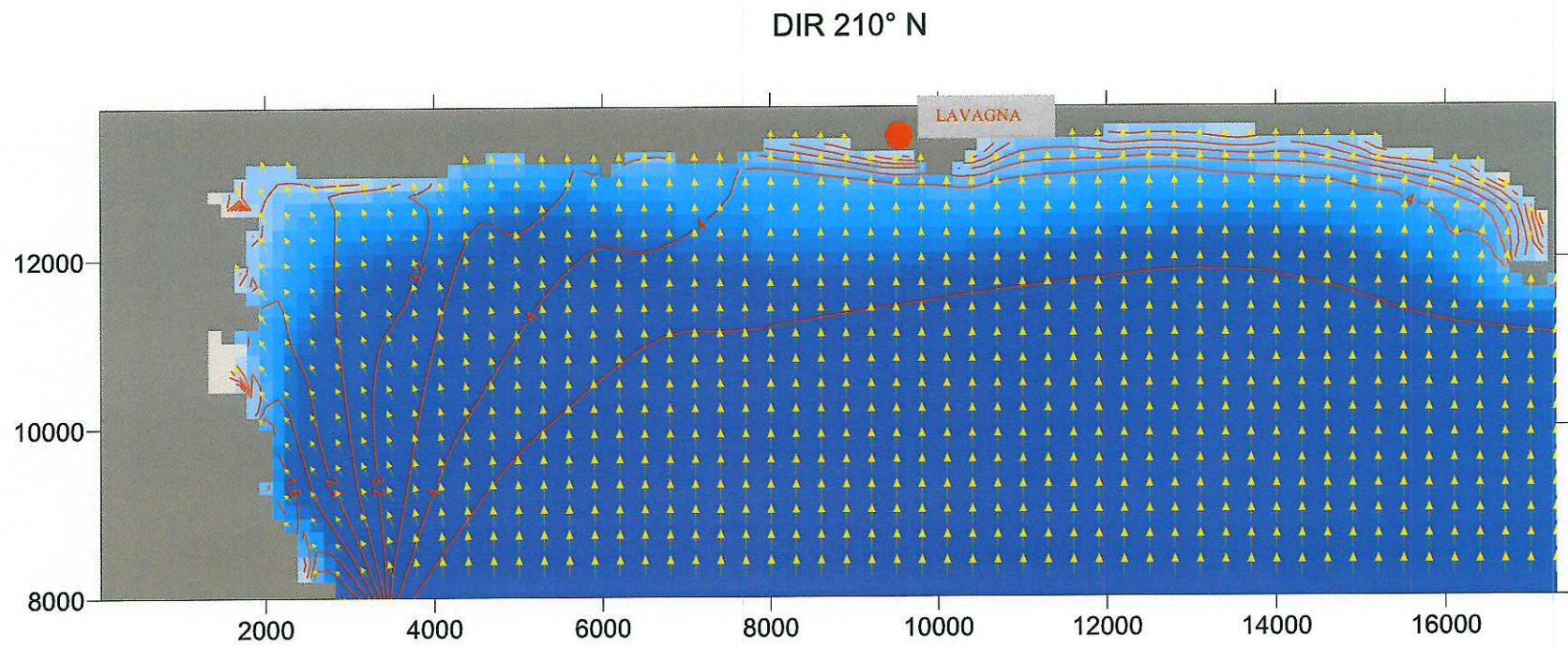


FIG. 6 - CAMPO DI MOTO ONDOSO GENERATO DALL'ONDA DECENNALE PROVENIENTE DA 210° N

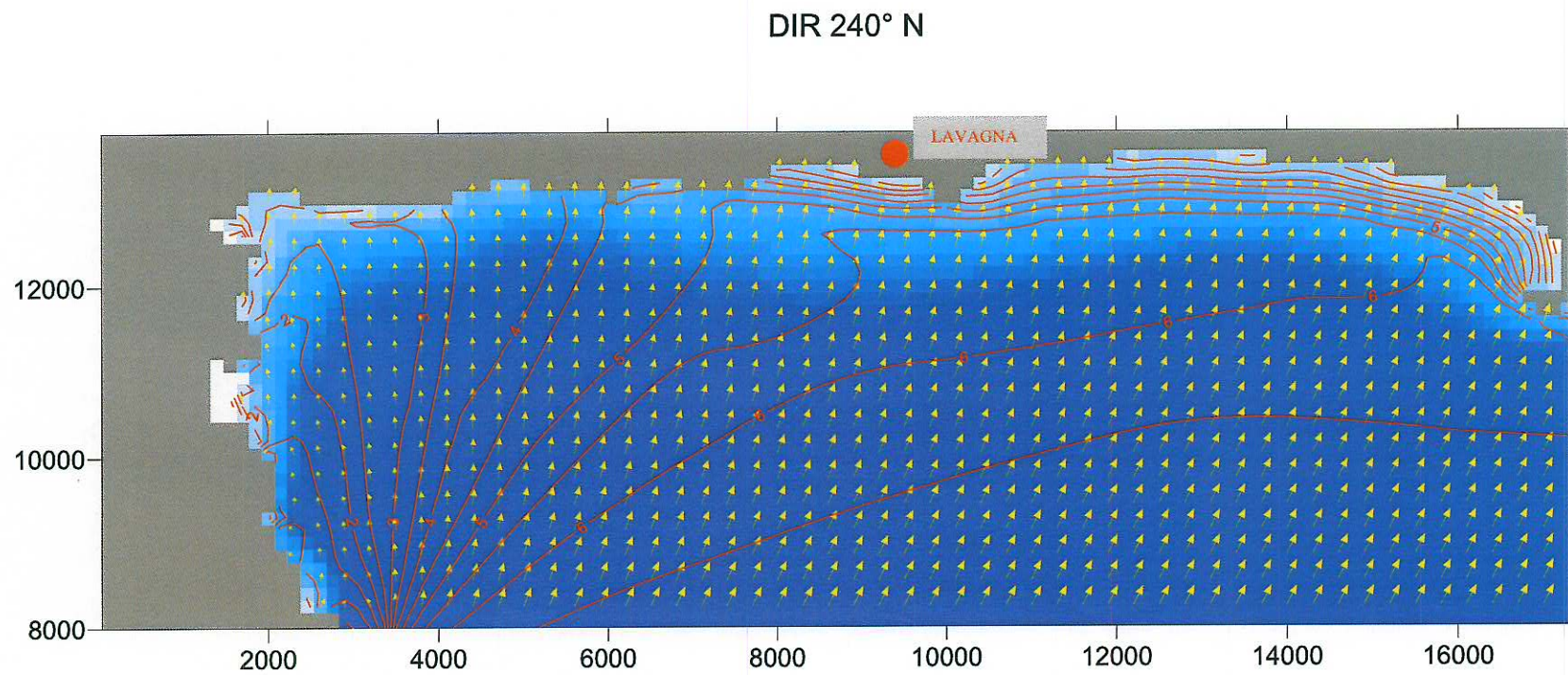


FIG. 7 - CAMPO DI MOTO ONDOSO GENERATO DALL'ONDA DECENNALE PROVENIENTE DA 240° N

DIR (°N)	Hs (m)											TOT
	0.50	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	
135	0.08	0.07										0.15
150	1.20	0.88	0.04									2.12
165	2.04	2.08	0.51	0.03								4.66
180	2.66	3.10	1.18	0.21	0.02							7.18
195	2.67	2.21	0.74	0.30	0.10	0.01	0.01					6.04
210	2.77	2.32	1.24	0.49	0.22	0.08	0.02	0.01				7.15
225	4.55	6.03	4.07	3.11	1.94	1.18	0.54	0.17	0.10	0.03	0.01	21.71
240	6.24	6.73	3.01	1.44	1.16	0.43	0.23	0.11	0.05	0.02	0.01	19.43
255	0.67	0.26	0.04									0.96
TOT	22.87	23.68	10.83	5.58	3.44	1.69	0.80	0.29	0.15	0.05	0.02	69.39

FREQUENZA DELLE ONDE RESIDUE: 30.61%

TAB. 6 - LAVAGNA: CLIMA DEL MOTO ONDOSO A COSTA ALLA PROFONDITA' DI 10 m

PERIODO DI RITORNO 1 ANNO			
DIR AL LARGO (°N)	DIR A COSTA (°N) (10m di profondità)	Hs(m)	Ts (s)
150	167	1.5	6.2
180	190	2.4	7.1
210	213	2.9	7.9
240	232	4.0	9.6

PERIODO DI RITORNO 10 ANNI			
DIR AL LARGO (°N)	DIR A COSTA (°N) (10m di profondità)	Hs(m)	Ts (s)
150	173	1.9	7.0
180	193	3.0	8.1
210	213	4.1	8.9
240	231	4.8	10.7

PERIODO DI RITORNO 25 ANNI			
DIR AL LARGO (°N)	DIR A COSTA (°N) (10m di profondità)	Hs(m)	Ts (s)
150	174	2.0	7.2
180	194	3.4	8.5
210	214	4.3	9.3
240	231	5.0	11.2

TAB. 7 - VALORI ESTREMI DELLE ONDE CALCOLATI ALLA PROFONDITA' DI 10 m PER PERIODI DI RITORNO DI 1, 10 E 25 ANNI NELL'AREA ANTISTANTE IL MOLO DI SOPRAFLUTTO

PERIODO DI RITORNO 50 ANNI			
DIR AL LARGO (°N)	DIR A COSTA (°N) (10m di profondità)	Hs(m)	Ts (s)
150	175	2.1	7.4
180	195	3.7	8.8
210	214	4.5	9.6
240	230	5.4	11.5

PERIODO DI RITORNO 75 ANNI			
DIR AL LARGO (°N)	DIR A COSTA (°N) (10m di profondità)	Hs(m)	Ts (s)
150	176	2.2	7.5
180	195	3.8	8.9
210	214	4.7	9.7
240	230	5.7	11.6

PERIODO DI RITORNO 100 ANNI			
DIR AL LARGO (°N)	DIR A COSTA (°N) (10m di profondità)	Hs(m)	Ts (s)
150	176	2.3	7.6
180	195	3.9	8.9
210	214	4.9	9.8
240	230	6.0	11.8

TAB. 8 - VALORI ESTREMI DELLE ONDE CALCOLATI ALLA PROFONDITA' DI 10 m PER PERIODI DI RITORNO DI 50, 75 E 100 ANNI NELL'AREA ANTISTANTE IL MOLO DI SOPRAFLUTTO

2.6 Variazioni del livello marino

La realizzazione del porto e la progettazione di una spiaggia artificiale prevedono la conoscenza dettagliata delle variazioni del livello del mare nell'area costiera antistante, in modo da poter dimensionare le banchine e quantificare le dimensioni della spiaggia emersa attiva nei confronti del trasporto sedimentario.

La variazione del livello marino in prossimità della costa è dovuta a varie cause, nel seguito elencate e commentate.

2.6.1 Effetto del vento

Non esistono dati di tale effetto lungo la costa ligure: tenuto conto della particolare orografia del golfo e del continuo passaggio di perturbazioni atmosferiche, si ritiene tuttavia che tale effetto possa risultare anche notevole.

Si è quindi cercato di risolvere il problema, nell'attuale fase, mediante relazioni semplificate, considerando sia il vento longitudinale che quello trasversale alla costa. L'equazione che descrive l'equilibrio tra lo stress del vento ortogonale a costa e la pendenza della superficie del mare è scritta come:

$$\frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{\tau_w}{\rho_w d_R} \quad [3]$$

dove d_R è la profondità del fondale, ρ_w la densità dell'acqua, τ_w lo stress del vento che può essere calcolato in funzione della velocità del vento W e della densità dell'aria ρ_a come:

$$\tau_w = \rho_a C_d W^2 \quad [4]$$

ed il coefficiente di drag C_d può essere calcolato come (Garra, 1977):

$$C_d = 6.9 \times 10^{-4} + 7.5 \times 10^{-5} W \quad [5]$$

dove W rappresenta la velocità media del vento su un intervallo di $10'$ e alla quota di 10 m rispetto al livello medio del mare.

L'innalzamento del livello medio per effetto del vento longitudinale a costa, con la costa a destra rispetto alla direzione da cui il vento spira, è descritta dall'equazione:

$$\eta = (\tau_w / f R \rho_a) \exp(-x/R) \quad [6]$$

dove x è la distanza da costa e t è il tempo per cui spira il vento. R è il raggio di Rossby, cioè la distanza su cui si esplica la variazione del livello del mare, definito come:

$$R = (d_R)^{0.5} / f \quad [7]$$

dove $f = 2 \omega \sin \varphi$ è il parametro di Coriolis, ω la velocità di rotazione della terra, φ la latitudine

La [7.4] è ottenuta in approssimazione di costa infinita e assenza di attrito, da cui deriva che l'innalzamento cresce indefinitamente con il tempo. In realtà, anche con vento costante, si raggiungerebbe una condizione di equilibrio definita dai fenomeni di attrito.

Nei calcoli si è assunta una durata del vento di 3 ore, cioè la durata tipica stimata per i picchi di tempesta ed una profondità d_r pari a 50 m, che è all'incirca quella media antistante la costa in esame.

2.6.2 Effetto della marea

Nell'area di studio l'oscillazione di marea può essere rappresentata, con approssimazione più che sufficiente, dalle condizioni di marea a la Spezia, dove sono disponibili i dati.

Nella **Tab. 9** sono evidenziate ampiezza e fase delle componenti armoniche M2 e S2 (semi-diurne), 01 e K1 (diurne).

Nella **Tab. 10** sono invece riportati i parametri tipici della marea e precisamente:

- M.H.W.S., cioè la media del livello, in fase di sizigie, durante l'alta marea;
- M.H.W.N., cioè la media del livello, in fase di quadratura, durante l'alta marea;
- M.L.W.N., cioè la media del livello, in fase di quadratura, durante la bassa marea;
- M.L.W.S., cioè la media del livello, in fase di sizigie, durante la bassa marea;
- M.T.L., cioè il livello medio di marea.

COMPONENTE	AMPIEZZA (cm)	FASE (gradi)
M2	9	244
S2	3	267
K1	4	198
01	1	116

TAB. 9 - AMPIEZZA E FASE DELLE COMPONENTI DI MAREA

	ALTEZZA (cm)
MEAN HIGH WATER SPRING	33
MEAN HIGH WATER NEAP	28
MEAN TIDE LEVEL	20
MEAN LOW WATER NEAP	13
MEAN LOW WATER SPRING	7

TAB. 10 - INNALZAMENTO DEL LIVELLO MARINO DOVUTO ALLA MAREA

2.6.3 Risultati

I risultati ottenuti dall'applicazione delle formule precedenti sono sintetizzati nella **Tab. 11**:

LIVELLO DEL MARE	PERIODO DI RITORNO (ANNI)					
	1 (cm)	10 (cm)	25 (cm)	50 (cm)	75 (cm)	100 (cm)
set-up (vento trasversale)	37	40	50	56	64	69
set-up (vento longitudinale)	40	44	56	62	70	74
marea	13	13	13	13	13	13

TAB. 11 - INNALZAMENTO DEL LIVELLO MARINO DOVUTO ALLA MAREA

I valori trovati necessitano di un breve commento:

- per i calcoli sono state utilizzate formule semplificate, alcune di tipo semi-empirico, che tuttavia hanno una loro validità generale;
- per i valori di innalzamento del livello marino dovuti alla marea, si è ipotizzato che il valore estremo sia rappresentato dal MHHWS per tutti i periodi di ritorno considerati; nella stima non sono stati inclusi gli effetti dovuti alle depressioni atmosferiche, in quanto non sono risultate disponibili informazioni sui gradienti barici tipici dell'area.

La tabella riporta i valori di livello indotti dai vari termini forzanti: per conoscere le variazioni totali si ricorda che sommare tutti i contributi ha poco senso in quanto si otterrebbe una stima decisamente cautelativa. Una più corretta analisi dovrebbe portare alla stima della probabilità congiunta dei vari contributi, ma tale stima è impossibile per la totale mancanza di dati simultanei relativi ai vari processi fisici considerati.

E' allora consuetudine assumere il 75% del valore massimo, cioè della somma: è evidente che ben difficilmente sarà presente un'onda elevata in corrispondenza di un vento longitudinale, per cui il massimo sarà costituito dalla somma tra marea, vento trasversale e onda; quindi i valori suggeriti sono quelli presentati in Tab. 12:

LIVELLO MARINO ESTREMO (cm)	PERIODO DI RITORNO (ANNI)						
	1	10	25	50	75	100	
40	43	52	56	62	65		

TAB. 12 - INNALZAMENTO TOTALE DEL LIVELLO MARINO

2.7 Le correnti

Il ruolo delle correnti è secondario per quanto concerne il dimensionamento delle strutture portuali, mentre è importante per la circolazione indotta all'interno del bacino e, conseguentemente, per la qualità delle acque interne.

2.7.1 Caratteristiche generali della circolazione

Il Mar Ligure e il Tirreno differiscono sostanzialmente per le loro proprietà termiche: l'acqua del Mar Ligure si mantiene generalmente a temperature medie sensibilmente inferiori a quelle del Tirreno e il gradiente termico tra i due bacini raggiunge il massimo nella stagione invernale. In tale stagione, considerato che la salinità si mantiene su valori abbastanza simili nei due bacini, è anche massimo il gradiente di densità.

La contemporanea presenza di due masse d'acqua con proprietà molto diverse tra di loro, fa sì che l'area al largo delle coste liguri sia caratterizzata da una certa complessità di situazioni nel corso delle stagioni. Infatti il fronte termico che separa le due masse d'acqua assume due posizioni stagionalmente ben definite: durante l'estate esso si estende trasversalmente all'area all'altezza del Canale di Corsica e gli scambi tra i due bacini sono praticamente inesistenti, mentre durante l'inverno, sotto la spinta dell'acqua tirrenica che penetra nel bacino ligure, esso si sviluppa in senso prevalentemente longitudinale lungo il margine esterno dell'arcipelago toscano.

Un'analisi dettagliata della circolazione lungo la costa ligure non sembra essere mai stata effettuata; le informazioni disponibili, che sembrano a volte contraddittorie, confermano

tuttavia che l'andamento generale del flusso è antiorario, con correnti che tendono a fluire mediamente, sia in superficie che sul fondo, verso il Golfo del Leone.

In superficie scorre infatti la cosiddetta MAW (Modified Atlantic Water) cioè l'acqua di provenienza atlantica che, dopo aver subito parziali modifiche delle proprie caratteristiche nel Mare di Alboran, si propaga lungo la costa Algeria e attraversa il Canale di Sardegna, dividendosi poi in due rami: uno si propaga verso il Canale di Sicilia, l'altro risale la penisola in senso antiorario fino a raggiungere la costa ligure dove fluisce verso O-SO.

L'acqua levantina LIW (Levantine Intermediate Water) si forma nel Mediterraneo Orientale, fluisce negli strati intermedi (alle profondità di 300-600 m) del Canale di Sicilia e risale la penisola fino all'altezza della Corsica dove si divide in due rami, uno dei quali raggiunge la costa ligure e fluisce anch'essa verso O-SO.

La circolazione più profonda è caratterizzata dalla presenza dell'acqua profonda del Mediterraneo occidentale (WMDW, Western Mediterranean Deep Water) che si forma nel Golfo del Leone quando condizioni invernali particolarmente intense causano il mescolamento e l'affondamento delle acque MAW e LIW. La nuova massa d'acqua fluisce sotto i 600 m di profondità con traiettoria antioraria e gioca un ruolo ancora relativamente poco conosciuto nella circolazione profonda del Mediterraneo Occidentale.

In sintesi, sono essenzialmente tre gli aspetti principali che la letteratura specialistica di settore mette in luce:

- il campo di corrente presenta valori sufficientemente elevati anche in profondità, soprattutto nelle stagioni fredde. La variabilità spaziale è notevole;
- la batimetria gioca un ruolo fondamentale nella circolazione;
- le condizioni meteorologiche influenzano decisamente il regime dinamico, sia per l'effetto diretto dello "stress" del vento sulla superficie, sia per l'azione indiretta che il vento esercita sui flussi di calore e quindi sulla densità superficiale dei bacini. Inoltre i gradienti barici, che si verificano soprattutto durante il passaggio delle perturbazioni, inducono oscillazioni di livello con conseguenti modifiche del campo di corrente.

2.7.2 Caratteristiche della circolazione locale

Per quanto riguarda il campo di corrente litoranea, Il regime delle correnti nella fascia costiera è determinato soprattutto dall'azione diretta del vento, mentre, ai fini pratici, l'influenza della marea nella circolazione locale può essere tranquillamente ignorata, perché presenta valori dell'ordine di 2 cm/s: tali valori, insieme a quelli indotti dalla brezza, risultano tuttavia importanti ai fini della circolazione interna al bacino portuale, in quanto contribuiscono al movimento delle acque impedendone il ristagno.

Nel Golfo del Tigullio, nel caso di venti longitudinali, lungo la costa che va da Sestri a Rapallo si assiste ad una circolazione diretta da est verso ovest (vento da 110°N) o da ovest verso est (venti da 290°N) con valori di velocità medi sulla verticale dell'ordine dei 20 cm/s...Lungo il tratto di costa che va da Rapallo al Promontorio di Portofino la circolazione è diretta verso sud (vento da 110°N) o verso nord (vento da 290°N) con valori di velocità dell'ordine dei 5-10 cm/s. Lontano dalla costa la corrente è sensibilmente inferiore ai 10 cm/s.

Nel caso di venti trasversali la circolazione è più complessa: lungo il litorale che va da Sestri a Zoagli si assiste ad una circolazione diretta da ovest verso est, mentre è diretta in senso opposto da Zoagli a Rapallo. In entrambi i casi la velocità di corrente ha valori dell'ordine dei 5 cm/s. Lungo il tratto di costa che va da Rapallo al Promontorio di Portofino la circolazione è diretta verso sud con valori di velocità dell'ordine dei 10 cm/s. Lontano dalla costa la corrente è inferiore ai 5 cm/s.

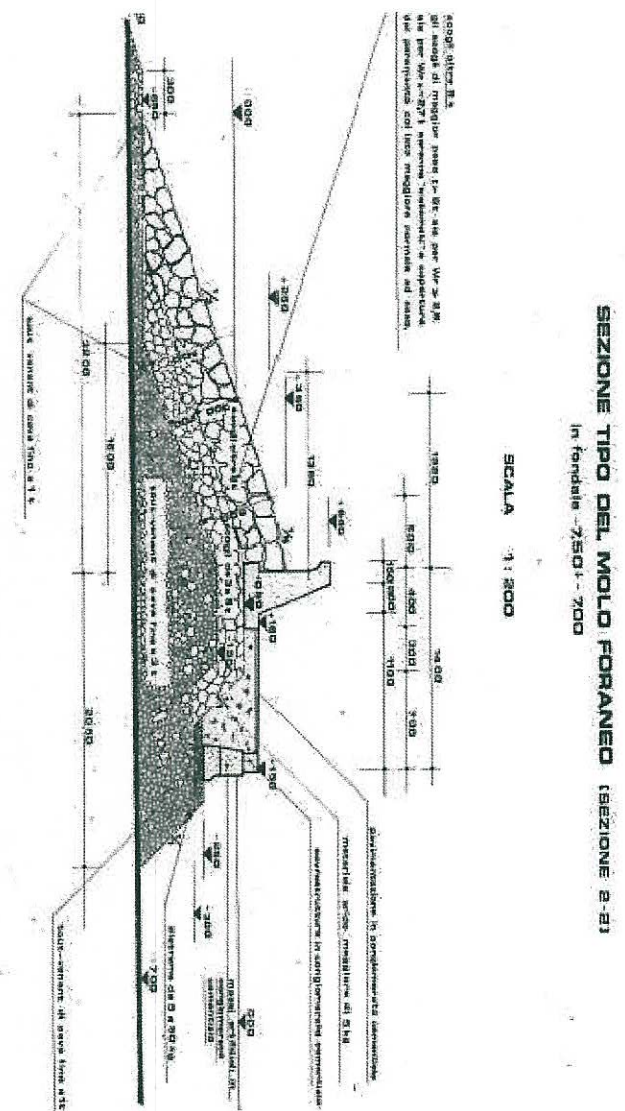
Nel caso di venti che incidono obliquamente sul golfo, lungo la costa che va da Sestri a Rapallo si assiste ad una circolazione diretta da est verso ovest (vento da 155°N) o da ovest

verso est (vento da 245°N) con valori di velocità dell'ordine dei 15 cm/s. Lungo il tratto di costa che va da Rapallo al Promontorio di Portofino la circolazione è diretta verso sud (vento da 155°N) o verso nord (vento da 245°N) con valori di velocità dell'ordine dei 10 cm/s o meno. Lontano dalla costa la corrente è decisamente inferiore ai 5 cm/s.

Il ruolo delle correnti non è dunque tale da modificare la propagazione delle onde a costa.

3. DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DELLA SEZIONE DEL MOLO FRANGIFLUSSI

3.1 Configurazione del progetto approvato nel 1973

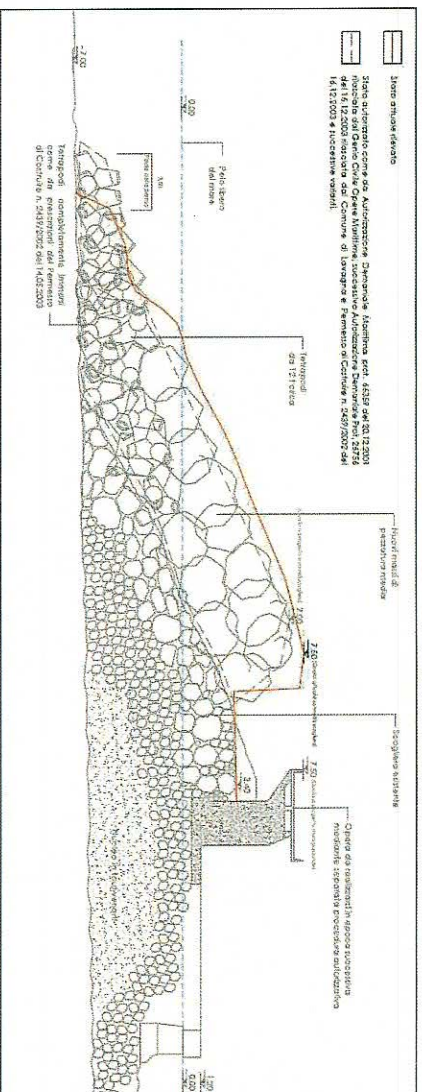


La configurazione originaria prevedeva il posizionamento di massi naturali di cava con pendenza della mantellata esterna 1 su 5 nel tratto da quota +3.50 a quota +2.50 m s.l.m. e 1 su 3 da quota +2.50 al fondo, con le caratteristiche geometriche di cui alla sezione sopra riportata.

Poiché il calcolo di stabilità effettuato con la formula sperimentale di Hudson portava a dover utilizzare scogli di dimensioni oltre 15 t non reperibili sul mercato, sulla base coefficienti dedotti da prove sperimentali su modello e adattati alla letteratura, la dimensione dei massi è stata ridotta a 8 t con l'accorgimento di costruire la mantellata con gli elementi lapidei "sistemati", cioè tutti posizionati con il lato più lungo perpendicolare rispetto al paramento in modo da limitare le azioni che tendono a scalzare il masso dalla scogliera.

Tuttavia, l'esperienza ha dimostrato la limitatezza della scelta progettuale in quanto, già a seguito delle prime mareggiate la scogliera ha assunto l'aspetto di mantellata gettata alla rinfusa.

3.2 Configurazione attuale



La configurazione attuale della mantellata appare completamente diversa, in seguito ai nuovi interventi di messa in sicurezza.

Nella parte sommersa la mantellata è formata con tetrapodi, la parte emersa è invece in massi naturali di cava con introduzione alla sommità della mantellata di una vasca di dissipazione del moto ondoso lungo tutta la lunghezza del molo con la finalità di ridurre la portata trascinante. L'introduzione di tale accorgimento è consigliato dalla più recente letteratura specialistica basata su numerose prove sperimentali in laboratorio.

Contemporaneamente detta vasca può ricoprire in caso di necessità la funzione di pista di cantiere per le operazioni di manutenzione.

4. VERIFICA OPERE MARITTIME

4.1 Definizione onda di calcolo

Per la definizione dell'onda di progetto per il dimensionamento della mantellata del molo sopralfutto e per la stima della tracimazione si assume tempo di ritorno pari a 50 anni. Ciò è in accordo con quanto richiesto usualmente dagli uffici regionali.

Per quanto riguarda le caratteristiche delle onde di progetto sono stati utilizzati i dati ricavati dallo studio di cui ai paragrafi precedenti.

Le principali caratteristiche delle onde estreme con tempo di ritorno 50-ennale che si presentano alla profondità di 10 m davanti alla scogliera sopralfutto sono riportate nella tabella seguente:

PERIODO DI RITORNO 50 ANNI			
DIR AL LARGO (°N)	DIR A COSTA (°N) (10 m di profondità)	Hs(m)	Ts (s)
150	175	2,1	7,4
180	195	3,7	8,8
210	214	4,5	9,6
240	230	5,4	11,5

TABELLA 12: VALORI ESTREMI DELLE ONDE ALLA PROFONDITÀ DI 10 M PER PERIODO DI RITORNO DI 50 ANNI

La profondità di imbasamento della scogliera varia da -7,5 m nella parte meno profonda (alla radice del molo) a circa - 10 m, in corrispondenza della sezione dove sorge ora la testata. Si assume, pertanto, cautelativamente come onda di progetto l'onda su 10 m di profondità corrispondente allo stato di mare più gravoso per il paraggio ossia quello proveniente da 240° N, come se attaccasse frontalmente la scogliera, che presenta le seguenti caratteristiche:

$$H_s = 5,40 \text{ m}$$

$$T_s = 11,5 \text{ m}$$

4.2 Considerazioni sul dimensionamento della mantellata

Come detto al paragrafo 3 l'accorgimento di porre in opera gli scogli sistemati non ha dato i risultati all'epoca auspicabili e la scogliera si è presto dissesata perdendo le caratteristiche di concatenamento dei massi richiesti in sede di progetto.

Conseguentemente si è dovuto intervenire con la radicale modifica della mantellata introducendo i massi artificiali tetrapodi e realizzando la "vasca di dissipazione", in quanto un semplice intervento di manutenzione non avrebbe risolto i problemi di degrado o di instabilità.

5. TRACIMAZIONE

Nel progetto originario dell'Ing. Vian, il problema della tracimazione sia in termini qualitativi che quantitativi non è stato affrontato date le scarsi strumenti progettuali all'epoca a disposizione.

Pertanto, sia per motivi di sicurezza, sia per motivi di agibilità della banchina del molo è stato necessario introdurre nel progetto di ristrutturazione anche il fenomeno della tracimazione che si presentava ad ogni mareggiata anche di media intensità.

Di seguito si riporta la formula proposta da Van der Meer nell'ambito della pubblicazione "Technical Report Wave Run-up and Wave Overtopping at Dikes" che ci consente di valutare il miglioramento marcato della tracimazione tra prima e dopo l'intervento di ristrutturazione del 2005.

La formula generale per $\xi_0 < 5$ risulta:

$$\frac{q}{\sqrt{gH_s^3}} = \frac{0.067}{\sqrt{\tan \alpha}} \gamma_b \xi_0 \exp \left(-4.3 \frac{R_c}{H_s} \frac{1}{\xi_0 \gamma_b \gamma_\beta \gamma_f} \right)$$

con massimo dato dall'espressione:

$$\frac{q}{\sqrt{gH_s^3}} = 0.2 \cdot \exp \left(-2.3 \frac{R_c}{H_s} \frac{1}{\gamma_f \gamma_\beta} \right)$$

dove:

q = portata media tracimante (mc/s/m)

$H_s = H_{m0}$ = altezza significativa dell'onda al piede dell'opera;

ξ_0 = parametro di frangimento = $\tan \alpha / \text{rad} q (2\pi H_s / gT_s^2)$;

R_c = altezza libera della sommità del muro rispetto al livello di quiete

$\tan \alpha$ = pendenza della mantellata della mantellata

γ_b = parametro riduttivo dipendente dalla presenza di una berna orizzontale nell'ambito della mantellata calcolato in base alla posizione della berna sul livello del mare e della lunghezza della berna in rapporto all'altezza d'onda H_s secondo l'abaco tratto dal "Technical Report Wave Run-up and Wave Overtopping at Dikes" e riportato di seguito:

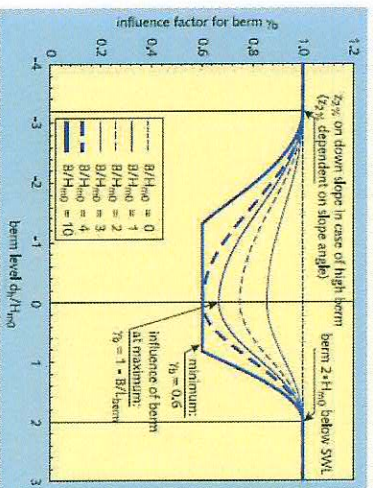


Figure 13:
Influence factor for influence
of berm

γ_f = parametro riduttivo dipendente dalla "scabrezza" della scogliera

- nel caso di mantellata costituita da una doppia fila di massi naturali $\gamma_r = 0,55$
- nel caso di mantellata costituita da una doppia fila di tetrapodi $\gamma_r = 0,38$ (vedi EurOtop - Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual (Die Kuste version))

(per le sezioni “miste di progetto è stato assunto un valore γ_r intermedio);

γ_β = parametro riduttivo dipendente dall’obliquità dell’onda incidente calcolabile con le seguenti formule:

$$\gamma_\beta = 1 - 0,0033 * \beta \quad (0^\circ \leq \beta \leq 80^\circ)$$

$$\gamma_\beta = 1 - 0,0033 * 80 \quad (\beta \geq 80^\circ)$$

γ_r = parametro riduttivo dipendente dall’obliquità del paramento del muro paraonde (in caso di presenza di muro verticale sulla sommità della scogliera $\gamma_r = 0,65$ – vedi EurOtop - Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual (Die Kuste version));

Per il calcolo della portata media di tracimazione è stata utilizzata come onda di calcolo l’onda estrema risultante dal modello matematico più gravosa per l’area in esame ossia quelle provenienti dalla direzione al largo 240° N, come sopra descritte.

La sopraelevazione del livello del medio mare è stata assunta, quella risultante dal modello matematico per tempo di ritorno 50 anni ossia 0,55 m s.l.m.

Dalle verifiche effettuate confrontando i valori della portata tracimante prima e dopo l’intervento si ottiene:

- prima dell’intervento. La portata tracimante è superiore al valore di circa 15-20 l/s/m. Tale portata tracimante è incompatibile con l’utilizzo della banchina interna del molo e risulta anche pericoloso per il passaggio delle persone.
- dopo l’intervento. La portata tracimante risulta drasticamente ridotta e, anche grazie all’introduzione della vasca di è inferiore al valore di 1 l/s/m.

Detto valore risulta compatibile con l’ormeggio delle imbarcazioni e il passaggio delle persone anche durante le mareggiate. Inoltre la regione Liguria, per progetti analoghi, indica tale valore come limite consigliato.

6. CONCLUSIONI

La verifica e il ricalcolo delle caratteristiche della mantellata di difesa prima e dopo l’intervento effettuato nel 2005/2006 hanno dimostrato che i soli interventi di manutenzione ordinaria non sarebbero stati sufficienti a garantire l’utilizzo in sicurezza della banchina del molo e dello specchio acqueo protetto dal molo frangiflutti, in quanto non avrebbero eliminato le cause della ridotta stabilità della scogliera e della tracimazione.

Per quanto riguarda la stabilità prima dell’intervento la mantellata aveva perso le sue caratteristiche che comportava la “sistemazione” dei singoli elementi della scogliera. Pertanto, oltre, a non consentire l’agibilità del molo senza un radicale intervento la scogliera sarebbe comunque stata soggetta ad un rapido degrado.

Dopo l’intervento l’introduzione dei tetrapodi, per i quali la posa è naturalmente concatenata, la mantellata può essere considerata stabile.

Per quanto riguarda la traccimazione prima le portate traccimanti, dell'ordine di 15-20 l/s/m non erano compatibili con l'uso della banchina del molo e non sicure per il passaggio delle persone.

Dopo l'intervento di ristrutturazione la portata traccimante oltre ad essere compatibile con l'auso della banchina del molo e anche compatibile con i valori indicati dalla Regione Liguria.



The image shows a circular blue ink stamp from the "ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI GENOVA". The text inside the stamp reads: "Dot. Ing. ERNESTO LA BARBERA N° 4666". Overlaid on the stamp is a handwritten signature in blue ink that appears to be "Ernesto La Barbera".