



# PROGETTO PER LA RIQUALIFICAZIONE, LA VALORIZZAZIONE E LA GESTIONE DEL PORTO TURISTICO DI VILLANOVA DI OSTUNI (BR)

ISTANZA DI CONCESSIONE DEMANIALE MARITTIMA AI SENSI DELL'ARTICOLO 36 DEL CODICE DELLA NAVIGAZIONE



## COMMITTENTE

**A.T.I.: C.R. COSTRUZIONI S.r.l. - FRAVER S.r.l.**

## RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

**dott. ing. Roberto MELPIGNANO - Dirigente U.T.C.**

## PROGETTISTI

### COORDINAMENTO

**prof. dott. ing. Vitantonio VITONE (resp.) - dott. ing. Luigi MAGGI**

### PROGETTAZIONE GENERALE, OPERE EDILI, OPERE STRUTTURALI - RESTAURO EDIFICI STORICI

**dott. ing. Francesco NOTARO (resp.) - dott. arch. Annunziata DEL MONACO (resp.) - dott. Grazia CAVALLO**

### OPERE PORTUALI DI DIFESA - OPERE A MARE - INTERVENTI DI DRAGAGGIO - STUDIO METEO MARINO

**dott. ing. Gianluca LOLIVA**

### IMPIANTI IDRICO-SANITARIO, TRATTAMENTO ACQUE METEORICHE, DISTRIBUZIONE CARBURANTE

**dott. ing. Vitantonio MASTRO**

### IMPIANTI ANTINCENDIO

**dott. ing. Francesco NOTARO**

### IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI, ILLUMINAZIONE, FOTOVOLTAICO, CLIMATIZZAZIONE

**dott. ing. Angelo Raffaele Vito RIZZO**

### SISTEMAZIONI ESTERNE E ARREDO URBANO

**dott. arch. Valentina SANTORO**

### ARCHEOLOGIA

**dott. Gianpaolo COLUCCI - dott. arch. Valentina SANTORO - dott. Giuseppina GALIANDRO**

### IMPATTO AMBIENTALE

**dott. arch. Vittoria BIEGO (ACQUATECNO S.R.L.) (resp.) - dott. Mario IMPERATRICE - dott. ing. Ania TROVISO**

### GEOLOGIA

**dott. Antonio Mattia FUSCO**

### COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

**dott. ing. Giuseppe DI GREGORIO**

## PROGETTO DEFINITIVO

Titolo

**OPERE MARITTIME  
RELAZIONE TECNICA**

Elaborato

**OPM\_R1**

Data

**Aggiornamento  
Giugno 2019**

Scala

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA RIQUALIFICAZIONE, LA VALORIZZAZIONE E  
LA GESTIONE DEL PORTO TURISTICO DI VILLANOVA DI OSTUNI (BR)**

---

**OPM\_R1 – OPERE MARITTIME RELAZIONE TECNICA**

# INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2. STUDIO METEOMARINO .....</b>	<b>6</b>
2.1 Cartografia.....	6
2.2 Descrizione del paraggio .....	6
2.3 Venti.....	8
2.4 Clima meteomarino al largo .....	11
2.4.1 Clima meteo marino medio .....	13
2.4.2 Elaborazione statistica delle onde estreme.....	14
2.5 Calcolo dell'onda di progetto.....	16
2.6 Clima meteomarino in prossimità del porto .....	26
2.6.1 Modello di diffrazione.....	26
2.6.2 Applicazione del modello .....	27
2.6.3 Soluzioni proposte .....	28
<b>3. DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO .....</b>	<b>30</b>
<b>4. OPERE DI DRAGAGGIO .....</b>	<b>31</b>
4.1 Bonifica bellica.....	31
4.2 Area di dragaggio... ..	31
4.3 Classificazione dei sedimenti.....	33
4.4 Scelta del sito per l'allocazione finale delle sabbie di escavo.....	34
4.4.1 Individuazione del sito .....	35
4.4.2 Caratterizzazione del sito .....	36
4.5 Dimensionamento dell'area di immersione e delle aree di controllo .....	37
4.6 Attività di monitoraggio ambientale .....	41
4.6.1 Monitoraggio delle attività di escavo .....	42
4.6.2 Monitoraggio delle attività di trasporto dei materiali .....	42
4.6.3 Monitoraggio delle attività di immersione in aree marine (oltre le 3 mn dalla costa)	43
4.7 Fasi delle operazioni di dragaggio .....	43
4.7.1 Dragaggio di sedimenti.....	43
4.7.2 Dragaggio di materiale roccioso .....	46
<b>5. MOLI FORANEI.....</b>	<b>47</b>
5.1 Molo di tramontana.....	47
5.1.1 Mantellata, filtro e berma .....	48
5.1.2 Muro paraonde e masso di carico.....	50
5.1.3 Martello.....	51
5.2 Molo di levante .....	52

5.3	Caratteristiche del moto ondoso che sollecita la struttura .....	53
5.3.1	Profondità di frangimento delle onde indicate nello studio meteomarino.....	53
5.3.2	Caratteristiche del moto ondoso che frange sul molo di tramontana.....	55
5.4	Dimensionamento delle opere foranee .....	57
5.4.1	Dimensionamento e stabilità del molo di tramontana.....	62
5.4.2	Dimensionamento e stabilità della testata del molo di tramontana.....	64
5.4.3	Dimensionamento dello spessore della mantellata e dei sottostrati .....	65
5.4.4	Stima delle portate tracimanti – overtopping.....	67
<b>6.</b>	<b>BANCHINE.....</b>	<b>71</b>
<b>7.</b>	<b>PONTILI .....</b>	<b>74</b>
7.1	Pontili galleggianti.....	74
7.1.1	Pontili galleggianti di larghezza 2,70 m e 2,40 m.....	77
7.1.2	Pontili galleggianti di larghezza 2,00 m.....	78
7.2	Passerelle di collegamento .....	78
7.3	Piazza sul mare e vecchio pontile.....	79

## 1. PREMESSA

La presente relazione tecnica delle opere marittime fa parte delle relazioni specialistiche del Progetto Definitivo per la “Riqualificazione, la valorizzazione e la gestione del porto turistico di Villanova di Ostuni (Brindisi)”.

Il presente progetto interessa la riqualificazione e la valorizzazione urbana e marittima di una porzione di territorio demaniale, ubicato nel comune di Ostuni in località Villanova, finalizzato ad ospitare un porto turistico corredato da servizi complementari.

Il porto di Villanova è definito da un molo di levante e da uno di tramontana (*Figura 1*). I fondali del bacino interno variano tra -1,00 m e -2,50 m sul l.m.m., l'imboccatura tra -2,50 m e -3,00 m sul l.m.m., i fondali lato mare del molo di tramontana tra -3,00 m e -6,00 m sul l.m.m. e quelli del molo di levante tra -1,00 m e -2,50 m sul l.m.m..

Attualmente il bacino portuale presenta una serie di problematiche legate fundamentalmente alla mancanza di manutenzione e di interventi strutturali mai fatti negli anni. Infatti, uno dei maggiori problemi che rende il porto insicuro è legato all'insabbiamento di una parte dei fondali marini presenti tra l'imboccatura e il bacino interno. In alcuni punti del porto la profondità del fondale non supera la quota di -1,00 m sul l.m.m..

Inoltre, il molo di tramontana risulta inadeguato alla protezione del bacino interno in occasione di una serie di condizioni meteomarine avverse. I venti provenienti dal primo quadrante oltre a creare disturbi all'interno del bacino generano spesso un pericoloso fenomeno di tracimazione del molo. Pertanto, al fine di mettere in sicurezza la navigazione all'interno del porto e i fruitori/turisti che soprattutto nella stagione estiva popolano l'area, si rendono indispensabili una serie di interventi strutturali sul molo e di dragaggio dei fondali.

Attualmente, l'attracco delle imbarcazioni viene effettuato su cinque pontili galleggianti che risentono in alcune condizioni meteomarine sfavorevoli di una fastidiosa oscillazione dovuta alla mancanza di adeguata protezione del porto. Le banchine esistenti versano in condizioni di degrado e necessitano evidentemente di importanti interventi manutentivi.

Nella parte più interna del bacino, in prossimità delle banchine realizzate con massi naturali, si verifica un costante accumulo di Posidonia spiaggiata che oltre a creare problemi per la navigazione genera, nella sua fase di putrefazione, cattivi odori.

Invece, il molo di levante non presenta grandi problemi connessi con la sicurezza della navigazione. Infatti, la mantellata esistente a pendenza molto dolce e fondali poco profondi fanno sì che l'opera ben protegga il bacino interno dai venti provenienti dal secondo quadrante.

Dunque, il progetto propone per quanto riguarda le opere marittime i seguenti interventi:

- Realizzazione di una nuova mantellata esterna, del masso di carico e del muro paraonde sul molo di tramontana;
- Potenziamento della testata del molo di tramontana;
- Realizzazione di un “martello” posto verso la testata del molo di tramontana;

- Locale sistemazione della mantellata e realizzazione del muro paraonde del molo di levante;
- Allargamento della banchina de molo di levante;
- Dragaggi a diverse quote dei fondali del bacino interno e dell'imboccatura del porto;
- Realizzazione di nuove banchine con massi sovrapposti in calcestruzzo;
- Ripristino di alcuni tratti di banchine esistenti con realizzazione di n. 2 scali di alaggio;
- Installazione di nuovi pontili galleggianti;
- Realizzazione di una piazza sul mare galleggiante.

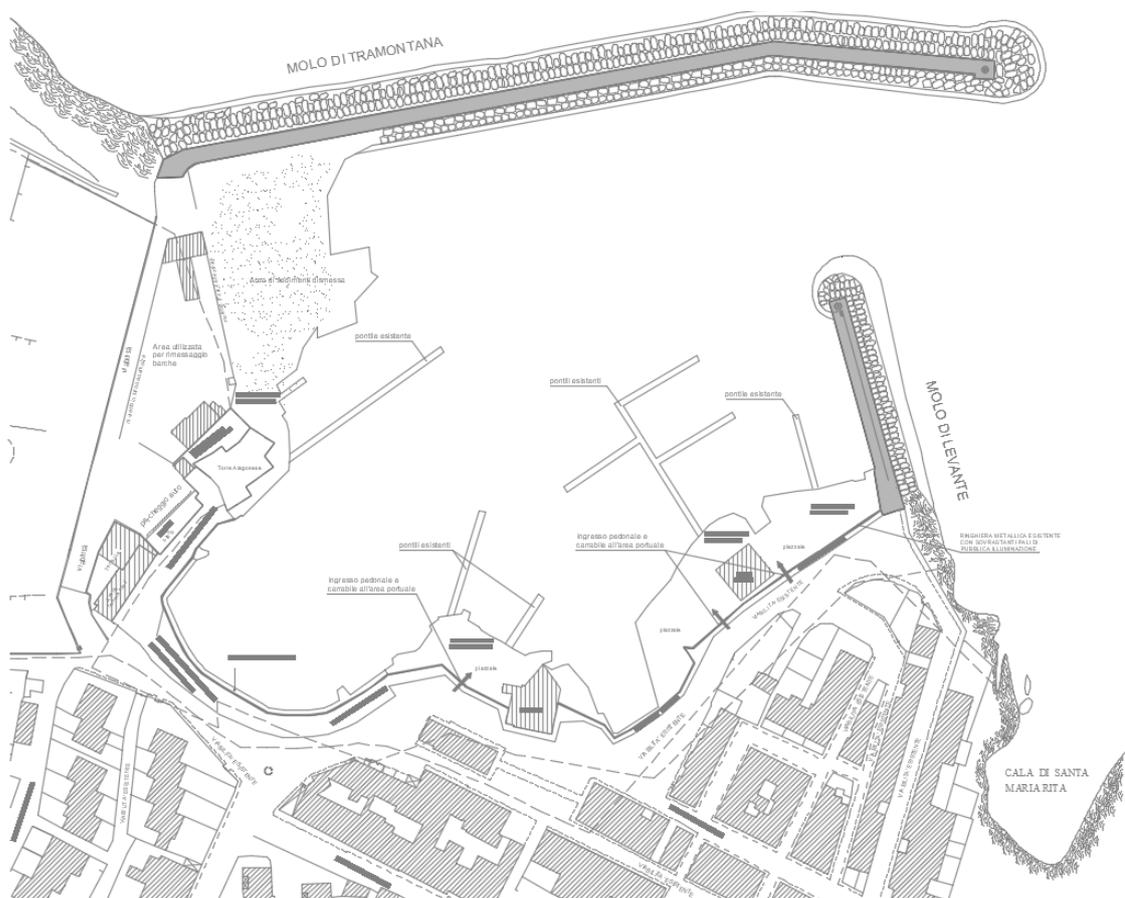


FIGURA 1

## 2. STUDIO METEOMARINO

Per lo studio del clima meteomarinico dell'area oggetto di intervento, preliminarmente si è proceduto ad un inquadramento del litorale mediante un'analisi della cartografia disponibile e raccogliendo i dati anemologici e ondometrici. Successivamente i dati raccolti sono stati elaborati con l'ausilio di modelli matematici al fine di determinare il clima meteomarinico al largo ed in prossimità della zona di interesse.

### 2.1 Cartografia

Per il presente studio è stata condotta una caratterizzazione cartografica del sito in esame al fine di determinare l'esposizione al moto ondoso e la batimetria dei fondali antistanti il litorale.

Per l'inquadramento dell'area è stata utilizzata la carta nautica in scala 1:100.000 realizzata a cura dell'Istituto Idrografico della Marina che riporta le profondità in numerosi punti battuti nel corso di apposite campagne e alcune curve batimetriche, più o meno distanziate secondo la ripidità dei fondali.

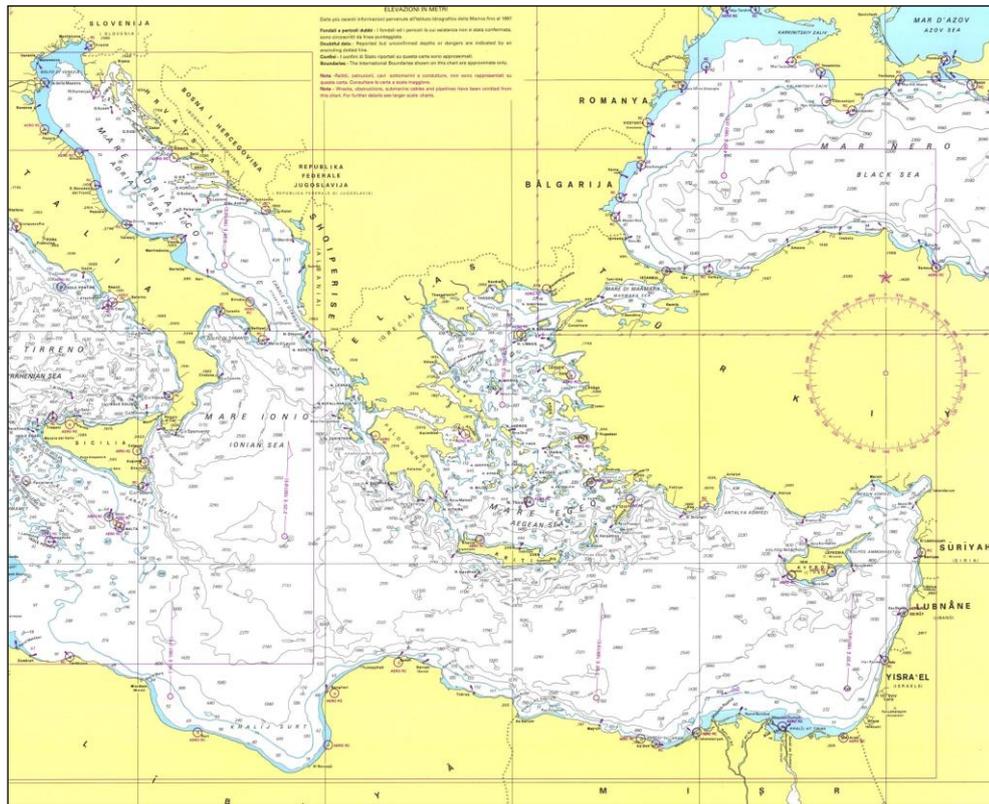
### 2.2 Descrizione del paraggio

Il paraggio in esame ricade nel territorio comunale di Ostuni.

La delimitazione del settore di traversia geografico del paraggio è stata effettuata su cartografia dell'Istituto Idrografico Militare in scala 1:4.200.000 (*Figura 2*) opportunamente digitalizzata. Gli angoli sono stati misurati in senso orario, a partire dal nord geografico, assunto coincidente con lo zero. Successivamente per ogni intervallo di 5° del settore di traversia, sono stati determinati i fetch misurando la distanza tra un punto situato sulla costa di Villanova e le coste prospicienti.

La distribuzione dei fetch geografici nel paraggio presenta tre zone ben distinte: la prima che comprende il settore angolare tra 290° e 315° con fetch piuttosto limitati, la seconda da 320° a 325° a cui competono i fetch più estesi, oltre 600 km, che si sviluppano fino alle coste venete, la terza, che comprende il settore angolare tra 330 e 125°, è caratterizzata dai fetch meno estesi limitati dalle coste iugoslave, albanesi e greche. I valori dei fetch efficaci e geografici sono rappresentati in *Figura 3 - 4* e riportati in *Tabella 1*.

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA RIQUALIFICAZIONE, LA VALORIZZAZIONE E LA GESTIONE DEL PORTO TURISTICO DI VILLANOVA DI OSTUNI (BR)  
OPERE MARITTIME RELAZIONE TECNICA**



**FIGURA 2**

Direzione [° Nord]	Fetch Geo [km]	Fetch Eff [km]	Direzione [° Nord]	Fetch Geo [km]	Fetch Eff [km]	Direzione [° Nord]	Fetch Geo [km]	Fetch Eff [km]
0	190	199	120	255	175	240	13	13
5	188	194	125	234	153	245	13	13
10	192	191	130	68	123	250	14	14
15	190	188	135	56	91	255	15	15
20	186	186	140	40	64	260	15	17
25	180	184	145	35	47	265	17	21
30	179	182	150	31	36	270	20	27
35	182	181	155	29	30	275	23	37
40	180	181	160	26	26	280	35	52
45	180	181	165	21	23	285	53	71
50	175	181	170	20	21	290	106	92
55	183	182	175	17	19	295	134	114
60	190	182	180	16	17	300	137	140
65	190	181	185	17	16	305	130	177
70	179	178	190	16	15	310	128	231
75	174	175	195	15	15	315	136	296
80	165	171	200	13	14	320	608	353
85	166	169	205	13	13	325	620	378
90	168	167	210	11	12	330	418	365
95	163	168	215	11	12	335	242	325
100	163	171	220	11	11	340	203	279
105	165	176	225	11	11	345	217	242
110	175	182	230	11	12	350	212	219
115	190	184	235	12	12	355	208	206

**TABELLA 1**

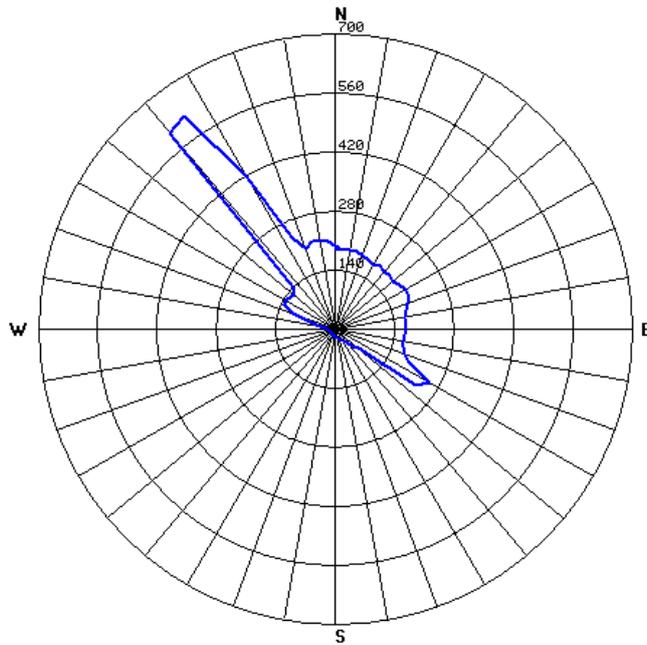


FIGURA 3

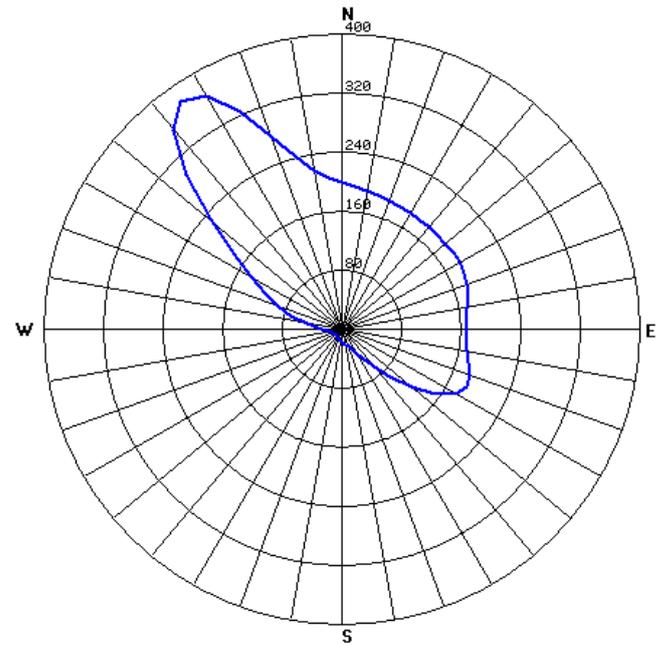


FIGURA 4

## 2.3 Venti

Per lo studio del clima anemologico nella zona di Villanova si è proceduto all'elaborazione statistica dei dati di vento triorari registrati nella stazione di misura dell'Aeronautica Militare di Brindisi. La scelta di utilizzare i dati registrati a Brindisi è sicuramente la migliore possibile considerata sia la vicinanza tra i due paraggi che l'esposizione ai venti foranei (Figura 5).

La stazione di misura si è ubicata ad una quota di 24.5 m slm.

Il periodo di osservazione per cui i dati sono disponibili va dal 1951 al 1996 e la serie storica delle registrazioni risulta essere completa (Figure 6 – 7 – 8 – 9 – 10 e Tabella 2).

Le registrazioni riportano per ogni osservazione la data e i valori della direzione e dell'intensità del vento.



FIGURA 5

PERIODO DI OSSERVAZIONE: 1951-1996

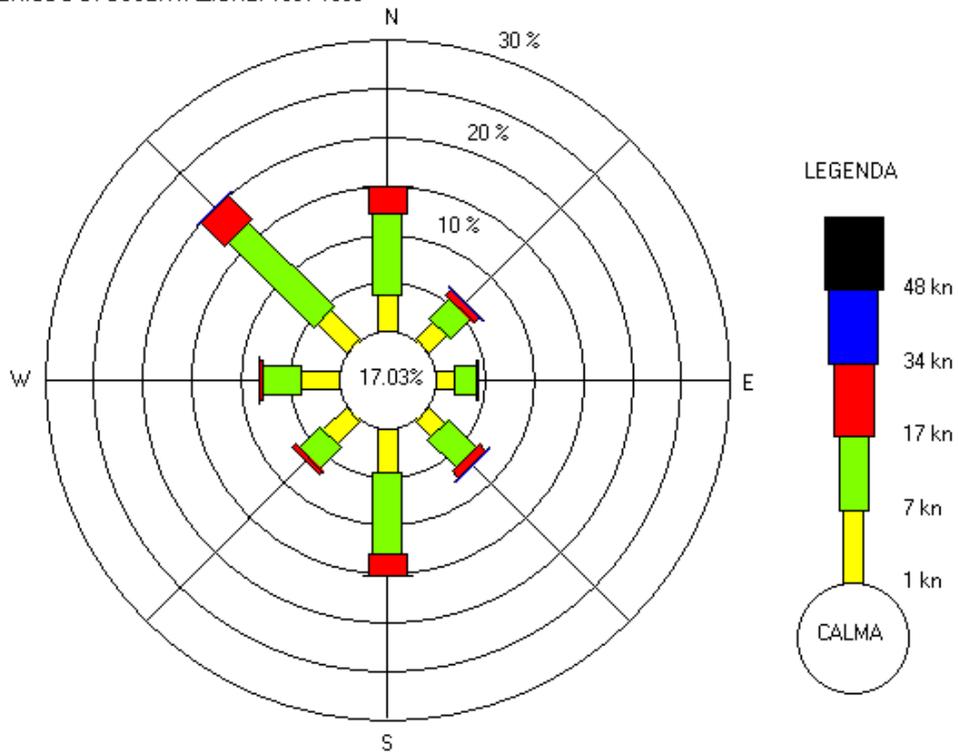


FIGURA 6

PERCENTUALI DI APPARIZIONE DURANTE L'INTERO PERIODO

		Velocità [kn]				
		1÷7	8÷17	17÷34	34÷48	>48
DIR [gradi Nord]	45	2.51	2.92	0.81	0.01	0
	90	1.88	2.2	0.25	0	0
	135	2.28	4.02	0.96	0.01	0
	180	4.58	8.35	2.14	0.01	0
	225	3.24	3.11	0.43	0	0
	270	3.92	3.74	0.53	0.01	0
	315	4.23	12.32	3.45	0.03	0
	360	3.69	8.47	2.8	0.05	0

TABELLA 2

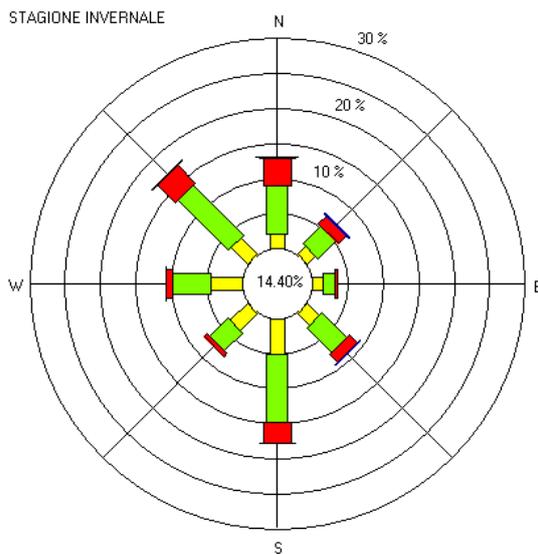


FIGURA 7

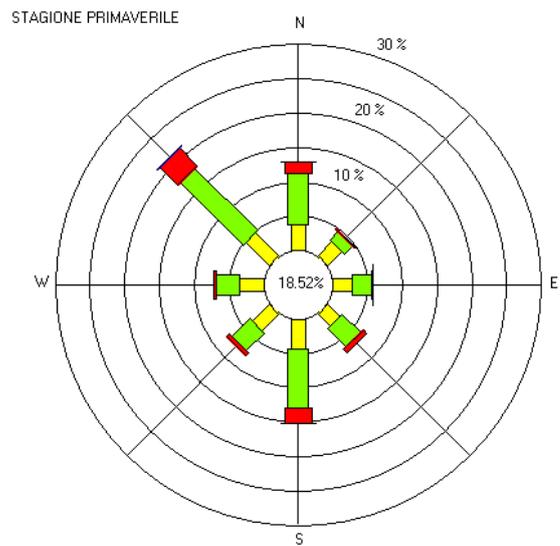


FIGURA 8

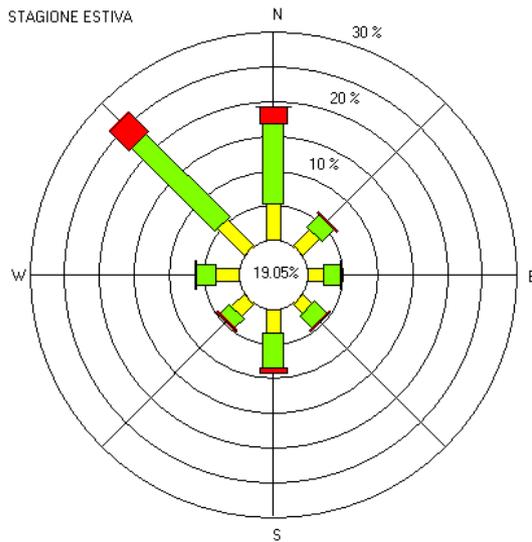


FIGURA 9

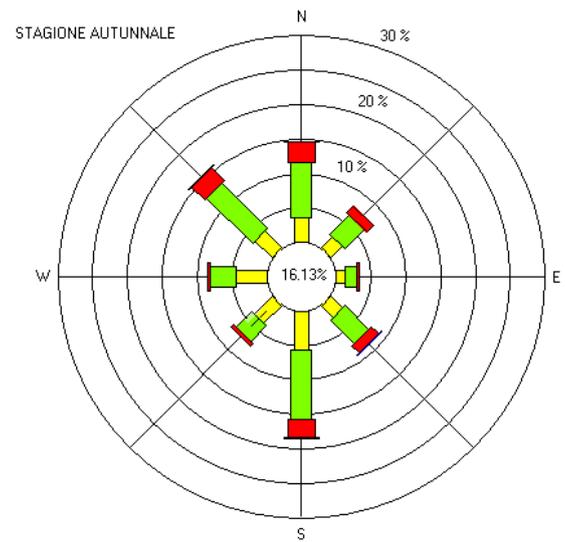


FIGURA 10

L'incidenza dei casi di calma si aggira sul 17% dell'intera popolazione, con una concentrazione massima in estate e primavera (19% delle osservazioni) ed un minimo in inverno (14%).

La distribuzione delle frequenze di apparizione dei venti per direzione di provenienza (*Figura 6*) mostra una prevalenza dei venti da NO che costituiscono il 20% di tutti i casi. I venti spiranti da N e S rappresentano le direzioni immediatamente più popolate, con il 15%, seguita dal vento da O con circa l'8%. Tra i venti foranei si segnalano anche i vento da NE e SE a cui competono il 7% delle osservazioni.

Se si classificano i dati secondo l'intensità si osserva che le frequenze maggiori spettano ai venti di tramontana e maestrale.

## 2.4 Clima meteomarinò al largo

La conoscenza del clima meteomarinò al largo di un paraggio è un requisito essenziale per qualsiasi tipo di intervento nella fascia costiera. In letteratura sono presentate diverse metodologie di ricostruzione delle mareggiate sia con metodi indiretti (a partire dai dati di vento), sia con metodi diretti (a partire da misure sullo stato ondoso). Nel presente studio è stata utilizzata una procedura di ricostruzione del moto ondoso con metodo indiretto.

Per la ricostruzione del clima ondoso al largo di Villanova sono state utilizzate le registrazioni dei dati anemometrici effettuate dalla stazione meteorologica dell'Aeronautica Militare ubicata a Brindisi nel periodo che va dal 1951 al 1996.

Il clima meteomarinario del paraggio è stato definito ricostruendo con il modello S.P.M. tutti gli episodi ondosi conseguenti all'azione dei venti foranei rilevati dalle stazioni di misura di Brindisi. Nel modello SPM sono state introdotte relazioni finalizzate alla correzione della direzione del vento per tenere in considerazione che il trasferimento di energia dal vento al mare dipende anche dalla distribuzione direzionale dei fetch. Il settore di traversia, calcolato considerando un fetch minimo pari a 100 km comprende il settore angolare compreso tra le direzioni 290° e 130° nord procedendo in senso orario. Le grandezze significative relative ad ogni evento sono state suddivise in classi di altezza e periodo per ogni direzione di provenienza. E' stata così ottenuta sia un'analisi di dettaglio delle mareggiate più intense che sono state elaborate statisticamente per ricavare l'onda di progetto a seconda del tempo di ritorno considerato, sia un quadro completo del clima ondoso che interessa la zona.

Dall'analisi della frequenza delle mareggiate ricostruite (*Tabella 3*) risulta che le calme costituiscono il 50,8% delle osservazioni, presentando una concentrazione minima durante i mesi estivi (41%) ed un massimo nei mesi autunnali ed invernali (55%).

Dalla distribuzione delle frequenze di apparizione delle onde per direzione di provenienza (*Tabella 3 e Figura 11*) si osserva che il maggior numero di mareggiate proviene da NO con una percentuale pari al 26%. Le onde provenienti da N presentano una percentuale del 13%. Scarsa rilevanza va data alle mareggiate provenienti dalle restanti direzioni.

PERCENTUALI DI APPARIZIONE DURANTE L'INTERO PERIODO

		H [m]				
		0÷0.5	0.5÷1	1÷2	2÷3	>3
DIR [gradi Nord]	0	0.83	1.62	3.31	1.66	0.32
	30	0.84	0.9	1.78	0.75	0.07
	60	0.78	0.55	0.52	0.08	0.03
	90	1.11	0.65	0.25	0.04	0
	120	1.07	1.02	0.78	0.19	0.03
	300	0.6	1.29	1.82	0.42	0.06
	330	1.38	2.87	12.94	7.02	1.59

TABELLA 3

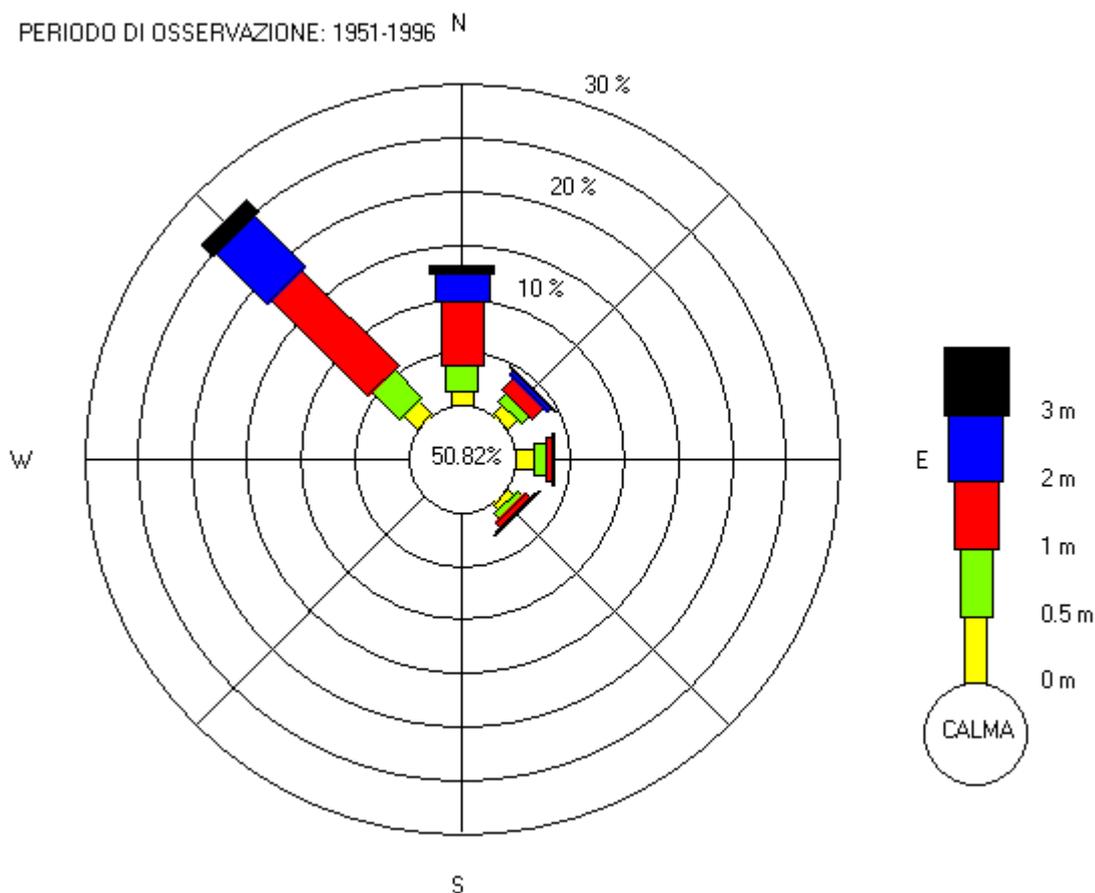


FIGURA 11

#### 2.4.1 *Clima meteo marino medio*

Nell'ambito dello studio sono stati individuati gli stati di mare rappresentativi dell'anno climatico, quelli cioè a cui si attribuisce l'energia totale che compete al clima di moto ondoso che interessa il sito in esame. Utilizzando la totalità delle misure classificate in funzione della direzione di provenienza, si è calcolata un'onda avente un'altezza ed un periodo, con un contenuto energetico rappresentativo dell'energia di tutte le onde provenienti dallo stesso settore. Questo evento, chiamato onda di modellazione, ha caratteristiche tali da indurre effetti sul litorale, equivalenti a quelli provocati da tutte le onde provenienti da quella direzione in un anno statistico medio. È stata inoltre calcolata l'onda caratterizzante l'intero paraggio, inserendo tutte le mareggiate calcolate nell'intero settore di traversia procedendo al calcolo dell'altezza e del periodo con la stessa metodologia (*Tabella 4*). In questo caso però si è reso necessario anche il calcolo della direzione di provenienza della mareggiata equivalente.

<b>EVENTI MEDI PER LE VARIE DIREZIONI</b>		
<b>DIR</b>	<b>H[m]</b>	<b>T[s]</b>
0	1.89	6.33
45	1.54	5.19
90	1.00	4.16
135	1.34	4.69
315	1.97	6.89

**TABELLA 4**

Dallo studio del clima meteomarinario medio del paraggio risulta che alla direzione 315° compete l'altezza d'onda energeticamente equivalente più elevata (1.97 m). L'onda caratteristica dell'intero paraggio ha un'altezza di 1,87 m, periodo pari a 6,3 s e direzione di provenienza 338°.

Se si considera il clima medio stagionale (*Tabella 5*) si osserva che:

- in inverno la mareggiata equivalente per l'intero paraggio ha un'altezza di 2.09 m e direzione di provenienza 344°.
- in primavera la mareggiata equivalente per l'intero paraggio ha un'altezza di 1.8 m e direzione di provenienza 330°.
- in estate la mareggiata equivalente per l'intero paraggio ha un'altezza di 1.75 m e direzione di provenienza 332°.
- in autunno la mareggiata equivalente per l'intero paraggio ha un'altezza di 1,84 m e direzione di provenienza 346°.

<b>EVENTI MEDI PER I VARI PERIODI</b>			
<b>PERIODO</b>	<b>DIR</b>	<b>H[m]</b>	<b>T[s]</b>
INTERO	338	1.87	6.3
INVERNO	344	2.09	6.56
PRIMAVERA	330	1.8	6.15
ESTATE	332	1.75	6.24
AUTUNNO	346	1.84	6.29

**TABELLA 5**

#### *2.4.2 Elaborazione statistica delle onde estreme*

Per la determinazione dell'onda di progetto è stata eseguita un'elaborazione statistica degli eventi estremi di moto ondoso relativi alla serie storica dei massimi annuali di altezze d'onda ricostruite con metodo indiretto a partire dalle registrazioni anemometriche (*Tabella 6*). Mediante regolarizzazione della serie di eventi estremi, secondo note funzioni probabilistiche, sono state ricavate le caratteristiche del moto ondoso (definite in termini di altezza significativa e periodo) da associare a prefissati tempi di ritorno.

Anno	H <sub>S</sub> MAX [m]	Anno	H <sub>S</sub> MAX [m]	Anno	H <sub>S</sub> MAX [m]
1951	3.1	1967	4.74	1983	4.89
1952	2.88	1968	5.61	1984	2.29
1953	3.36	1969	6.31	1985	2.43
1954	3.98	1970	3.78	1986	2.55
1955	4.81	1971	2.77	1987	2.44
1956	3.85	1972	3.37	1988	2.56
1957	4.35	1973	4.71	1989	2.92
1958	4.29	1974	2.57	1990	2.5
1959	3.73	1975	3.75	1991	2.15
1960	4.18	1976	3.67	1992	3.15
1961	3.51	1977	3.35	1993	2.66
1962	4.34	1978	3.42	1994	2.7
1963	3.88	1979	4.96	1995	3.3
1964	3.62	1980	4.24	1996	2.59
1965	4.13	1981	5.76		
1966	4.1	1982	4.99		

TABELLA 6

Nel caso in esame è stata eseguita l'elaborazione statistica, per l'intero settore di traversia, dei massimi annuali delle altezze significative.

La serie tronca di dati è stata elaborata dalla legge di distribuzione probabilistica di Gumbel (*Figura 12*).

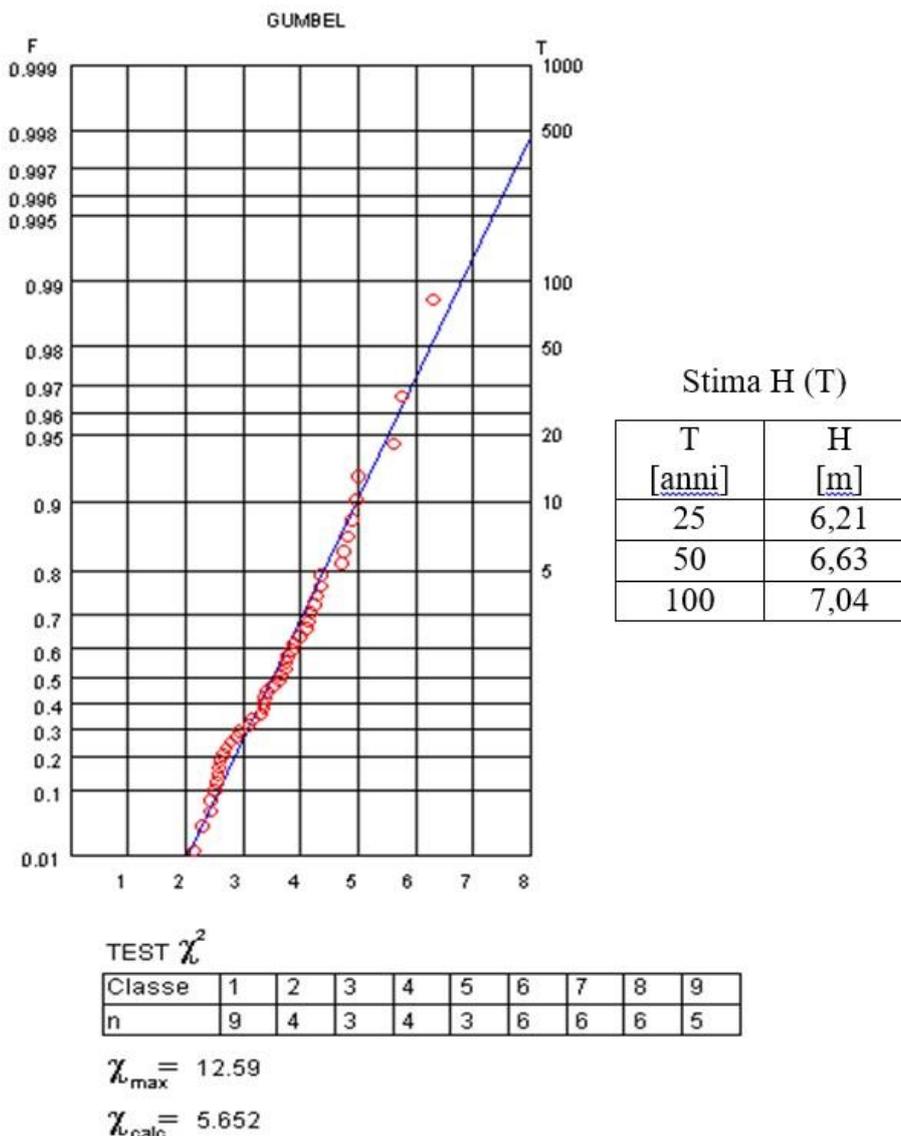


FIGURA 12

## 2.5 Calcolo dell'onda di progetto

Il modello utilizzato è basato su algoritmi classici in grado di descrivere gli effetti della rifrazione e dello shoaling, che, come noto, sono fenomeni non dissipativi. Il risultato che ne deriva è quindi approssimato per eccesso. Oltre alle caratteristiche della mareggiata al largo (altezza, periodo e direzione di propagazione dell'onda), il suddetto modello richiede in input la batimetria del paraggio in corrispondenza dei nodi di una o più griglie predefinite. In questa fase è stata utilizzata una batimetria desunta dalle carte IIM, sulle quali vengono riportate le profondità in numerosi punti nonché le principali curve batimetriche, ed un rilievo appositamente realizzato. A partire da tali punti, mediante modello matematico, si è provveduto alla ricostruzione delle curve batimetriche di interesse e, attraverso un procedimento inverso, alle quote necessarie nei nodi della griglia di

calcolo. Il procedimento adottato è abbastanza preciso, ma risente del modesto grado di dettaglio dei dati di partenza. Infatti, le carte della navigazione IIM non consentono di ricostruire una griglia con elevata precisione: si è potuto estrapolare dai dati di partenza una griglia a maglia quadrata con distanza tra i punti pari a 100 m. Con questa tipologia di griglia di calcolo si perdono informazioni riguardanti la posizione del punto di frangimento del moto ondoso.

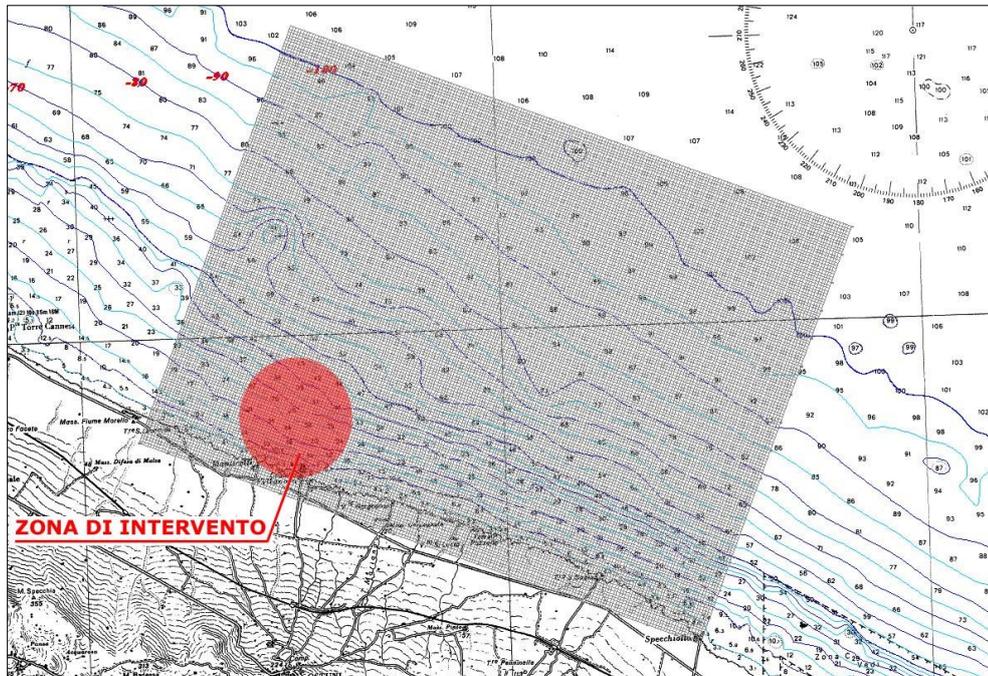


FIGURA 13

La griglia (Figura 13) di calcolo utilizzata per lo studio dell'evoluzione del moto ondoso ha origine nel punto di coordinate (UTM):

Longitudine 731505 m

Latitudine 4513191 m

L'asse delle Y che forma un angolo pari  $290^\circ$  rispetto al nord geografico in senso destrorso, 150 righe (parallele all'asse Y), 200 colonne (parallele all'asse X) ed una maglia quadrata di larghezza pari a 100 m.

Per il calcolo dell'onda estrema al largo del paraggio è stata considerato un tempo di ritorno  $T = 100$  anni.

Dalla legge di distribuzione di Gumbel si ricavano le seguenti caratteristiche dell'onda al largo:

Altezza  $H_S = 6,80$  m

Periodo  $T_P = 11,80$  s

I piani d'onda elaborati sono relativi alle direzioni  $0^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $20^\circ$  e  $30^\circ$  nord che hanno fatto registrare un valore maggiore delle altezze d'onda in prossimità della zona di interesse.

Non si sono studiati i piani d'onda esterni a questo settore angolare in quanto le onde dirette secondo direzioni pressoché parallele alla linea di riva tendono sempre a diminuire in altezza durante l'evoluzione.

I piani d'onda studiati sono riportati nelle *Figure 14 – 15 – 16 – 17 – 18 – 19 – 20 – 21*.

Per ogni piano d'onda sono riportati due elaborati:

- il primo evidenzia il percorso dei raggi d'onda e dei fronti d'onda durante la propagazione verso costa del moto ondoso e fa notare come le onde tendano a frangere con una direzione che tende a diventare ortogonale alla linea di riva. Da tali elaborati si individuano, inoltre, le zone nelle quali la concentrazione di energia, dovuta alla presenza di moto ondoso, è maggiore in quanto in tali zone i raggi d'onda tendono a convergere;
- il secondo è una carta tematica che mostra la variazione dell'altezza d'onda e di conseguenza le zone che sono attraversate da onde di elevata altezza. I valori dell'altezza d'onda sono riportati in forma adimensionalizzata rispetto all'onda al largo.

Dagli elaborati emerge che i valori più alti dell'altezza d'onda nella zona di interesse sono quelli relativi alle ondazioni provenienti da 30° che presenta un incremento del 50% rispetto al valore dell'altezza d'onda al largo:

$$H = 1,5 \cdot H_0 = 10,2 \text{ m.}$$

H=6,80 m

$T_p=11,80$  s

Direzione = nord

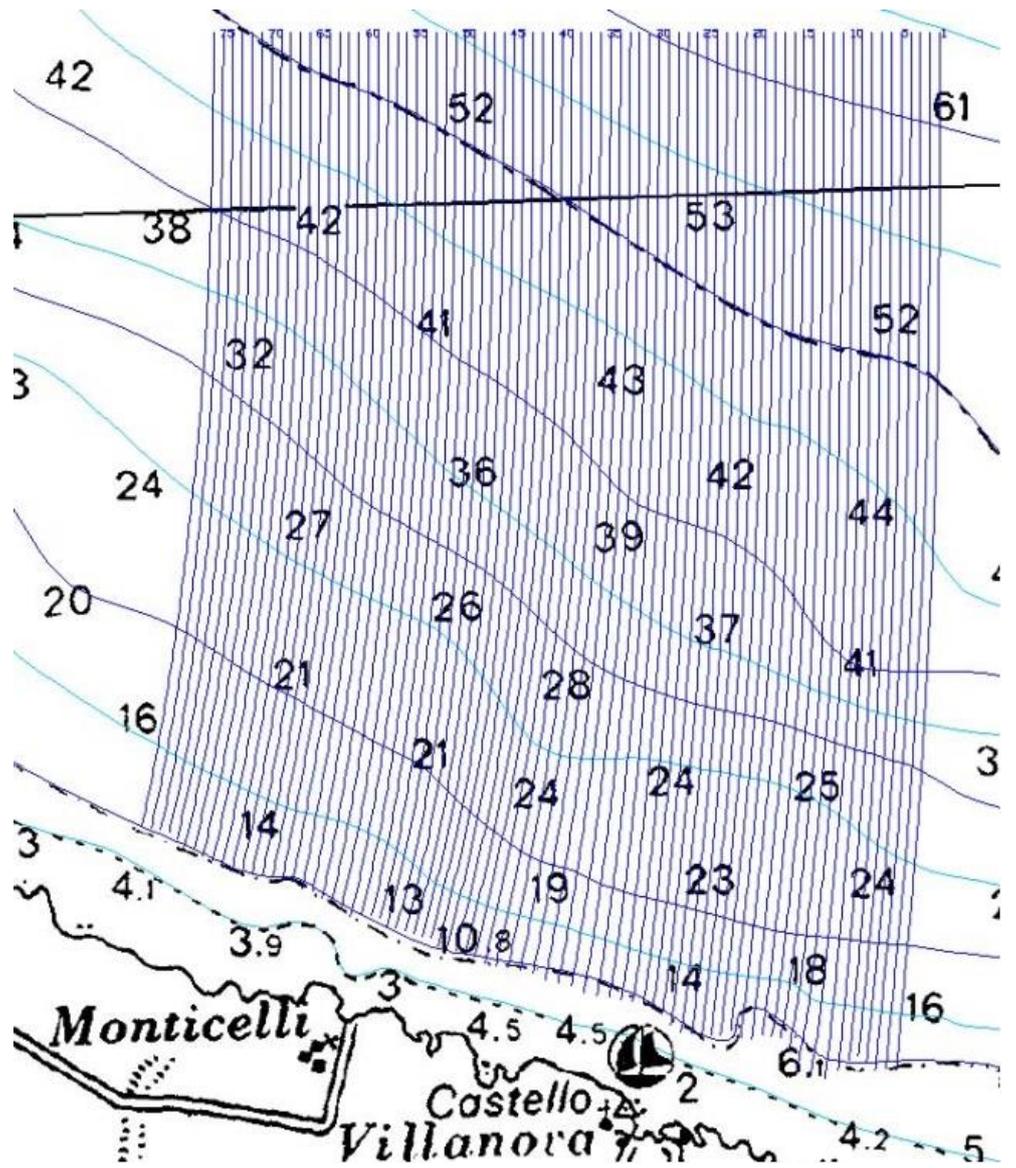


FIGURA 14

H=6,80 m

T<sub>p</sub>=11,80 s

Direzione = nord

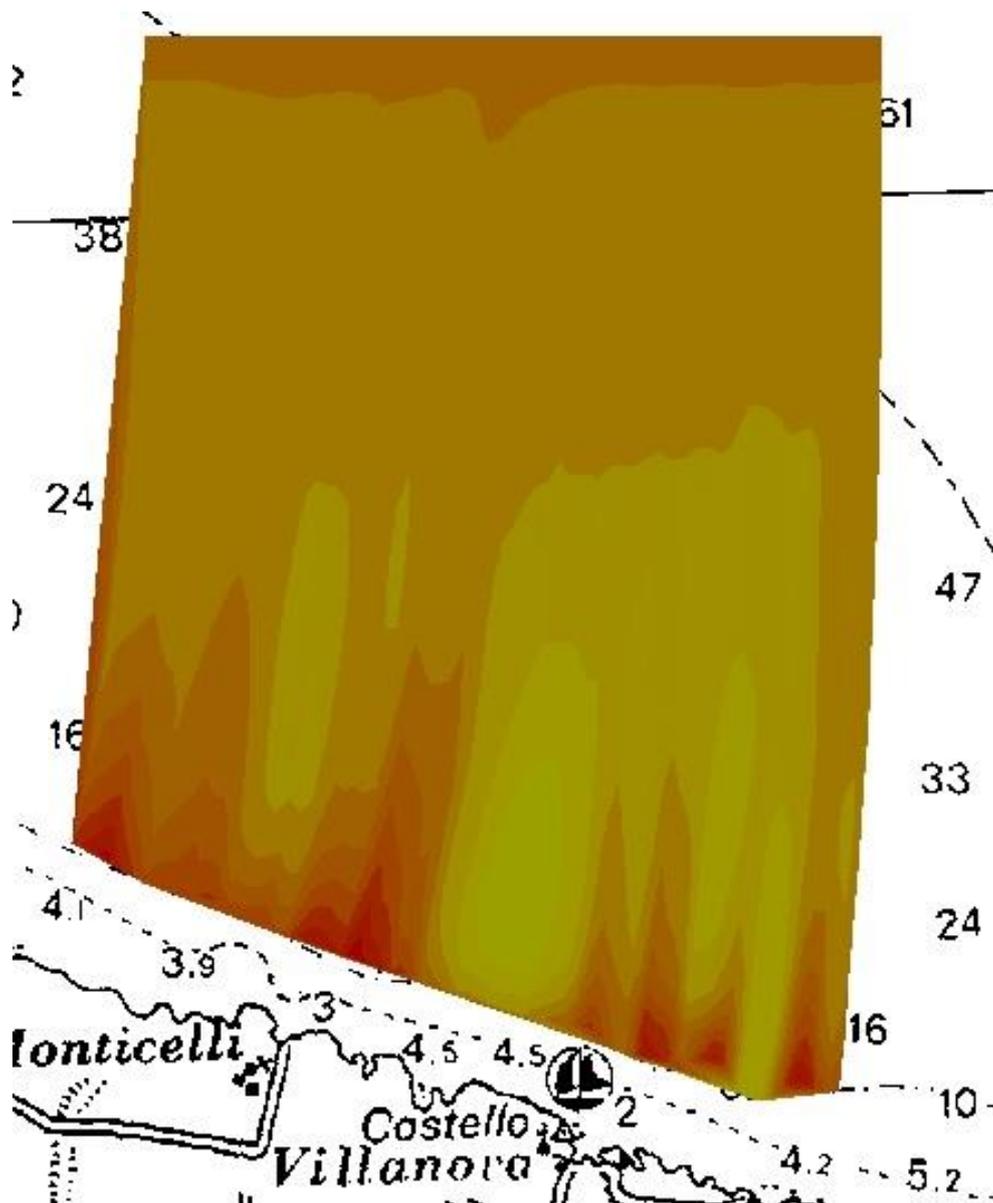


FIGURA 15

H=6,80 m

T<sub>p</sub>=11,80 s

Direzione = 10 ° nord

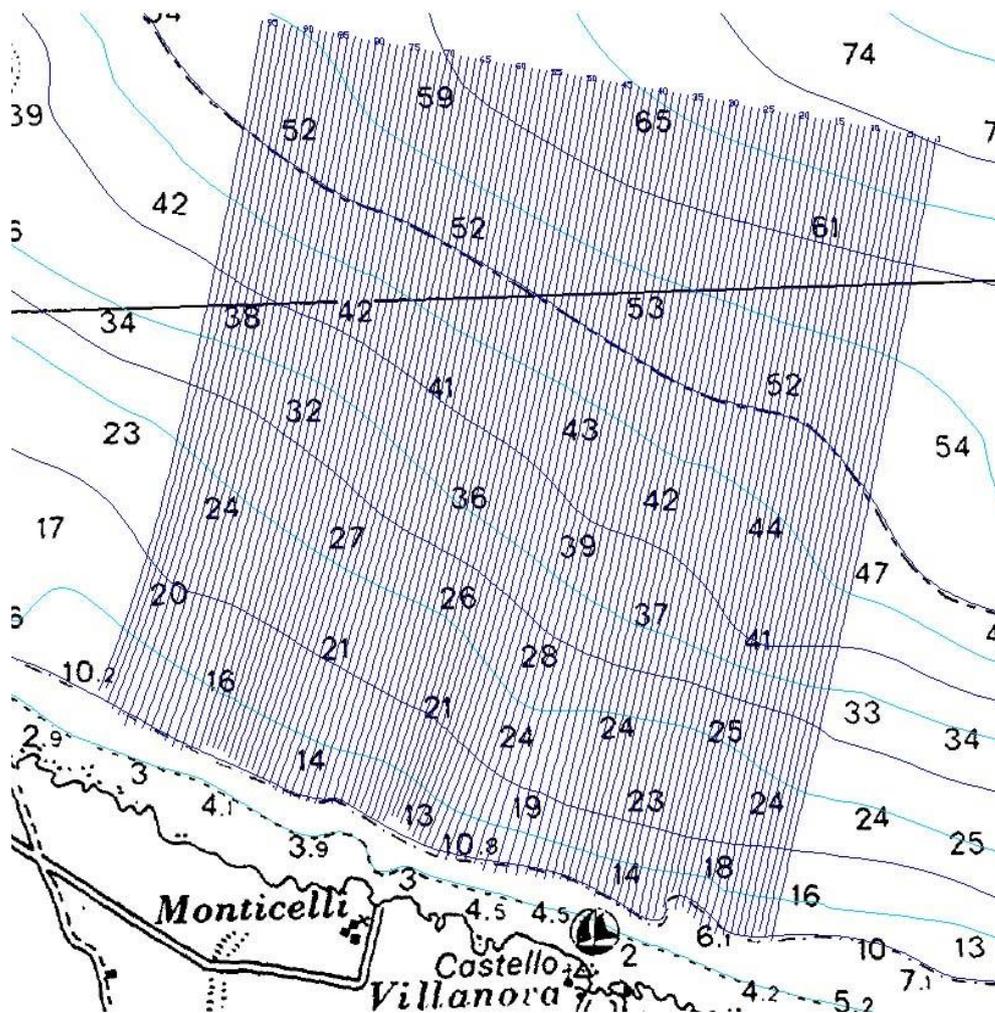


FIGURA 16

H=6,80 m

$T_p=11,80$  s

Direzione = 10° nord

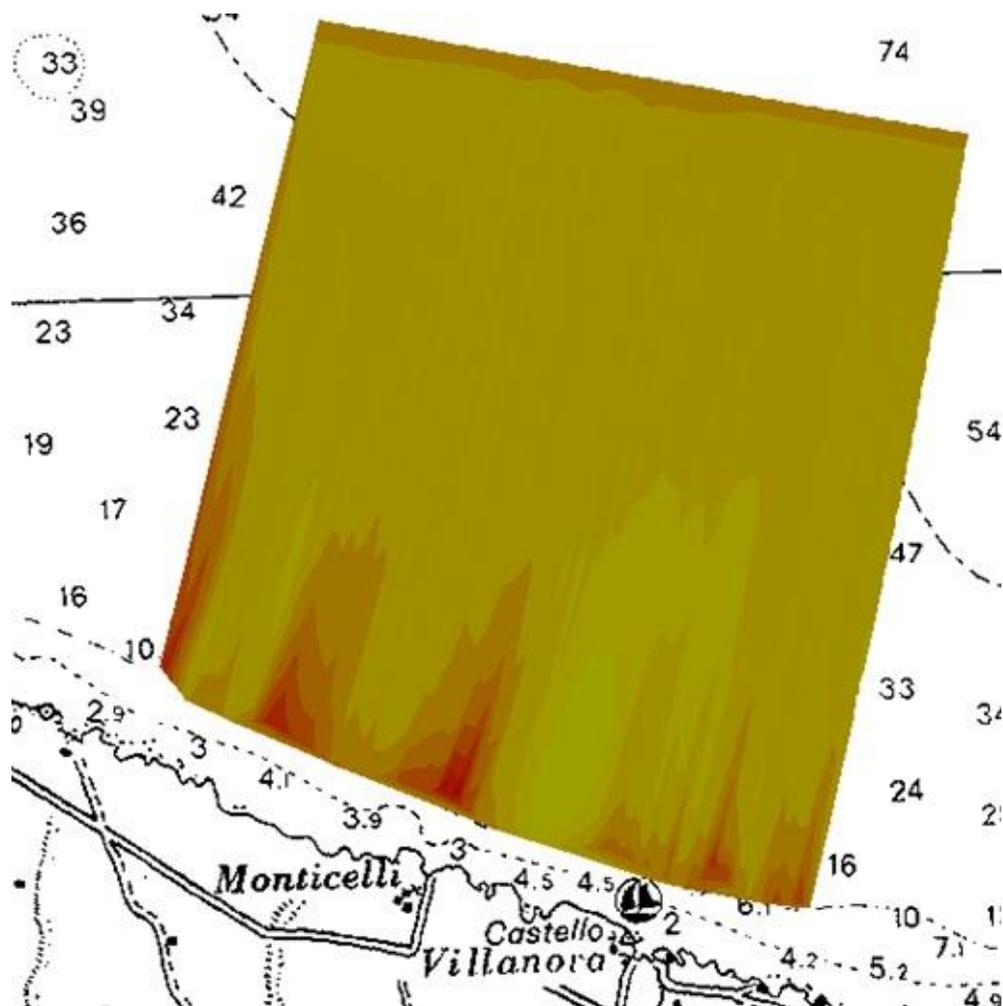


FIGURA 17

H=6,80 m

T<sub>p</sub>=11,80 s

Direzione = 20° nord

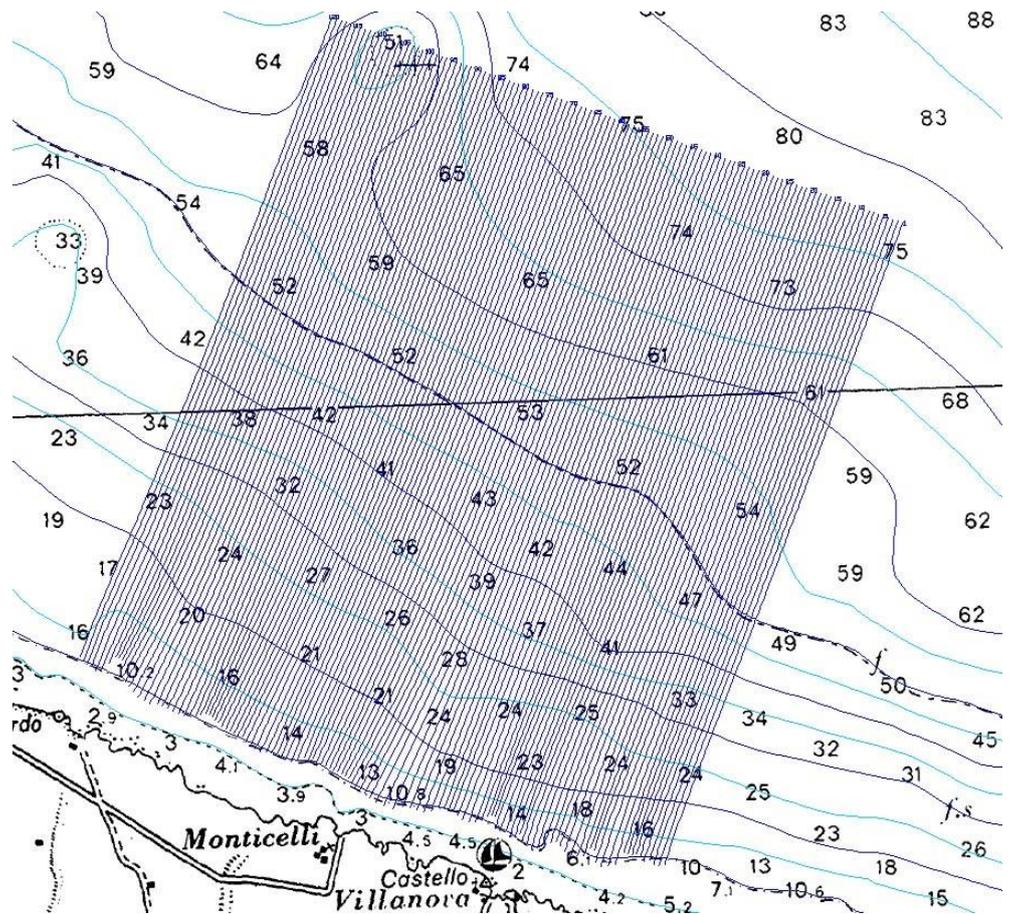


FIGURA 18

H=6,80 m

T<sub>p</sub>=11,80 s

Direzione = 20° nord

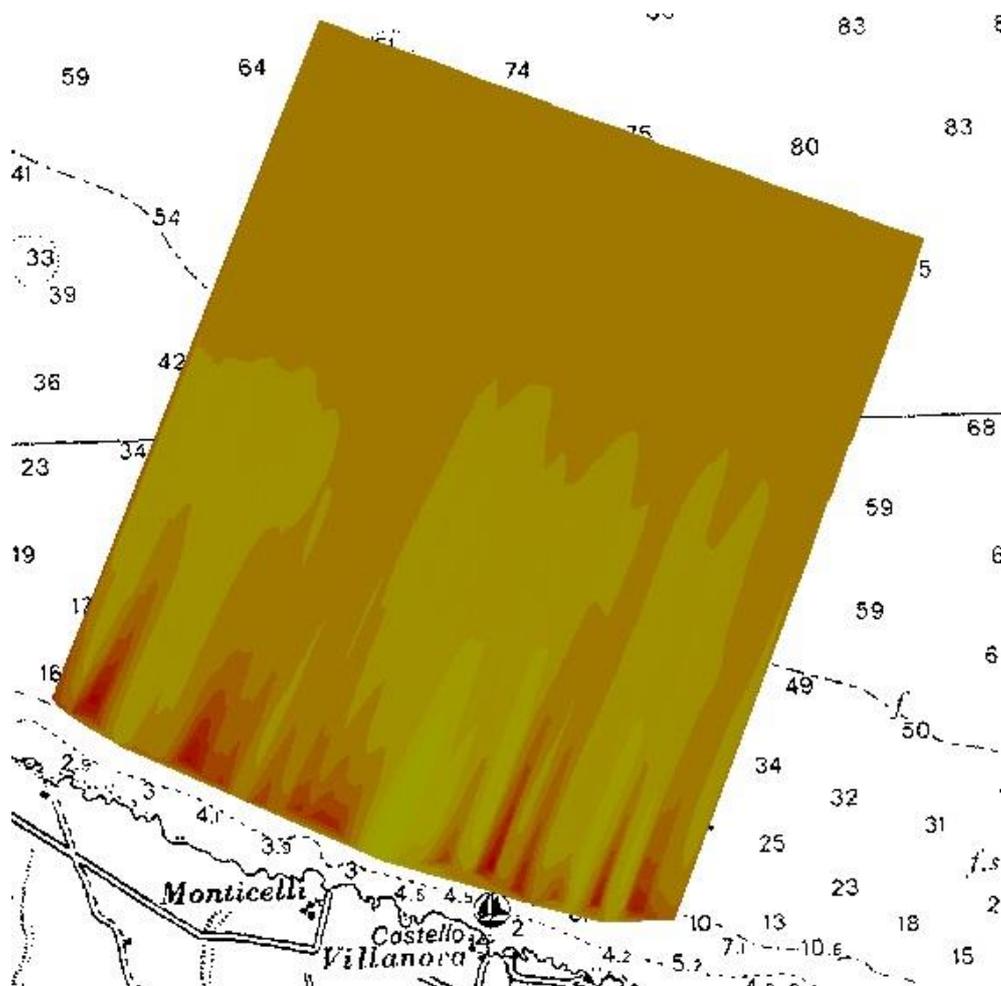


FIGURA 19

H=6,80 m

T<sub>p</sub>=11,80 s

Direzione = 30° nord

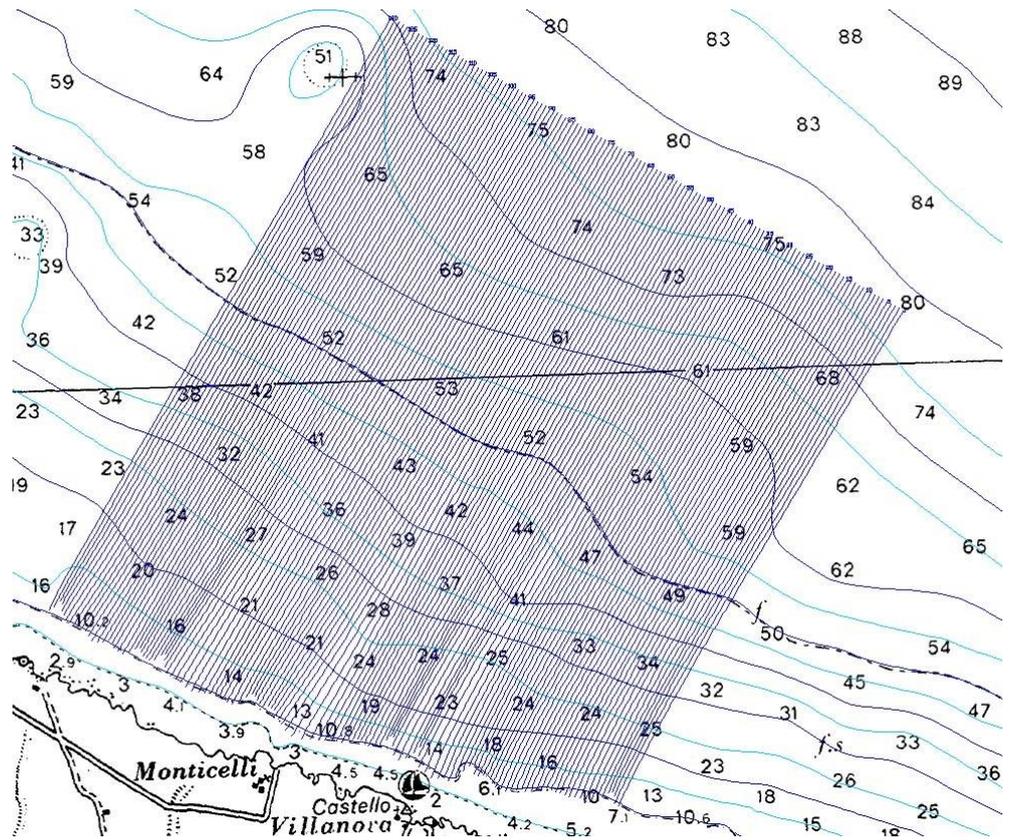


FIGURA 20

H=6,80 m

 $T_p=11,80$  s

Direzione = 30° nord

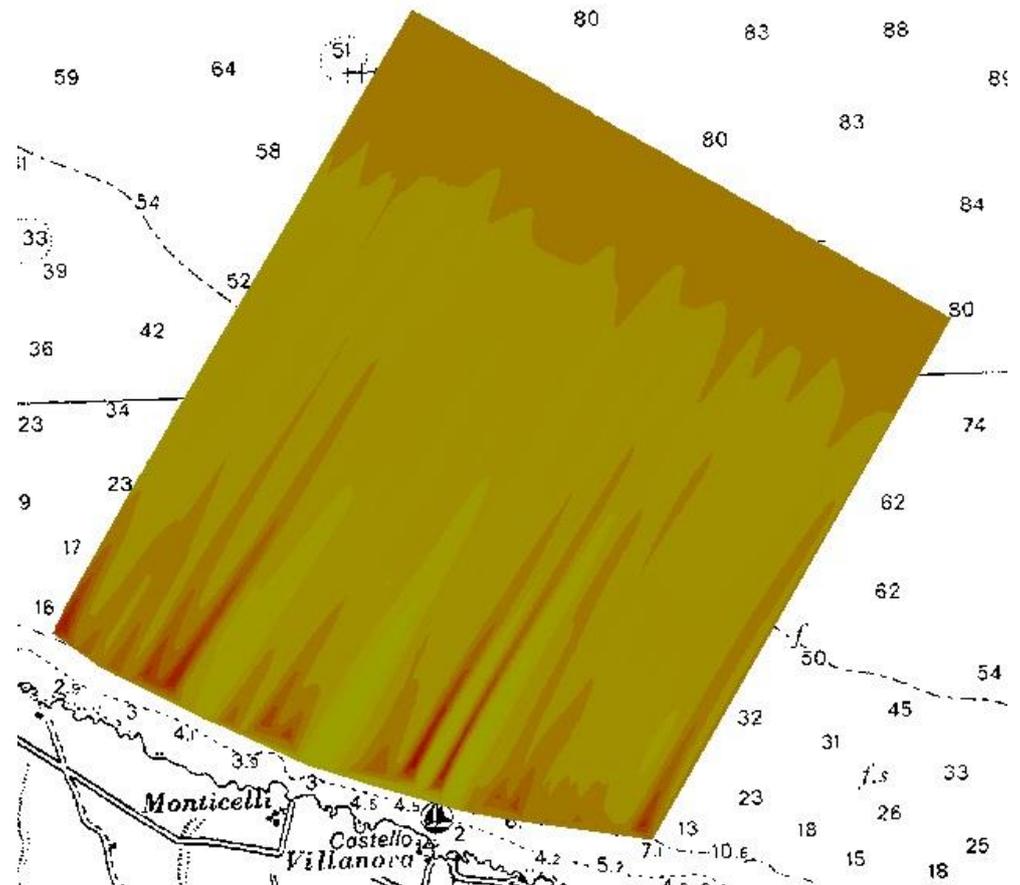


FIGURA 21

## 2.6 Clima meteomarinò in prossimità del porto

Le caratteristiche del moto ondoso che penetra all'interno del porto sono state determinate utilizzando un secondo modello matematico.

Tale modello ha consentito di determinare le altezze d'onda all'interno del porto al fine di determinare la migliore soluzione progettuale analizzando le diverse soluzioni proposte.

### 2.6.1 Modello di diffrazione

Il modello matematico fornisce le condizioni di moto ondoso all'interno di un bacino portuale o in una zona protetta da frangiflutti, in funzione di assegnate condizioni delle onde incidenti e simula gli effetti della rifrazione e dello shoaling, della riflessione e della diffrazione prodotta dalle strutture. Esso, inoltre, permette di analizzare la dissipazione di energia dovuta al frangimento delle onde ed all'attrito sul fondo. Viene utilizzata una tecnica secondo la quale i raggi di

propagazione dell'energia sono tracciati a partire dall'imboccatura del porto fino ad intercettare il contorno dello specchio portuale, da cui si riflettono con un contenuto energetico che dipende dal particolare coefficiente di riflessione assegnato alle strutture.

Per ciascun set di onde all'ingresso del porto, il modello fornisce altezza d'onda, fase e direzione in tutti i punti di una griglia preassegnata.

Il metodo utilizzato per riprodurre la diffrazione da un frangiflutti nel modello è basato sulla soluzione di Sommerfield per la diffrazione delle onde da un frangiflutti semi-infinito a profondità costante.

Il modello richiede in input una rappresentazione digitale della batimetria e delle strutture portuali all'interno dell'area da modellare, la schematizzazione dei frangiflutti, le caratteristiche delle onde incidenti. I dati di profondità ed i contorni delle strutture sono inseriti utilizzando un sistema di griglie. Il programma attraverso un'utility permette, inoltre, la visualizzazione dell'altezza d'onda significativa all'interno del bacino portuale.

I contorni del porto sono modellati come una singola linea retta o come combinazione di più segmenti lineari per ogni elemento della griglia. Ad ogni segmento retto è assegnato un coefficiente di riflessione che dipende dal tipo di struttura che rappresenta.

### 2.6.2 Applicazione del modello

Per la determinazione dell'agitazione ondosa all'interno del porto si è proceduto allo studio degli effetti della diffrazione prendendo in considerazione le caratteristiche delle onde incidenti l'imboccatura del porto.

Le caratteristiche delle onde assunte come input sono quelle relative ad un periodo di ritorno pari a 10 anni e le caratteristiche delle agitazioni ondose al largo sono riportate in *Tabella 7*.

<b>DIR</b> [°Nord]	<b>H<sub>s0</sub></b> [m]	<b>T</b> [s]
0	3.7	8.7
30	3.2	8.1
60	2.7	7.0
90	1.2	6.9

**TABELLA 7**

Per l'applicazione del modello è stata predisposta la griglia di calcolo con passo 20 m ottenuta dai rilievi eseguiti in situ.

I risultati ottenuti con il modello sono stati rappresentati, attraverso opportune interpolazioni, per mezzo di carte di agitazione.

### 2.6.3 Soluzioni proposte

È stata studiata l'agitazione interna relativa alla situazione attuale del porto e in altri due casi: realizzando il massimo dragaggio possibile e modificando i due moli in modo da avere un restringimento della bocca del porto (*Figura 22*).

Il massimo dragaggio è stato calcolato grazie ai rilievi delle isopache (*Figura 23*) che mostrano lo spessore di sabbia presente in ogni punto del fondo del porto. Dai calcoli effettuati è risultato che il massimo volume di sabbia che si può dragare (su una superficie di 35974 m<sup>2</sup>) è pari a 26939 m<sup>3</sup>.

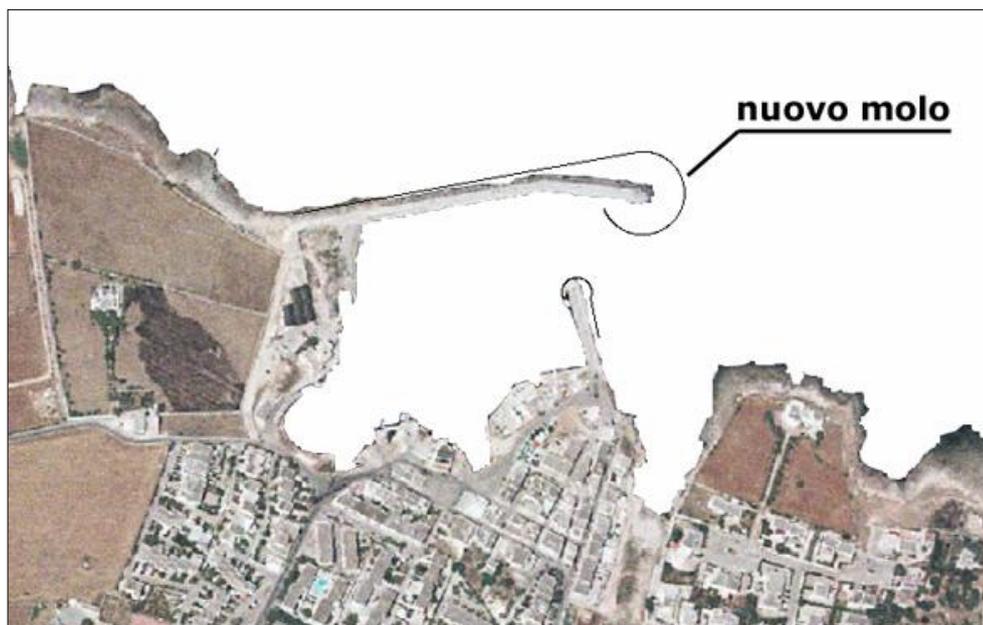


FIGURA 22

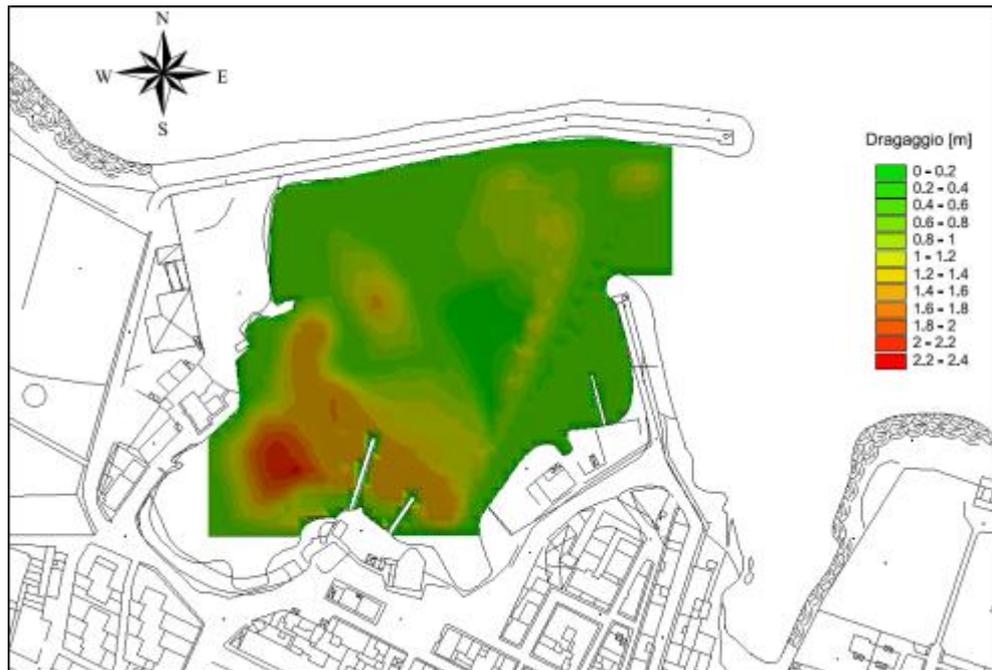


FIGURA 23

I risultati delle elaborazioni dell'agitazione interna sono riportati negli allegati 1-2-3 e sono rappresentati da carte tematiche che mostrano la variazione dell'altezza d'onda all'interno del porto rispettivamente nelle condizioni attuali, in quelle con il dragaggio del bacino portuale ed in quelle con dragaggio e risagomatura dell'imboccatura portuale. I valori dell'altezza d'onda sono riportati in metri.

Dall'analisi dell'agitazione interna al porto si nota innanzitutto che la situazione attuale e quella con il massimo dragaggio sono praticamente identiche: le onde che danno luogo ad una maggiore agitazione interna sono quelle provenienti da 30° e 60° nord. In particolare, le onde provenienti da 30° nord provocano, all'interno del porto, onde con altezza pari ad 80 cm.

Molto diversa appare l'agitazione interna in seguito al restringimento della bocca del porto: in questo caso, infatti, le onde raggiungono al massimo i 50 cm.

### 3. DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO

Nei paragrafi successivi si riporta la descrizione dettagliata delle opere marittime previste in progetto, così suddivise:

- **opere di dragaggio** per l'approfondimento dei fondali marini del bacino interno portuale;
- ristrutturazione e consolidamento dei **moli foranei** (molo di tramontana e molo di levante);
- realizzazione di nuove **banchine** con massi sovrapposti in calcestruzzo;
- installazione di nuovi **pontili galleggianti**.

## 4. OPERE DI DRAGAGGIO

### 4.1 Bonifica bellica

Al fine di realizzare le previste opere di dragaggio è indispensabile l'esecuzione della Bonifica Bellica Sistemica Subacquea (B.B.S.S.) che dovrà essere eseguita preliminarmente alle suddette operazioni di dragaggio.

Tali indagini dovranno essere eseguite da impresa regolarmente iscritta nell'apposito albo istituito presso il Ministero della Difesa, ai sensi dell'art. 104, comma 4 bis, del D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 nei modi previsti dal Decreto Ministeriale 11 maggio 2015 n. 82 (categoria bonifica subacquea B.SUB) e secondo le modalità operative e le prescrizioni tecniche contenute nelle Disposizioni transitorie per il rilascio del "Parere Vincolante" per l'esecuzione dei servizi di Bonifica Bellica Sistemica Subacquea approvato il 21 novembre 2016 dal Ministero della Difesa.

Tale attività si concluderà con il rilascio da parte dell'Affidatario del relativo "Attestato di Bonifica Bellica" dichiarando di aver eseguito le prestazioni in conformità a quanto autorizzato da MARICOMLOG.

### 4.2 Area di dragaggio

Come già riferito nel progetto preliminare si prevede di ripristinare l'efficienza del bacino portuale in termini di navigabilità attraverso l'asportazione dei sedimenti (fondamentalmente sabbie e limi) che, nel tempo, hanno cambiato sensibilmente la batimetria del bacino, con grave pregiudizio in termini di funzionalità degli ormeggi e di sicurezza della navigazione.

L'area totale da dragare interessa una superficie di 37.787 mq. La *Figura 24*, di seguito riportata, mostra la perimetrazione delle aree portuali da sottoporre a dragaggio, colorate in maniera differente in funzione della profondità del dragaggio stesso:

- per l'area D1 di superficie 14.532 mq è previsto il dragaggio fino a una quota di -4,00 m sotto il l.m.m.;
- per l'area D2 di superficie 3.212 mq è previsto il dragaggio fino a una quota di -3,00 m sotto il l.m.m.;
- per l'area D3 di superficie 12.412 mq è previsto il dragaggio fino a una quota di -2,50 m sotto il l.m.m.;
- per l'area D4 di superficie 7.631 mq è previsto il dragaggio fino a una quota di -2,00 m sotto il l.m.m..

Tra le varie aree di dragaggio è prevista la realizzazione di scarpate con pendenza 1:2.

Il volume totale da dragare stimato è di 69.608 mc (comprensivo di un volume di overdredging pari al 10% del volume di dragaggio) costituito essenzialmente da materiale sciolto. Soltanto in corrispondenza della zona di dragaggio D3 si deve considerare un escavo in roccia in quanto presenti calcari affioranti.

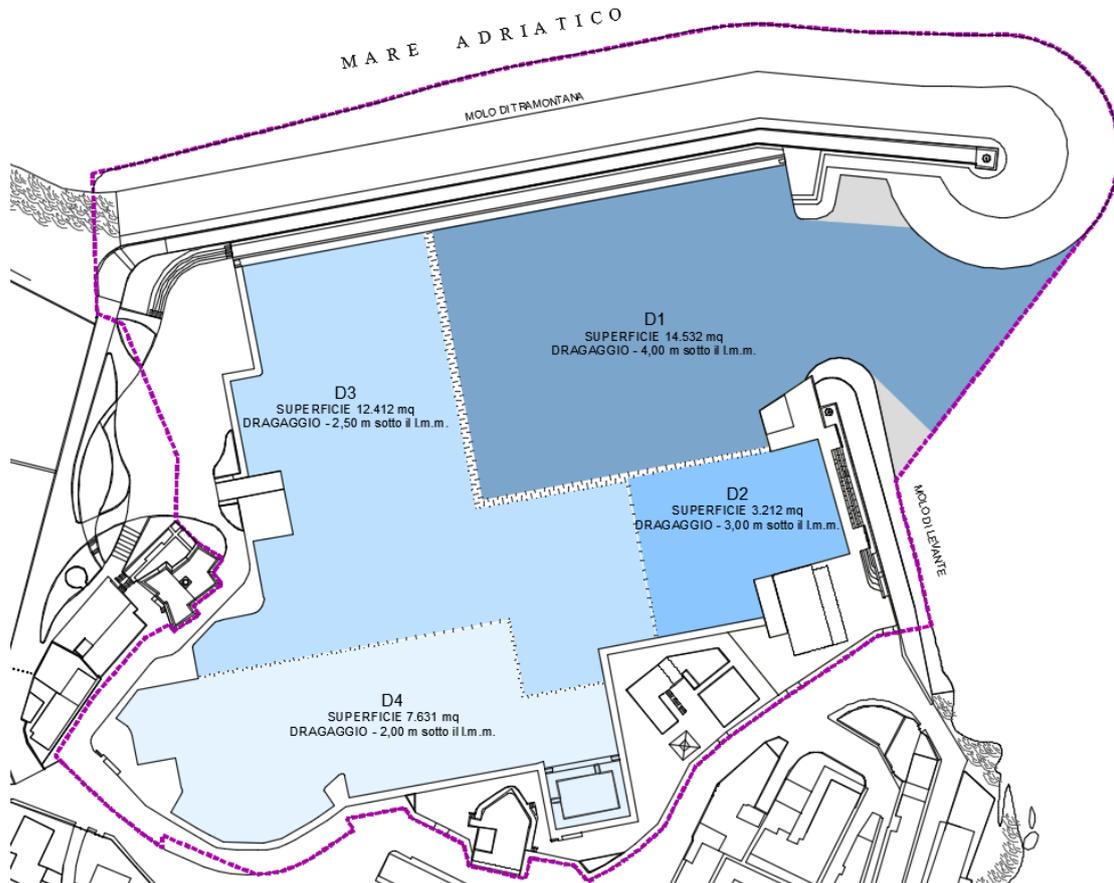


FIGURA 24

### 4.3 Classificazione dei sedimenti

Per ciò che concerne l'intera materia relativa ai dragaggi portuali, soprattutto in relazione ai destini delle sabbie di escavo, il D.M. 15 luglio 2016, n. 173 *“Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini”* quale decreto attuativo delle previsioni normative dell'art.109, comma 2, lettera a), del D.lgs. 152/2006, stabilisce le modalità tecniche nonché le soluzioni da adottare in relazione alla allocazione finale delle sabbie di escavo in funzione della natura delle stesse.

Tale decreto, in particolare l'Allegato Tecnico, prevede l'effettuazione di una “caratterizzazione” delle sabbie interessanti le superfici oggetto di escavazione, secondo indagini analitiche di carattere chimico, fisico ed ecotossicologico, la cui valutazione contribuisce alla classificazione delle stesse in tipologie ben definite e, quindi, alla definizione del destino finale delle sabbie di escavo.

Pertanto, alla luce di tali necessità, il Comune di Ostuni ha affidato alla Ditta S.T.E.S srl (Sub Technical Edil Services) di Mola di Bari (BA) la caratterizzazione dei fondali relativi allo specchio acqueo portuale. Quest'ultima avvalendosi della struttura di laboratorio analitico SCA srl (Servizi Chimici Ambientali) di Mesagne (BR), ha provveduto ad eseguire la caratterizzazione.

Le prove analitiche sono state effettuate dal suindicato laboratorio, secondo le modalità di valutazione previste nel D.M. n.173/2016, sui campioni provenienti dalle 16 stazioni indagate secondo il piano di campionamento previsto dalla normativa vigente (Figura 25).

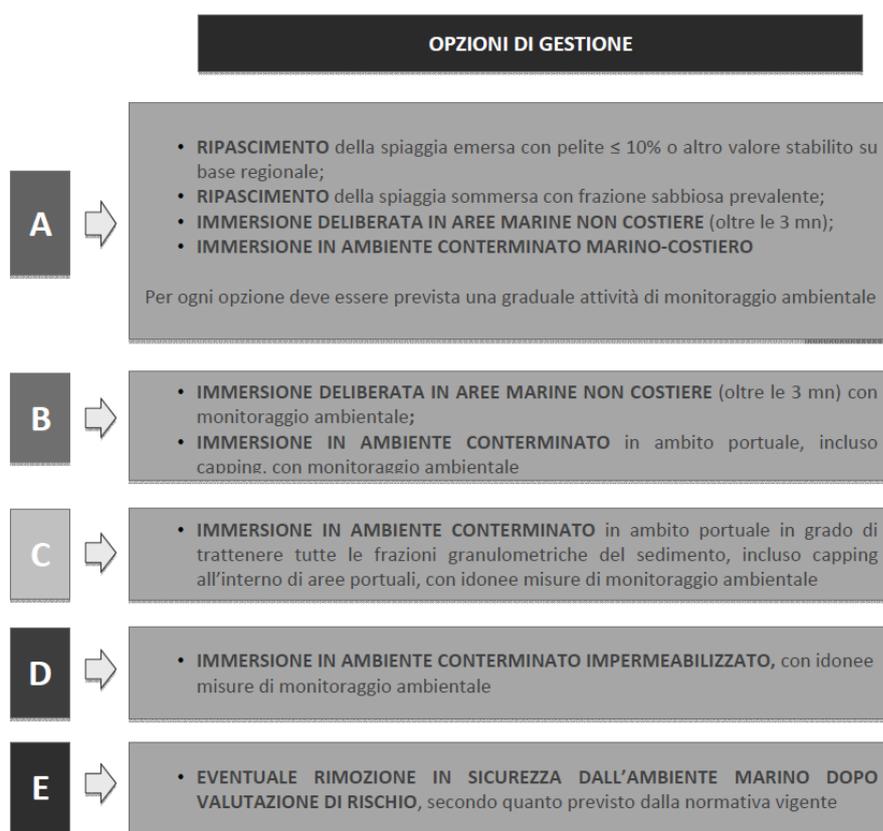


FIGURA 25

Da quanto emerso dalle indagini di carattere analitico relative alla caratterizzazione dei sedimenti, le sabbie presenti ricadono in due classi di qualità: A e B.

#### 4.4 Scelta del sito per l’allocazione finale delle sabbie di escavo

Il D.M. n.173/2016, in funzione della classe di qualità dei materiali, fornisce indicazioni sulle possibili opzioni di gestione dei sedimenti, come riportato in *Figura 26*.



**FIGURA 26**

Dalla tabella appare evidente come la classe di qualità B, che nel presente progetto interessa un volume pari quasi al 50% delle sabbie di escavo, condizioni in maniera sensibile la scelta del deposito finale delle stesse, escludendo l'ipotesi di ripascimento costiero, riservato solo alle sabbie di tipologia A.

La tipologia delle sabbie di escavo di classe A e B presenta come opzione di gestione in comune quella dell'immersione deliberata in aree marine non costiere (oltre le tre miglia nautiche), con la differenza che per la classe B è richiesta anche l'attività di monitoraggio ambientale.

Più in generale, va sottolineato come la fascia costiera del Comune di Ostuni sia priva di ampie baie sabbiose che consentano l'allocazione dei sedimenti nelle quantità necessarie. Inoltre, il trasporto degli stessi, interferiti dalla tipologia B, in altre aree costiere non limitrofe al sito di

escavo, presenterebbe notevoli incertezze sia sulla compatibilità dei sedimenti stessi con quelli presenti nell'area di deposito, sia in relazione ai sensibili impatti che si creerebbero nelle fasi di stoccaggio e trasporto delle sabbie e sia in relazione alle caratteristiche chimiche delle sabbie autoctone.

Pertanto, alla luce di tali considerazioni appare verosimile e più praticabile la possibilità di refluire in mare, a distanza superiore alle tre miglia nautiche dalla fascia costiera prospiciente il porto di Villanova, le sabbie di escavo. Tale soluzione consentirebbe anche una ottimizzazione dei costi connessi alla operazione con sensibile risparmio rispetto alle altre opzioni. Inoltre, va sottolineato come, l'opzione adottata consentirebbe di restituire al ciclo naturale delle sabbie costiere le stesse, andando ad incidere positivamente sul bilancio del deposito costiero.

#### 4.4.1 Individuazione del sito

I criteri per l'individuazione dell'area di deposito nonché le modalità stesse delle operazioni sono stabilite nell'Allegato al D.M 173/2016 *“Indicazioni tecniche per l'individuazione e la caratterizzazione dell'area destinata all'immersione dei materiali di escavo”*.

In particolare, per l'immersione dei materiali di escavo oltre le tre miglia nautiche, la norma prevede che attraverso informazioni reperibili in letteratura e/o indagini mirate rappresentative dello stato ambientale recente, devono essere acquisiti i seguenti elementi conoscitivi riguardanti l'area vasta nella quale localizzare il sito:

- 1) caratteristiche dinamiche della massa d'acqua;
- 2) caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua;
- 3) caratteristiche del fondale (morfologia, batimetria) e dei sedimenti superficiali (granulometria, chimica, ecotossicità);
- 4) principali biocenosi bentoniche (con verifica della presenza/distribuzione di habitat e specie di interesse conservazionistico), popolazioni ittiche demersali e aree di nursery, con particolare riferimento a specie di interesse commerciale;
- 5) individuazione e descrizione dei vincoli e degli usi del mare: altri siti di immersione autorizzati, Aree Marine Protette, Parchi Nazionali, Siti Rete Natura 2000, Aree Archeologiche Marine, Zone di Tutela Biologica (ZTB), grandi infrastrutture (strutture offshore, cavi, condotte, oleodotti, rigassificatori), attività antropiche (acquacoltura), poligoni militari, aree di divieto di ancoraggio e pesca.

Sulla base delle informazioni di cui ai punti 1-5, anche mediante tecniche di overlay mapping dei dati processati e cartografati in un sistema G.I.S., viene individuato lo specifico sito di immersione.

Il sito specifico d'immersione deve essere restituito su carta nautica prodotta dall'Istituto Idrografico della Marina (IIM) in scala opportuna, riportando, per un raggio di almeno 10 mn le aree a vario titolo protette.

La localizzazione del sito di immersione deve essere indicata mediante i seguenti parametri:

- coordinate proiettate UTM WGS84 fuso 32/33 dei vertici del sito e delle singole aree Unitarie, nonché delle aree di controllo;
- distanza minima e massima dalla costa (in miglia nautiche);
- profondità minima e massima (in metri).

I siti di immersione devono essere ubicati ad una distanza dalla costa superiore a 3 mn, ovvero oltre la batimetrica dei 200 m qualora questa sia a distanza inferiore.

Nelle aree marine a vario titolo protette l'immersione dei materiali deve rispettare la sostenibilità ambientale di tale operazione nei confronti di quegli elementi di natura biologica o di altra origine che hanno generato il regime di protezione.

#### 4.4.2 Caratterizzazione del sito

Il sito deve essere dimensionato in funzione dei volumi di materiale da immergere (ricoprimento teorico medio massimo pari a 5 cm).

La forma del sito di immersione deve essere definita secondo geometrie regolari suddivisibili in Subaree Unitarie di superficie pari a 1 miglio nautico (mn) x 1 miglio nautico (mn), nelle quali differenziare temporalmente i volumi di materiale da immergere.

Nel caso di siti ubicati entro la batimetrica dei 200 m, devono essere individuate almeno due aree di controllo con superficie di almeno 1 mn<sup>2</sup> ciascuna, che abbiano le stesse caratteristiche del sito di immersione e relativamente prive di impatto di origine antropica e, presumibilmente, non influenzabili dalle attività di scarico.

Nel sito d'immersione e nelle aree di controllo, quando ubicate sulla piattaforma continentale, il piano di indagine e campionamento di sedimenti superficiali deve prevedere:

- il posizionamento di un numero di stazioni non inferiore a 3 per siti di immersione con superficie minore di 2 mn<sup>2</sup>;
- il posizionamento di un numero di stazioni non inferiore a 2 per ogni mn<sup>2</sup> per siti di immersione con superficie maggiore di 2 mn<sup>2</sup>;
- il posizionamento di un numero di stazioni non inferiore a 3 per ogni mn<sup>2</sup> nelle aree di controllo.

Se il sito è situato oltre la batimetrica dei 200 m le indagini di caratterizzazione devono essere opportunamente mirate. In particolare devono essere eseguite indagini ambientali in almeno tre stazioni di controllo prospicienti le zone costiere potenzialmente influenzate dallo scarico o altre aree da attenzionare per eventuali e potenziali vulnerabilità ambientali, tenendo conto dell'idrodinamismo locale prevalente. La tipologia di indagine dovrà riguardare almeno la caratterizzazione chimica, fisica ed ecotossicologica dei sedimenti superficiali.

E' richiesta altresì la produzione cartografica di rilievi morfologici del sito di immersione e delle aree di controllo, attraverso indagini acustiche (es. Multibeam, Sise Scan Sonar) in scala adeguata.

I campioni di sedimento superficiale devono essere prelevati mediante benna di tipo Van Veen, con l'ausilio di box corer e/o carotiere a seconda della tipologia di analisi.

I campioni devono essere sottoposti alle seguenti indagini:

- analisi chimiche, fisiche del sedimento, secondo quanto indicato all'Capitolo 2; queste ultime devono essere eseguite solo qualora siano presenti impianti di acquacoltura nel raggio di 5 mn;
- descrizione delle comunità fito-zoobentoniche esistenti nell'area di intervento (lista specie, gruppi ecologici, gruppi trofici), con l'identificazione delle biocenosi più importanti e con particolare riferimento alla presenza/distribuzione di habitat e specie di interesse conservazionistico (praterie di fanerogame marine, coralligeno, beach rocks, ecc.); inoltre:
  - per il macrozoobenthos, analisi dei parametri strutturali di comunità e calcolo dell'indice biotico M-AMBI (Multimetric-AZTI Marine Biotic Index);
  - per le fanerogame, definizione dello stato ecologico della prateria;
- analisi ecotossicologiche secondo i criteri di cui all'Capitolo 2;

Le indagini devono essere condotte da Enti e/o Istituti Pubblici di comprovata esperienza, oppure da laboratori privati accreditati da organismi riconosciuti ai sensi della norma UNI CEI EN 17011/05 per le specifiche prove previste, inseriti in circuiti di intercalibrazione nazionali e/o internazionali ove esistenti.

#### 4.5 Dimensionamento dell'area di immersione e delle aree di controllo

Come già evidenziato, la quantità di sabbie da depositare stimata è pari a 69.608 mc. Alla luce delle norme tecniche su riportate, il ricoprimento teorico medio massimo dell'area dovrà essere pari a 5 cm, quindi, operando una semplice divisione e conversione delle unità metriche, si ottiene una superficie dell'area di immersione pari a circa 1.400.000 mq.

Pertanto, approssimando la superficie di deposito a 1.500.000 mq, è stato individuato un quadrilatero con lati 1.500 m x 1000 m utile allo scopo (*Figura 27*) oltre le tre miglia nautiche dalla costa, in particolare alla distanza minima di 3,72 mn (vertice C) e massima di 4,28 mn (vertice A), i cui vertici presentano le coordinate nel sistema UTM WGS84 fuso 32/33 riportate in *Tabella 8*.

Punto/vertice	Latitudine	Longitudine
A	40° 51.638'N	17° 37.192'E
B	40° 51.231'N	17° 38.124'E
C	40° 50.747'N	17° 37.783'E
D	40° 51.163'N	17° 36.857'E

**TABELLA 8**

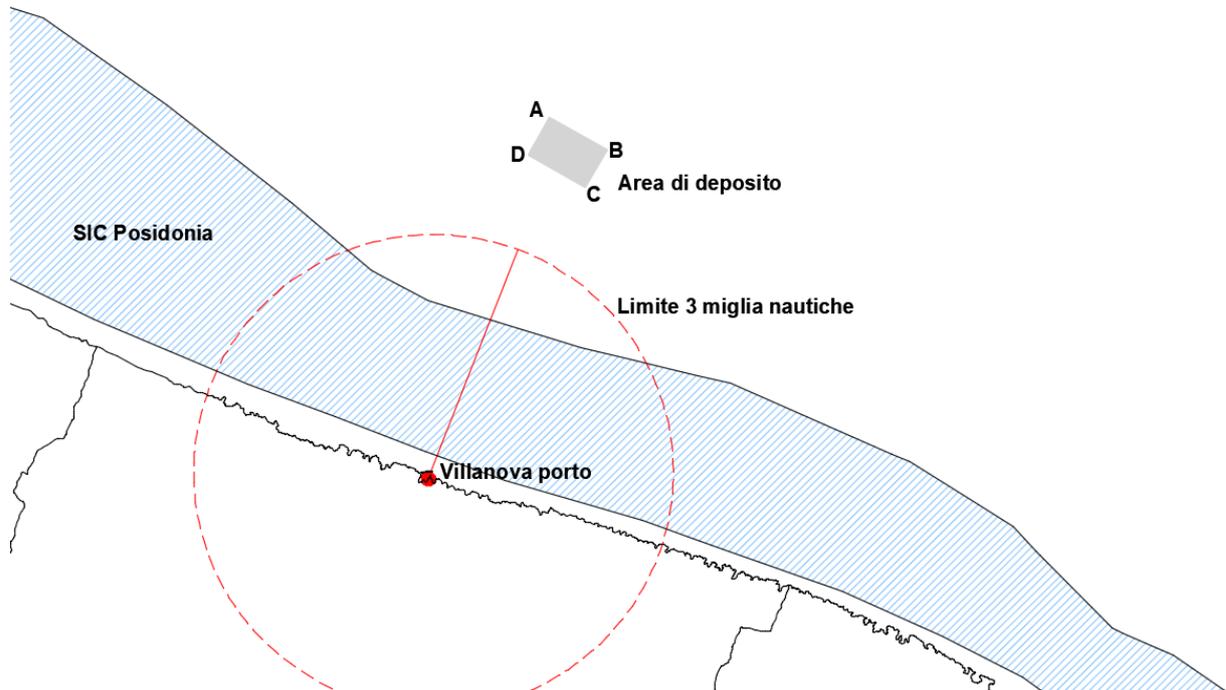


FIGURA 27

La superficie così individuata risulta inferiore all'unità minima di indagine che il decreto individua in un miglio nautico quadrato ( $1.852\text{m} \times 1.852\text{m} = 3.429.904 \text{mq}$ ) e, pertanto, si stabilisce il numero minimo di campioni sufficienti a caratterizzare l'area pari, comunque, a tre.

La *Figura 28* seguente, in prima approssimazione, mostra, l'allocazione del sito sulla Carta Nautica n° 30 dal titolo "DA BARI A BRINDISI" in scala 1:100.000, non essendo disponibili scale inferiori.



Così come previsto dalla norma tecnica, sono state individuate due aree di controllo (*Figura 29*), ognuna dall'estensione di 1 mn<sup>2</sup>, a distanza di circa 2 miglia nautiche dall'area di deposito:

- area di controllo n. 1, individuata dai vertici EFGH;
- area di controllo n. 2, individuata dai vertici ILMN.

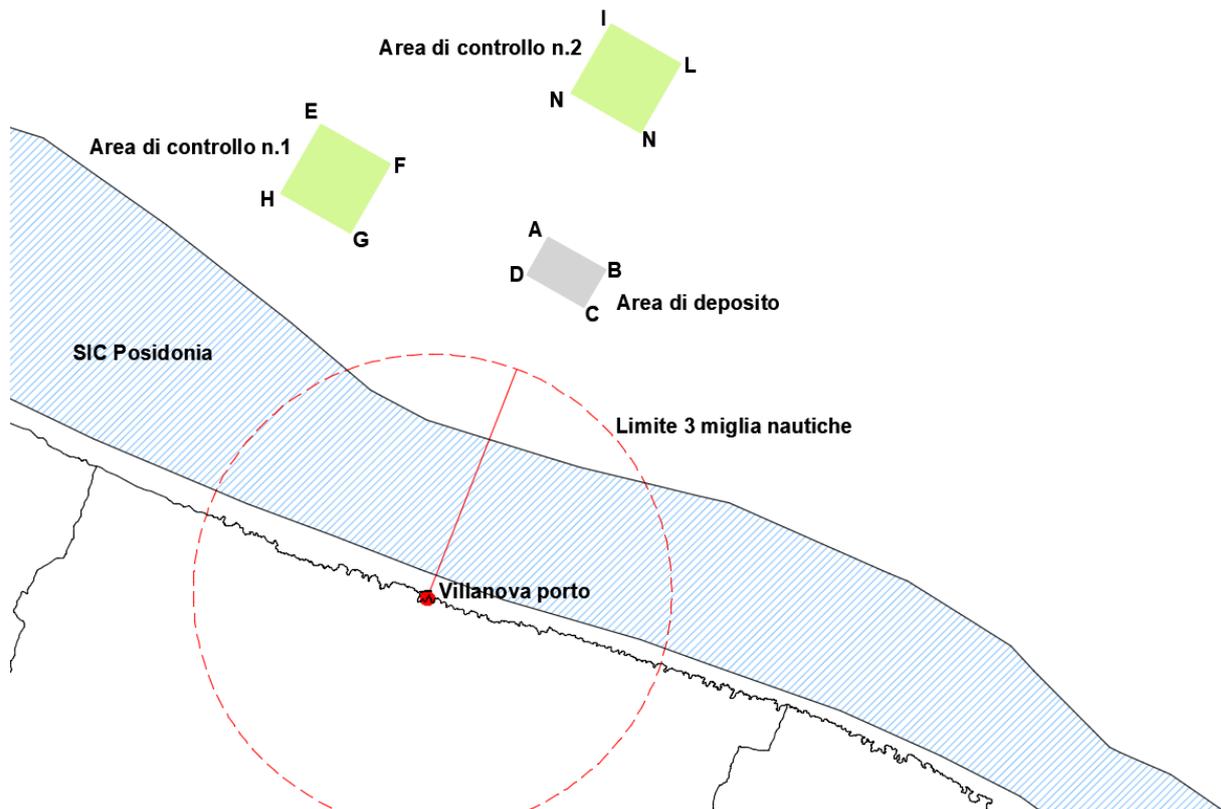


FIGURA 29

L'area di controllo n. 1 è stata posizionata a nord-ovest dell'area di deposito poiché, attesa la circolazione ciclonica che caratterizza il flusso delle correnti adriatiche che risalgono dalle coste greche per ridiscendere lungo le coste italiane adriatiche, tale posizionamento non verrà influenzato dall'eventuale trasporto dei sedimenti che avverrà a valle di essa. L'area di deposito n. 2 è stata posizionata più al largo in direzione nord, su una batimetria di circa 90 m, al fine di monitorare gli effetti delle operazioni di deposito più al largo. Le tabelle seguenti riportano le coordinate delle aree di controllo.

I vertici delle due aree di controllo presentano le coordinate nel sistema UTM WGS84 fuso 32/33 riportate rispettivamente in *Tabella 10 – 11*.

Punto/vertice	Latitudine	Longitudine
E	40°53'20.09"N	17°33'30.19"E
F	40°52'45.97"N	17°34'42.11"E
G	40°51'55.37"N	17°33'59.95"E
H	40°52'26.37"N	17°32'52.94"E

**TABELLA 10**

Punto/vertice	Latitudine	Longitudine
I	40°54'35.77"N	17°38'37.51"E
L	40°54'1.70"N	17°39'44.09"E
M	40°53'11.94"N	17°39'2.21"E
N	40°53'44.49"N	17°37'54.05"E

**TABELLA 11**

Così come previsto dalla normativa vigente esse verranno indagate e caratterizzate sulla scorta delle medesime indicazioni riferite per l'area di deposito e, al fine della caratterizzazione dei sedimenti delle stesse, verranno effettuati n.3 campionamenti di sedimento superficiale, per ognuna delle aree di controllo, da sottoporre ad analisi chimiche ed ecotossicologiche. Si escludono le analisi di carattere fisico poiché non si rileva alcuna presenza di impianti di acquacoltura nel raggio di 5 miglia nautiche.

Le indagini di caratterizzazione dei sedimenti sia dell'area di deposito sia delle aree di controllo sono attualmente in fase di attuazione.

#### **4.6 Attività di monitoraggio ambientale**

Le attività di dragaggio, trasporto e immersione devono essere sottoposte ad un monitoraggio ambientale con l'obiettivo di verificare l'ipotesi di impatto, ovvero l'entità degli effetti sul comparto abiotico e biotico e verificare la tendenza al ripristino delle condizioni precedenti le attività di movimentazione, ponendo particolare attenzione alla variazione della biodisponibilità di sostanze potenzialmente tossiche, alla comparsa di modificazioni "precoci" (biomarker) nei sistemi biologici indicatori e di effetti tossici a breve o più lungo termine, nonché alle alterazioni a carico delle biocenosi, soprattutto di habitat e specie di interesse conservazionistico.

Tali indagini devono riguardare la valutazione dei possibili impatti sulla colonna d'acqua e/o sul fondale, privilegiando l'utilizzo di bioindicatori.

Le attività di dragaggio, trasporto e immersione devono essere sottoposte ad un monitoraggio ambientale secondo il principio della gradualità: il numero delle stazioni, i parametri da monitorare nella colonna d'acqua, nel sedimento superficiale e nel biota devono essere commisurati alla qualità e alla quantità dei materiali da sottoporre a movimentazione, alla durata e alle modalità operative relative alla localizzazione degli specifici interventi.

Tali attività devono essere descritte in un Piano di Monitoraggio che si articola in tra fasi distinte: ante operam, in corso d'opera e post operam.

La fase ante operam può essere esclusa o opportunamente ridotta tenendo conto di quella parte di indagine già effettuata nella fase di caratterizzazione qualora non siano trascorsi 3 anni e non si siano verificati eventi tali da aver modificato lo stato dei luoghi.

Le indagini devono essere condotte da Enti e/o Istituti Pubblici di comprovata esperienza, oppure da laboratori privati accreditati da organismi riconosciuti ai sensi della norma UNI CEI EN 17011/05 per le specifiche prove previste, inseriti in circuiti di intercalibrazione nazionali e/o internazionali ove esistenti.

#### *4.6.1 Monitoraggio delle attività di escavo*

Relativamente all'area portuale il monitoraggio deve tener conto dei seguenti aspetti relativi ai comparti sedimento, colonna d'acqua e biota, nelle aree circostanti la zona di dragaggio:

- variazioni nella qualità dei sedimenti superficiali tramite analisi chimiche dei parametri risultati più critici nella fase di caratterizzazione ed esecuzione di saggi ecotossicologici;
- variazioni nella qualità della colonna d'acqua tramite il controllo dei livelli di torbidità e/o concentrazione di solidi sospesi in particolare lungo percorsi preferenziali di trasporto verso zone di interesse alieutico e/o ricreativo, nonché variazioni della biodisponibilità e/o ecotossicità;
- eventuali alterazioni delle principali biocenosi bentoniche (con verifica della presenza/distribuzione di habitat e specie di interesse conservazionistico).

Nella fase "ante operam" occorre individuare un valore di riferimento relativo alla torbidità e/o concentrazione dei solidi sospesi nella colonna d'acqua, corrispondente al 90° percentile del set di misure sufficientemente ampio da risultare rappresentativo della variabilità dell'area, qualora non sia desumibile da letteratura o da indagini pregresse, o diversamente stabilito dal Piano di monitoraggio che deve anche prevedere le opportune misure da intraprendere in caso di difformità. Nella fase "in corso d'opera", deve essere verificato che le eventuali variazioni della torbidità e/o della concentrazione di solidi sospesi siano contenute entro il valore di riferimento definito nell'ambito delle indagini "ante operam".

In fase "post operam", condotta al termine delle operazioni di dragaggio deve essere verificato il ripristino delle condizioni ambientali "ante operam" o definite nella fase di caratterizzazione.

#### *4.6.2 Monitoraggio delle attività di trasporto dei materiali*

L'attività di trasporto dei materiali verso la specifica collocazione deve essere sottoposta ad un monitoraggio ambientale qualora sussistano rischi di "sversamenti" di materiale lungo i tragitti

stabiliti, in particolare nei confronti di habitat e specie di interesse conservazionistico (praterie di Posidonia oceanica, coralligeno, beach rocks, ecc.), nonché transiti in zone limitrofe destinate ad attività di acquacoltura.

#### 4.6.3 Monitoraggio delle attività di immersione in aree marine (oltre le 3 mn dalla costa)

A completamento di quanto previsto ed effettuato nella fase di caratterizzazione dell'area di immersione, devono essere eseguite indagini ambientali nel sito e nelle aree di controllo.

Le indagini ambientali relative alla fasi “ante operam”, “in corso d’opera” e “post operam” devono essere eseguite in stazioni scelte tra quelle utilizzate nella fase di caratterizzazione e indicate nel Piano di monitoraggio.

## 4.7 Fasi delle operazioni di dragaggio

### 4.7.1 Dragaggio di sedimenti

Le operazioni di dragaggio del fondale marino del porto turistico di Villanova di Ostuni e di immersione a mare riguarderanno i sedimenti che, in seguito a caratterizzazione, sono risultati di classe di qualità A e B secondo le prescrizioni del D.M. 15 luglio 2016 n. 173 “*Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l’autorizzazione all’immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini*”.

Per le operazioni di dragaggio sarà utilizzata una motodraga ovvero una draga a strascico aspirante, auto-caricante e auto-refluente, dotata di una capienza di tramoggia di circa 500 mc, all'interno della quale verrà riversato il materiale dragato.

Il processo di disgregazione e aspirazione del materiale non crea agitazione ondosa di superficie, né sovrappressioni acustiche sul fondo, potenzialmente pericolose per eventuali operatori subacquei operanti nelle vicinanze.

Un ciclo tipico di una draga aspirante a disgregatore prevede l'esecuzione delle seguenti macrofasi:

- posizionamento della draga e ancoraggio
- dragaggio del fondale marino
- trasporto del materiale dragato
- deposizione materiale dragato

## 1. Posizionamento della draga e ancoraggio

All'inizio delle operazioni la draga viene posizionata sull'asse del taglio di lavoro con l'aiuto del rimorchiatore. Una volta in posizione, il pilone principale viene abbassato penetrando nel terreno e creando così un punto fisso di ancoraggio (*Figura 30*). A questo punto, una volta calate le ancore in opportuna posizione, il rimorchiatore si allontana dalla draga e può avere inizio l'effettivo dragaggio del fondale.

Tutti i movimenti della draga sono monitorati e visualizzati sui computer di bordo, sui quali è possibile leggere la quota finale di dragaggio, il fondale esistente e la posizione reale della draga e del disgregatore, in ogni momento.

Gli input di posizione in termini di coordinate piano altimetriche, sono generate da dati ricevuti da vari sistemi – GPS tipo C-NAV, girobussola e mareografo – che permettono di valutare la posizione della draga e del relativo di disgregatore con precisioni di ordine centimetrico.

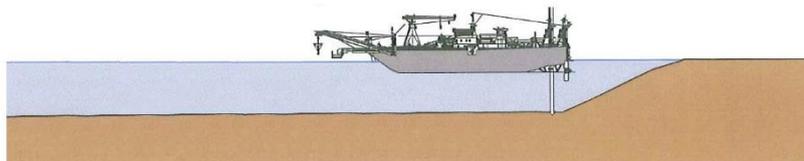


FIGURA 30

## 2. Dragaggio del fondale marino

Il disgregatore è in grado di muovere i materiali sciolti nonché tagliare quelli mediamente compatti esercitando quindi contemporaneamente l'azione disgregatrice del materiale in situ che il suo refluento idraulico per mezzo della pompa. La profondità del taglio dipenderà dalla consistenza del materiale.

La pompa aspirerà quindi una miscela di acqua/materiale disgregato, spingendolo attraverso la tubazione di refluento. L'aspirazione, immediata del materiale limiterà fortemente la torbidità (rispetto ai mezzi meccanici) generata nell'intorno del disgregatore e quindi il potenziale deposito dei fini.

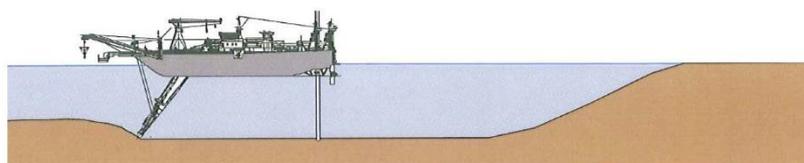


FIGURA 31

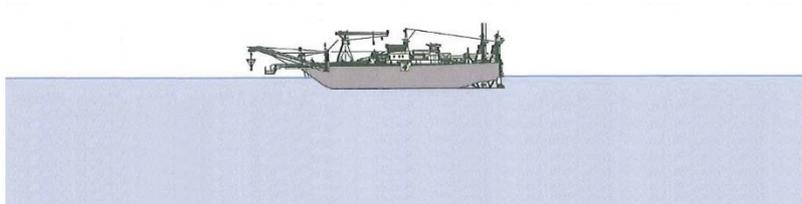
Durante il dragaggio la draga avanza autonomamente nel taglio da destra a sinistra intorno al palo di poppa tirando su le sue due ancore (*Figura 31*). Queste ancore si trovano a una certa distanza

dalla draga, a destra e sinistra, all'altezza del disgregatore e sono collegate alla draga tramite cavi (azionati da verricelli in coperta). Quando i cavi delle ancore formano un angolo di 30-40° rispetto all'asse di taglio, le ancore vengono spostate più avanti. Questo riposizionamento viene di solito eseguito con gli anchor boom di bordo, si tratta di due bighi, posizionati a prua e su entrambi i lati della draga che possono ruotare verso l'esterno e possono sollevare le ancore e sposterle in avanti. In pratica la draga ferma la sua rotazione vicino all'ancora, l'anchor boom viene ruotato fuoribordo sulla posizione dell'ancora, la solleva e la sposta in avanti. Successivamente la draga ruota dalla parte opposta e ripete l'operazione.

La draga utilizza i suoi due piloni per fare movimenti in avanti verso il fronte di dragaggio. La distanza percorsa con un movimento in avanti dipende dalla profondità di dragaggio, dalla velocità di oscillazione, ecc. Il palo principale si trova a poppa del pontone ed è montato su un carrello che si può muovere nel senso longitudinale della draga. La distanza che può percorrere il pilone sul carrello è solitamente di 4-6 metri. A ogni taglio la draga avanza di circa 1 metro asportando completamente il materiale dragato.

### 3. Trasporto del materiale dragato

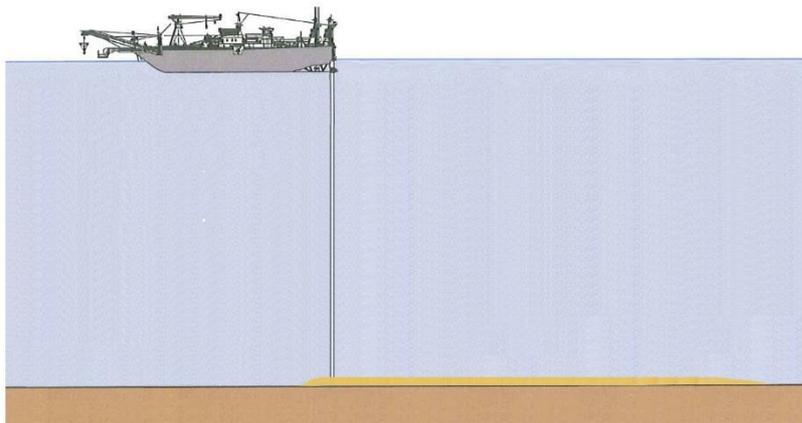
La draga auto-caricante trattiene in pancia il materiale dragato fino ad un volume di circa 500 mc, raggiunto il quale si muove verso l'area di immersione (*Figura 32*), ubicata oltre le 3 miglia nautiche dalla costa, per la sua deposizione.



**FIGURA 32**

### 4. Deposizione del materiale dragato

La miscela viene poi pompata attraverso una serie di tubazioni di refluento (*Figura 33*), fino all'effettiva area di immersione. Il collegamento tra la tubazione e la draga, avviene mediante apposito sistema rapido e girevole, affinché sia assicurato il corretto posizionamento dei tubi, a poppa della draga, durante le fasi operative della stessa.



**FIGURA 33**

#### *4.7.2 Dragaggio di materiale roccioso*

Come detto in precedenza la maggior parte della quantità di dragaggio è costituita da materiale sciolto, ma in alcune zone si possono rinvenire rocce affioranti. In particolare, in corrispondenza della zona di dragaggio D3 è necessario effettuare il dragaggio dei fondali con metodologia diversa rispetto a quella prevista per i materiali sciolti.

Per le zone prossime alla linea di costa è previsto l'escavo dei fondali mediante l'utilizzo di pala meccanica, con idoneo braccio, posizionata a terra o su piste provvisorie da realizzare con materiale di cava e, successivamente, da rimuovere.

Invece, per le zone distanti dalla linea di costa sarà utilizzato un pontone dotato di gru, martellone e benna.

Tale materiale di escavo, una volta rimosso dai fondali e previa verifica delle sue caratteristiche geotecniche, sarà utilizzato come materiale di riempimento a tergo delle banchine da realizzare.

## 5. MOLI FORANEI

Nel presente progetto è previsto il ripristino funzionale dei moli di tramontana e di levante del porto di Villanova di Ostuni. Le strutture foranee oggetto dell'intervento, presentano il logorio tipico delle mantellate di sezioni a più strati originato dall'azione ripetuta del moto ondoso.

Il progetto altresì tiene conto della più complessa destinazione dello specchio acqueo ridossato e di conseguenza prevede trasformazioni delle strutture in funzione del più intenso utilizzo dello stesso specchio acqueo.

### 5.1 Molo di tramontana

Da una semplice ispezione visiva si può notare che in parecchi punti la scogliera di protezione del Molo ha subito negli anni danni soprattutto sul lato mare dovuti probabilmente a mareggiate dai quadranti settentrionali. Tali danni consistono essenzialmente nello scivolamento dei massi naturali lungo la scarpata della scogliera che in tal modo non svolge più il suo ruolo di assorbimento dell'energia delle onde. Pertanto l'attuale masso di carico del molo è maggiormente esposto alle mareggiate provenienti dai quadranti settentrionali e, anche con un mare semplicemente classificato tra il mosso e il molto mosso si possono osservare importanti fenomeni di tracimazione.

La presenza di Posidonia spiaggiata sul piano di calpestio del masso di carico del molo dimostra il costante sormonto delle onde su quest'ultimo (*Figura 34*).



FIGURA 34

### 5.1.1 Mantellata, filtro e berma

Nello stato attuale il Molo di tramontana non è provvisto di mantellata esterna di protezione per cui, al fine di proteggere il molo lato mare ed evitare fenomeni di tracimazione delle onde, è indispensabile realizzare una mantellata in massi naturali di idonea pezzatura.

Tale mantellata, nella sua parte sommitale, dovrà raggiungere la quota del muro paraonde ovvero +5,13 m su l.m.m.. In questo modo, a differenza della situazione attuale, il nuovo muro paraonde sarà completamente protetto dalla mantellata che ne impedirà (o quantomeno ridurrà drasticamente) il fenomeno dell'overtopping.

La mantellata sarà realizzata in massi naturali di 3<sup>a</sup> categoria ( $3000 \text{ kg} < W < 7000 \text{ kg}$ ) disposti nel modo seguente:

- due strati dello spessore di 2,30 m nel tratto orizzontale in prossimità del muro paraonde;
- due strati di spessore pari a 2,50 m in corrispondenza della scarpata;
- uno strato dello spessore di 1,25 m in corrispondenza della berma subacquea al piede.

Il progetto prevede la realizzazione di un filtro tra la mantellata e la scogliera esistente costituito da massi naturali di 2<sup>a</sup> categoria ( $2000 \text{ kg} < W < 3000 \text{ kg}$ ) messi in opera con un solo strato dello spessore di 1,20 m.

Inoltre, rispetto alla situazione attuale del molo, sarà realizzata una berma al piede, la cui quota di fondazione sarà di circa -4,00 m sotto il l.m.m., di spessore costante lungo tutto lo sviluppo, costituita da uno solo strato di massi naturali di 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> categoria.

La pendenza della mantellata e del filtro, lungo tutto il molo, sarà pari a 1:3 in modo tale da conservare l'attuale pendenza della scogliera esistente (*Figura 35*), mentre in testata si è optato per una pendenza più dolce pari a 1:4 (*Figura 36*).

Gli scogli, che dovranno essere forniti privi di materiale polverulento al fine di evitare dispersioni di materiale sottile in mare, non devono presentare notevoli differenze tra le tre dimensioni e resta, pertanto, stabilito che la loro forma è definita dai rapporti di appiattimento  $b/a$  e di allungamento  $c/b$  (con  $a, b, c$ , i lati del prisma in sviluppo e  $a > b > c$ ), che devono sempre avere valori superiori a  $2/3$ . Il grado di arrotondamento degli spigoli viene definito qualitativamente e corrisponderà almeno alla classe "vivi" o "quasi vivi".

La mantellata sarà realizzata con l'utilizzo di mezzi marittimi e terrestri. In particolare, prioritariamente alla sua realizzazione, sarà effettuata un'attività di salpamento e risagomatura dell'attuale scogliera di protezione costituita da massi di 2<sup>a</sup> categoria ( $2000 \text{ kg} < W < 3000 \text{ kg}$ ). Ove necessario sarà fornito materiale da cava di medesima pezzatura per riempire vuoti attualmente esistenti. Il salpamento sarà effettuato a seguito di ispezione da parte di operatori subacquei che individueranno eventuali aree da ripristinare.

Al fine di accelerare i tempi di realizzazione dell'opera e di limitare l'impatto ambientale sarà realizzata, in prossimità della radice del Molo di Tramontana, un'area di stoccaggio temporaneo

dei massi naturali approvvigionati da cava. In tale area gli autocarri scaricheranno i materiali di cava che saranno successivamente sistemati da una pala meccanica a ridosso della radice del molo, dove sarà temporaneamente salpato un tratto dell’attuale scogliera al fine di permettere al motopontone di poter caricare mediante propria gru il materiale stoccato.

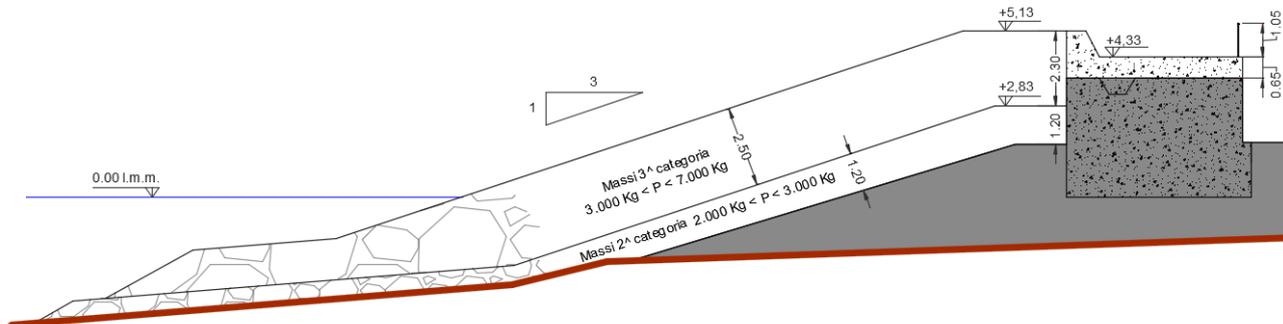


FIGURA 35

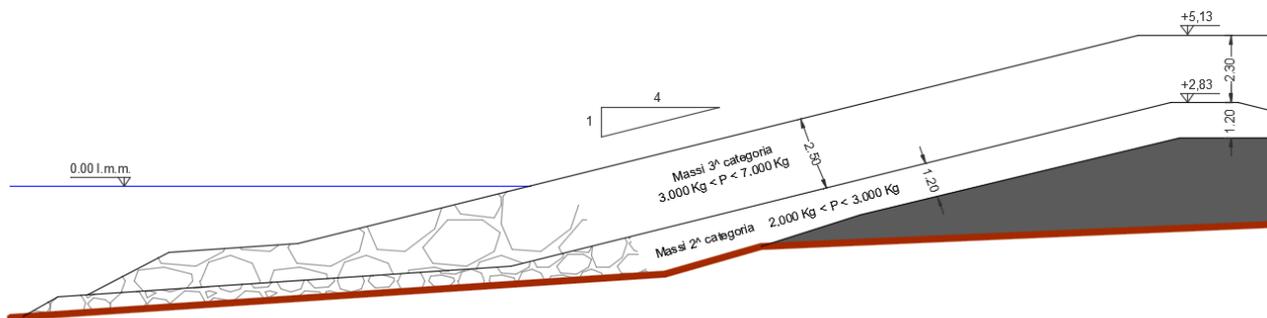


FIGURA 36

### 5.1.2 Muro paraonde e masso di carico

Il molo foraneo costituisce ormai una passeggiata a mare abituale per la gente di Villanova. Questa funzione, in contrasto con i requisiti di sicurezza del porto, può essere conservata solo prevedendo un intervento che, oltre a migliorare la difesa dalla tracimazione, favorisca il disimpegno del coronamento del molo dalle attività portuali, garantendo l'incolumità delle persone in presenza di mareggiate. Questi obiettivi sono perseguiti prevedendo l'innalzamento della quota di coronamento e la realizzazione di un parapetto lato mare con funzioni di muro paraonde, in grado di impedire l'overtopping e di consentire idonea protezione alla passeggiata, per favorire la quale è anche previsto sul coronamento del molo un'idonea pavimentazione antisdrucchiolo.

Nelle condizioni attuali il masso di carico presenta fenomeni di ammaloramento superficiale piuttosto evidenti, per cui dovrà essere previsto un ripristino ed una pulizia dell'intera superficie. Successivamente sarà realizzato secondo gli elaborati di progetto, in calcestruzzo debolmente armato avente classe di esposizione XS3 e classe di resistenza C35/45 (UNI-EN 206-1), un innalzamento, di circa 0,65 m, della quota del masso di carico esistente e un muro paraonde, di circa 0,80 m e opportunamente sagomato. La quota sommitale del muro paraonde sarà pari a +5,13 m su l.m.m. mentre il masso di carico raggiungerà la quota di + 4,33 m su l.m.m. (Figura 37). In fase di realizzazione sono previste locali attività di salpamento e di risistemazione dei massi fuori sagoma della scogliera esistente lato terra.

Inoltre, il progetto prevede l'installazione di una ringhiera di protezione lato terra al fine di garantire che la passeggiata lungo il molo possa avvenire in massima sicurezza.

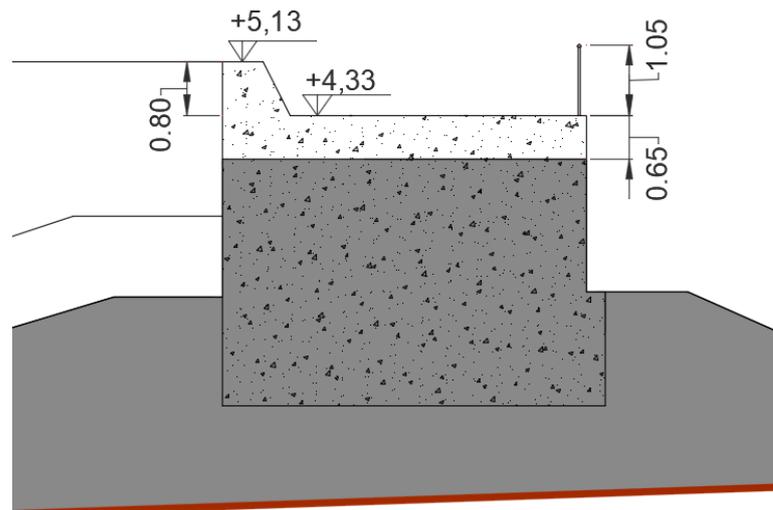


FIGURA 37

### 5.1.3 Martello

La banchina Martello ha una duplice funzione:

- la parte occidentale, realizzata a massi in calcestruzzo sovrapposti, è destinata ad eventuale attracco di imbarcazioni;
- la parte orientale, realizzata con scogliera in massi naturali, ha lo scopo di contribuire alla protezione del pontile posto lungo il Molo di tramontana dai venti provenienti fondamentalmente dal secondo quadrante.

La banchina Martello sarà realizzata, dalla parte occidentale, mediante la tipologia a massi sovrapposti in calcestruzzo cementizio (prefabbricati a terra, di forma parallelepipedica e di diverse dimensioni), imbasata, su uno scanno in pietrame di spessore pari a 0,50 m a -4,00 m sotto l.m.m., mentre, dalla parte orientale, sarà costruita con una scapata in massi naturali di 2<sup>a</sup> categoria (2000 kg < W < 3000 kg) con pendenza 1:1. Da quest'ultimo lato sarà realizzato un piccolo muro di contenimento in cemento armato di altezza pari a 0,40 m. Il riempimento della parte centrale sarà realizzato con idoneo materiale di cava ed eventualmente materiale calcareo proveniente dal dragaggio in roccia. La banchina sarà completata mediante un getto di coronamento in calcestruzzo, avente classe di esposizione XS3 e classe di resistenza C35/45 (UNI-EN 206-1), di spessore pari a 0,10 m raggiungendo così quota + 1,70 m su l.m.m. (Figura 38).

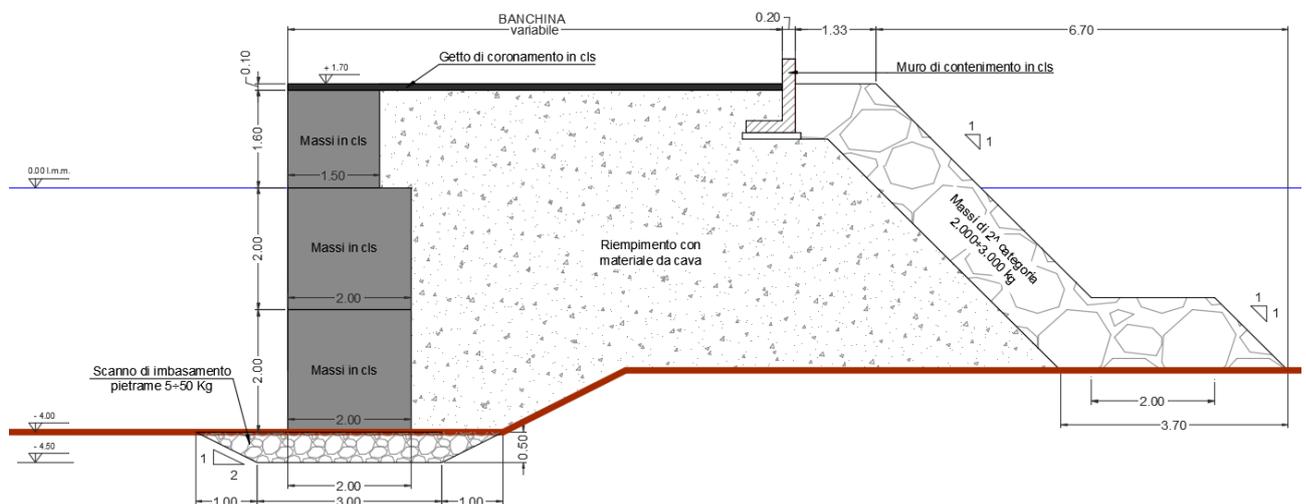


FIGURA 38

## 5.2 Molo di levante

Il molo di levante, meno sollecitato del precedente, consente tuttora una buona operatività. Ciononostante, anche per questo molo sono previsti interventi migliorativi tesi a recuperare la funzionalità piena della scogliera esterna, nonché la fruibilità stessa del coronamento del molo.

Sull'attuale scogliera di protezione del molo, costituita da massi di 2<sup>a</sup> categoria ( $2000 \text{ kg} < W < 3000 \text{ kg}$ ), sarà effettuata un'attività di salpamento e risagomatura localizzata. Ove necessario sarà fornito materiale da cava di medesima pezzatura per riempire vuoti attualmente esistenti. Il salpamento sarà effettuato a seguito di ispezione da parte di operatori subacquei che individueranno eventuali aree da ripristinare.

Nelle condizioni attuali il masso di carico presenta fenomeni di ammaloramento superficiale piuttosto evidenti, per cui dovrà essere previsto un ripristino ed una pulizia dell'intera superficie. Successivamente sarà realizzato, secondo gli elaborati di progetto, un muro paraonde in calcestruzzo debolmente armato, avente classe di esposizione XS3 e classe di resistenza C35/45 (UNI-EN 206-1), la cui quota sommitale raggiungerà quota +3,07 m su l.m.m. (Figura 39).

Sul molo di levante si prevede, inoltre, di ampliare la banchina, rendendola carrabile, per ospitare i servizi per i pescatori e per posizionare alla sua estremità il rifornimento carburanti e la stazione per la raccolta di olii esausti e si prevede di realizzare servizi destinati agli ormeggi (acqua, luce, scarico di acque di sentina, ecc.) che saranno presenti anche sul molo di tramontana.

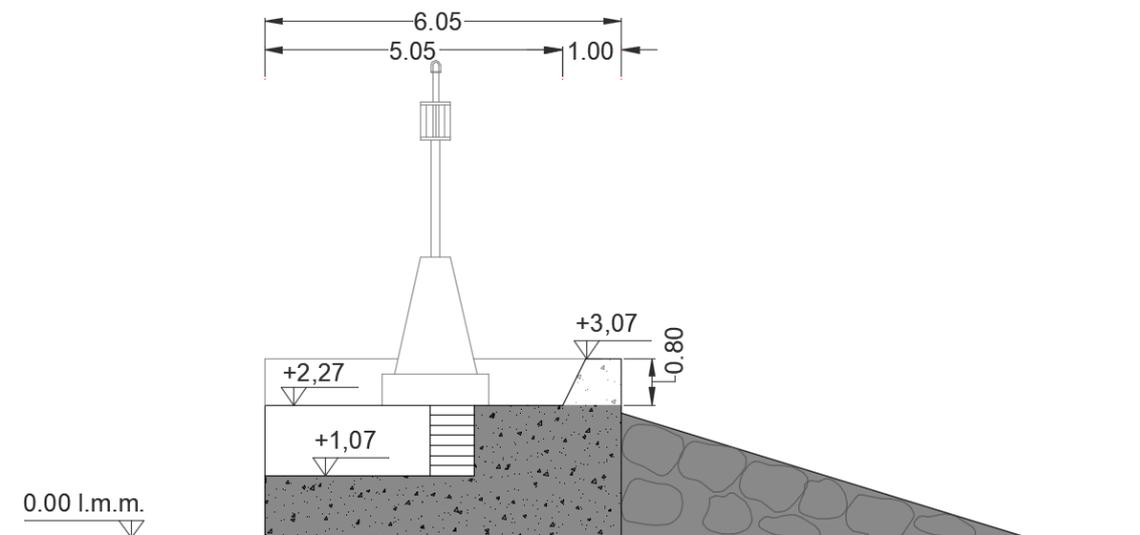


FIGURA 39

### 5.3 Caratteristiche del moto ondoso che sollecita la struttura

Le caratteristiche del moto ondoso che sollecita la struttura sono state individuate sulla scorta:

- dei dati esposti nello studio meteomarino;
- delle conoscenze pregresse del moto ondoso nel basso Adriatico;
- della consistenza attuale delle strutture foranee sottoposte a più di un ventennio dell'azione del mare.

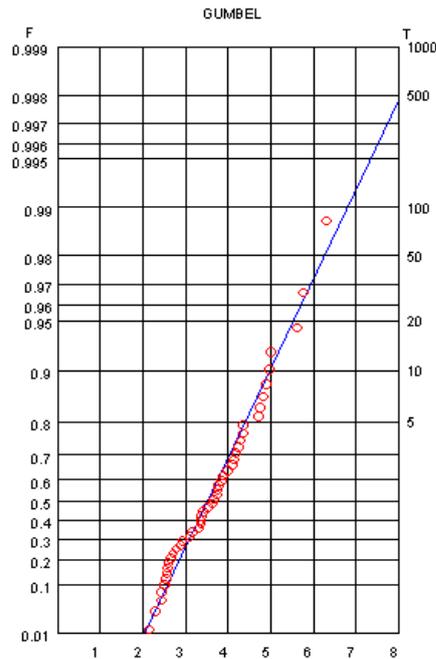
L'ergersi della diga di tramontana su bassi fondali, così come descritto al paragrafo precedente, e l'esistenza in loco, dopo più lustri, seppure in condizioni rimaneggiate, del materiale costituente il molo originario, consente di individuare nella massima onda che frange sulla struttura, l'onda di progetto. In altre parole la nuova mantellata sarà dimensionata sulla scorta delle caratteristiche dell'onda più gravosa che, visti i bassi fondali esistenti, può presentarsi alla base del molo di tramontana.

Di seguito sono state calcolate le profondità di frangimento di diverse onde con la metodologia proposta dai Proff. G. Scarsi - S. Stura, esordendo con l'analisi delle onde estreme indicate nello studio meteomarino.

#### 5.3.1 *Profondità di frangimento delle onde indicate nello studio meteomarino*

Dalla consultazione della relazione meteomarina è possibile desumere le caratteristiche delle onde estreme attese con preassegnati tempi di ritorno. Come mostrato dalla *Figura 40*, l'onda con  $T_r = 100$  anni presenta altezza  $H_s = 6,80$  m e periodo  $T_p = 11,80$  s.

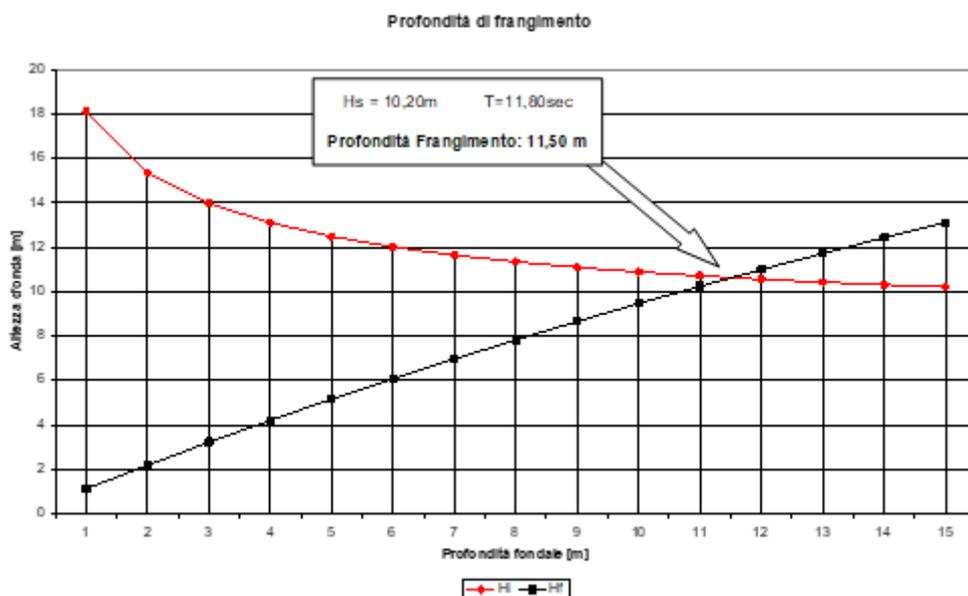
Per tale evento il modello di propagazione del moto ondoso da largo verso costa ha evidenziato incrementi dell'altezza d'onda di largo che, sotto costa, raggiunge l'altezza massima di 10,20 m.



**FIGURA 40**

L'analisi del frangimento dell'onda centennale nelle due configurazioni come sopra definite, effettuata con la metodologia Scarsi-Stura sulla base della batimetria indicata nello studio meteomarinario, permette di constatare che l'onda di altezza  $H_s = 10,20$  m frange alla profondità di 11,50m (Figura 41) mentre quella di altezza  $H_s = 6,80$  m frange alla profondità di 7.50 m (Figura 42).

Stante il fatto che il molo di tramontana è imbasato su profondità minori di quelle di frangimento è evidente desumere come la struttura non può essere direttamente investita dalle due onde analizzate che, frangendo più a largo, si presenteranno in prossimità della struttura portuale con una minore altezza.



**FIGURA 41**

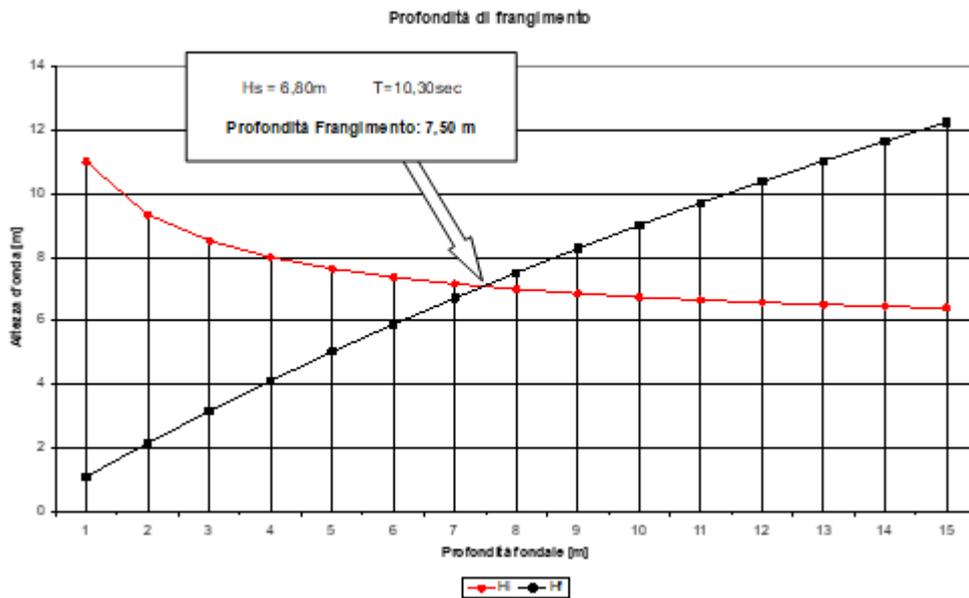


FIGURA 42

### 5.3.2 Caratteristiche del moto ondoso che frange sul molo di tramontana

La ricerca delle caratteristiche della massima onda che frange sulle diverse zone del molo di tramontata è stata completata con la determinazione del suo periodo condotta sulla scorta della funzione  $T = \alpha H^\beta$  in cui i parametri  $\alpha, \beta$  sono stati desunti da pregressi studi sulle caratteristiche del moto ondoso nel basso Adriatico. Per il paraggio in esame tale funzione, diagrammata in *Figura 43*, è esplicitata dall'equazione  $T = 3,914H^{0,5049}$ .

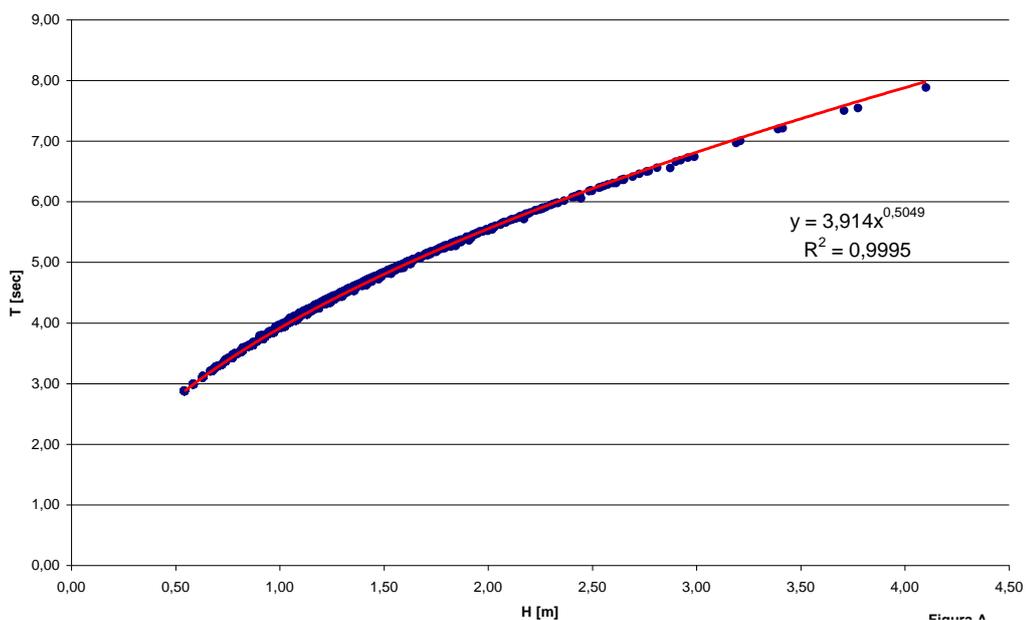


FIGURA 43

Di seguito, derivando i valori di H e T dalla relazione appena descritta, sono state ricavate le profondità di frangimento di onde caratterizzate da diversi valori di altezza H. Con questo procedimento, visti i fondali su cui si ergono le diverse zone che costituiscono il molo di tramontana, si è ricavato che:

- la massima onda che può interessare la testata è caratterizzata da un'altezza  $H = 5,50$  m e da un periodo  $T = 9,25$  sec. (Figura 44);
- la massima onda che può interessare il tratto di molo tra le sezioni A4 – A10 è caratterizzata da un'altezza  $H = 4,50$  m e da un periodo  $T = 8,40$  sec. (Figura 45);
- la massima onda che può interessare il tratto di molo tra le sezioni A1 – A4 è caratterizzata da un'altezza  $H = 3,00$  m e da un periodo  $T = 6,80$  sec. (Figura 46).

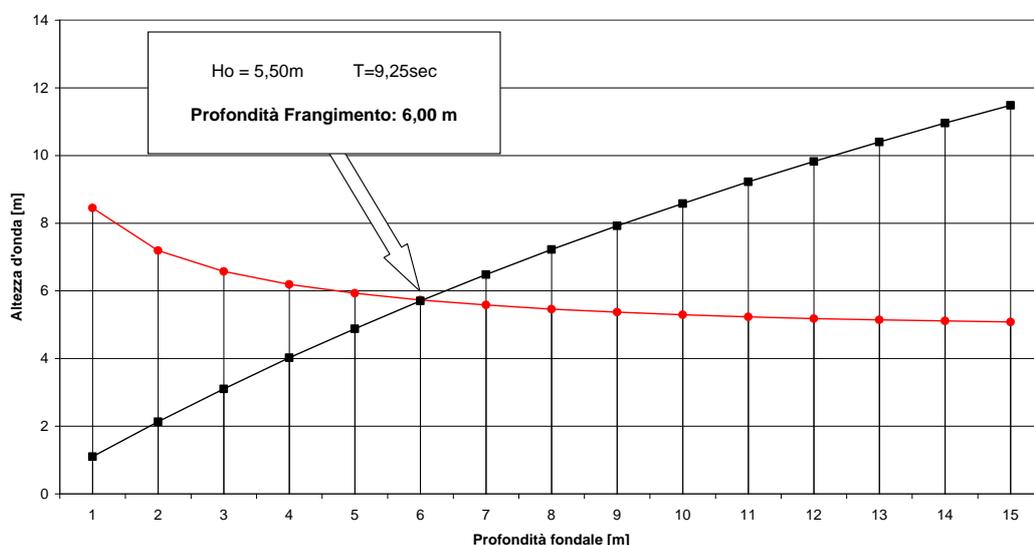


FIGURA 44

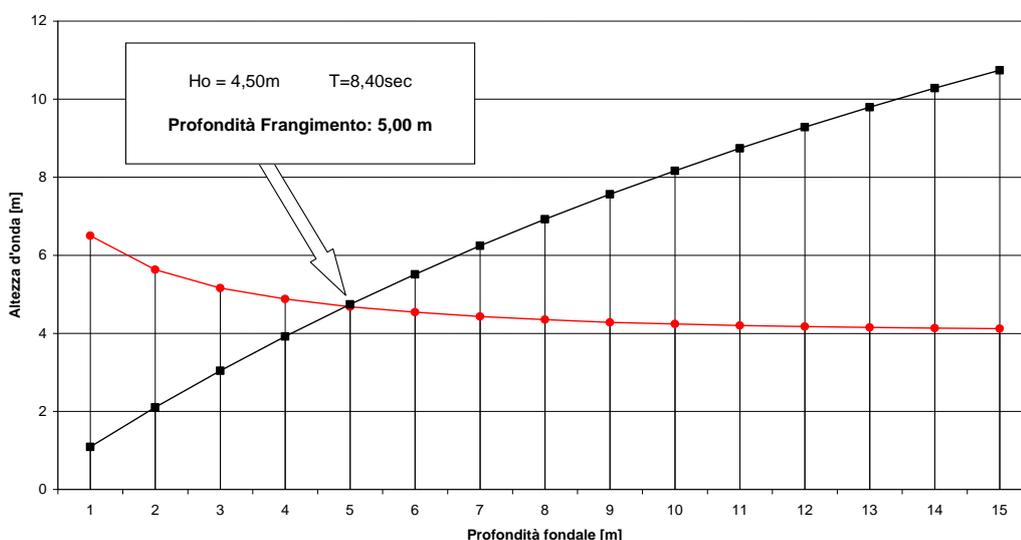


FIGURA 45

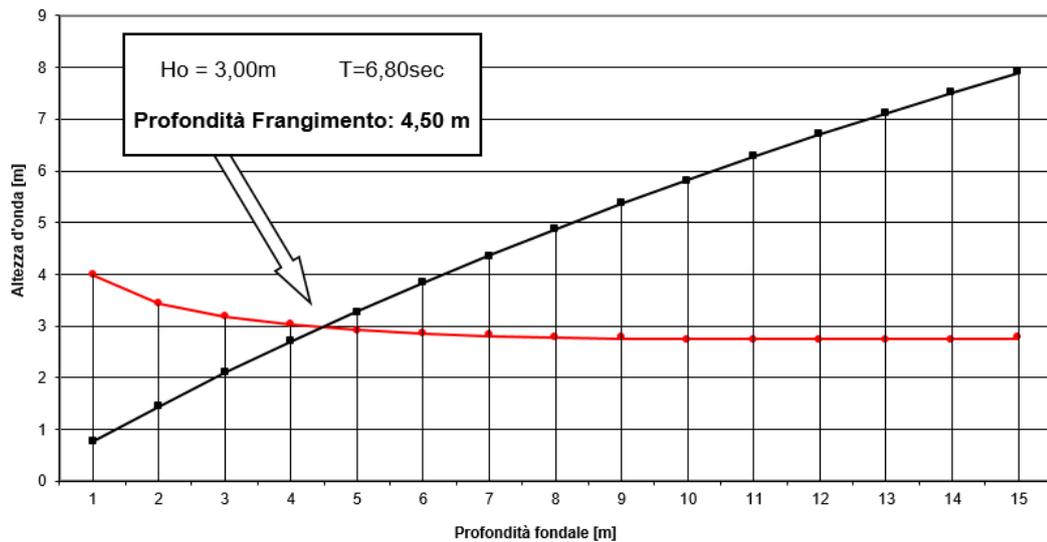


FIGURA 46

#### 5.4 Dimensionamento delle opere foranee

Il dimensionamento dei vari tratti costituenti il molo di tramontana è stato effettuato in funzione delle caratteristiche del moto ondoso che frange su ciascuno di essi, utilizzando i risultati derivanti dalle formule proposte da Hudson e da Van Der Meer.

In questi ultimi cinquant'anni sono state proposte numerose formule per la verifica della stabilità idraulica della mantellata. La formula di Iribarren (di tipo dimensionale), basata su semplici considerazioni di equilibrio di un singolo masso su un piano inclinato e su prove di laboratorio con onde regolari, lega il peso del masso alla pendenza della mantellata, all'altezza dell'onda agente, oltre che alla rugosità della scarpata e ad altri fattori da determinarsi sperimentalmente e conglobati in un coefficiente di stabilità adimensionale K.

Del tutto simile alla formula di Iribarren, da cui deriva, è la formula di Hudson tuttora in larghissimo uso e preferita per la sua semplicità. Essa ha, rispetto a quella di Iribarren il vantaggio di più numerose esperienze di laboratorio, che hanno permesso di definire meglio il coefficiente di stabilità  $K_D$ , anche esse condotte con onde regolari, il cui fronte di attacco fu mantenuto normale alla struttura non tracimabile e poggiante su un fondo orizzontale.

La formula di Hudson può scriversi nella forma seguente:

$$W_{50} = \frac{\gamma_s H^3}{K_D \Delta^3 \cotan\beta}$$

dove:

$W_{50}$  è il peso del elemento di mantellata

$\gamma_s$  è il peso specifico del masso;

H è l'altezza dell'onda di progetto;

$\Delta = (\gamma_s / \gamma_a) - 1$  con  $\gamma_a$  peso specifico dell'acqua di mare;

$\beta$  è l'angolo in gradi della scarpata rispetto all'orizzontale;

$K_D$  è il coefficiente idrodinamico di stabilità.

Il coefficiente  $K_D$  varia principalmente, a parità degli altri parametri nella formula, con la forma dell'elemento e con il grado di concatenamento ottenuto nella posa in opera. Inoltre, dipende da numerose altre variabili, quali: il numero di massi compresi nello spessore di mantellata, il tipo di onda agente sulla struttura (frangente o non frangente), l'angolo di incidenza dell'onda di attacco, la profondità alla quale si trovano i massi, le dimensioni e la porosità del materiale di sottostrato, l'altezza del nucleo e la larghezza della cresta.

Il coefficiente  $K_D$  fu ottenuto per condizioni di moto ondoso regolare e per la condizione di danno  $\leq 5\%$  (la percentuale di danno fu intesa come rapporto tra il volume di massi spostati e il volume totale della mantellata). Le onde di laboratorio, se monocromatiche, non riproducono le condizioni variabili presenti in natura, ma numerose ricerche di laboratorio hanno evidenziato che le onde irregolari (reali) sono comparabili a quelle che si ottengono mediante prove con onde monocromatiche quando l'altezza d'onda di queste, assunta con riferimento alle onde irregolari, è più alta. In tal modo è stato possibile estendere la validità della formula di Hudson a condizioni di attacco di onde irregolari.

Nella *Tabella 12* di seguito riportata, ripresa dalle Istruzioni tecniche italiane, sono indicati i valori consigliati per il coefficiente di stabilità  $K_D$ .

Criterio di "non danneggiamento" con limitata tracimazione							
Elemento	n (3)	Posa in opera	Sezione corrente		Testata		
			K <sub>D</sub> (2)		K <sub>D</sub>		Scarpa
			Onda frangente	Onda non frangente	Onda frangente	Onda non frangente	Cot α
Masso naturale arrotondato	2	alla rinfusa	1.2	2.4	1.1	1.9	da 1.5 a 3.0
arrotondato	>3	alla rinfusa (4)	1.6 (4)	3.2	1.4 (4)	2.3	
a spigoli vivi	2	alla rinfusa	2.0	4.0	1.9	3.2	1.5
					1.6	2.8	2.0
					1.3	2.3	3.0
a spigoli vivi	<3	alla rinfusa	2.2	4.5	2.1	4.2	(5)
a spigoli vivi	2	speciale (6)	5.8	7.0	5.3	6.4	(5)
Parallelepipedo (7)	2	speciale (1)	7.0-20.0	8.5-24.0	--	--	
Tetrapodo e Quadripodo	2	alla rinfusa	7.0	8.0	5.0	6.0	1.5
					4.5	5.5	2.0
					3.5	4.0	3.0
Tribar	2	alla rinfusa	9.0	10.0	8.3	9.0	1.5
					7.8	8.5	2.0
					6.0	6.5	3.0
Dolos	2	alla rinfusa	15.8(8)	31.8(8)	8.0	16.0	2.0(9)
					7.0	14.0	3.0
Cubo modificato	2	alla rinfusa	6.5	7.5	--	5.0	(5)
Hexapod	2	alla rinfusa	8.0	9.5	5.0	7.0	(5)
Toskane	2	alla rinfusa	11.0	22.0	--	--	(5)
Masso naturale (K <sub>RR</sub> ) assortiti	-	alla rinfusa	2.2	2.5	--	--	

(1) Avvertenza: i valori di K<sub>D</sub> scritti in *italico* non sono stati prodotti da apposite prove di laboratorio e, pertanto, sono riportati solo per consentire una progettazione preliminare dell'opera.

(2) Per pendenze comprese tra 1/1.5 e 1/5.

(3) n è il numero di elementi compresi nello spessore della mantellata (numero di strati).

(4) Non è consigliato l'uso di un singolo strato nelle mantellate di massi naturali sottoposte a onde frangenti. Nel caso di onde non frangenti, è ammissibile il singolo strato solo nel caso di una attenta posa in opera di massi.

(5) Nelle more dell'acquisizione di più dettagliate informazioni sulla variazione del coefficiente k<sub>D</sub> con la pendenza, l'uso del k<sub>D</sub> dovrebbe essere limitato a pendenze comprese tra 1/1.5 e 1/3. Alcune prove su elementi di mantellata in testata mostrano una relazione funzionale tra k<sub>D</sub> e pendenza.

(6) Speciale posa in opera con l'asse maggiore del masso posto normalmente al piano della mantellata.

(7) Massi sagomati con forma parallelepipeda quando la maggiore dimensione lineare è circa 3 volte più grande della piccola (Markle e Davidson, 1979).

(8) I valori si riferiscono al criterio di "non danneggiamento" (spostamenti e oscillazioni dei massi < 5%); se non si tollera l'oscillazione dei dolos (<2%) occorre ridurre il k<sub>D</sub> del 50% (Zwamborn e Van Niekerk, 1982).

(9) La stabilità del dolos su pendenze superiori a 1/2 dovrebbe essere indagata con apposite prove su modello in funzione delle locali condizioni al contorno.

TABELLA 12

A ragione delle numerosissime prove di laboratorio fatte, la formula di Hudson viene tuttora usata, nonostante che sia riconosciuta, nell'interazione onda-struttura, l'importanza di parametri come il periodo dell'onda, la durata della mareggiata, il tipo del frangimento delle onde, ecc., dei quali tale formula non tiene conto.

Basandosi su precedenti lavori di Thompson e Shuttler e su quelli di Ahrens, Van der Meer utilizzò un'estesa serie di prove su modello idraulico che, tenendo conto di quei parametri trascurati da Hudson, condussero alle auspiccate nuove relazioni di stabilità che tengono conto dell'azione di

onde irregolari e degli effetti della variabilità del periodo particolarmente presenti in acque molto basse.

Uno di questi è il parametro di frangimento medio  $\xi_m$  che permette di distinguere fra onde frangenti di tipo “plunging” e onde frangenti di tipo “surging” così contraddistinte dalla forma del frangente (Figura 47).

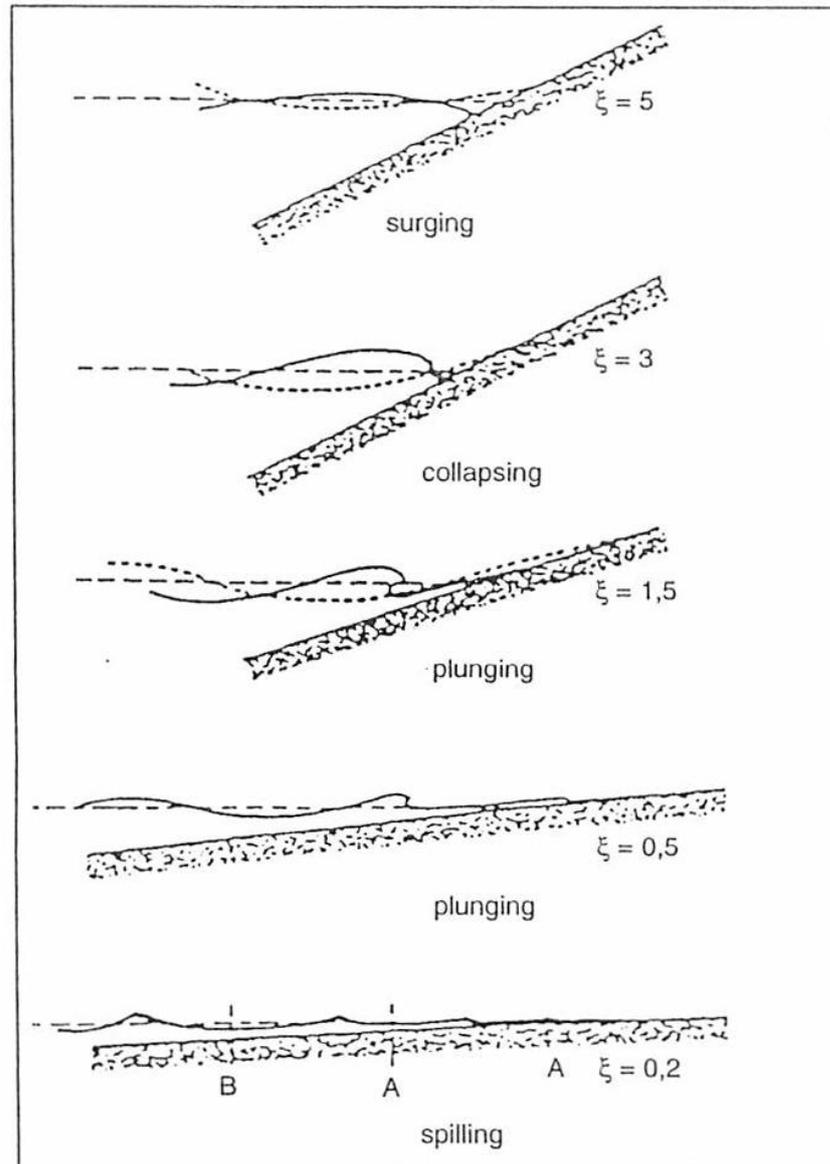


FIGURA 47

Tale parametro è dato dal rapporto tra la pendenza della scarpata e la radice quadra della ripidità dell'onda:

$$\xi_m = \operatorname{tg} \alpha \div \sqrt{H \div L_0} \quad \text{dove} \quad H \div L_0 = 2\pi H \div g T_m^2$$

È il parametro di ripidità dell'onda (H indica l'altezza significativa davanti alla struttura e  $L_0$  la lunghezza al largo riferita al periodo medio  $T_m$ ).

La formula di Van Der Meer, per mantellate costituite da massi naturali e opere soggette a onde frangenti di tipo “plunging” ( $\xi_m \leq 2,5$ ) può scriversi nella forma seguente:

dove:

$D_{50} = \sqrt[3]{W_{50} / \gamma_s}$  è il diametro nominale del masso (di peso mediano);

$H_s$  è l'altezza dell'onda significativa;

$\Delta = (\gamma_s / \gamma_a) - 1$  con  $\gamma_a$  peso specifico dell'acqua di mare;

P è un parametro indicatore della permeabilità della struttura, variabile tra 0,1 e 0,6 (Figura 48);

$$\xi = \frac{\tan \beta}{\sqrt{\frac{2\pi H_s}{gT^2}}} \quad \frac{H_s}{\Delta D_{50}} = 6,2 \cdot P^{0,18} \left( \frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \xi^{-0,5} \quad (\text{numero di Iribarren});$$

$\beta$  è l'angolo in gradi della scarpata rispetto all'orizzontale;

T è il periodo medio;

N è il numero di onde della mareggiata;

$S = A_e / (D_{50})^2$  è il livello di danneggiamento (Figura 49) dove  $A_e$  è l'area della sezione trasversale erosa dalla mareggiata. In Tabella 13 sono riportati, per varie pendenze, i valori di S corrispondenti all'inizio del danneggiamento, al danneggiamento intermedio (da moderato a forte) e al danneggiamento limite per una mantellata di massi naturali a doppio strato. Si osservi che i valori più elevati di S, in corrispondenza delle pendenze più dolci ( $\cotg \beta = 4 \div 5$ ), dipendono dal fatto che per tali pendenze è maggiore il numero di massi che si trovano attorno al livello di quiete.

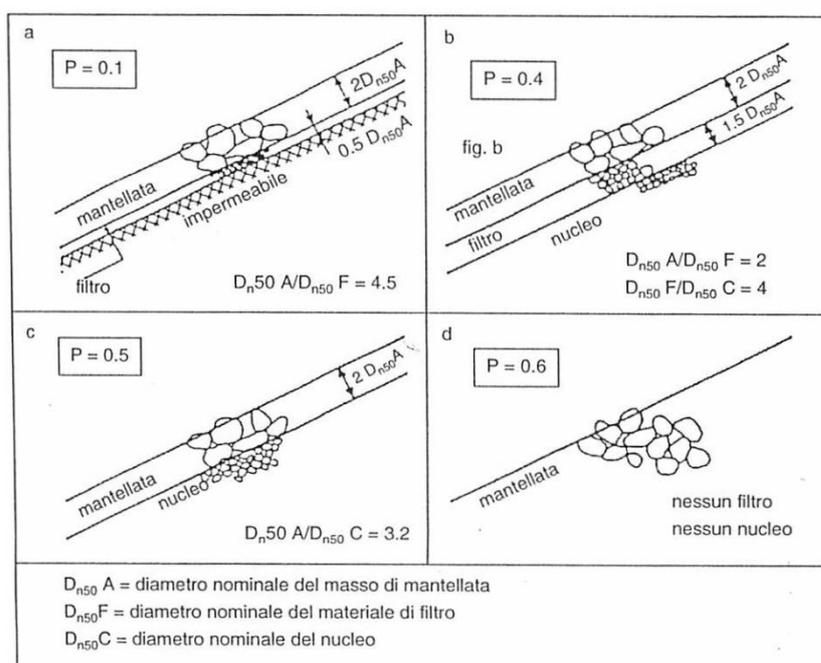


FIGURA 48

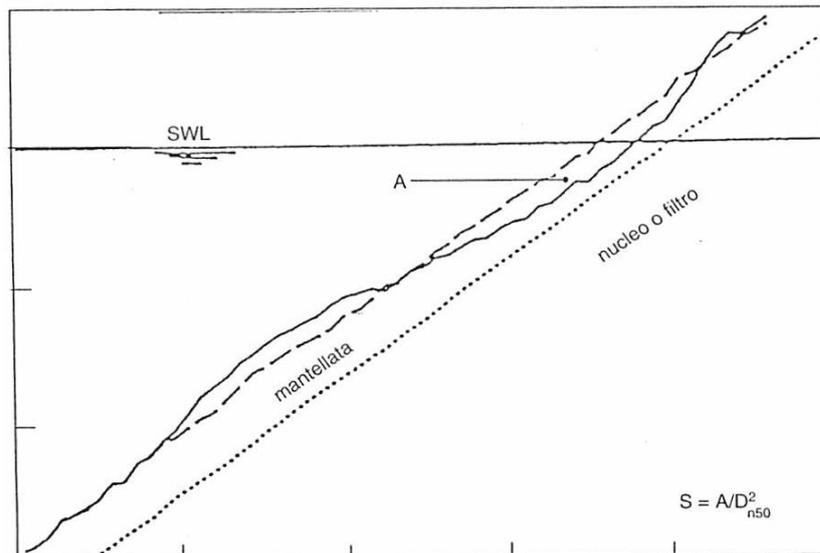


FIGURA 49

Scarpa	Danno iniziale	Danno da moderato a forte	Cedimento (cioè strato di filtro esposto)
1:1,5	2	3-5	8
1:2	2	4-6	8
1:3	2	6-9	12
1:4	3	8-12	17

TABELLA 13

#### 5.4.1 Dimensionamento e stabilità del molo di tramontana

Nel molo di tramontana, fatta eccezione per la testata, si è scelto di fare una scarpata con pendenza pari a 1:3, in similitudine a quella esistente.

Inserendo le caratteristiche del moto ondoso nella formula di Hudson e nella relazione del Van Der Meer si ricava rispettivamente un peso del masso W pari a:

- $W = \sim 3700 \text{ kg}$
- $W = \sim 7700 \text{ kg}$

Utilizzando la formula di Hudson:

$$W_{50} = \frac{\gamma_s H^3}{K_D \Delta^3 \cotan\beta}$$

e inserendo i seguenti valori:

$$H = 4,5 \text{ m}$$

$$\gamma_s = 2600 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta = (\gamma_s / \gamma_a) - 1 \quad \text{con } \gamma_a = 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$\cotan\beta = 3$$

$$K_D = 5,8 \text{ (valore ricavato dalla Tabella 12)}$$

si ottiene:

$$W_{50} = 2600 \text{ kg/m}^3 \times (4,5 \text{ m})^3 / 5,8 \times [(2600 \text{ kg/m}^3 / 1025 \text{ kg/m}^3) - 1]^3 \times 3 = \\ = \sim 3700 \text{ kg}$$

Utilizzando invece la formula di Van Der Meer:

$$\frac{H_s}{\Delta D_{50}} = 6,2 \cdot P^{0,18} \left( \frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \xi^{-0,5}$$

e inserendo i seguenti valori:

$$H_s = 4,5 \text{ m}$$

$$\gamma_s = 2600 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta = (\gamma_s / \gamma_a) - 1 \quad \text{con } \gamma_a = 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$P = 0,4 \text{ (valore ricavato dalla Figura 48)}$$

$$\tan\beta = 0,33$$

$$T = 11,8 \text{ s}$$

$$\xi = \frac{\tan\beta}{\sqrt{\frac{2\pi H_s}{gT^2}}} \text{ (numero di Iribarren)}$$

$$N = 1800$$

$$S = 3 \text{ (valore ricavato dalla Tabella 13)}$$

si ottiene:

$$D_{50} = 4,5 \text{ m} / [(2600 \text{ kg/m}^3 / 1025 \text{ kg/m}^3) - 1] \times 6,2 \times 0,4^{0,18} \times [3 / (1800)^{1/2}]^{0,2} \times [0,33 / \\ (2 \times 3,14 \times 4,5 \text{ m} / 9,81 \text{ m/s}^2 \times 11,8^2 \text{ s}^2)^{1/2}] = 1,44 \text{ m}$$

Da cui usando la formula  $D_{50} = \sqrt[3]{W_{50} / \gamma_s}$  si ricava:

$$W_{50} = 1,44^3 \text{ m}^3 \times 2600 \text{ kg/m}^3 = \sim 7700 \text{ kg}$$

In base ai risultati ottenuti dalle formule di Hudson e di Van Der Meer e in considerazione dello stato attuale del molo di tramontana, si è deciso di integrare la consistenza della struttura esistente con:

- uno strato filtro, tra la mantellata e la scogliera esistente, costituito da massi naturali di 2<sup>a</sup> categoria aventi peso  $2000 \text{ kg} < W < 3000 \text{ kg}$ ;
- una mantellata costituita da uno doppio strato di massi naturali di 3<sup>a</sup> categoria aventi peso  $3000 \text{ kg} < W < 7000 \text{ kg}$ .

#### 5.4.2 Dimensionamento e stabilità della testata del molo di tramontana

In corrispondenza della testata del molo di tramontana, a differenza del resto del molo foraneo, si è scelto di fare una scarpata più dolce, con pendenza pari a 1:4.

Inserendo le caratteristiche del moto ondoso che può incidere sulla testata, nella formula di Hudson e nella relazione del Van Der Meer si ricava rispettivamente un peso del masso W pari a:

- $W = \sim 3000 \text{ kg}$
- $W = \sim 5000 \text{ kg}$

Utilizzando la formula di Hudson:

$$W_{50} = \frac{\gamma_s H^3}{K_D \Delta^3 \cotan\beta}$$

e inserendo i seguenti valori:

$$H = 4,5 \text{ m}$$

$$\gamma_s = 2600 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta = (\gamma_s / \gamma_a) - 1 \quad \text{con } \gamma_a = 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$\cotan\beta = 4$$

$$K_D = 5,3 \text{ (valore ricavato dalla Tabella 12)}$$

si ottiene:

$$\begin{aligned} W_{50} &= 2600 \text{ kg/m}^3 \times (4,5 \text{ m})^3 / 5,3 \times [(2600 \text{ kg/m}^3 / 1025 \text{ kg/m}^3) - 1]^3 \times 4 = \\ &= \sim 3000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Utilizzando invece la formula di Van Der Meer:

$$\frac{H_s}{\Delta D_{50}} = 6,2 \cdot P^{0,18} \left( \frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0,2} \xi^{-0,5}$$

e inserendo i seguenti valori:

$$H_s = 4,5 \text{ m}$$

$$\gamma_s = 2600 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta = (\gamma_s / \gamma_a) - 1 \quad \text{con } \gamma_a = 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$P = 0,4 \quad (\text{valore ricavato dalla Figura 48})$$

$$\tan\beta = 0,25$$

$$T = 11,8 \text{ s}$$

$$\xi = \frac{\tan\beta}{\sqrt{\frac{2\pi H_s}{gT^2}}} \quad (\text{numero di Iribarren})$$

$$N = 1800$$

$$S = 3 \quad (\text{valore ricavato dalla Tabella 13})$$

si ottiene:

$$r = nK_{\Delta} \left( \frac{W}{Wr} \right)^{1/3}$$

$$D_{50} = 4,5 \text{ m} / [(2600 \text{ kg/m}^3 / 1025 \text{ kg/m}^3) - 1] \times 6,2 \times 0,4^{0,18} \times [3 / (1800)^{1/2}]^{0,2} \times [0,25 / (2 \times 3,14 \times 4,5 \text{ m} / 9,81 \text{ m/s}^2 \times 11,8^2 \text{ s}^2)^{1/2}] = 1,25 \text{ m}$$

Da cui usando la formula  $D_{50} = \sqrt[3]{W_{50} / \gamma_s}$  si ricava:

$$W_{50} = 1,25^3 \text{ m}^3 \times 2600 \text{ kg/m}^3 = \sim 5000 \text{ kg}$$

In base ai risultati ottenuti dalle formule di Hudson e di Van Der Meer e in considerazione dello stato attuale delle zone terminali del molo di tramontana, si è deciso di integrare la consistenza della testata esistente con:

- uno strato filtro, tra la mantellata e la scogliera esistente, costituito da massi naturali di 2<sup>a</sup> categoria aventi peso  $2000 \text{ kg} < W < 3000 \text{ kg}$ ;
- una mantellata costituita da uno doppio strato di massi naturali di 3<sup>a</sup> categoria aventi peso  $3000 \text{ kg} < W < 7000 \text{ kg}$ .

#### 5.4.3 Dimensionamento dello spessore della mantellata e dei sottostrati

Lo spessore della mantellata e dello strato filtro, tra la mantellata e la scogliera esistente, può essere determinato tramite la seguente formula:

dove:

$r$  è lo spessore medio dello strato;

$n$  ( $n \geq 2$ ) è il numero di massi della mantellata, compresi nello spessore;

$W$  è il peso dei singoli elementi;

$Wr$  è il peso specifico;

$K_{\Delta}$  è il coefficiente di strato, determinato sperimentalmente, i cui valori sono riportati in *Tabella 14*.

Tipo di elemento	Numero di strati	Collocamento in opera	$K_{\Delta}$	P
Massi naturali:				
a spigoli arrotondati	2	alla rinfusa	1.02	38
a spigoli vivi	2	" "	1.00	37
a spigoli vivi	$\geq 3$	" "	1.00	40
Cubo modificato	2	" "	1.10	47
Tetrapodo	2	" "	1.04	50
Quadripodo	2	" "	0.95	49
Esapodo	2	" "	1.15	47
Tribar	2	" "	1.02	54
Dolos	2	" "	0.94	56
Massi naturali	Granulometria assortita di spessore minimo $\geq 2(W_{50}/\gamma_c)^{1/3}$	" "	--	37

TABELLA 14

Per calcolare lo spessore della mantellata, nella formula precedente si sono utilizzati i seguenti valori:

$$n = 2$$

$$W = 5000 \text{ kg}$$

$$W_r = 2600 \text{ kg/m}^3$$

$$K_{\Delta} = 1$$

da cui si ottiene:

$$r = 2 \times 1 \times (5000 \text{ kg} / 2600 \text{ kg/m}^3)^{1/3} = 2,48 \text{ m}$$

Per calcolare lo spessore dello strato filtro, nella formula precedente si sono utilizzati i seguenti valori:

$$n = 2$$

$$W = 2500 \text{ kg}$$

$$W_r = 2600 \text{ kg/m}^3$$

$$K_{\Delta} = 1$$

da cui si ottiene:

$$r = 2 \times 1 \times (2500 \text{ kg} / 2600 \text{ kg/m}^3)^{1/3} = 1,97 \text{ m}$$

In base ai risultati ottenuti dalla formula utilizzata per il calcolo degli spessori si è deciso di integrare la struttura esistente del molo di tramonta con:

- uno strato filtro, tra la mantellata e la scogliera esistente, di spessore pari a 1,2 m, costituito da un doppio strato di massi naturali di 2<sup>a</sup> categoria aventi peso  $2000 \text{ kg} < W < 3000 \text{ kg}$ ,
- una mantellata di spessore pari a 2,5 m, costituita da uno doppio strato di massi naturali di 3<sup>a</sup> categoria aventi peso  $3000 \text{ kg} < W < 7000 \text{ kg}$ .

#### 5.4.4 *Stima delle portate tracimanti – overtopping*

Un aspetto significativo non trascurabile nel dimensionamento delle opere a gettata è rappresentato dalla quota dell'opera, la cui corretta definizione comporta valutazioni di tipo tecnico, legate all'interazione tra moto ondoso e struttura ed in particolare alla stima dei livelli di affioramento (Run-up) e della tracimazione (Overtopping – superamento dell'opera da parte delle onde), associate a valutazioni di tipo paesaggistico – ambientale, per evitare il raggiungimento di quote eccessive del muro paraonde che possano comprometterne il delicato equilibrio.

L'overtopping è un fenomeno d'interazione onda – struttura che consiste nel superamento dell'opera da parte delle onde. Questo inizia a verificarsi a partire da un certo valore di altezza d'onda e varia con la quota di sommità (creast freeboard) della struttura oltre che con lo stato di mare. In termini di rischio le conseguenze dell'overtopping possono essere di diverse tipologie: pericolo connesso alla salute e salvaguardia della vita umana, danni a natanti e infrastrutture, agitazione residua interna.

Il superamento dell'opera da parte delle onde inizia a verificarsi a partire da determinati valori di altezze d'onda incidente e varia con la quota sommatata oltre che con lo stato del mare. L'accettazione o meno della tracimazione dipende dalle funzioni svolte immediatamente a tergo dall'opera a gettata e dalla presenza di attrezzature o strutture in si svolgono attività. È prassi distinguere la possibilità di una tracimazione di una diga a gettata per la condizione di normale esercizio delle funzioni proprie della struttura (difesa del porto) da quella per le condizioni di mare estreme che potrebbero provocare danni alle installazioni permanenti disposte a tergo, come nel caso in esame in cui è previsto il posizionamento di un pontile galleggiante lungo lo sviluppo del Molo di Tramontana.

Il fenomeno della tracimazione si caratterizza inoltre per la non uniformità della portata tracimante, sia nello spazio che nel tempo.

Per quanto riguarda l'individuazione dei limiti ammissibili di tracimazione, il CEM (Coastal Engineering Manual) ha effettuato una sintesi che si riporta nella *Tabella 15* di seguito riportata.

m <sup>3</sup> /s per m		litri/s per m					
Sicurezza del traffico			Sicurezza strutturale				
	Veicoli	Pedoni	Costruzioni	Difese di argini	Dighe coperte da coperte da vegetazione	Rivestimenti di terrapieni	
10 <sup>0</sup>							1000
10 <sup>-1</sup>	Assenza di sicurezza a qualsiasi velocità	Molto pericoloso	Danni alla struttura	Danni anche se interamente protetti	Danni	Danni anche per lungomari pavimentati	200
						Danni per lungomari non pavimentati	100
							50
10 <sup>-2</sup>				Danni se la scarpa a tergo non è protetta			20
				Danni se la cresta non è protetta			10
10 <sup>-3</sup>							2
10 <sup>-4</sup>	Da escludere il parcheggio ovunque	Pericoloso per opere coperte da vegetazione e per le dighe a berma orizzontale				Nessun danno	
		Pericoloso per opere a parete					
10 <sup>-5</sup>	Da escludere il parcheggio per dighe a parete verticale	Percorso					0.03
		difficoltoso ma					Nessun danno
10 <sup>-6</sup>	Non percorribile con sicurezza alle alte velocità	non pericoloso	Qualche danno alle opere accessorie				0.01
10 <sup>-7</sup>	Percorribile con sicurezza a tutte le velocità	Percorso bagnato non difficoltoso	Nessun danno				0.001

TABELLA 15

Il calcolo dell’overtopping è stato condotto per la sezione T2 del molo di tramontana, riportata in *Figura 50*.

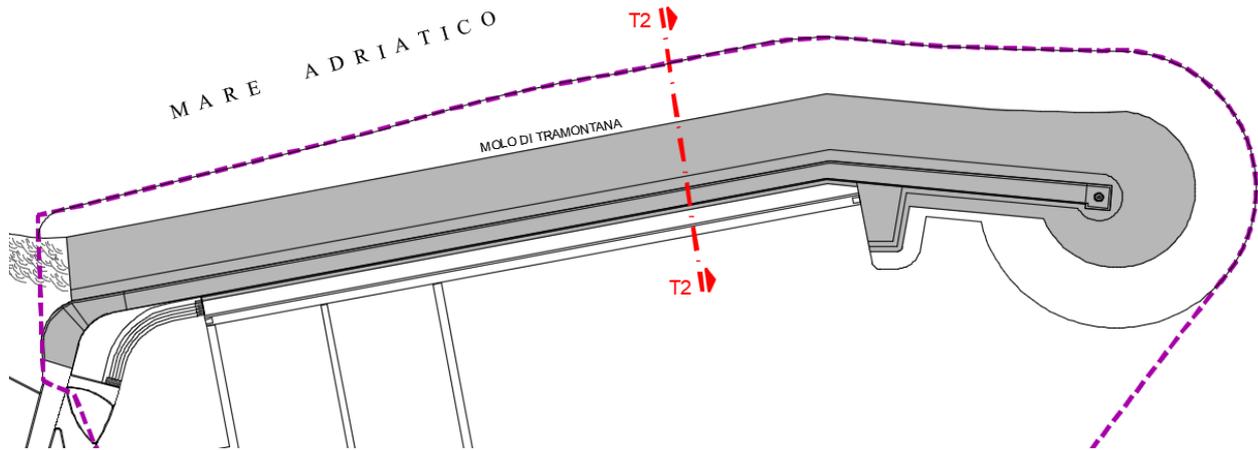


FIGURA 50

Nella sezione T2 è stata calcolata l'onda che determina la portata media di tracimazione di 1 l/s per metro.

Nelle aree destinate alla presenza di pedoni risulta necessario condurre un accurato studio delle portate di sormonto possibili per definirne la compatibilità con l'utilizzo delle aree retrostanti il Molo di Tramontana.

È noto che la determinazione di tali portate sia possibile in modo accurato solo a seguito di prove di laboratorio. Tuttavia, nella presente relazione si vuole fornire un'indicazione di massima sulla base di quanto riportato nel manuale EurOtop, che rappresenta oggi lo strumento forse più avanzato nella stima della tracimazione ondosa, tenendo conto di una serie di parametri necessari a rappresentare sia lo stato del mare che le caratteristiche della struttura *Figura 51*.

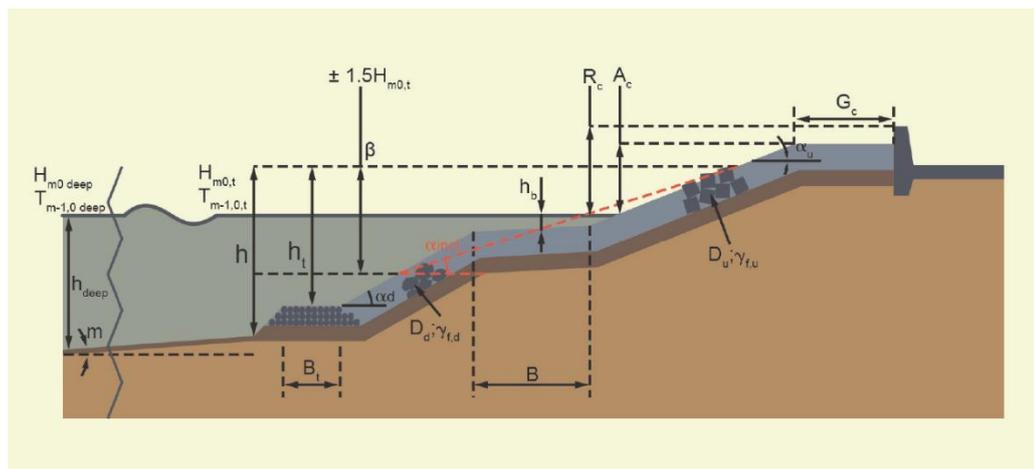


FIGURA 51

In particolare, la portata per unità di lunghezza può essere determinata dalla relazione:

$$q = 0,2 \sqrt{g H_s^3} \exp \left( -2,3 \frac{R_c}{H_s \gamma_\beta \gamma_f} \right)$$

in cui:

$R_c$  è la quota di coronamento sul livello medio del mare;

$H_s$  è l'altezza d'onda significativa al piede della struttura;

$\gamma_f$  è il fattore di correzione dovuto alla scabrezza della parete, che per il caso di mantellata realizzata in massi naturali può essere assunto pari a 0,6;

$\gamma_\beta$  è il fattore di correzione dovuto all'incidenza del moto ondoso, che per la valutazione della portata di sormonto può essere definito dalla relazione:

$$\gamma_\beta = \begin{cases} 1 - 0,0033 |\beta| & \text{per } 0 \leq \beta \leq 80^\circ \\ 0,736 & \text{per } \beta > 80^\circ \end{cases}$$

in cui  $\beta$  è l'angolo formato tra la normale alla struttura e la direzione di propagazione del moto ondoso in prossimità della stessa, che nel presente caso è posto pari a 0.

Per calcolare la portata per unità di lunghezza, nella formula precedente si sono utilizzati i seguenti valori:

$$R_c = 5,13 \text{ m}$$

$$H_s = 4,5 \text{ m (con un tempo di ritorno di 5 anni)}$$

$$\gamma_f = 0,6$$

$$\beta = 0$$

$$\gamma_\beta = 1$$

da cui si ottiene:

$$q = 0,2 \sqrt{9,81 \text{ m/s}^2 \times 4,5^3 \text{ m}^3} \exp\left(-2,3 \frac{5,13 \text{ m}}{4,5 \text{ m} \times 1 \times 0,6}\right) = 0,08 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Per il presente studio è stata valutata l'entità della tracimazione indotta da un'onda di altezza 4,5 m (attesa con un tempo di ritorno di ~ 5 anni) su un muro paraonde di altezza pari a + 5,13 m sul l.m.m.. In tali condizioni si ottiene un valore di  $q$  pari a 80 l/s per metro di struttura, che comporta rischi per le persone e per i natanti. Dell'analisi dei valori di tracimazione, si dovrà tenere in debito conto in fase di regolamentazione dell'accesso pedonale alle zone immediatamente a tergo del Molo di Tramontana. In condizioni meteo marine avverse, l'accesso al molo e ai pontili sarà totalmente interdetto e saranno date specifiche raccomandazioni di attracco, al fine di garantire la salute e la salvaguardia della vita umana ed evitare danni alle imbarcazioni.

Un netto miglioramento del problema tracimazione potrebbe essere ottenuto elevando ad un'altezza superiore ai + 6 m sul l.m.m. la quota sommitale del muro paraonde. Tuttavia, nel rispetto delle quote indicate nel progetto preliminare, si è ritenuto opportuno conservare la quota di + 5,13 m sul l.m.m. del muro paraonde e intervenire contestualmente su un irrobustimento della mantellata lato mare del molo di Tramontana. Pertanto la nuova sezione del molo prevede la creazione di una berma alla base della mantellata e l'innalzamento della stessa fino alla quota del muro paraonde, in tal modo si ritiene che il fenomeno tracimazione sia molto limitato sia nel tempo sia nell'entità.

## 6. BANCHINE

Le banchine saranno realizzate mediante la tipologia a massi sovrapposti in calcestruzzo cementizio di forma parallelepipedica, imbasata, su uno scanno in pietrame di spessore pari a 0,5 m posizionato a quota pari a (Figura 52):

- - 2,00 m sotto il l.m.m. in corrispondenza della banchina a sud (sez. B2-B2);
- - 2,50 m sotto il l.m.m. lungo la banchina che si sviluppa ad ovest (sez. B1-B1);
- - 3,00 m sotto l.m.m. nella zona a sud-est del bacino portuale (sez. B3-B3).

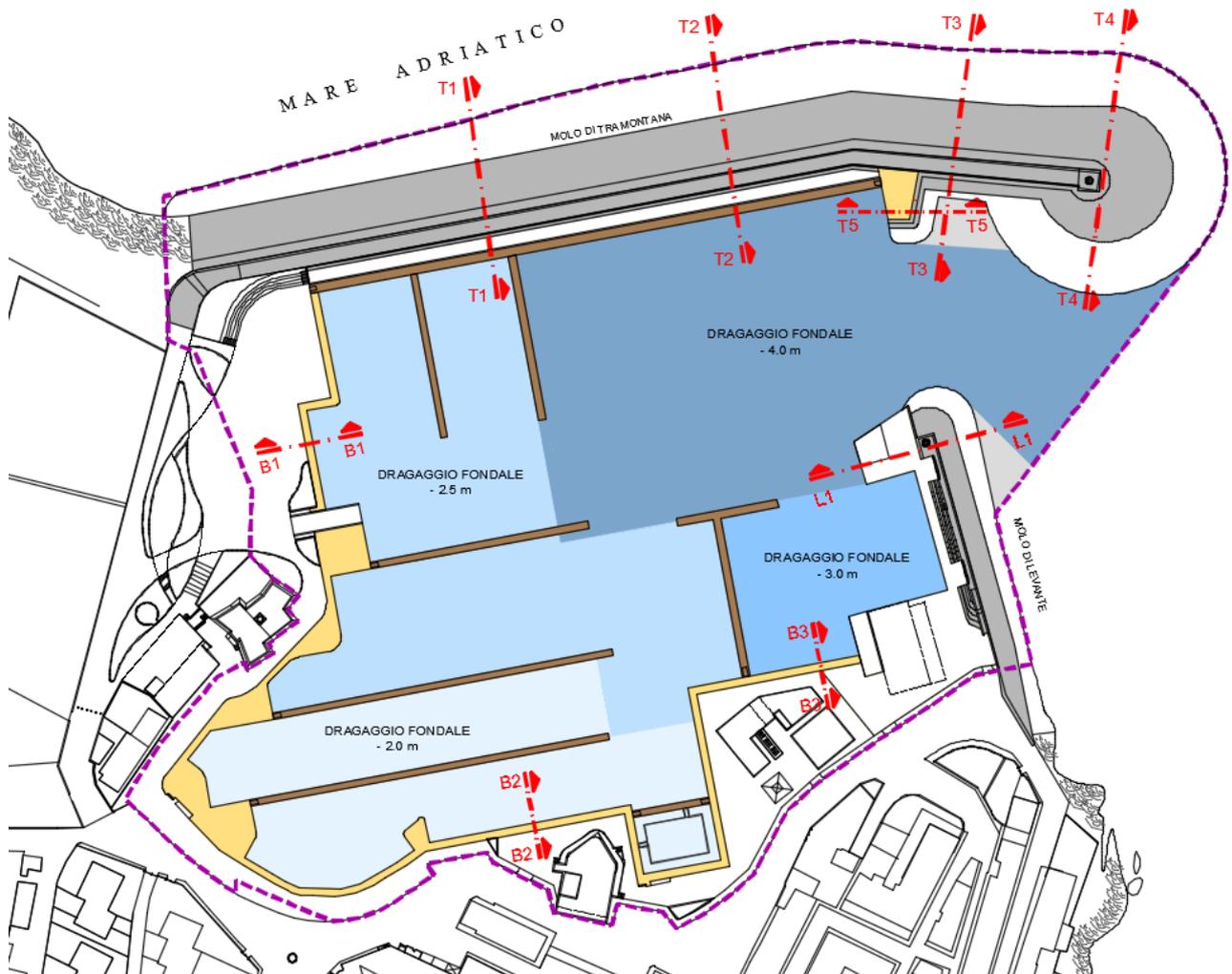


FIGURA 52

Il piano di banchina si trova a quota 1,00 m al di sopra del l.m.m. per tutto il suo sviluppo, pari a circa 570 m, ed è così distinto:

- la parte a sud, imbasata a -2,00 m sotto il l.m.m. (Figura 53), si sviluppa per una lunghezza di circa 310 m;

- la parte ad ovest, imbasata a -2,50 m sotto il l.m.m. (Figura 54), si estende per una lunghezza di circa 240 m;
- la piccola zona al limite sud-est, imbasata a -3,00 m sotto il l.m.m. (Figura 55), si sviluppa per una lunghezza di circa 20 m.

La banchina è costituita da massi sovrapposti di diverse dimensioni ed è completata mediante un getto di coronamento di spessore pari a 0,10 m. È stato posizionato un masso prefabbricato in calcestruzzo di maggiori dimensioni alla base, per garantire maggiore stabilità della struttura, ed è stato predisposto per tutta la lunghezza della banchina un cavedio ispezionabile di larghezza pari a 0,80 m e di altezza pari a 0,60 m, in corrispondenza del masso più superficiale, per il passaggio degli impianti.

Le banchine saranno corredate da sistemi di ormeggio e colonnine di servizio per i natanti e sul perimetro delle banchine saranno previsti parabordi continui.

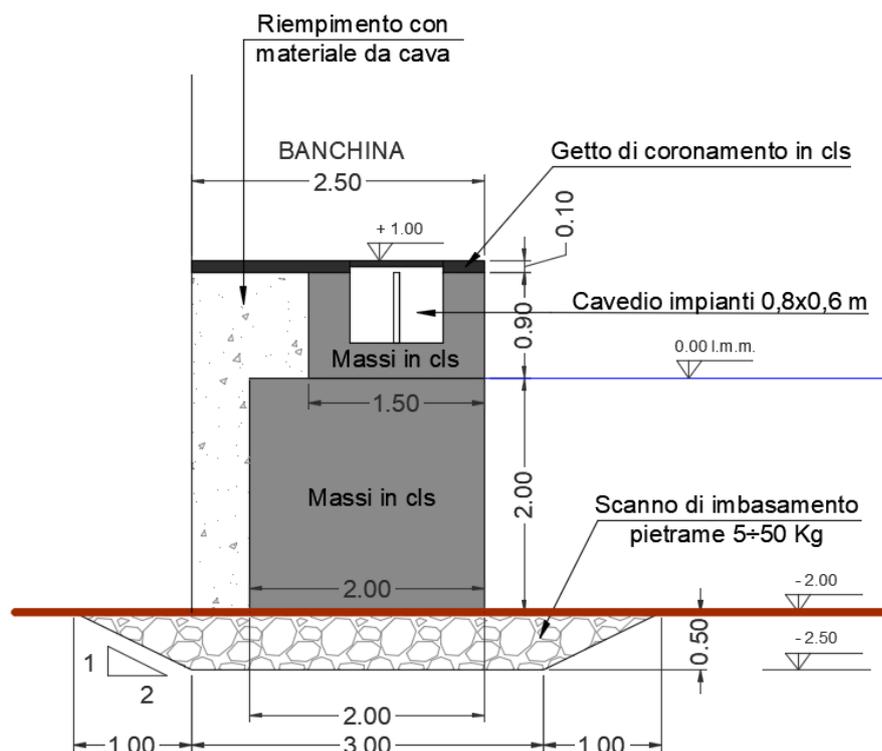


FIGURA 53

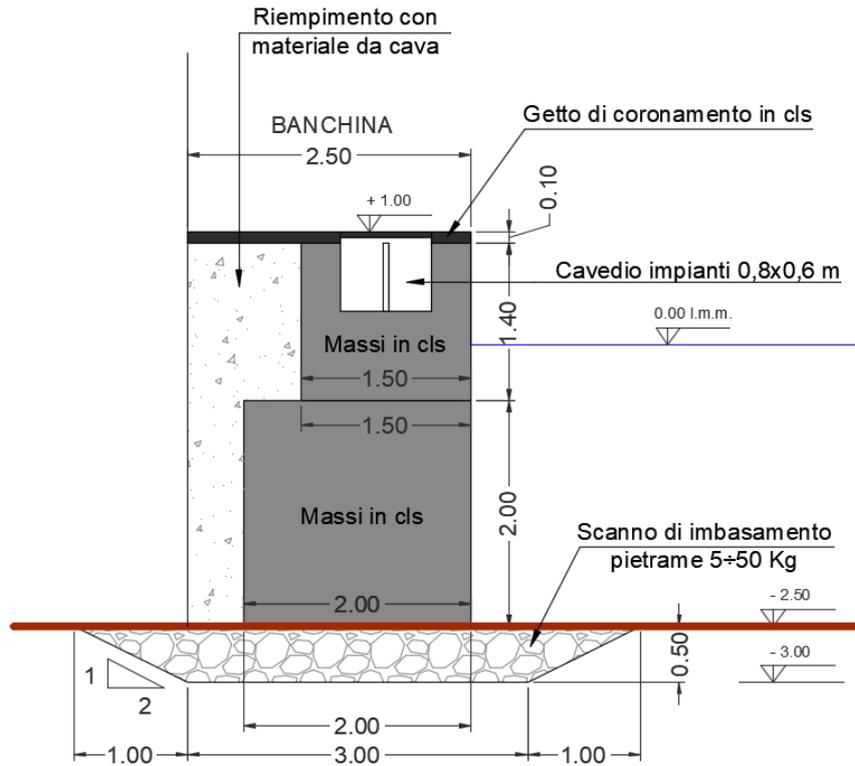


FIGURA 54

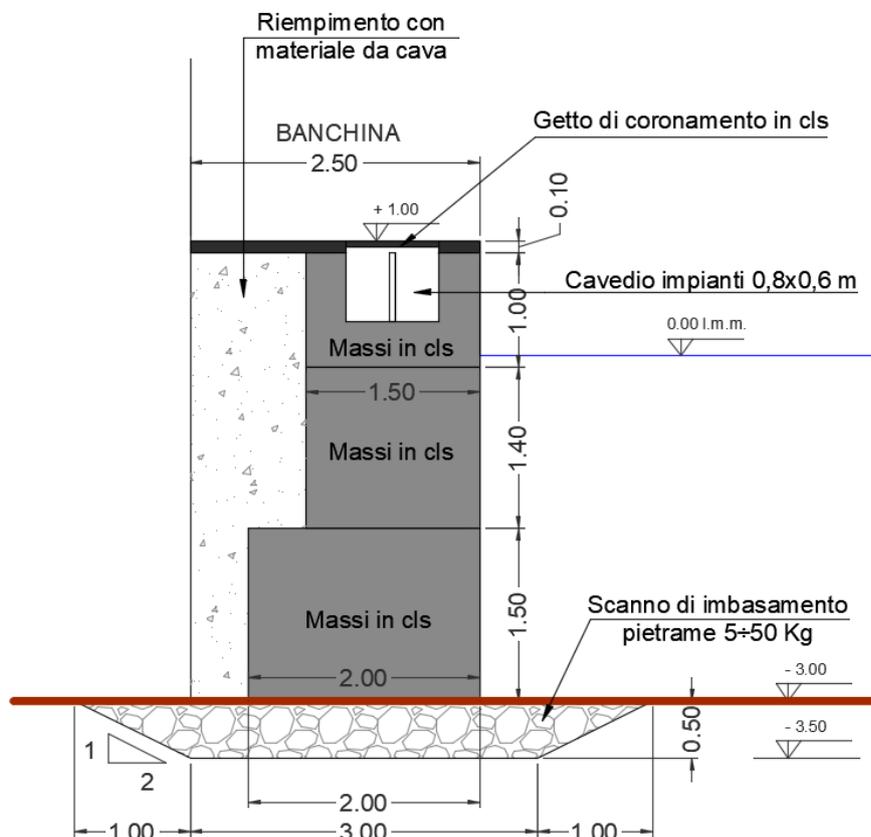


FIGURA 55

## 7. PONTILI

Il progetto propone che i pontili di ormeggio vengano realizzati con pontili galleggianti, facilmente rimovibili e che non richiedono la costruzione di pesanti strutture fisse.

La soluzione progettuale prevede la possibilità di ormeggio di una flotta di 398 unità secondo la ripartizione descritta nella *Tabella 16*.

FLOTTA TIPO			
cat.	dim.stalli	quantità	
a	7.00 x 2.50	166	n° posti barca di tipo a
b	8.50 x 3.00	107	n° posti barca di tipo b
c	11.50 x 4.00	85	n° posti barca di tipo c
d	13.00 x 4.50	13	n° posti barca di tipo d
e	18.00 x 5.50	27	n° posti barca di tipo e
totale		398	
<p>N.B. La flotta è comprensiva dei posti per natanti capitaneria e/o guardia costiera, carabinieri e polizia, indicati con ★ La flotta è comprensiva dei posti per natanti per traghetti indicati con # E' anche comprensiva dei pescherecci con approdo sulla banchina H (n.10 tipo C)</p>			

**TABELLA 16**

La prevalenza di imbarcazioni di medie dimensioni è certamente compatibile con il bacino di utenza di Villanova, e con i servizi a terra previsti nel presente progetto.

Fra le imbarcazioni che costituiscono la flotta di progetto sono da annoverare quelle da pesca (per le quali sono stati riservati posti barca in numero maggiore rispetto alle imbarcazioni attualmente presenti nel porto) e quelle destinate ai servizi di polizia e sicurezza (Guardia Costiera, Carabinieri, ecc.). La allocazione della flotta peschereccia è prevista nella zona della darsena a ridosso del molo di levante: in particolare, sono previsti 10 posti barca del tipo “c” (stalli fino a 11,5 m). La zona, risulta facilmente raggiungibile per il tramite della viabilità interna carrabile, senza interferenze con i movimenti dei diportisti. È prevista, inoltre, la realizzazione di un opportuno impianto di illuminazione per le operazioni notturne, una serie di colonnine per la fornitura di acqua potabile e un servizio dedicato per lo scarico delle acque nere e di sentina.

### 7.1 Pontili galleggianti

In progetto sono previsti pontili prefabbricati modulari del tipo galleggiante (*Figura 56*) di tre larghezze: 2,00 m, 2,40 m (quelli di maggiori dimensioni saranno utilizzati per l'ormeggio delle

imbarcazioni più grandi) e 2,70 m (per il pontile che si sviluppa parallelamente al lato interno del molo di Tramontana).



**FIGURA 56**

Tali pontili avranno un'altezza a secco di circa 0,80 m, ripartiti in un affioramento a vuoto pari a circa 0,65 m (al fine di agevolare l'imbarco e lo sbarco dalle imbarcazioni ivi previste) e un'immersione pari a circa 0,15 m. I pontili di larghezza pari a 2,70 m avranno una portata utile pari a circa 300 kg/mq, mentre quelli di larghezza inferiore avranno una portata pari a circa 230 kg/mq. Saranno utilizzati pontili galleggianti di estrema robustezza, quelli di larghezza da 2,70 m e 2,40 m saranno progettati per l'ormeggio di imbarcazioni fino alla VIII classe (dimensione massima posto barca 23,50 m x 6,00 m a fronte di quella massima prevista in progetto pari a 18,00 m x 5,50 m) in modo tale da garantire, anche nelle condizioni meteo marine più avverse, massima tenuta, sicurezza e affidabilità; quelli di larghezza pari a 2,00 m saranno progettati per l'ormeggio di imbarcazioni fino alla V classe (dimensione massima posto barca 13,00 x 4,40 m a fronte di quella massima prevista in progetto pari a 11,50 m x 4,00 m) (*Tabella 17*).

Classe	Lunghezza barche $L$ (m)	Larghezza barche $l$ (m)	Dimensioni posto barca (m)
I	$L < 5,0$	1,80	5,5 × 2,2
II	$5,0 \leq L < 6,5$	2,30	7,0 × 2,8
III	$6,5 < L \leq 8,0$	2,80	9,0 × 3,30
IV	$8,0 < L \leq 10,0$	3,30	11,0 × 3,8
V	$10,0 < L \leq 12,0$	3,80	13,0 × 4,4
VI	$12,0 < L \leq 15,0$	4,50	16,0 × 5,2
VII	$15,0 < L \leq 18,0$	5,20	19,5 × 5,6
VIII	$18,0 < L \leq 22,0$	5,80	23,5 × 6,0
IX	$22,0 < L \leq 26$	6,30	28 × 7,5
X	$26,0 < L \leq 30$	6,80	32,5 × 8,0

TABELLA 17

I pontili saranno predisposti per l'alloggio delle canalizzazioni idriche ed elettriche e avranno forma e disposizione tale da assicurare, unitamente ad una efficiente stabilità, il rapido smorzamento delle oscillazioni impresse dal moto ondoso che potrebbe determinarsi nel bacino.

Il piano di calpestio sarà realizzato con doghe in resina “simil-teak”, sostenute da travi in lega di alluminio e fissate con viti inox. Sarà quindi estremamente semplice smontare e rimontare le doghe per poter accedere all'impiantistica sottostante.

Gli elementi modulari galleggianti saranno dotati di doppia fila di parabordi sui lati lunghi, costituiti da elementi stampati ad iniezione, in polipropilene copolimero o altra resina poliolefinica, additivati con filtri U.V., per la resistenza alla luce solare, ed elastomero, per migliorare la resistenza agli urti, e fissati al telaio mediante due bulloni. La forma lineare e liscia e la continuità permetteranno di proteggere perfettamente dai colpi sia i pontili che le imbarcazioni.

Ogni modulo sarà corredato di opportuni anelli di ormeggio in acciaio stampato a caldo ricavati in un unico pezzo senza saldatura di giunzione, zincati a caldo per immersione e fissati al telaio del modulo galleggiante mediante bulloni.

L'ancoraggio dei pontili galleggianti, che consentirà di tenere in posizione i pontili e assorbire le azioni orizzontali su di essi agenti (ormeggio, urti laterali, vento, moto ondoso), avverrà mediante pali-guida verticali, di diametro 0,20 m, infissi nel fondale marino, di altezza fuori acqua variabile in funzione delle oscillazioni del livello medio marino e collegati ai pontili tramite anelli guida, fissati ai pontili, che ne consentono lo scorrimento verticale (*Figura 57*).



**FIGURA 57**

La tipologia individuata in progetto per i pontili galleggianti fornisce, a fronte di un costo iniziale non molto più elevato rispetto ad altre diverse soluzioni, indubbi vantaggi in relazione alla maggiore durabilità ed alla quasi assoluta mancanza di manutenzione. Inoltre, la semplicità e la rapidità di assemblaggio permettono, laddove fosse necessario, anche spostamenti delle strutture già installate. La forma dei galleggianti e la portata utile scelta (maggiore di quelle solitamente offerte per queste tipologie) assicurano anche dei livelli di affondamento minore sotto carico e quindi maggiore stabilità, a tutto vantaggio del comfort dell'utenza.

#### *7.1.1 Pontili galleggianti di larghezza 2,70 m e 2,40 m*

Il pontile galleggiante di larghezza pari a 2,70 m e lunghezza totale pari a circa 187 m, che si sviluppa parallelamente al molo di tramontana, nonché i tre pontili galleggianti di larghezza pari a 2,40 m e lunghezza totale pari a circa 210 m saranno costituiti da moduli galleggianti la cui struttura portante sarà formata da travi correnti in profilato IPE 240, testate in UNP 240 e traverse e diagonali di irrigidimento.

Ogni telaio sarà provvisto di n. 4 golfari di ancoraggio realizzati mediante tondo pieno di acciaio Ø 35 mm, sagomati a caldo a forma di omega, saldati direttamente al telaio e protetti contro la corrosione marina a mezzo di zincatura a caldo conformemente alla norma EN ISO 1461.

Il collegamento tra gli elementi contigui del pontile sarà costituito da ginocchiere in acciaio con un carico di rottura di 790 kN (80 tonnellate) e lavoranti su cuscinetti di poliammide caricato con fibre di vetro, additivato con apposito lubrificante.

Il galleggiamento sarà assicurato da elementi flottanti in resina poliolefinica, stampati per iniezione, saturati con nucleo di polistirolo espanso a cellula chiusa, autoestinguento con marcatura CE secondo Direttive Europee e Regolamenti applicabili, assemblati a mezzo di travette in lega marina in gruppi di 4 unità.

### *7.1.2 Pontili galleggianti di larghezza 2,00 m*

I tre pontili galleggianti di larghezza pari a 2,00 m e lunghezza totale pari a circa 280 m saranno costituiti da moduli galleggianti la cui struttura portante sarà formata da travi correnti in profilato IPE 180, testate in UNP 180 e traverse e diagonali di irrigidimento.

Ogni telaio sarà provvisto di n. 4 golfari di ancoraggio realizzati mediante tondo pieno di acciaio Ø 25 mm, sagomati a caldo a forma di omega, saldati direttamente al telaio e protetti contro la corrosione marina a mezzo di zincatura a caldo conformemente alla norma EN ISO 1461.

Il collegamento tra gli elementi contigui del pontile sarà costituito da ginocchiere in acciaio con un carico di rottura di 590 kN (60 tonnellate) e lavoranti su cuscinetti di poliammide caricato con fibre di vetro, additivato con apposito lubrificante.

Il galleggiamento sarà assicurato da elementi flottanti in resina poliolefinica, stampati per iniezione, saturati con nucleo di polistirolo espanso a cellula chiusa, autoestinguento con marcatura CE secondo Direttive Europee e Regolamenti applicabili, assemblati a mezzo di travette in lega marina in gruppi di 3 unità.

## **7.2 Passerelle di collegamento**

L'accesso dalla banchina ai pontili galleggianti, il cui piano di calpestio è situato più in basso, avverrà tramite passerelle prefabbricate di lunghezza pari a 3 m e larghezza 1,50 m, con portata utile pari a 200 kg/mq.

Queste saranno realizzate con un telaio costituito da due longheroni di profilato tubolare d'alluminio. Il piano di calpestio antisdrucchiolo sarà realizzato con elementi di polipropilene antiscivolo, atossico, antimicotico, resistente alla polluzione marina e agli idrocarburi; dovrà, inoltre, risultare inerte alle radiazioni solari e sarà quindi a manutenzione praticamente nulla.

Il fissaggio alla banchina avverrà con due cerniere realizzate con perni in acciaio inox montati su anelli in nylon antiusura. L'altra estremità verrà appoggiata sul pontile mediante due rulli in polietilene montati su perni in acciaio inox e con lamiera di rotolamento in alluminio fissata sul

pontile. I parapetti, disposti su entrambi i lati della passerella, saranno in acciaio inox, di forma di tubulare e di altezza 1,10 m.

### **7.3 Piazza sul mare e vecchio pontile**

Sul lato sud del porto è prevista la realizzazione di una “piazza sul mare” ovvero di una piattaforma galleggiante a cui avranno libero accesso i fruitori del porto e fungerà anche da spazio all’aperto per il ristorante adiacente. Sarà collegata tramite passerella alla banchina, il cui piano di calpestio è posto più in alto, e sempre mediante passerella, posta stavolta a parità di quota, a un pontile galleggiante, di larghezza 2,00 m e lunghezza 25 m, progettato per l’ormeggio di imbarcazioni fino alla V classe e avente una portata pari a circa 230 kg/mq.

La piazza sarà realizzata mediante l’accostamento di n. 7 pontili prefabbricati modulari del tipo “galleggiante” di larghezza pari a 2,7 m, per un lunghezza totale di circa 19 m e una larghezza di circa 13 m, raggiungendo quota + 0,65 m sul l.m.m.