

001	Marzo 2020	PRIMA EMISSIONE	Ing. ....	Ing. ....	Arch. ....	Arch. ....
Revisione	Data	Oggetto revisione	Redatto	Redatto	Verificato	Approvato

COMUNE DI GENOVA



<p><b>AREA RISORSE TECNICO OPERATIVE</b></p>	<p>Direttore</p> <p>Ing. Stefano PINASCO</p>
--	--

DIREZIONE INFRASTRUTTURE E DIFESA DEL SUOLO	Direttore Ing. Stefano PINASCO
---	--------------------------------------

	Direttore
--	-----------

CAPO PROGETTO	...	RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO	<b>Ing. Stefano PINASCO</b>
------------------	-----	------------------------------------	-----------------------------

<b>RAGGRUPPAMENTO:</b>  <b>Capogruppo / Mandataria</b>  <b>STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI</b>  <b>Mandanti</b> <b>INJECTOSOND ITALIA S.R.L.</b> <b>PRINCIPE S.R.L.</b> <b>ARAN PROGETTI S.R.L.</b> <b>Simone Parodi Ingegnere</b>	Computi metrici e Capitolati
	Rilievi
	Coordinatore per la sicurezza (in fase di Progettazione)
	Studi Geologici
	Relazione Paesaggistica
	---

Intervento/Opera Adeguamento funzionale del molo di protezione e delle banchine del Porticciolo di Nervi, in Comune di Genova, al fine della stabilizzazione del fondale del paraggio in corrispondenza del porticciolo stesso <b>OPERE DI I STRALCIO</b> Scogliera soffolta, rifioritura scogliera	Municipio <b>LEVANTE</b>		<b>IX</b>
	Quartiere ...		<b>-</b>
	Serie tavole ...		
Oggetto dell'elaborato  <b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	N° prog. tav. ...	N° tot. tav. ...	
	Scala ...	Data ...	

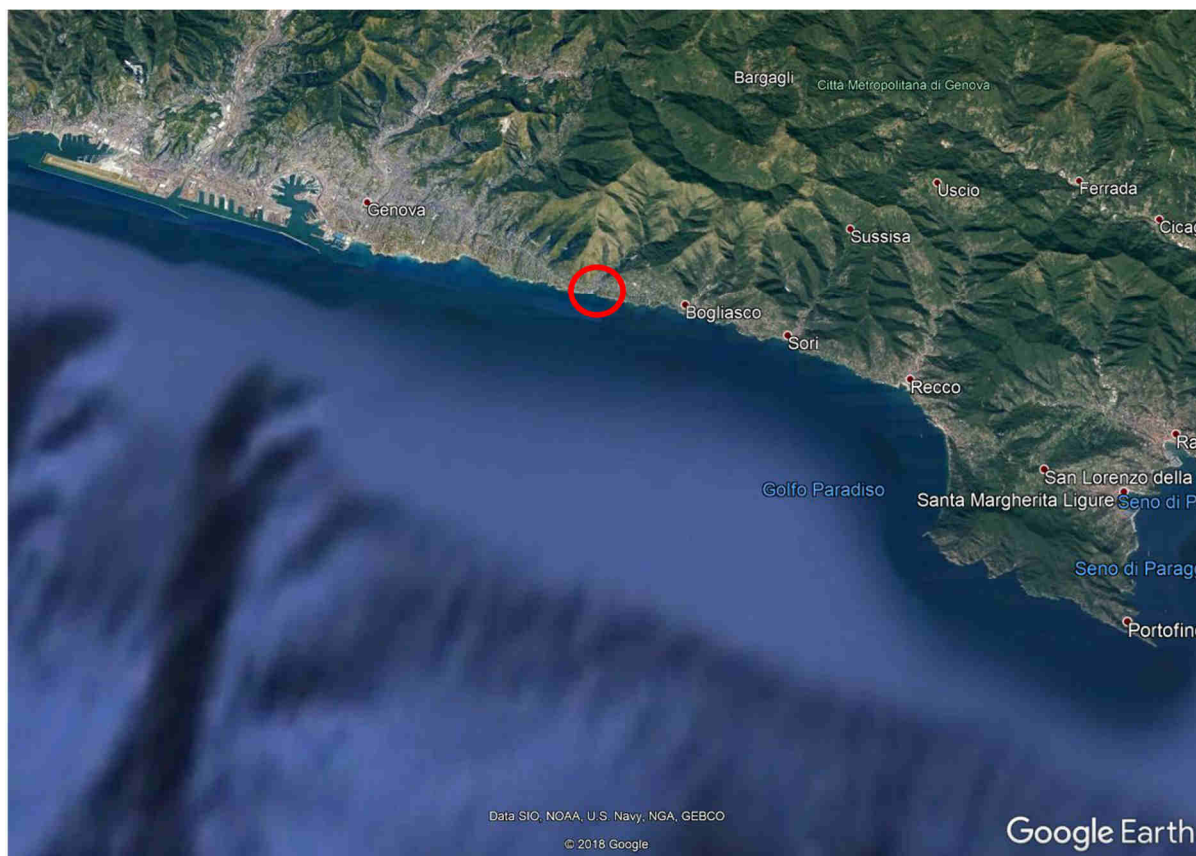
Livello progettazione	ESECUTIVO	ARCHITETTONICO/STRTTURALE		Tavola N°
Codice MOGE ---	Codice PROGETTAZIONE ---	Codice OPERA ---	Codice ARCHIVIO ---	

## SOMMARIO

1	Introduzione .....	1
1.1	Scopo del progetto ed interventi previsti.....	1
2	Caratterizzazione geotecnica del sito .....	4
3	Stratigrafia e parametri geotecnici di progetto.....	6
4	Verifiche geotecniche .....	7
4.1.1	Verifica di stabilità globale (SLU).....	7

# 1 INTRODUZIONE

Il Porticciolo di Nervi è situato in corrispondenza dell'insenatura naturale presente allo sbocco del torrente Nervi in Comune di Genova.



*Figura 1 Ubicazione del Porticciolo di Nervi*

## 1.1 Scopo del progetto ed interventi previsti

Il progetto definitivo commissionato dall'Amministrazione Comunale riguarda gli interventi necessari a risolvere le seguenti problematiche che da tempo affliggono l'area del porticciolo di Nervi:

- l'agitazione interna in occasione delle mareggiate più intense, è particolarmente notevole, tanto da indurre la tracimazione del muro di sostegno della via Caboto, con il conseguente

RTP STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI (Mandataria/Capogruppo) –  
INJECTOSOND ITALIA S.r.l. – PRINCIPE S.r.l. – ARAN PROGETTI S.r.l. – SIMONE  
PARODI INGEGNERE(Mandanti)

allagamento dei locali posti al piano terra degli edifici prospicienti che per la maggior parte ospitano esercizi commerciali;

- l'erosione della spiaggia a valle di via Caboto, conseguente alle cause di cui al punto precedente;
- l'insabbiamento del bacino portuale conseguente, a quanto viene riferito, ai ripascimenti delle spiagge del levante cittadino. Insabbiamento costituito da materiale di granulometria finissima (sabbie limose e limi) fluitati dalle mareggiate provenienti dal terzo quadrante.

Gli interventi previsti a tal fine nel progetto definitivo comprendono:

- salpamento dell'esistente cordonatura in new jersey di calcestruzzo presente sul fondale a levante dell'imboccatura portuale e di scogli al piede della falesia a levante del canale;
- realizzazione di una scogliera soffolta a mare dell'esistente molo frangiflutti su fondale di circa -8,00 m l.m.m con berma a quota -3,00 m l.m.m. di larghezza 6,00 m., nel tratto antistante il molo frangiflutti esistente e con berma a quota -4,00 m l.m.m. di larghezza 8,00 m, nel tratto in corrispondenza dell'imboccatura portuale;
- riprofilatura della scogliera di protezione del molo esistente tramite l'allargamento della berma di sommità e la rifioritura della scarpata a mare;
- realizzazione di un pontile in testata del molo frangiflutti a servizio dei battelli turistici;
- realizzazione di una struttura a giorno con caratteristiche antiriflettenti, in adiacenza all'esistente muro di banchina a sostegno del piazzale di levante, attualmente adibito a deposito imbarcazioni, con sviluppo di circa 48 m lungo il muro stesso;
- realizzazione di una soglia di protezione al piede della spiaggia e successivo ripascimento della spiaggia stessa con materiale grossolano di fiume al fine di evitarne l'erosione da parte del moto ondoso incidente, sia pur modesto secondo le previsioni.



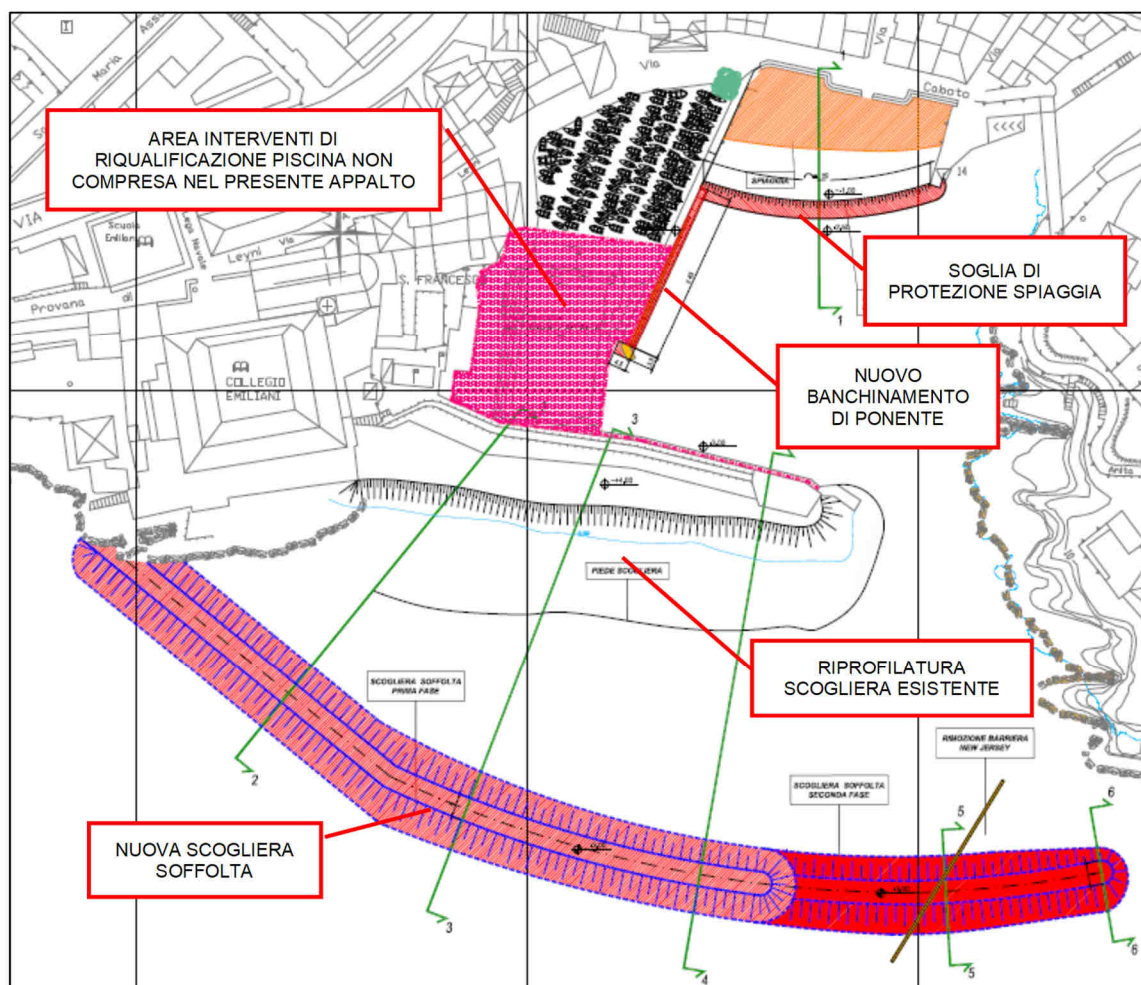


Figura 2 Schema planimetrico degli interventi previsti nel progetto definitivo

**Il presente progetto esecutivo relativo alle opere di I Stralcio prevede i seguenti interventi:**

- il salpamento dell'esistente cordonatura in new jersey di calcestruzzo posta a levante dell'imboccatura portuale;
- la realizzazione della una scogliera soffolta a mare dell'esistente molo frangiflutti;
- la rifioritura dell'esistente scogliera di protezione del molo frangiflutti.

RTP STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI (Mandataria/Capogruppo) –  
 INJECTOSOND ITALIA S.r.l. – PRINCIPE S.r.l. – ARAN PROGETTI S.r.l. – SIMONE  
 PARODI INGEGNERE(Mandanti)

## 2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

Ai fini della caratterizzazione geotecnica del terreno di fondazione, l'Amministrazione Comunale ha messo a disposizione dei progettisti degli interventi in oggetto la relazione geologica redatta dall'Amministrazione stessa nell'ambito del progetto di riqualificazione dell'area dell'esistente piscina ormai dismessa.

Le nuove opere e gli interventi di adeguamento di quelle già esistenti sono situate in parte in adiacenza all'area della piscina, mentre la restante parte risulta posta a distanza comunque molto ridotta dalla stessa e pertanto la perizia geologica fornita dall'Amministrazione, allegata al presente progetto, è senza dubbio da ritenersi esaustiva ai fini del presente progetto, tenuto conto anche della ridotta dimensione delle opere e degli interventi di adeguamento previsti e dell'entità molto limitata dei carichi di esercizio.



Figura 3 Indicazione delle aree di intervento

RTP STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI (Mandataria/Capogruppo) –  
INJECTOSOND ITALIA S.r.l. – PRINCIPE S.r.l. – ARAN PROGETTI S.r.l. – SIMONE  
PARODI INGEGNERE(Mandanti)

La relazione geologica messa a disposizione dall'Amministrazione Appaltante riporta alcune indagini geognostiche comprendenti n. 4 sondaggi eseguiti nell'area della piscina con prove SPT e n. 2 prove sismiche HVSr.

### 3 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Sulla base dei sondaggi disponibili si assume la stratigrafia di progetto riassunta di seguito

- Fondale marino: sabbia e ghiaia in matrice limosa argillosa fino a quota -9 circa
- Substrato roccioso: calcare marnoso compatto a partire dalla quota -9 circa

Tenendo conto che le opere a progetto sono tutte previste con fondazione di tipo diretto, sulla base delle prove SPT effettuate e di quanto riportato nella usuale bibliografia tecnica, ai fini progettuali si assumono, in via cautelativa, i seguenti parametri geotecnici del terreno naturale di fondazione:

Fondale marino: fino a quota -9,00 m l.m.m.

$$\gamma' = 9 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = 30^\circ$$

## 4 VERIFICHE GEOTECNICHE

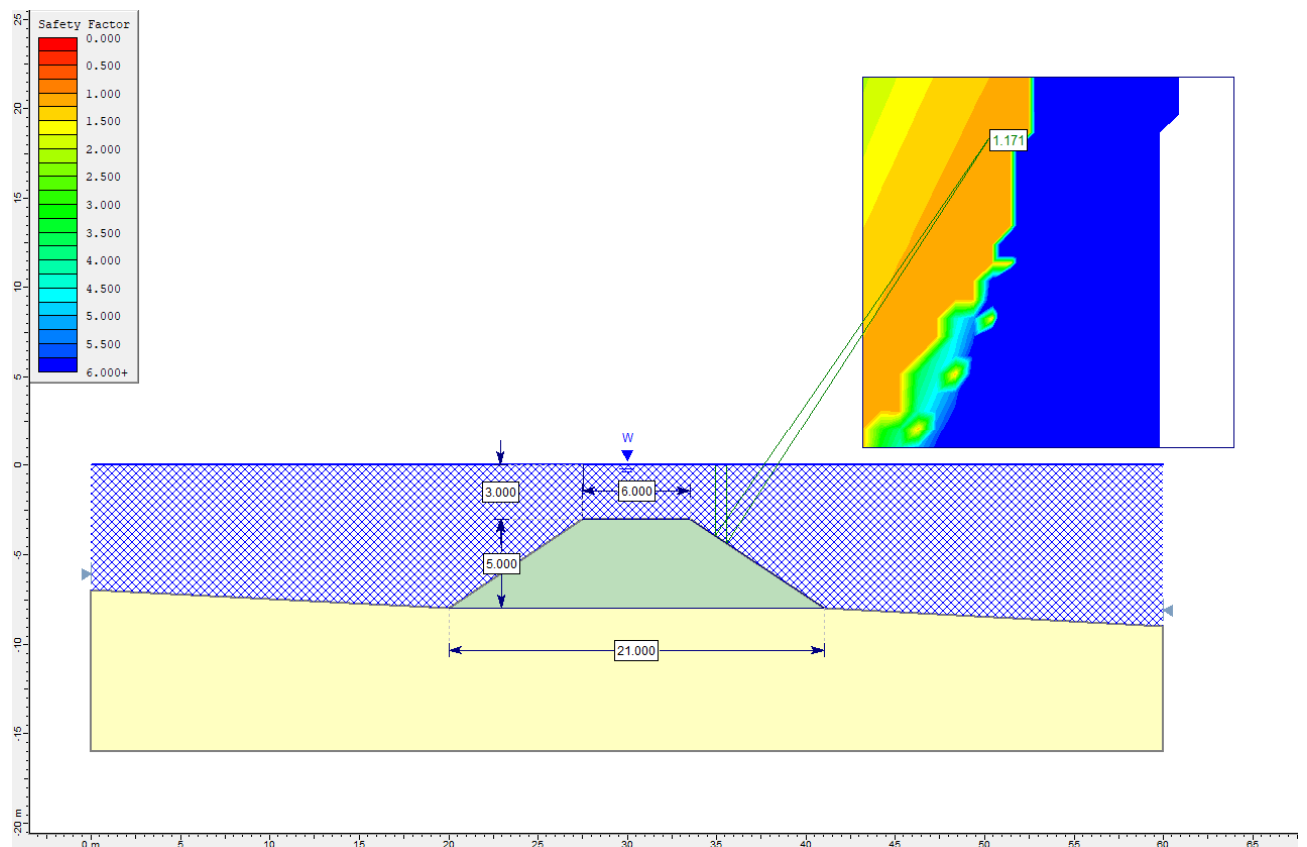
### 4.1.1 Verifica di stabilità globale (SLU)

La verifica di stabilità globale della scogliera soffolta viene eseguita assumendo il peso di volume immerso del materiale costituente il nucleo e la mantellata (scogli naturali) e l'angolo di attrito interno:

$$\gamma' = 9 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = 38^\circ$$

Di seguito si riporta la verifica effettuata utilizzando un apposito programma di calcolo (Slide):



Il coefficiente di sicurezza per la superficie di scorrimento critica risulta

RTP STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI (Mandataria/Capogruppo) –  
INJECTOSOND ITALIA S.r.l. – PRINCIPE S.r.l. – ARAN PROGETTI S.r.l. – SIMONE  
PARODI INGEGNERE(Mandanti)

$$CS = 1,17 > 1,0$$

pertanto la verifica è soddisfatta.

001	Marzo 2020	PRIMA EMISSIONE	Ing. ....	Ing. ....	Arch. ....	Arch. ....
Revisione	Data	Oggetto revisione	Redatto	Redatto	Verificato	Approvato

# COMUNE DI GENOVA



## AREA RISORSE TECNICO OPERATIVE

Direttore

Ing.  
Stefano PINASCO

## DIREZIONE INFRASTRUTTURE E DIFESA DEL SUOLO

Direttore

Ing.  
Stefano PINASCO

Direttore

CAPO  
PROGETTO

...

RESPONSABILE UNICO  
PROCEDIMENTO

**Ing. Stefano PINASCO**

### RAGGRUPPAMENTO:

Capogruppo / Mandataria

STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI

Mandanti

INJECTOSOND ITALIA S.R.L.

PRINCIPE S.R.L.

ARAN PROGETTI S.R.L.

Simone Parodi Ingegnere

Computi metrici e Capitolati

Rilievi

Coordinatore per la sicurezza  
(in fase di Progettazione)

Studi Geologici

Relazione Paesaggistica

---

Intervento/Opera

Adeguamento funzionale del molo di protezione e delle banchine del Porticciolo di Nervi, in Comune di Genova, al fine della stabilizzazione del fondale del paraggio in corrispondenza del porticciolo stesso

**OPERE DI I STRALCIO**

Scogliera soffolta, rifioritura scogliera esistente

Municipio  
LEVANTE

**IX**

Quartiere  
...

-

Serie tavole  
...

Oggetto dell'elaborato

**RELAZIONE IDRAULICA MARITTIMA**

N° prog. tav.  
...

N° tot. tav.  
...

Scala  
...

Data  
...

Livello  
progettazione

**ESECUTIVO**

ARCHITETTONICO/STRUTTURALE

Tavola N°

Codice MOGE  
---

Codice PROGETTAZIONE  
---

Codice OPERA  
---

Codice ARCHIVIO  
---

## SOMMARIO

1	Premesse.....	1
1.1	Generalità .....	1
1.2	Scopo del lavoro .....	3
1.3	Dati utilizzati .....	3
2	Caratteristiche delle onde e analisi degli eventi estremi .....	5
2.1	Altezze d'onda .....	5
3	Il modello numerico .....	15
3.1	Caratteristiche del sito .....	15
3.2	Batimetria .....	15
3.3	La trasformazione delle onde .....	16
3.4	L'attacco ondoso di progetto .....	17
4	Risultati .....	18
5	Progetto delle opere di difesa esterna .....	25
5.1	Descrizione delle opere .....	25
5.1.1	Scogliera soffolta .....	25
5.1.2	Rifioritura della mantellata della scogliera esistente .....	25
5.2	Parametri di progetto .....	25
5.3	Dimensionamento delle mantellate .....	26
5.3.1	Scogliera soffolta .....	26
5.3.2	Rifioritura della scogliera esistente .....	28

RTP STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI (Mandataria/Capogruppo) –  
INJECTOSOND ITALIA S.r.l. – PRINCIPE S.r.l. – ARAN PROGETTI S.r.l. –  
SIMONE PARODI INGEGNERE(Mandanti)



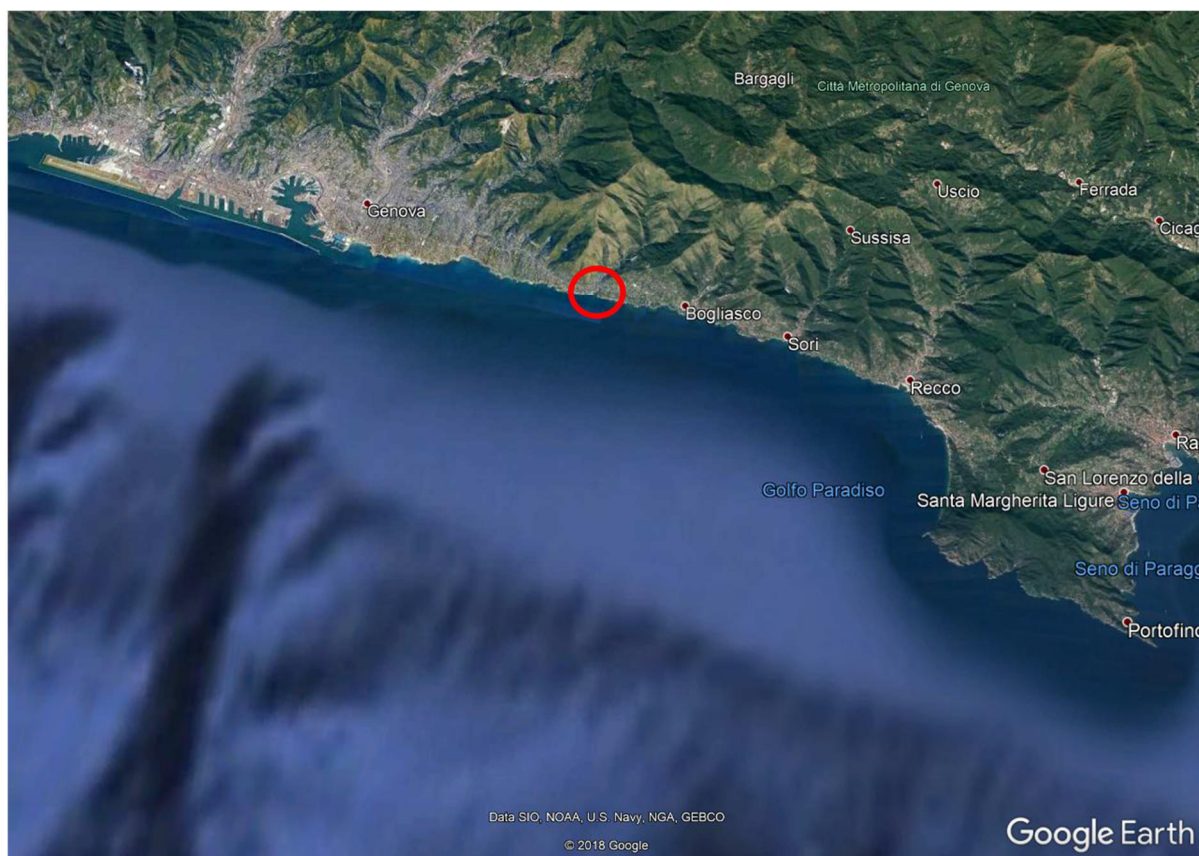
5.4	Valutazione del run-up e della tracimazione .....	30
5.4.1	Run-up.....	30
5.4.2	Overtopping .....	33
5.5	Valutazione dell'azione dell'onda sui supporti delle mede.....	35
5.5.1	Verifica profili tubolari (STR) .....	36
5.5.2	Verifiche di carattere geotecnico (GEO) .....	37
6	Bibliografia .....	38
Appendice A TELEMAC-MASCARET .....		1
1	Introduzione .....	2
2	TELEMAC-2D (Versione 6.3) .....	3
3	TOMAWAC (Versione 6.1) .....	5

RTP STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI (Mandataria/Capogruppo) –  
INJECTOSOND ITALIA S.r.l. – PRINCIPE S.r.l. – ARAN PROGETTI S.r.l. –  
SIMONE PARODI INGEGNERE(Mandanti)

# 1 PREMESSE

## 1.1 Generalità

Il Porticciolo di Nervi è situato in corrispondenza dell'insenatura naturale presente allo sbocco del torrente Nervi in Comune di Genova.



*Figura 1 Ubicazione del paraggio di Nervi*



*Figura 2 Vista aerea del Porticciolo di Nervi*

Preliminarmente si è effettuata, ai fini progettuali, un'analisi semplificata sulla base delle formule empiriche riportate nella usuale letteratura tecnica. Successivamente si sono effettuate le opportune analisi numeriche su modello matematico al fine di verificare l'attendibilità dei risultati preliminari ottenuti e di approfondire le interferenze dovute alla presenza di ostacoli e alcuni fenomeni più complessi, quali:

- interferenza tra l'onda trasmessa oltre la barriera soffolta e quella riflessa dalla scogliera esistente;
- penetrazione del moto ondoso attraverso l'imboccatura portuale;
- agitazione interna allo specchio acqueo portuale e dissipazione dell'energia in corrispondenza delle superfici assorbenti al contorno;
- andamento delle correnti e relative velocità.

I risultati ottenuti in via preliminare sono coerenti con quelli ottenuti dalle analisi numeriche, anche se più cautelativi.

RTP STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI (Mandataria/Capogruppo) –  
 INJECTOSOND ITALIA S.r.l. – PRINCIPE S.r.l. – ARAN PROGETTI S.r.l. – SIMONE  
 PARODI INGEGNERE(Mandanti)

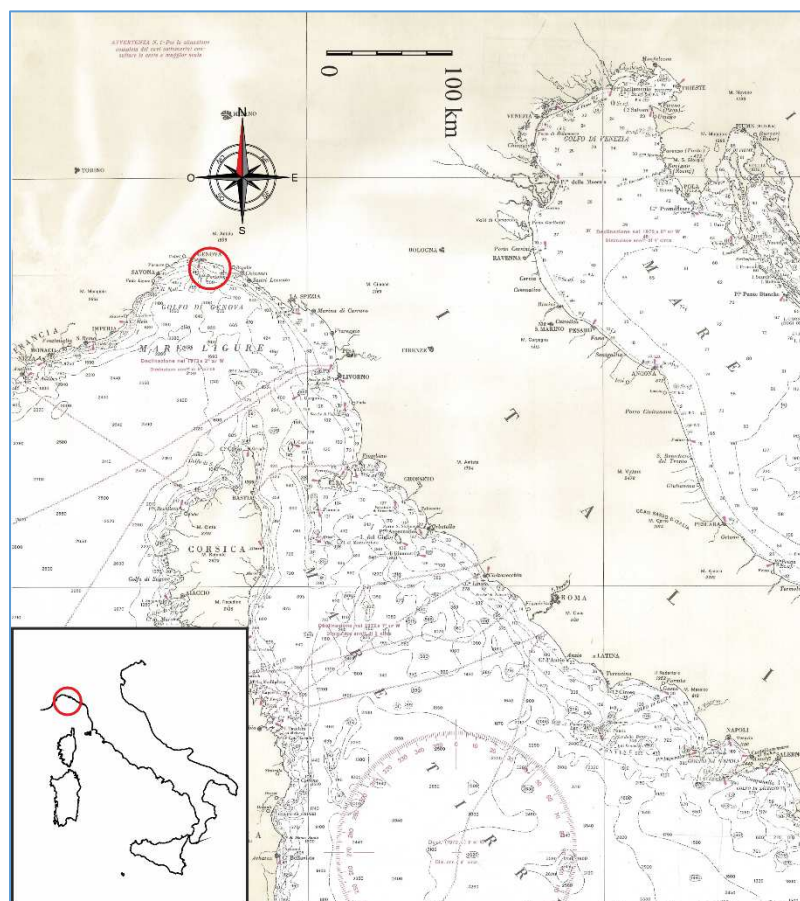
Per nostra esperienza, sentito anche il parere di alcuni cattedratici da noi interpellati, sarebbe estremamente opportuna l'esecuzione di prove su modello fisico in scala adeguata per trovare conferma e/o apportare le eventuali modifiche che fossero opportune.

## **1.2 Scopo del lavoro**

La presente indagine ha per scopo la stima delle caratteristiche del moto ondoso al largo delle coste liguri, nel paraggio antistante il litorale tra del porticciolo di Nervi. Il settore di traversia è compreso tra  $140^{\circ}$  N e  $230^{\circ}$  N, con estensione variabile sino a più di 500 km in direzione  $220^{\circ}$  N. La spiaggia sommersa ha una pendenza rilevante, con fondali che raggiungono a breve distanza dalla costa profondità maggiori di 100 m; l'unità fisiografica del paraggio sotto costa è intuitivamente delimitata da Punta Portofino a Sud e da Genova verso Nord, con allineamento medio della linea di costa prossimo a  $100^{\circ}$  -  $280^{\circ}$  N.

## **1.3 Dati utilizzati**

Si è fatto uso dei dati del KNMI (Istituto Reale Meteorologico dei Paesi Bassi) rilevati nella zona tra  $7^{\circ}$ - $11^{\circ}$  E e  $42^{\circ}$ - $45^{\circ}$  N nel periodo 1961-1980, elaborati per ottenere la distribuzione direzionale dell'altezza e del periodo delle onde. Sebbene i dati del KNMI siano in gran parte stimati e non misurati, e quindi in qualche misura soggettivi, sono ritenuti attendibili, con il vantaggio di essere rilevati in mare aperto senza interferenze dovute alle coste o ai bassi fondali; l'altezza è da assimilarsi alla altezza d'onda significativa. Nel ventennio 1961-1980, nella regione in esame, sono state eseguite circa 46.000 stime e misurazioni utili, con una media di 7.42 rilevazioni giornaliere. La statistica, maggiormente significativa verso il baricentro della distribuzione areale delle osservazioni, è comunque utilizzabile, con opportuni accorgimenti, per il paraggio in studio.



**Figura 3. Paraggio di Genova Nervi.**

## 2 CARATTERISTICHE DELLE ONDE E ANALISI DEGLI EVENTI ESTREMI

### 2.1 Altezze d'onda

In Tabella 1e in Tabella 2 sono riportati gli eventi al variare dell'altezza e del periodo dell'onda. La distribuzione direzione è visibile in Figura 4 e in Figura 5, rispettivamente. Le distribuzioni direzionali delle onde riportano le maggiori onde provenienti da W, con significativi contributi di tutto il quadrante S-W, dove i fetch geografici sono più estesi. Il quadrante N-E, ruotando verso N, è interessato da onde di altezza progressivamente più ridotte.

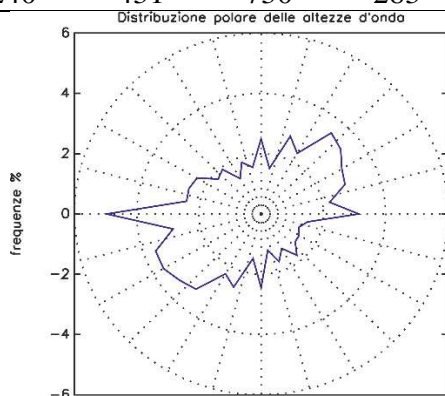
*Tabella 1. Distribuzione direzionale delle altezze d'onda. Elaborazione dati KNMI nel settore 7°-11° E e 42°.7-45° N, periodo 1961-80. Direzioni tra 90° e 240° N.*

H (m)/ DD (°N)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	>6.0	Totale
90	1300	334	50	11	4	0	0	1699
100	624	152	34	6	3	0	0	819
110	533	132	16	2	1	15	0	699
120	606	133	21	5	0	0	0	765
130	579	173	19	3	0	1	0	775
140	726	212	24	6	0	0	0	968
150	545	150	17	4	0	0	0	716
160	691	199	18	5	0	0	0	913
170	524	117	22	0	0	0	0	663
180	1049	238	33	2	0	1	0	1323
190	625	155	27	5	0	0	0	812
200	991	344	59	4	1	1	0	1400
210	762	385	74	17	4	0	0	1242
220	1087	527	117	25	9	0	0	1765
230	1102	560	152	30	7	2	1	1854
240	1139	588	168	47	11	7	1	1962

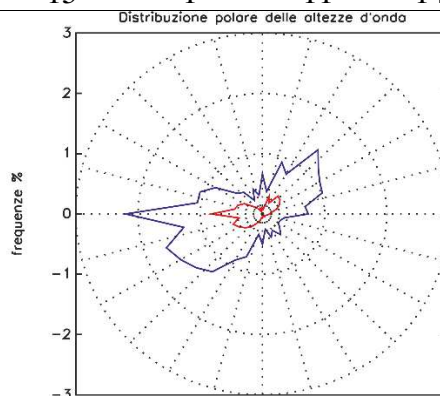


**Tabella 2. Distribuzione direzionale dei periodi delle onde, in classi di ampiezza 3 s. Elaborazione dati KNMI nel settore 7°-11° E e 42°-45° N, periodo 1961-80. Direzioni tra 90° e 240° N.**

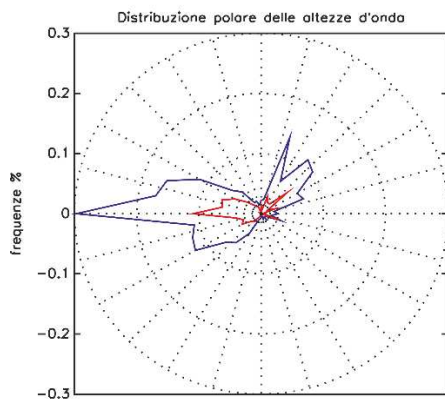
<b>T (s)/DD (°N)</b>	<b>calma</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>&gt;12</b>	<b>tot</b>
90	741	845	175	8	0	16	1769
100	322	399	85	3	2	16	811
110	317	324	77	1	16	16	735
120	307	378	73	4	3	16	765
130	298	415	71	4	1	16	789
140	398	473	101	5	1	17	978
150	303	321	84	3	0	17	711
160	368	451	92	5	0	16	916
170	292	302	67	3	1	16	665
180	616	597	123	3	1	20	1340
190	293	387	83	6	1	16	770
200	500	693	170	9	3	16	1375
210	394	626	191	18	2	16	1231
220	531	930	262	25	1	16	1749
230	392	526	197	16	2	12	1145
240	431	730	283	15	1	11	1471



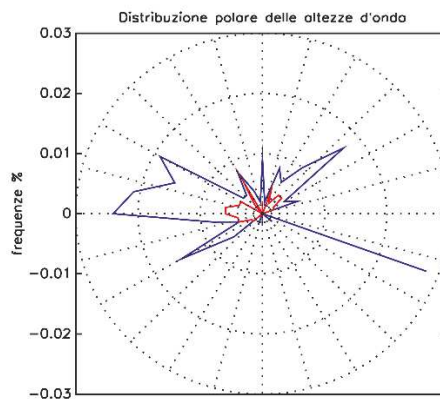
frequenze delle onde con soglia 0 metri



frequenze delle onde con soglia 1 e 2 metri



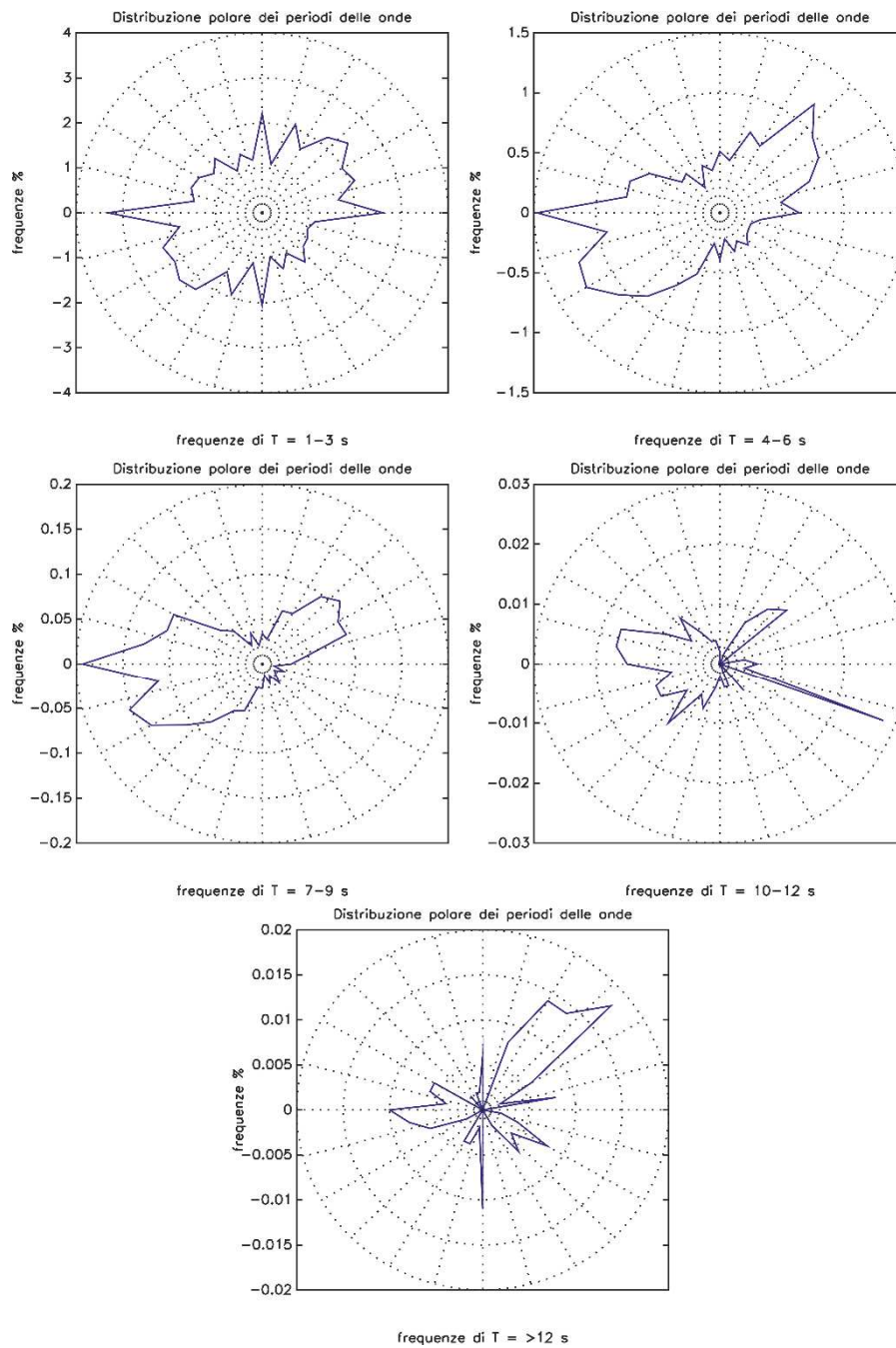
frequenze delle onde con soglia 3 e 4 metri



frequenze delle onde con soglia 5 e 6 metri

RTP STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI (Mandataria/Capogruppo) –  
 INJECTOSOND ITALIA S.r.l. – PRINCIPE S.r.l. – ARAN PROGETTI S.r.l. – SIMONE  
 PARODI INGEGNERE(Mandanti)

**Figura 4. Distribuzione direzionale in frequenza delle onde per classi di altezza d'onda.**  
**Elaborazione dati KNMI settore 7'-11°E 42°-45°N anni 1961-1980.**



**Figura 5. Distribuzione direzionale in frequenza delle onde per classi di periodo d'onda.**  
**Elaborazione dati KNMI settore 7'-11°E 42°-45°N anni 1961-1980.**



La distribuzione degli estremi delle onde è stata stimata suddividendo il settore di traversia nei due sottosettori, 130-180 °N e 180-220 °N. La distribuzione di probabilità delle onde estreme, separatamente per i due settori, è stata calcolata secondo la distribuzione di Fisher-Tippet II:

$$P(H) = \exp \left[ - \left( 1 + \frac{H - B}{kA} \right)^{-k} \right]$$

con la seguente funzione inversa:

$$H = B - kA \left[ 1 - (-\ln P(H))^{-1/k} \right]$$

Nella progettazione di molte opere risulta significativo definire, insieme all'onda di progetto con fissato tempo di ritorno, la probabilità di superamento di tale onda durante la vita della struttura, detta anche probabilità di incontro. Secondo Borgman (1963) tale probabilità è esprimibile nella forma:

$$E = 1 - \left( 1 - \frac{\delta}{Tr} \right)^{L/\delta}, \frac{Tr^2}{\delta L} \gg 1$$

$E$  = probabilità di superamento di  $H$  nell'intervallo di tempo  $L$

$L$  = vita utile di progetto della struttura

$Tr$  = tempo di ritorno

$\delta$  = intervallo di tempo medio tra i dati.

Una buona approssimazione della precedente equazione è

$$E \approx 1 - \exp \left( - \frac{L}{Tr} \right).$$

In generale, fissato il tempo di vita utile dell'opera e il rischio ammissibile (legato alla natura della struttura, a valutazioni economiche, ecc.), si calcola il tempo di ritorno dell'onda di progetto al largo e, quindi, l'altezza dell'onda di progetto al largo.

Per opere o installazioni comportanti un elevato rischio di perdita di vite umane o di danno ambientale in caso di collasso, le Istruzioni Tecniche per la Progettazione di Dighe Marittime indicano un livello di sicurezza tra 2 e 3, corrispondente a una vita di progetto di 25 o di 50 anni nel caso di infrastrutture a uso specifico, quale un pontile per l'attracco di petroliere. La probabilità di danneggiamento ammissibile nel periodo di vita dell'opera è riportata in Tabella 3.

**Tabella 3. Probabilità di danneggiamento ammissibile sulla base del livello di danno e di rischio.**

<b>Danneggiamento incipiente</b>		
<i>Rischio per la vita umana</i>		
<i>Ripercussione economica</i>	Limitato	Elevato
Bassa	0.50	0.30
Media	0.30	0.20
Alta	0.25	0.15
<b>Distruzione totale</b>		
<i>Rischio per la vita umana</i>		
<i>Ripercussione economica</i>	Limitato	Elevato
Bassa	0.20	0.15
Media	0.15	0.10
Alta	0.10	0.05

Per strutture flessibili il danneggiamento incipiente è inteso come il livello di danneggiamento al di sopra del quale il danno è apprezzabile e risulta necessario intervenire con lavori di riparazione. Per rischio limitato di vite umane si intende il caso in cui, a seguito del danneggiamento, non è logico prevedere perdita di vite umane; se questa è preventivabile, il rischio è elevato. Per ripercussione economica bassa, media o alta si intendono i casi nei quali

il rapporto tra i costi diretti del danneggiamento sommati a quelli indiretti legati alla perdita di funzionalità della struttura e il costo totale delle opere è minore di 5, tra 5 e 20 o maggiore di 20.

Nel caso in esame si assume una ripercussione economica media e un rischio di vita umana limitata per il caso di danneggiamento incipiente, corrispondente a una probabilità di superamento  $E = 0.25$  per una vita di progetto di 50 anni. Per il caso di distruzione totale la probabilità di superamento deve essere non superiore a  $E = 0.10$ .

Il tempo di ritorno dell'onda di progetto, associato a una vita utile dell'opera  $L$  e per la probabilità di danneggiamento  $E$  è pari a:

$$Tr = \frac{r}{1 - (1 - E)^{r/L}}$$

Anche il periodo dell'onda potrebbe essere calcolato su base statistica. Tuttavia, è conveniente calcolarlo in relazione alle caratteristiche dell'onda di progetto. Un limite inferiore al periodo delle onde è posto dalla massima ripidità. Secondo Battjes (1970), la ripidità limite delle onde in acque profonde è:

$$\frac{2\pi H}{gT^2} \leq \frac{1}{16}.$$

Una buona approssimazione al limite superiore del periodo dell'onda, fissata l'onda di progetto, è fornita dalla relazione (Grancini, 1979)

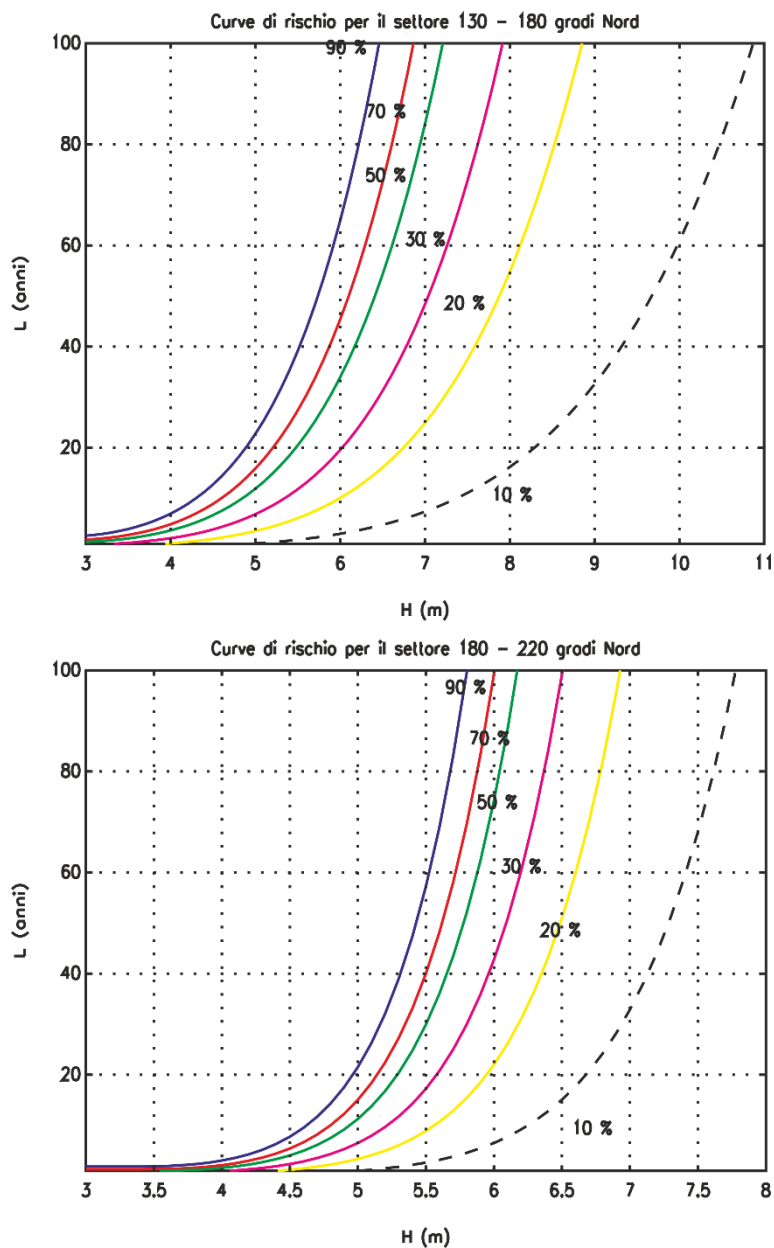
$$T = 4.062H^{0.513},$$

ritenuta valida nel Mediterraneo.

Le curve di rischio sono riportate in Figura 6 e i valori di altezza e periodo d'onda corrispondenti a differenti valori di vita dell'opera e di probabilità di danneggiamento sono riportati in

Tabella 4 e in

Tabella 5 per i due settori.



*Figura 6. Curve di rischio per le altezze d'onda secondo Borgman e Fretchet.*

**Tabella 4. Settore 130°-180° N. Caratteristiche delle onde per differenti percentuali di rischio E e tempi di vita utile dell'opera L.**

E	10%		20%		30%		50%		70%		90%	
L (anni)	H(m)	T(s)	H(m)	T(s)	H(m)	T(s)	H(m)	T(s)	H(m)	T(s)	H(m)	T(s)
5	6.56	10.66	5.78	9.99	5.35	9.60	4.78	9.06	4.36	8.65	3.90	8.17
10	7.38	11.32	6.50	10.61	6.01	10.19	5.37	9.63	4.89	9.18	4.39	8.67
25	8.61	12.25	7.59	11.48	7.01	11.03	6.27	10.42	5.71	9.93	5.12	9.39
50	9.67	13.01	8.53	12.19	7.88	11.71	7.05	11.06	6.42	10.54	5.75	9.97
100	10.87	13.81	9.58	12.95	8.85	12.43	7.92	11.74	7.21	11.19	6.47	10.58

**Tabella 5. Settore 190°-220° N. Caratteristiche delle onde per differenti percentuali di rischio E e tempi di vita utile dell'opera L.**

E	10%		20%		30%		50%		70%		90%	
L (anni)	H(m)	T(s)	H(m)	T(s)	H(m)	T(s)	H(m)	T(s)	H(m)	T(s)	H(m)	T(s)
5	5.85	10.06	5.45	9.69	5.21	9.48	4.89	9.17	4.64	8.93	4.37	8.65
10	6.25	10.40	5.83	10.03	5.57	9.80	5.23	9.49	4.96	9.24	4.66	8.95
25	6.82	10.87	6.35	10.48	6.08	10.25	5.71	9.92	5.41	9.66	5.09	9.36
50	<b>7.28</b>	11.25	6.78	10.84	6.49	10.60	6.09	10.26	5.78	9.99	5.43	9.68
100	7.78	11.63	7.24	11.21	6.93	10.96	6.50	10.61	6.17	10.33	5.80	10.02

Tali risultati concordano con le analisi di Boccotti (1986) relative al settore di interesse, secondo quanto riportato nel diagramma in Figura 7, dal quale si desume che l'onda con periodo di ritorno  $Tr = 25$  anni ha un'altezza di 7.50 m e un periodo di 12 s

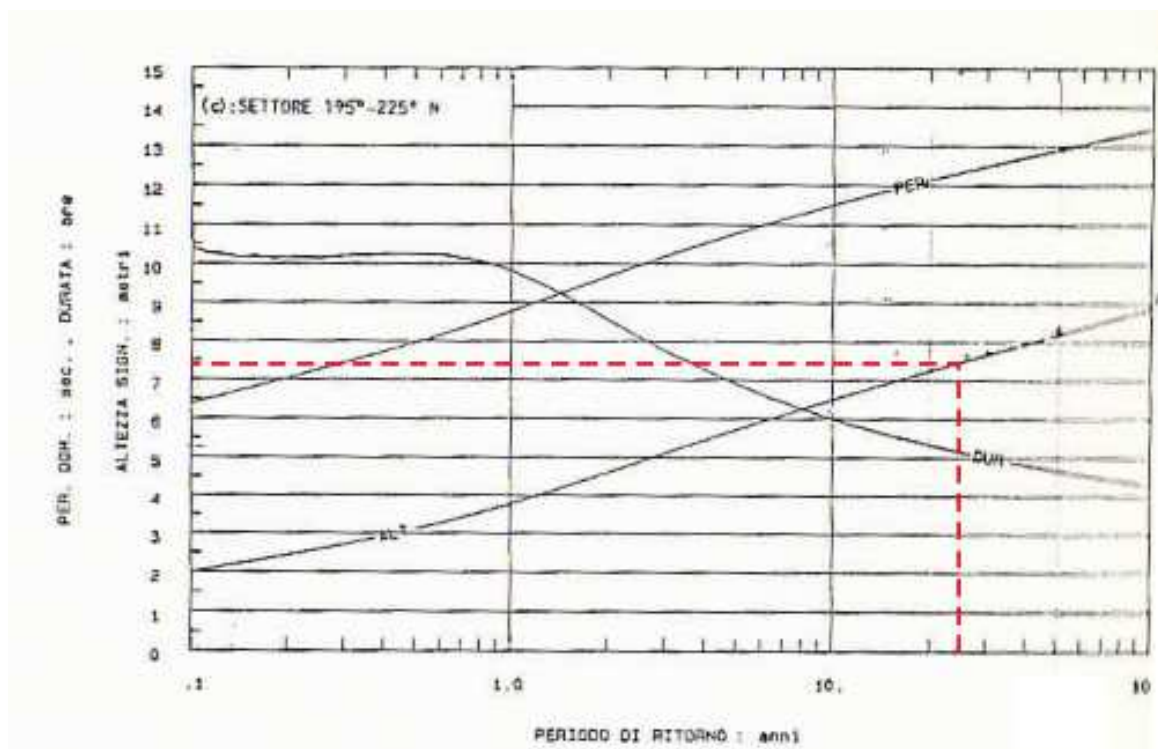


Figura 7. Altezza e periodo dell'onda al variare del tempo di ritorno, per il paraggio di interesse (da Boccotti, 1986).

Le registrazioni con la boa ondometrica della Rete Ondametrica Nazionale presso La Spezia (Figura 8), concordano con le analisi eseguite. La Tabella 6 riporta le altezze d'onda registrate ed estrapolate a 10 e 50 anni. Per il settore di interesse, La Spezia 195-260 °N, le registrazioni dei dati continui riportano  $H = 7.10$  m (registrata) e  $H = 7.80$  m (con  $Tr = 50$  anni).

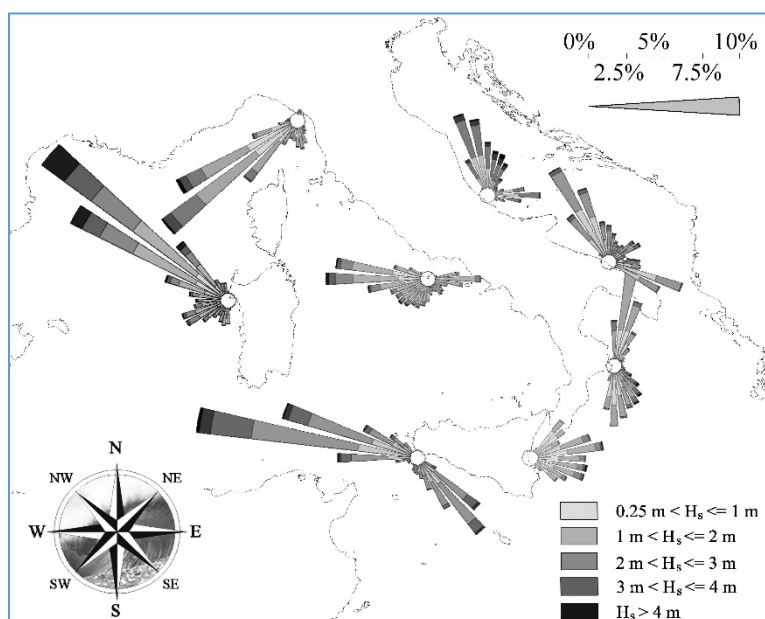


Figura 8. Regimi di moto ondoso per le 8 stazioni di misura originali RON (da Piscopia et al., 2003)

RTP STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI (Mandataria/Capogruppo) –  
 INJECTOSOND ITALIA S.r.l. – PRINCIPE S.r.l. – ARAN PROGETTI S.r.l. – SIMONE  
 PARODI INGEGNERE (Mandanti)

**Tabella 6. Confronto tra i risultati delle analisi degli eventi estremi effettuate sui dati triorari e su quelli continui della RON-SIMN (legenda:  $H_{max}$ =altezza significativa massima osservata;  $H_{10}$  = altezza significativa con tempo di ritorno decennale;  $H_{50}$  = altezza significativa con tempo di ritorno cinquantennale). (da Piscopia et al., 2003)**

Stazione di misura	Dati Triorari			Dati Continui			Differenze		
	$H_{max}$	$H_{10}$	$H_{50}$	$H_{max}$	$H_{10}$	$H_{50}$	$H_{max}$	$H_{10}$	$H_{50}$
Alghero (170-220)	5.2	4.1	<b>6.0</b>	5.2	4.1	<b>6.0</b>	0.0	0.0	<b>0.0</b>
Alghero (220-275)	5.5	5.5	<b>6.6</b>	6.3	5.9	<b>7.3</b>	0.8	0.4	<b>0.7</b>
Alghero (275-335)	9.1	8.8	<b>9.7</b>	9.8	9.7	<b>10.8</b>	0.7	0.9	<b>1.1</b>
Catania (30-90)	5.1	4.8	<b>5.7</b>	5.3	5.1	<b>6.3</b>	0.2	0.3	<b>0.6</b>
Catania(90-150)	5.7	5.4	<b>6.4</b>	6.3	5.7	<b>6.9</b>	0.6	0.3	<b>0.5</b>
Crotone (350-90)	4.7	4.4	<b>5.0</b>	4.9	4.8	<b>5.4</b>	0.2	0.4	<b>0.4</b>
Crotone (90-210)	5.6	5.5	<b>5.9</b>	6.2	6.0	<b>6.7</b>	0.6	0.5	<b>0.8</b>
La Spezia (135-195)	5.8	4.4	<b>6.5</b>	5.8	4.4	<b>6.5</b>	0.0	0.0	<b>0.0</b>
La Spezia (195-260)	6.6	6.2	<b>7.1</b>	7.1	6.6	<b>7.8</b>	0.5	0.4	<b>0.7</b>
Mazara (100-180)	5.2	4.9	<b>5.6</b>	6.2	5.5	<b>6.7</b>	1.0	0.6	<b>1.1</b>
Mazara (260-320)	5.9	6.0	<b>6.7</b>	6.6	6.4	<b>7.3</b>	0.7	0.4	<b>0.6</b>
Monopoli (310-10)	4.4	4.4	<b>5.0</b>	4.5	4.5	<b>5.0</b>	0.1	0.1	<b>0.0</b>
Monopoli (10-70)	5.1	4.6	<b>5.6</b>	5.2	4.9	<b>5.8</b>	0.1	0.3	<b>0.2</b>
Monopoli (70-130)	3.3	3.2	<b>3.8</b>	3.8	3.5	<b>4.6</b>	0.5	0.3	<b>0.8</b>
Pescara (320-10)	5.2	5.1	<b>6.0</b>	5.3	5.4	<b>6.6</b>	0.1	0.3	<b>0.6</b>
Pescara (10-70)	5.8	5.2	<b>5.8</b>	6.2	5.8	<b>6.6</b>	0.4	0.6	<b>0.8</b>
Pescara (70-130)	3.4	2.4	<b>3.2</b>	3.7	3.5	<b>4.1</b>	0.3	1.1	<b>0.9</b>
Ponza (70-190)	4.2	4.0	<b>4.7</b>	4.5	4.1	<b>5.1</b>	0.3	0.1	<b>0.4</b>
Ponza (190-250)	5.5	5.4	<b>6.6</b>	5.5	5.4	<b>6.6</b>	0.0	0.0	<b>0.0</b>
Ponza (250-310)	7.1	6.3	<b>7.5</b>	7.9	7.1	<b>8.6</b>	0.8	0.8	<b>1.1</b>

### 3 IL MODELLO NUMERICO

#### 3.1 Caratteristiche del sito

In Figura 9 è riportata la posizione del porticciolo di Nervi, Comune di Genova, ed è evidenziata l'area di interesse per la modellazione numerica.



*Figura 9. Posizione del porto di Nervi e inquadramento dell'area modellata.*

#### 3.2 Batimetria

Sulla base dei dati batimetrici forniti dal Committente è stata predisposta una batimetria di calcolo a maglia triangolare (mesh di calcolo), che copre un tratto di litorale esteso lungo costa e verso il largo per circa 5 km, fino alla profondità di circa 100 m.

La *mesh* di calcolo è stata costruita utilizzando l'approccio a maglia flessibile: la risoluzione spaziale al largo (lunghezza media dei lati dei triangoli) è di circa 40 m; sotto costa la risoluzione è maggiore, fino ad arrivare a elementi con lato pari a 2 m (1.5 nel caso della geometria di progetto).



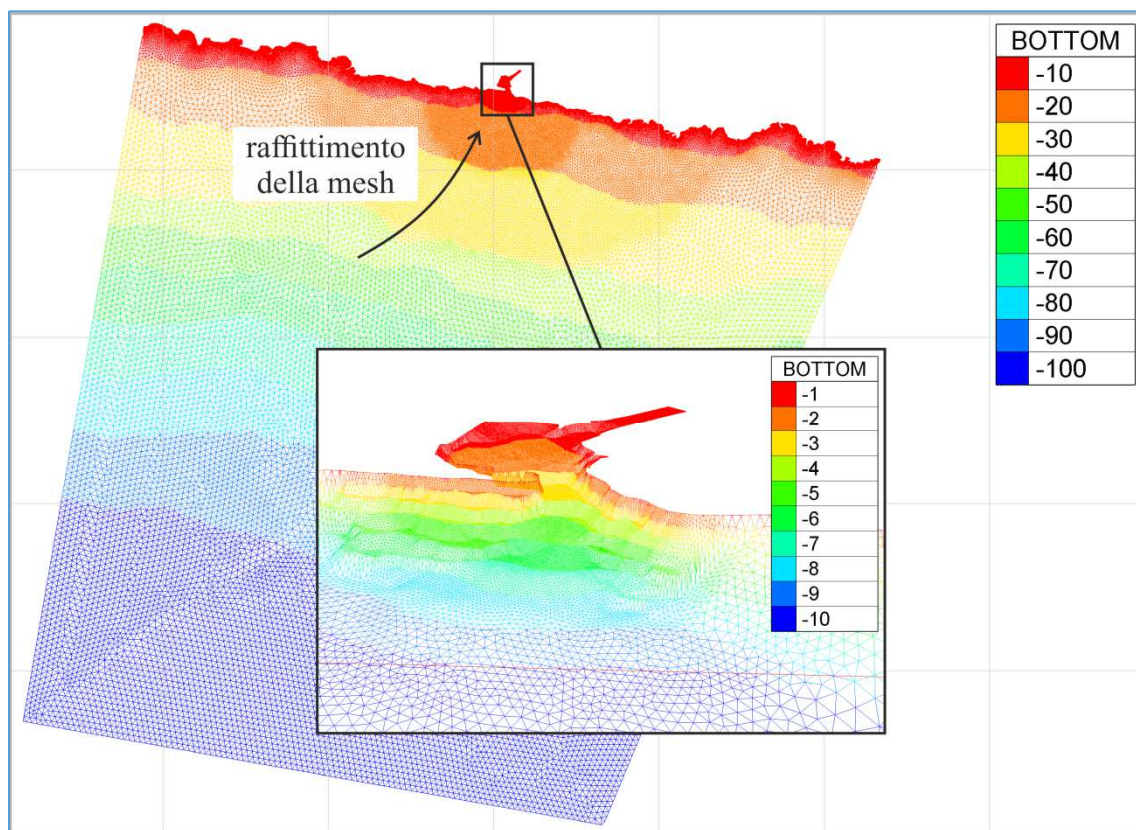


Figura 10. Mesh di calcolo nello stato di fatto.

### 3.3 La trasformazione delle onde

Le onde di mare, propagandosi dal largo sotto costa, sono soggette a rifrazione e *shoaling*, con variazione di direzione, lunghezza e altezza. In presenza di frontiere rappresentate da dighe, pennelli, opere antropiche o strutture naturali che delimitano bacini, sono soggette anche a diffrazione e riflessione. In letteratura sono riportati numerosi modelli di trasformazione delle onde. Nel presente Studio si è fatto uso del modello implementato nel software open-source TELEMAC (AA.VV., 2014) con il modulo addizionale ARTEMIS. Nel modello adottato, ogni attacco ondoso è rappresentato spettralmente. Si è assunta una distribuzione in frequenza al largo di tipo JONSWAP (Hasselmann *et al.* 1973).

L'integrazione delle equazioni che descrivono il processo è eseguita discretizzando il fondale con *mesh* triangolari non strutturate (Figura 10).

La riflettenza delle frontiere è stata desunta da dati di letteratura. In particolare, le pareti verticali hanno riflettenza  $R = 0.99$ , le gettate a scogliera  $R = 0.40$  (SPM, 1984), le spiagge  $R = 0.30$  (Goda, 1995), le banchine verticali assorbenti  $R = 0.70$ .

### **3.4 L'attacco ondosso di progetto**

Allo scopo di verificare l'effetto delle nuove opere in progetto, è stato analizzato lo scenario di un'onda corrispondente a una probabilità di superamento  $E = 10\%$  per una vita utile dell'opera  $L = 50$  anni, con altezza d'onda significativa  $H_s = 7.50$  m e periodo  $T = 12$  s, proveniente da  $210^\circ\text{N}$ , discretizzata in frequenza con 15 componenti, con spettro di tipo JONSWAP.

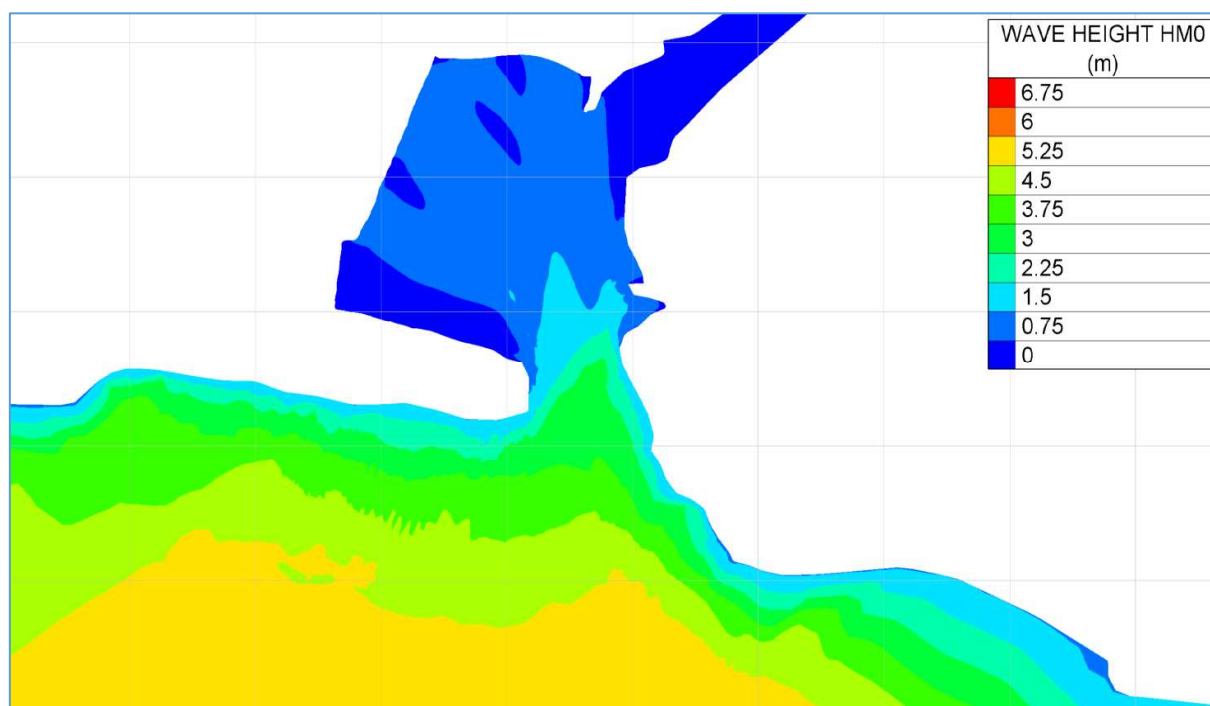
I risultati, in forma di zone di equiagitazione, sono visibili nelle figure seguenti per lo stato attuale e lo stato di progetto a e B, rispettivamente. Nello stato di progetto A si registra una modesta riduzione dell'agitazione ondosso all'interno del bacino, meno evidente per il progetto B. In entrambe le ipotesi di progetto l'altezza d'onda in corrispondenza della diga foranea è significativamente ridotta.

## 4 RISULTATI

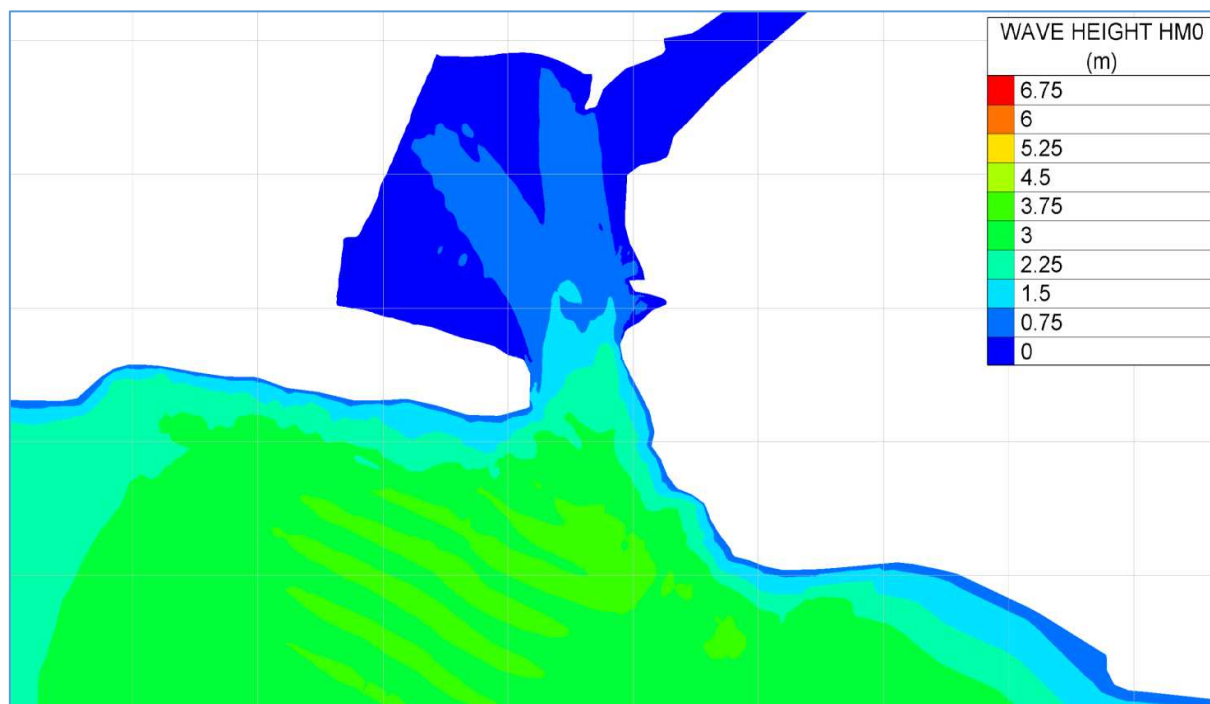
In Tabella 7 sono riportate le principali caratteristiche delle simulazioni eseguite con geometria relativa allo stato di fatto.

*Tabella 7. Parametri delle simulazioni eseguite nello stato di fatto.*

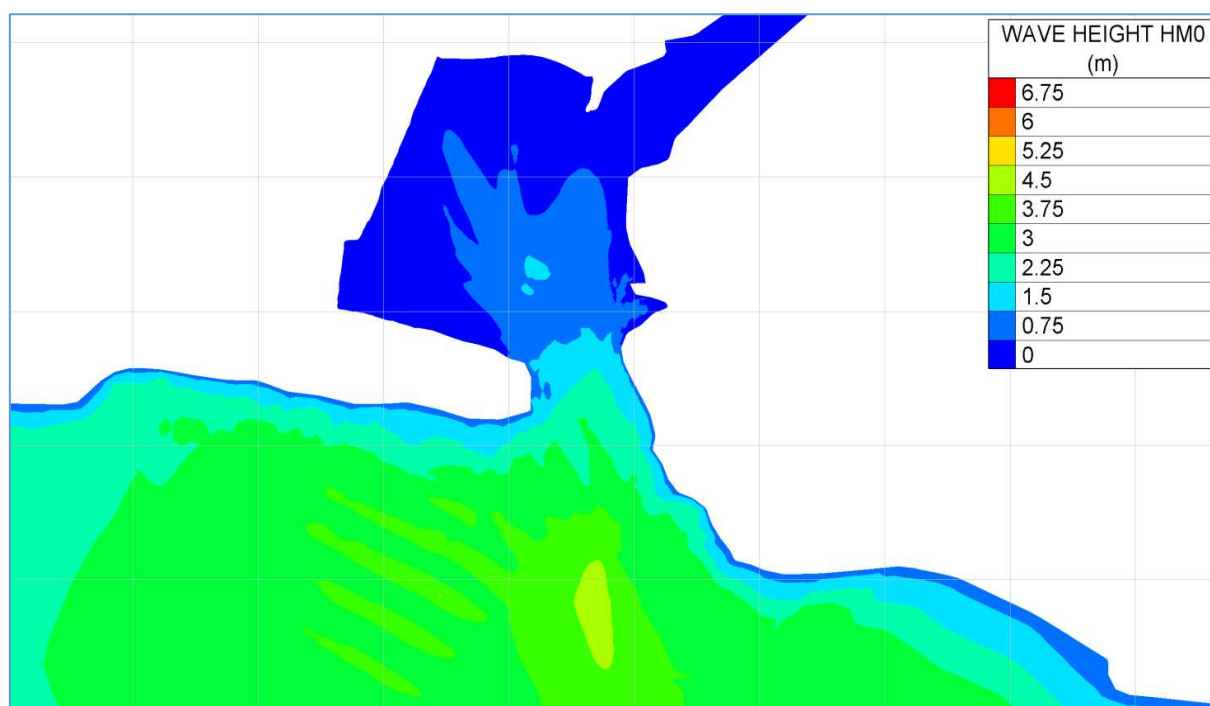
Simulazione	Hs	DD	Tp	Q
	(m)	(°N)	(s)	(m <sup>3</sup> /s)
Sim_01	7.5	210	12	0
Sim_02	3.75	210	8.69	0
Sim_04	3.75	210	8.69	50



*Figura 11. Simulazione No 1, stato di fatto. Altezza d'onda. Hs =7.5 m, DD=210 °N, Tp = 12 s, Q = 0 m<sup>3</sup>/s.*



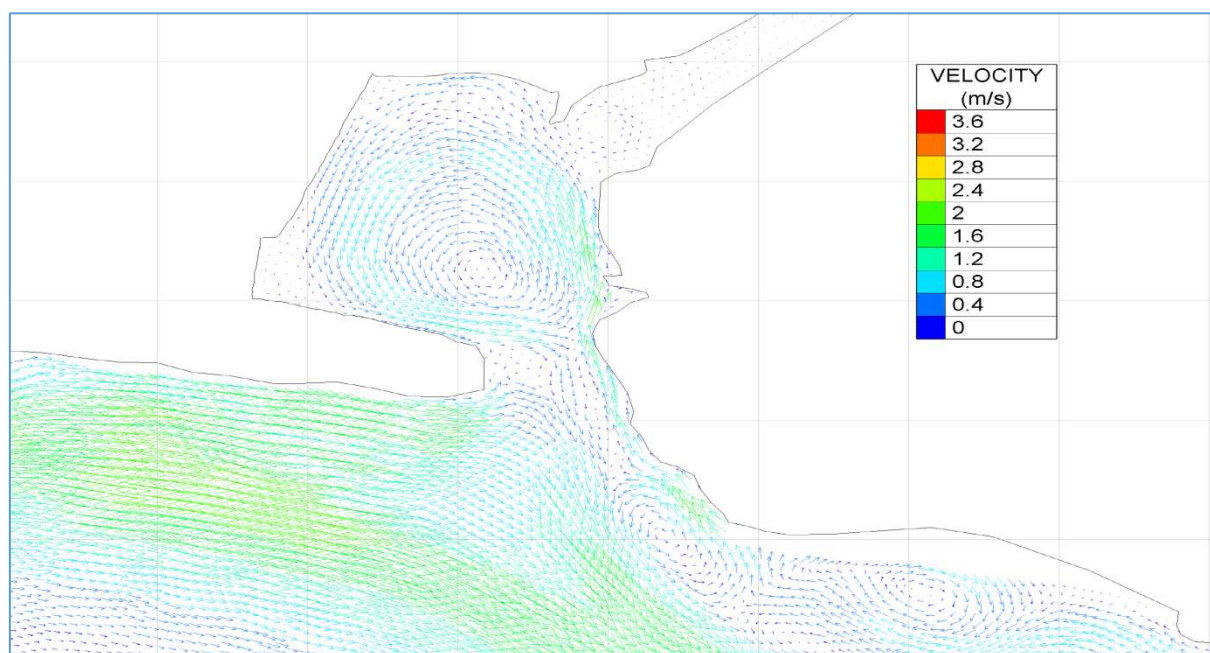
*Figura 12. Simulazione No 2, stato di fatto. Altezza d'onda.  $H_s = 3.75$  m,  $DD = 210^\circ N$ ,  $T_p = 8.69$  s,  $Q = 0$  m<sup>3</sup>/s.*



*Figura 13. Simulazione No 4, stato di fatto. Altezza d'onda.  $H_s = 3.75$  m,  $DD = 210^\circ N$ ,  $T_p = 8.69$  s,  $Q = 50$  m<sup>3</sup>/s.*

In Figura 13 è possibile osservare che la corrente in uscita dal torrente Nervi ( $Q = 50$  m<sup>3</sup>/s) non determina sostanziali modificazioni del campo ondoso in prossimità dell'imbocco del porticciolo.

RTP STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI (Mandataria/Capogruppo) –  
 INJECTOSOND ITALIA S.r.l. – PRINCIPE S.r.l. – ARAN PROGETTI S.r.l. – SIMONE  
 PARODI INGEGNERE (Mandanti)

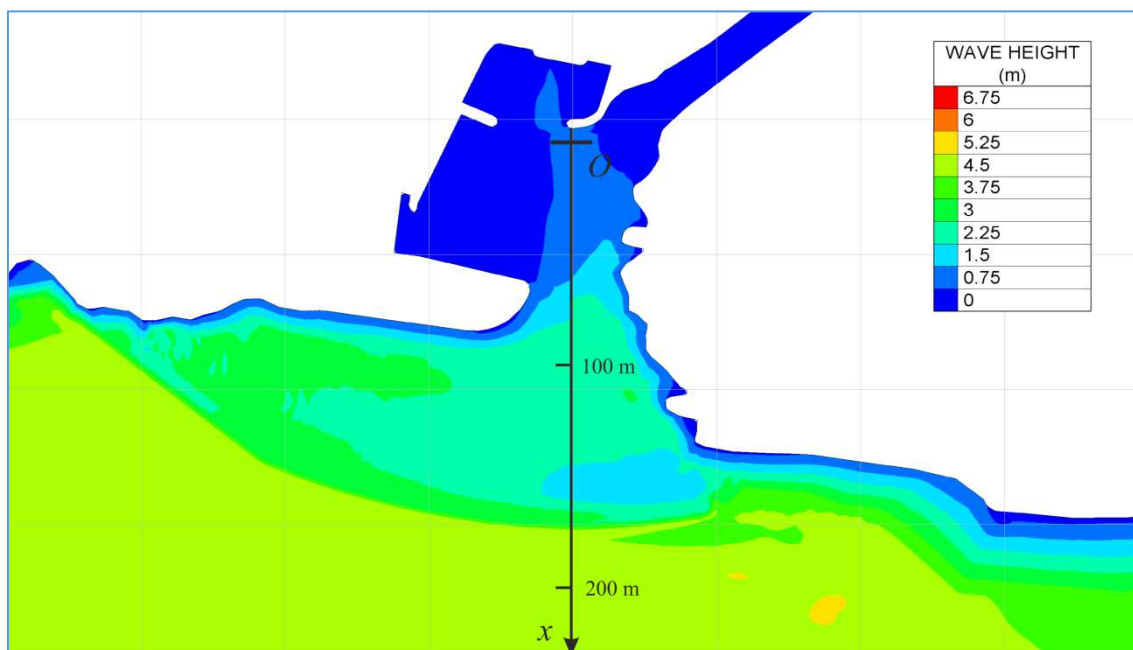


**Figura 14.** *Simulazione No 1, stato di fatto. Campo di velocità.  $H_s = 7.5$  m,  $DD = 210^\circ N$ ,  $T_p = 12$  s,  $Q = 0$  m<sup>3</sup>/s.*

In Tabella 8 sono riportate le principali caratteristiche delle simulazioni eseguite con geometria di progetto (soluzione A: scogliera soffolta completa).

**Tabella 8.** *Parametri delle simulazioni eseguite per lo stato di progetto A (con prolungamento della soffolta).*

Simulazione	Hs	DD	Tp	Q
	(m)	(°N)	(s)	(m <sup>3</sup> /s)
Sim_05	7.5	210	12	0



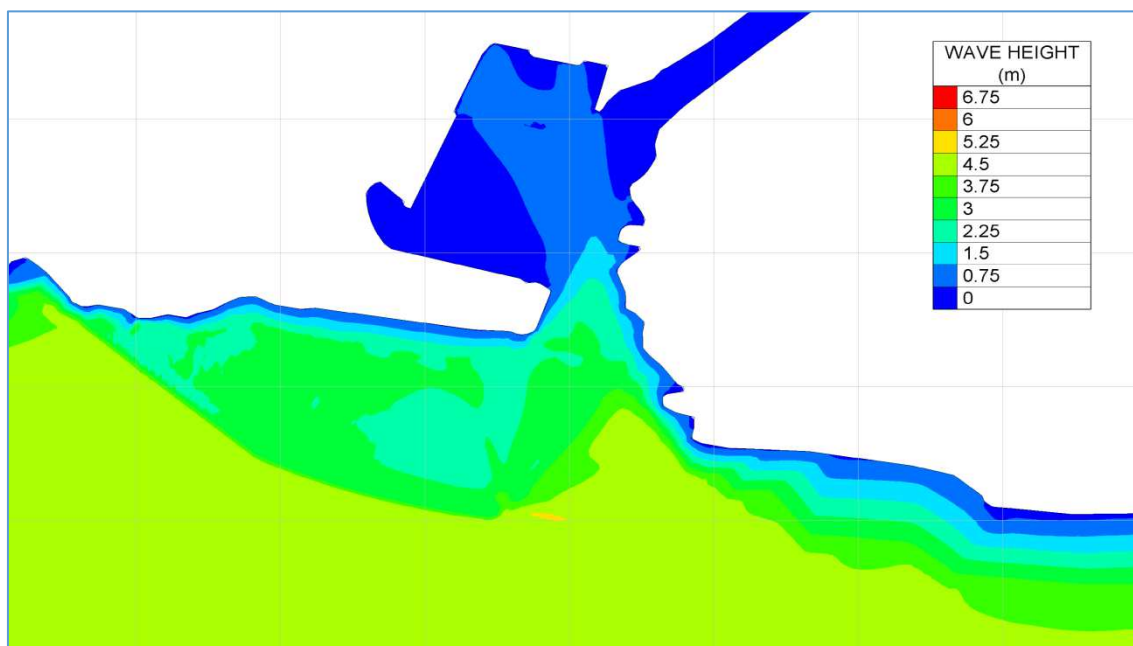
**Figura 15. Simulazione No 5, progetto A (con prolungamento della soffolta). Altezza d'onda.  $H_s = 7.5$  m,  $DD = 210$  °N,  $T_p = 12$  s,  $Q = 0$  m<sup>3</sup>/s.**

In Tabella 8 sono riportate le principali caratteristiche delle simulazioni eseguite con geometria di progetto (soluzione B: scogliera soffolta di dimensioni ridotte).

**Tabella 9. Parametri delle simulazioni eseguite per lo stato di progetto B (senza prolungamento della soffolta).**

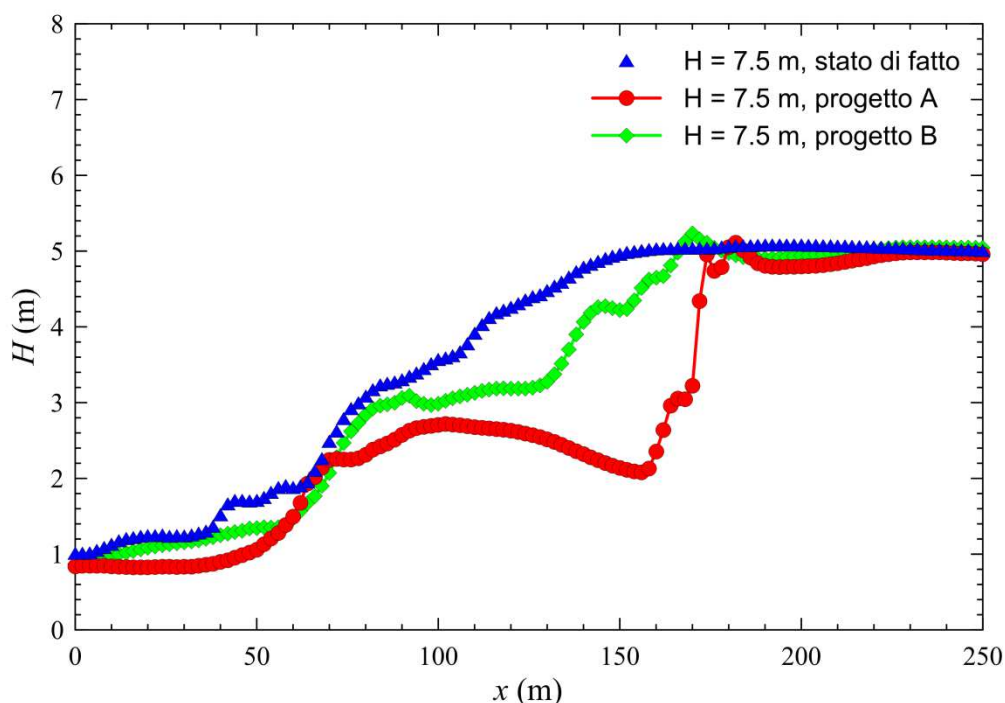
Simulazione	Hs	DD	Tp	Q
	(m)	(°N)	(s)	(m <sup>3</sup> /s)
Sim_07	7.5	210	12	0



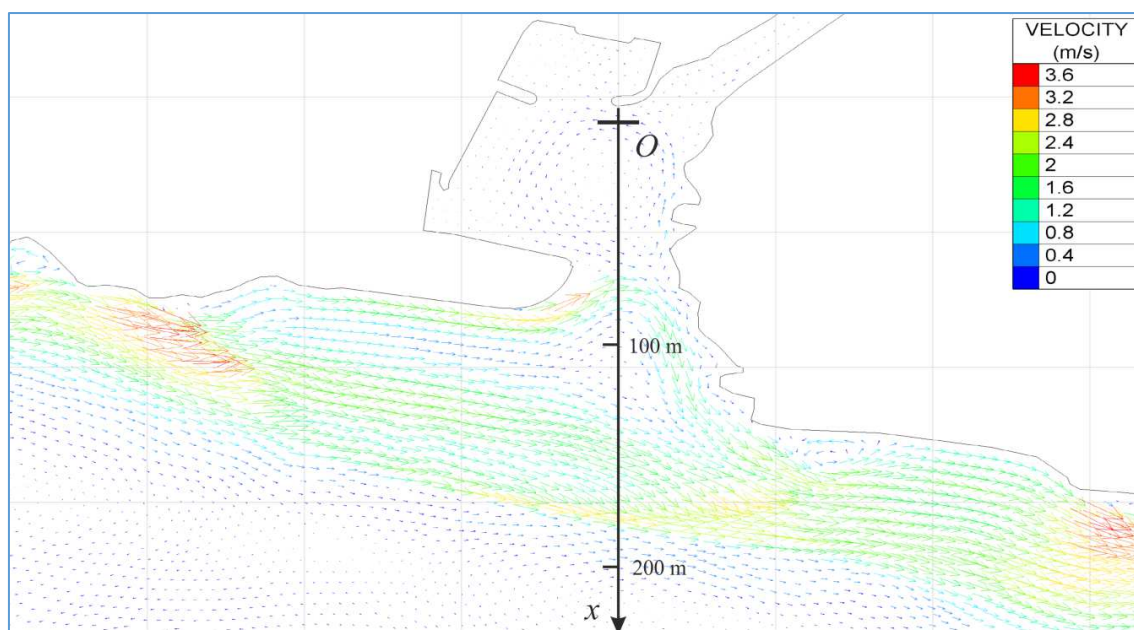


**Figura 16.** Simulazione No 7, progetto B (senza prolungamento della soffolta). Altezza d'onda.  $H_s = 7.5$  m,  $DD=210$  °N,  $T_p = 12$  s,  $Q = 0$  m<sup>3</sup>/s.

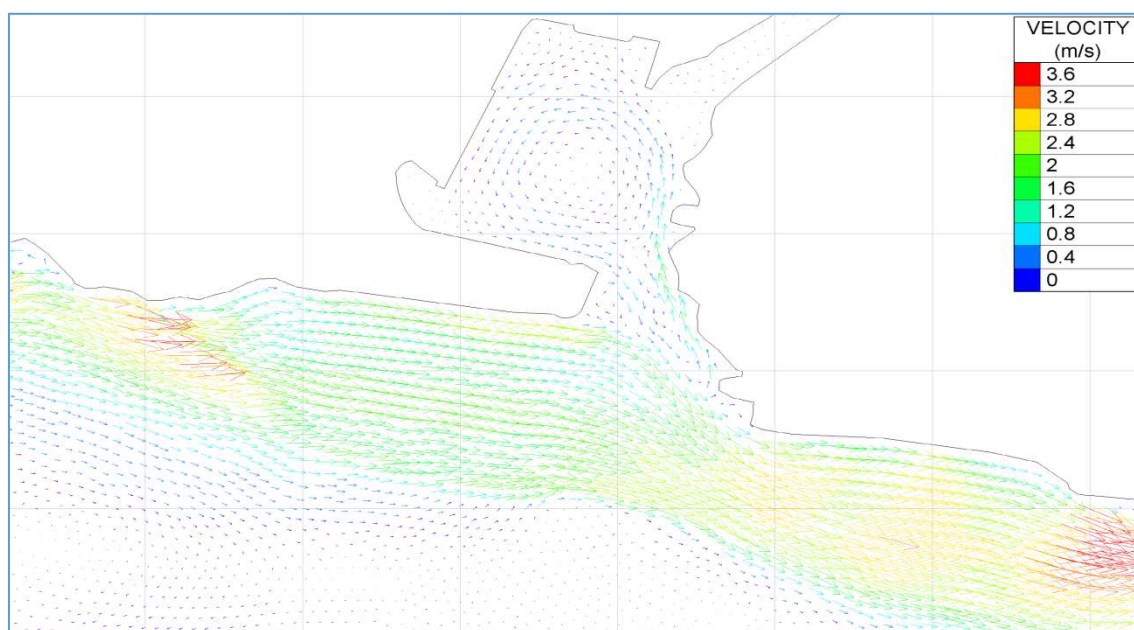
In Figura 17 è possibile osservare un confronto tra le altezze d'onda lungo la coordinata definita in Figura 15 per le simulazioni di maggiore interesse (Sim\_01, Sim\_05 e Sim\_07).



**Figura 17.** Confronto tra l'altezza d'onda nello stato di fatto (triangoli) e di progetto (cerchi per la soluzione A e rombi per la soluzione B). I dati sono estratti lungo l'asse definito in Figura 15.  $H_s = 7.5$  m,  $DD=210$  °N,  $T_p = 12$  s,  $Q = 0$  m<sup>3</sup>/s.



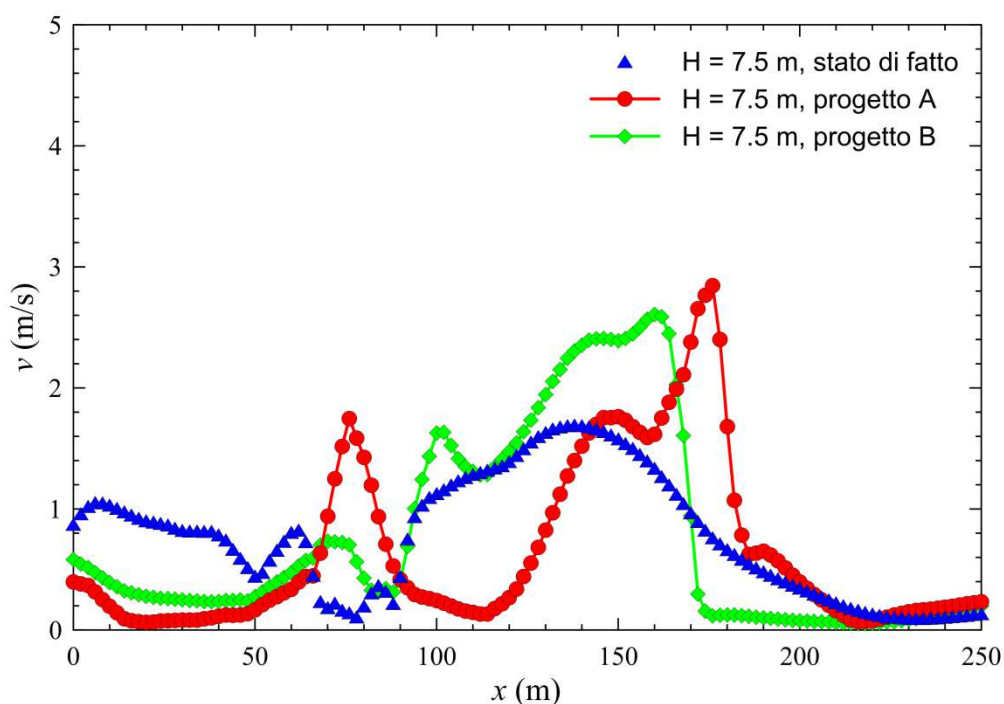
**Figura 18. Simulazione No 5, progetto A (con prolungamento della soffolta). Campo di velocità.  $H_s = 7.5$  m,  $DD=210$  °N,  $T_p = 12$  s,  $Q = 0$  m<sup>3</sup>/s.**



**Figura 19. Simulazione No 7, progetto B (senza prolungamento della soffolta).. Campo di velocità.  $H_s = 7.5$  m,  $DD=210$  °N,  $T_p = 12$  s,  $Q = 0$  m<sup>3</sup>/s.**



In Figura 20 è possibile osservare un confronto tra la velocità indotta dalle correnti lungo la coordinata definita in Figura 18 per le simulazioni di maggiore interesse (Sim\_01, Sim\_05 e Sim\_07).



**Figura 20. Confronto tra le velocità lungo costa nello stato di fatto (triangoli) e di progetto (cerchi per la soluzione A e rombi per la soluzione B). I dati sono estratti lungo l'asse definito in Figura 18.  $H_s = 7.5$  m,  $DD = 210^\circ N$ ,  $T_p = 12$  s,  $Q = 0$  m<sup>3</sup>/s.**

Per quanto riguarda la soluzione C che prevede la realizzazione di un accosto in testata alla diga di difesa e l'allargamento della scogliera di protezione della stessa, oltre all'abbassamento della berma della scogliera soffolta di fronte all'imboccatura portuale, si prevede che gli studi già svolti siano sufficienti a definire l'accettabilità della soluzione. Sono comunque in corso di completamento le analisi idrauliche nella configurazione definitiva delle opere in corrispondenza dell'accesso al bacino portuale.

## 5 PROGETTO DELLE OPERE DI DIFESA ESTERNA

### 5.1 Descrizione delle opere

#### 5.1.1 Scogliera soffolta

Di fronte all'esistente molo frangiflutti è prevista la realizzazione di una barriera sommersa sulla profondità di circa -8,00 m l.m.m. costituita da una scogliera in massi naturali. L'opera sarà costituita da un nucleo protetto da una mantellata in massi naturali di opportune dimensioni, come di seguito riportato.

In sede di prima stesura del progetto era stata prevista una berma con sommità a quota -3,00 l.m.m. di larghezza 6,00 m.

A seguito della richiesta dell'Amministrazione di abbassare la sommità della soffolta in corrispondenza dell'imboccatura del porticciolo, in modo da consentire il transito delle imbarcazioni nelle normali condizioni di mare e l'accesso al porto con sicurezza, anche in caso di mareggiate non particolarmente violente ad eventuali natanti in cerca di rifugio, la profondità della stessa è stata fissata alla quota -4,00 m l.m.m. pari alla quota del fondale in corrispondenza dell'imboccatura portuale.

#### 5.1.2 Rifioritura della mantellata della scogliera esistente

Su richiesta dell'Amministrazione è previsto di allargare la berma di sommità della scogliera esistente per tutta la sua lunghezza, raccordando l'estremità lato mare del nuovo pontile in testata con la radice di ponente della scogliera esistente.

### 5.2 Parametri di progetto

Sulla base dei risultati delle valutazioni preliminari effettuate e successivamente approfondite tramite le analisi numeriche di cui sopra, si assumono i seguenti parametri di progetto:

#### **Onda al largo**

$H_0 = 7,5$  m

altezza dell'onda significativa

RTP STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI (Mandataria/Capogruppo) –  
INJECTOSOND ITALIA S.r.l. – PRINCIPE S.r.l. – ARAN PROGETTI S.r.l. – SIMONE  
PARODI INGEGNERE (Mandanti)

$T_p = 13,2 \text{ s}$  periodo di picco dell'onda

### **Onda incidente al piede della barriera soffolta**

$H_0 = 5,85 \text{ m}$  altezza dell'onda significativa su fondale 9 m

$T_p = 13,2 \text{ s}$  periodo di picco dell'onda

### **Onda trasmessa al piede della scogliera esistente**

$H_t = 4,0 \text{ m}$  altezza dell'onda significativa

$T_p = 13,2 \text{ s}$  periodo di picco dell'onda

## **5.3 Dimensionamento delle mantellate**

### **5.3.1 Scogliera soffolta**

Il dimensionamento dei massi di mantellata viene eseguito secondo quanto indicato nella pubblicazione “Stability of Low-crested and Reef Breakwaters” degli autori J.W. van der Meer e K.W. Pilarczyk, basata su precedenti studi effettuati da J.W. van der Meer sulle scogliere in generale.

Il dimensionamento dei massi di protezione si basa sulla seguente relazione

$$N_s^* = H_s^{2/3} L_p^{1/3} / \Delta D_{n50}$$

dove

$N_s^*$  numero di stabilità spettrale

$H_s$  altezza dell'onda significativa incidente

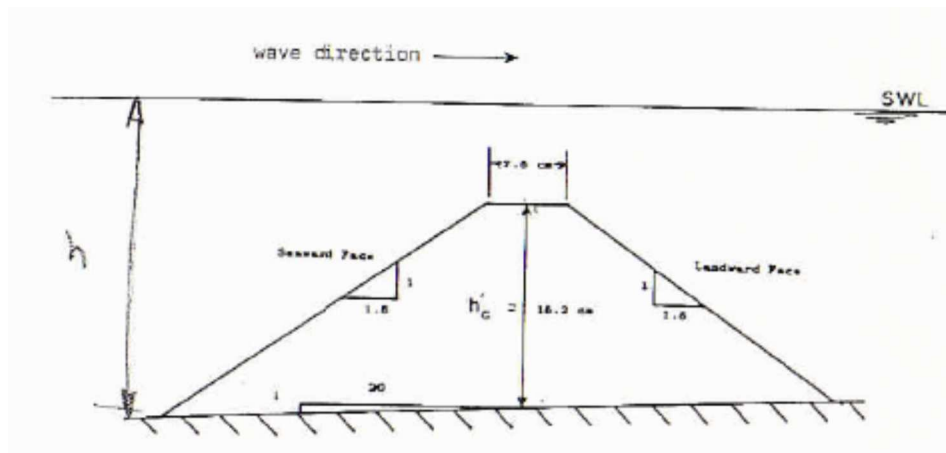
$L_p$  lunghezza dell'onda incidente al piede della struttura calcolata in base al periodo di picco  $T_p$

$D_{n50}$  diametro nominale dei massi

$\Delta = \gamma_s / \gamma_w - 1$  densità relativa dei massi con  $\gamma_s$  la densità dei massi e  $\gamma_w$  la densità dell'acqua di mare

Per le barriere sommerse il parametro  $N_s^*$  è funzione del rapporto  $h_c'/h$  tra l'altezza della berma e la profondità del fondale e del livello di danneggiamento ammesso  $S$ , secondo la relazione che segue

$$h_c'/h = (2,1 + 0,1S) \exp(-0,14 N_s^*)$$



Assumendo

$S = 2$  (inizio del danneggiamento)

$$h_c' = 5,00 \text{ m}$$

$$h = 8,00 \text{ m}$$

si ottiene

$$N_s^* = 9,3$$

Inoltre, essendo

$$H_s = 5,85 \text{ m}$$

$$L_p = 125 \text{ m}$$

$$\Delta = \gamma_s / \gamma_w - 1 = 2,6 / 1,025 - 1 = 1,54$$

risulta

$$D_{n50} = 1,14 \text{ m}$$

e, pertanto, il peso nominale dei massi è

$$W_{50} = \gamma_s D_{n50}^3 = 3,85 \text{ t}$$

Pertanto, la mantellata sarà costituita da massi con peso compreso tra 3 e 7 t.

I massi saranno disposti su due strati sovrapposti a protezione del nucleo.

### 5.3.2 Rifioritura della scogliera esistente

Il dimensionamento dei massi di mantellata viene eseguito secondo il metodo di Van der Meer.

Il peso nominale dei massi viene determinato come

$$W_{50} = \gamma_s D_{n50}^3 = 3,85 \text{ t}$$

dove

$$\gamma_s = 2,6 \text{ t/m}^3 \quad \text{peso specifico dei massi}$$

$$D_{n50} \quad \text{diametro nominale determinato in funzione del parametro di "surf similarity" che fornisce le condizioni dell'onda incidente (frangente/non frangente)}$$

$$\xi_z = \tan \alpha / \sqrt{2\pi H_s / g T_z^2} = 2,5 \quad \rightarrow \quad \text{onda frangente}$$

essendo

$$\cot \alpha = 3 \quad \text{la pendenza della scarpata}$$

$$H_s = 4,0 \text{ m} \quad \text{l'altezza dell'onda incidente sulla mantellata}$$

$$T_z = 0,92 T_p = 12 \text{ s} \quad \text{il periodo medio dello spettro}$$

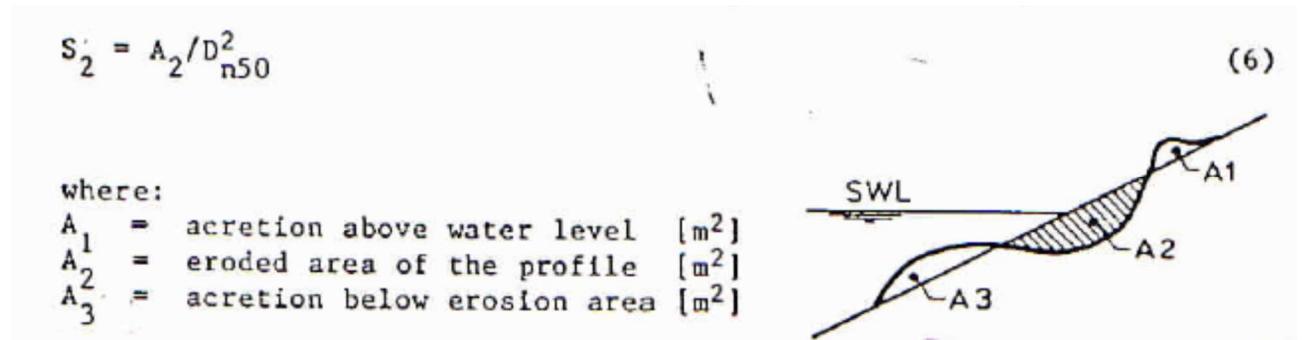
Nelle condizioni di cui sopra il diametro nominale viene quindi determinato come segue

$$\frac{H_s}{\Delta D_{n50}} = 4,4 \left( S_2 / \sqrt{N} \right)^{0,22} \xi^{-0,54}$$

dove

N numero di onde nel corso della mareggiata

$S_2 = A_2 / D_{n50}^2$  grado di danneggiamento (vedere schema seguente)



$$\Delta = \gamma_s / \gamma_w - 1 = 2,6 / 1,025 - 1 = 1,54$$

Il grado di danneggiamento per una pendenza della scarpata 1/3 varia da 2 (danneggiamento incipiente) a 8 (danneggiamento totale). Al fine di limitare la dimensione dei massi di mantellata si assume un grado di danneggiamento pari a 4.

Tale assunzione presuppone una manutenzione periodica della mantellata con il ripristino dei massi asportati durante le mareggiate più severe.

Il numero di onde viene determinato in funzione della durata media della mareggiata di progetto e del periodo medio dello spettro:

$$N = D / T_z = 1.500$$

avendo assunto  $D = 5$  ore come risulta dagli abachi riportati nello studio di previsione delle onde per i mari italiani del Prof. Boccotti.

Pertanto si ottiene

$$D_{n50} = 1,60 \text{ m}$$

e quindi

RTP STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI (Mandataria/Capogruppo) –  
 INJECTOSOND ITALIA S.r.l. – PRINCIPE S.r.l. – ARAN PROGETTI S.r.l. – SIMONE  
 PARODI INGEGNERE (Mandanti)

$$W_{n50} = 11 \text{ t}$$

## 5.4 Valutazione del run-up e della tracimazione

La valutazione della risalita dell'onda (run-up) sulla scogliera esistente e della portata di tracimazione viene eseguita sulla base delle formule fornite in letteratura tecnica (Technical Report – Wave Run-up and Wave Overtopping at Dikes – Technical Advisory Committee on Flood Defence), tenendo conto dello smorzamento dell'energia indotto dalla barriera soffolta e quindi prendendo in considerazione le caratteristiche dell'onda trasmessa al piede della scogliera stessa.

### 5.4.1 Run-up

Il run-up è dato come funzione del parametro di frangimento, anche detto di “surf similarity”

$$\xi_0 = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{s_0}}$$

dove

$\alpha$  pendenza della scarpata

$s_0 = 2 \pi H_{m0} / (g T_p^2)$  ripidità dell'onda

con

$H_{m0} \sim H_s$  altezza dell'onda significativa al piede della scogliera

$T_p$  periodo di picco dell'onda

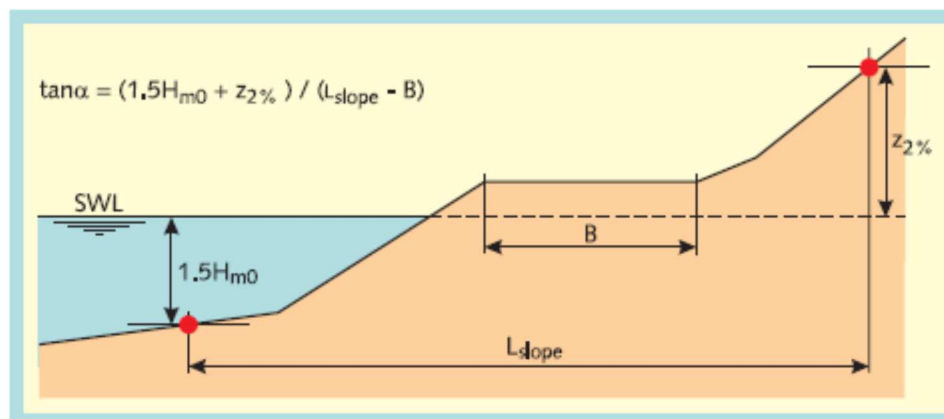
$g$  accelerazione di gravità

Essendo:

$$H_{m0} = 4,0 \text{ m}$$

$$T_p = 13,2 \text{ s}$$

Il run-up è calcolato quindi per iterazioni secondo la seguente espressione, con riferimento allo schema riportato di seguito



$$z_{2\%} = 1,75 H_{m0} \gamma_b \gamma_f \gamma_\beta \xi_0$$

dove

$\gamma_b$	fattore di influenza della berma
$\gamma_f$	fattore di influenza della scabrezza della mantellata
$\gamma_\beta$	fattore di influenza dell'angolo di attacco dell'onda

Di seguito si riportano i risultati del calcolo automatico eseguito tramite un foglio di calcolo appositamente predisposto.



DATI									
B	15	m	larghezza della berma						
d <sub>h</sub>	-4	m	elevazione della berma dal l.m.m. (-se sopra; + se sotto)						
β	0	°	angolo di incidenza dell'onda ( 0 se perpendicolare alla scogliera)						
cotg α <sub>1</sub>	9		pendenza scarpata a valle						
cotg α <sub>2</sub>	0,5		pendenza scarpata a monte						
H <sub>m0</sub>	4	m							
T <sub>p</sub>	13,2	t							
s <sub>0p</sub>	0,0147	-							
L <sub>1</sub>	54,00	m							
L <sub>2</sub>	3,00	m							
CALCOLO DI PRIMO TENTATIVO									
cotg α <sub>0</sub>	4,75	-	PRIMO TENTATIVO		0,21052632				
L <sub>slope</sub>	57	m							
ξ <sub>0</sub>	1,736	-							
z <sub>2%</sub> / H <sub>m0</sub>	3,038	-			z <sub>2%</sub>	12,15 m			
L <sub>berm</sub>	72	m							
Y <sub>β</sub>	1,000		per run-up 2%						
r <sub>B</sub>	0,208								
r <sub>dh</sub>	0,244								
Y <sub>b</sub>	0,843								
Y <sub>f</sub>	0,55								
			z <sub>2%</sub> / H <sub>m0</sub>		1,41	z <sub>2%</sub>		5,63 m	
L <sub>2</sub>	L <sub>slope</sub>	cotg α	ξ	L <sub>berm</sub>	r <sub>B</sub>	r <sub>dh</sub>	Y <sub>b</sub>	z <sub>2%</sub> / H <sub>m0</sub>	z <sub>2%</sub>
11,26	65,26	5,61	1,470	80,26	0,187	0,807	0,964	1,36	5,454
10,91	64,91	5,67	1,455	79,91	0,188	0,835	0,969	1,36	5,429
10,86	64,86	5,67	1,453	79,86	0,188	0,839	0,970	1,36	5,425
10,85	64,85	5,68	1,453	79,85	0,188	0,839	0,970	1,36	5,425
10,85	64,85	5,68	1,453	79,85	0,188	0,839	0,970	1,36	5,425
10,85	64,85	5,68	1,453	79,85	0,188	0,839	0,970	1,36	5,425

Risulta

$$z_{2\%} = 5,40 \text{ m}$$

### 5.4.2 Overtopping

La portata di *overtopping* viene determinata sulla base della relazione empirica di Pedersen e Burcharth (1992-1996), riportata su Coastal Engineering Manual Parte VI.

$$\frac{q T_{0m}}{L_{0m}^2} = 3,2 \cdot 10^{-5} \left( \frac{H_s}{R_c} \right)^3 \frac{H_s^2}{A_c B \cot \alpha}$$

dove

$R_c = 5,75 \text{ m}$                                       altezza della sommità del muro paraonde

$A_c = 4,0 \text{ m}$                                         altezza della berma

$B = 15 \text{ m}$                                         larghezza della berma

$\cot \alpha = 4,5$                                       pendenza media della scarpata

$H_s = 4,0 \text{ m}$                                       altezza dell'onda significativa incidente

$T_{0m} = T_{0p} / 1,13 = 12 \text{ s}$                       periodo medio dell'onda

$L_{0m} = 108 \text{ m}$                                    lunghezza d'onda al piede della scarpata

Risulta

$$q = 0,0006 \text{ m}^3/\text{ms} = 0,6 \text{ l/ms}$$

Considerato che nelle condizioni attuali risulta

$B = 12 \text{ m}$                                         larghezza della berma

$\cot \alpha = 5,0$                                       pendenza media della scarpata

$H_s = 9,0 \text{ m}$                                       altezza dell'onda significativa incidente

$$T_{0m} = 12 \text{ s}$$

periodo medio dell'onda

$$L_{0m} = 83 \text{ m}$$

lunghezza d'onda al piede della scarpata

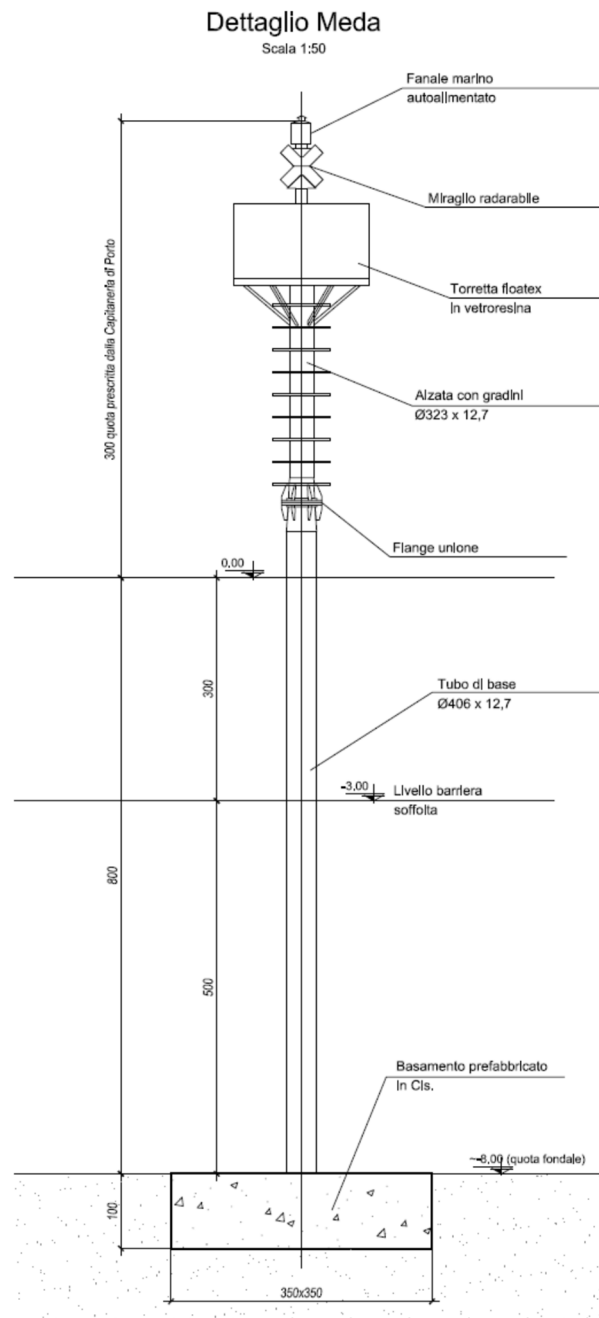
la tracimazione è pari a

$$q = 0,024 \text{ m}^3/\text{ms} = 24 \text{ l/ms}$$

valore enormemente superiore a quello ottenibile con la soluzione proposta.

Pertanto, è evidente che la soluzione proposta consente di ridurre drasticamente la tracimazione e quindi di migliorare notevolmente la fruibilità delle nuove opere previste lungo il lato interno del molo e facenti parte di progetto separato a cura dell'Amministrazione e di ridurre notevolmente l'agitazione nello specchio acqueo interno.

## 5.5 Valutazione dell'azione dell'onda sui supporti delle mede



La valutazione dell'azione che l'onda esercita sui pali di supporto delle mede è condotta facendo riferimento alla teoria non lineare di Dean (1965) utilizzando il metodo grafico proposto dallo Shore Protection Manual (1984).

$$H_0 = 5,85 \text{ m}$$

altezza dell'onda significativa su fondale 9 m

$$T_p = 13,2 \text{ s}$$

periodo di picco dell'onda

RTP STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI (Mandataria/Capogruppo) –  
INJECTOSOND ITALIA S.r.l. – PRINCIPE S.r.l. – ARAN PROGETTI S.r.l. – SIMONE  
PARODI INGEGNERE (Mandanti)

$d/(g \cdot T^2) = 0,0053$  profondità adimensionale

$H/(g \cdot T^2) = 0,0034$  ripidità adimensionale

Da cui si ricava [SPM – fig 7-75]:

$$H_b = 6,30 \text{ m}$$

$$H_b/H = 0,93$$

Trovandosi nella zona prossima al frangimento si ricavano con il metodo grafico [SPM1984 - fig.7-76÷7-83] i valori massime della forza e del momento agente sul palo:

$$D = 0,4 \text{ m}$$

$$\phi_m = 0,36$$

$$\alpha_m = 0,38$$

Da cui si ricavano i valori massimi delle azioni sui pali:

$$F_m = 35 \text{ kN}$$

$$M_m = 330 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### 5.5.1 Verifica profili tubolari (STR)

L'azione di progetto legata all'onda massima su fondale di 9 m considerando a favore di sicurezza il palo libero nell'acqua trascurando quindi la protezione fornita al palo dalla soffolta fino a quota -3,00 s.l.m.m, è considerata alla stregua di un'azione eccezionale pertanto si procede alla verifica allo SLU.

$$D = 406 \text{ mm}$$

$$t = 12,7 \text{ mm}$$

$$f_y = 275 \text{ N/mm}^2$$

$$W_{el} = 1495 \text{ cm}^3$$

$$M_{Rd} = 392 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Ed} = 330 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{Ed}/M_{Rd} = 0,84$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta

### 5.5.2 Verifiche di carattere geotecnico (GEO)

Le azioni legate al ribaltamento e allo scorrimento sul piano di fondazione risultano superflue in quanto la struttura risultando protetta dalla scogliera è impossibilitata a compiere i cinematismi di cui sopra.

## 6 BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (2004), Open Telemac-Mascaret solver, <http://www.opentelemac.org>.

U.S. Army Corps of Engineers (1984), Shore Protection Manual (SPM), Vicksburg, Mississippi.

Borgman L. E. (1963), Risk Criteria, J. of The Waterways and Harbors Division, ASCE, Vol. 89, No. WW3, Proc. Paper 3607.

Goda Y. (1995), Random seas and design of maritime structures, University of Tokyo Press, Tokyo, Japan.

Hasselmann K. et al. (1973), Measurement of wind-wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP), *Erganzungsheft zur Deutschen Hydrographischen Zeitschrift*, Reihe A, n.12.

## Appendice A TELEMAC-MASCARET

RTP STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI (Mandataria/Capogruppo) –  
INJECTOSOND ITALIA S.r.l. – PRINCIPE S.r.l. – ARAN PROGETTI S.r.l. –  
SIMONE PARODI INGEGNERE(Mandanti)



# 1 INTRODUZIONE

TELEMAC-MASCARET è una suite integrata di risolutori (*open source*) per applicazioni nel campo dell'idraulica a superficie libera (sia fluviale sia marittima). Lo sviluppo dei codici di calcolo che compongono la suite è gestito da un consorzio di organizzazioni: Artelia (ex Sogreah, Francia), Bundesanstalt für Wasserbau (BAW, Germania), Centre d'Etudes Techniques Maritimes et Fluviales (CETMEF, Francia), Daresbury Lab. (UK), Electricité de France (EDF, Francia) e HR Wallingford (UK).

Il largo impiego per studi in tutto il mondo ha reso TELEMAC-MASCARET uno dei principali standard nel settore. TELEMAC-MASCARET è utilizzato per attività di dimensionamento e studi di impatto ambientale, dove la sicurezza è il fattore predominante. Per questo motivo, l'affidabilità e la validità sono aspetti caratteristici e comprovati del software.

I solutori utilizzano algoritmi basati sul metodo degli elementi finiti. Il dominio di calcolo è discretizzato in forma di una griglia non strutturata di elementi triangolari, che può essere raffinata nelle zone di particolare interesse.

Il sistema TELEMAC-MASCARET è composto dai seguenti moduli per il trattamento dei fenomeni idrodinamici:

- ARTEMIS: agitazione ondosa nei porti;
- MASCARET: flussi monodimensionali;
- TELEMAC-2D: flussi bidimensionali - equazioni di Saint-Venant (compreso il trasporto di un tracciante diluito);
- TELEMAC-3D: flussi tridimensionali - equazioni di Navier-Stokes (compreso il trasporto di traccianti attivi o passivi);
- TOMAWAC: propagazione di onde nella zona costiera.

e dei seguenti moduli per i fenomeni di trasporto e/o dispersione:

- SISYPHE: trasporto solido 2D;
- SEDI-3D: trasporto di sedimenti in sospensione 3D;
- DREDGESIM: simulazione di operazioni di dragaggio.

## 2 TELEMAC-2D (VERSIONE 6.3)

Il codice TELEMAC-2D risolve le equazioni dei flussi a superficie libera (medie sulla profondità), così come ricavate per la prima volta da Barré de Saint-Venant nel 1871, tramite una schematizzazione agli elementi finiti. I principali risultati (ad ogni nodo della rete di calcolo) sono le profondità idriche e le componenti locali di velocità. I campi di applicazione prevalenti di TELEMAC-2D sono l'idraulica fluviale e marittima. Il programma è in grado di tener conto dei seguenti fenomeni:

- propagazione di onde lunghe, compresi gli effetti non lineari;
- attrito al fondo;
- effetto della forza di Coriolis;
- effetti di fenomeni meteorologici come pressione atmosferica, pioggia, evaporazione e vento;
- turbolenza;
- flussi supercritici e subcritici;
- influenza di gradienti orizzontali di temperatura e salinità sulla densità;
- presenza di celle asciutte all'interno del dominio computazionale: piane di maree e pianure alluvionali;
- diffusione di un tracciante ad opera di correnti, compresi i termini sorgente e di decadimento;
- *particle-tracking*;
- trattamento di singolarità: dighe, traverse con soglia sfiorante, tombini, ecc.;
- *dam-break*;
- resistenza dovuta a strutture verticali;
- interazione tra correnti e stato ondoso grazie all'accoppiamento con TOMAWAC o al concatenamento con ARTEMIS (nel secondo caso sono considerati i soli effetti delle onde sulle correnti);
- accoppiamento con il modulo di calcolo del trasporto di sedimenti.

Il software ha molti campi di applicazione. Nel settore marittimo, meritano particolare menzione il dimensionamento delle strutture portuali, lo studio degli effetti conseguenti il dragaggio o la realizzazione opere di protezione, l'impatto ambientale e la propagazione dei reflui scaricati da uno sbocco costiero o lo studio dei pennacchi termici. Per quanto riguarda le applicazioni fluviali, si possono citare il dimensionamento di nuove strutture idrauliche (ponti, dighe, tombini), le rotture arginali, la determinazione delle aree allagabili a seguito di una inondazione e il trasporto di un tracciante (anche soggetto a decadimento).

TELEMAC-2D risponde al protocollo di qualità di Electricité de France (EDF-DER's Quality Assurance) per programmi scientifici e tecnici.

RTP STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI (Mandataria/Capogruppo) –  
INJECTOSOND ITALIA S.r.l. – PRINCIPE S.r.l. – ARAN PROGETTI S.r.l. –  
SIMONE PARODI INGEGNERE(Mandanti)

### 3 TOMAWAC (VERSIONE 6.1)

TOMAWAC è un software scientifico che modella la generazione e l'evoluzione spazio-temporale dello spettro di potenza delle onde generate dal vento e l'agitazione delle onde sulla superficie di un dominio oceanico (grandi profondità d'acqua) o di mari continentali (medie profondità d'acqua) o di zone costiere (fondali bassi). Il modello utilizza gli elementi finiti per discretizzare l'area oggetto di studio, ed è basato sui sottoprogrammi (*subroutines*) della suite di calcolo TELEMAC-MASCARET, sviluppati dal Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement (LNHE).

L'acronimo TOMAWAC, adottato come nome del codice, deriva dalla denominazione estesa: TELEMAC-based Operational Model Addressing Wave Action Computation.

TOMAWAC modella lo stato di mare tramite una formulazione semplificata della tecnica di propagazione spettrale angolare, riproducendo l'evoluzione dell'azione ondosa in corrispondenza di ciascun nodo della griglia computazionale (mesh di calcolo). In TOMAWAC lo spettro d'onda è suddiviso in un numero finito di frequenze d'onda e direzioni di propagazione e l'equazione della densità spettrale-angolare è risolta per ognuna di tali componenti (frequenza e direzione). Inoltre, il software è in grado di modellare alcuni processi fisici che interagiscono con le onde, modificando l'energia e lo spettro direzionale. I processi relativi alla dissipazione di energia sono:

- frangimento al largo (*whitecapping dissipation*);
- dissipazione indotta dall'attrito al fondo (particolarmente rilevante in acque basse);
- dissipazione dovuta al frangimento sottocosta;
- dissipazione dovuta al fenomeno di *wave blocking*.

Di seguito si riportano i principali processi relativi alla propagazione dell'onda e al trasferimento non lineare di energia che TOMAWAC è in grado di modellare:

- *shoaling* in prossimità della linea di riva;
- rifrazione sottocosta;
- interazione con correnti instabili;
- .

Validato con una grande varietà di casi test e già utilizzato in numerosi studi, TOMAWAC è ideale per progetti quali la progettazione di strutture marittime, il trasporto solido da onde, lo studio delle correnti.

001	Marzo 2020	PRIMA EMISSIONE	Ing. ....	Ing. ....	Arch. ....	Arch. ....
Revisione	Data	Oggetto revisione	Redatto	Redatto	Verificato	Approvato

<h1 style="margin: 0;">COMUNE DI GENOVA</h1>
--

<b>AREA RISORSE TECNICO OPERATIVE</b>	Direttore <div style="text-align: right;">Ing. Stefano PINASCO</div>
---------------------------------------	---

<b>DIREZIONE INFRASTRUTTURE E DIFESA DEL SUOLO</b>	Direttore <div style="text-align: right;">Ing. Stefano PINASCO</div>
--	---

	Direttore
--	-----------

CAPO PROGETTO ...	RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO <div style="text-align: right;"><b>Ing. Stefano PINASCO</b></div>
-------------------	--

<b>RAGGRUPPAMENTO:</b>  Capogruppo / Mandataria  <div style="text-align: center;">STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI</div>  Mandanti <div style="text-align: center;">             INJECTOSOND ITALIA S.R.L.              PRINCIPE S.R.L.              ARAN PROGETTI S.R.L.              Simone Parodi Ingegnere         </div>	Computi metrici e Capitolati  Rilievi  Coordinatore per la sicurezza (in fase di Progettazione)  Studi Geologici  Relazione Paesaggistica  ---
--	---

Intervento/Opera Adeguamento funzionale del molo di protezione e delle banchine del Porticciolo di Nervi, in Comune di Genova, al fine della stabilizzazione del fondale del paraggio in corrispondenza del porticciolo stesso <div style="text-align: center;"><b>OPERE DI I STRALCIO</b></div> Scogliera soffolta, rifioritura scogliera esistente	Municipio	<b>LEVANTE</b>	<b>IX</b>
	Quartiere	...	-
	Serie tavole	...	
Oggetto dell'elaborato	N° prog. tav.	N° tot. tav.	
<b>RELAZIONE SUI MATERIALI</b>	...	...	
	Scala	Data	
	...	...	

Livello progettazione	<b>ESECUTIVO</b>	ARCHITETTONICO/STRUTTURALE	Tavola N°
Codice MOGE ---	Codice PROGETTAZIONE ---	Codice OPERA ---	
		Codice ARCHIVIO ---	

## SOMMARIO

1	Normativa di riferimento .....	1
2	MATERIALI IMPIEGATI .....	2
2.1	Fondazioni e getti in opera blocchi ed elementi in cls .....	2
2.1.1	Basamenti mede .....	2
2.1.2	Elementi di protezione condotta sottomarina.....	2
2.2	Massi da scogliera .....	2
2.3	Mede di segnalamento.....	2



# 1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si fa riferimento alle seguenti Normative:

- **Legge n.1086 del 5/11/74** : “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica”
- **D.M. 17/01/18** : “Norme Tecniche per le Costruzioni”
- **Circolare n. 7 del 21/01/2019** : “Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018”

## **2 MATERIALI IMPIEGATI**

I materiali previsti a progetto sono i seguenti:

### **2.1 Fondazioni e getti in opera blocchi ed elementi in cls**

#### **2.1.1 Basamenti mede**

Calcestruzzo classe minima: **C35/45**

Acciaio per c.a.: **B450c**

#### **2.1.2 Elementi di protezione condotta sottomarina**

Calcestruzzo classe minima: **C35/45**

Acciaio per c.a.: **B450c**

### **2.2 Massi da scogliera**

Aggregati naturali per opere di protezione (armourstone):

conformi a: **UNI EN 13383-1:2004**

### **2.3 Mede di segnalamento**

Si rimanda a quanto prescritto dall'Autorità Marittima.

001	Marzo 2020	PRIMA EMISSIONE	Ing. ....	Ing. ....	Arch. ....	Arch. ....
Revisione	Data	Oggetto revisione	Redatto	Redatto	Verificato	Approvato

<h1 style="margin: 0;">COMUNE DI GENOVA</h1>
--

<b>AREA RISORSE TECNICO OPERATIVE</b>	Direttore <div style="text-align: right;">Ing. Stefano PINASCO</div>
---------------------------------------	---

<b>DIREZIONE INFRASTRUTTURE E DIFESA DEL SUOLO</b>	Direttore <div style="text-align: right;">Ing. Stefano PINASCO</div>
--	---

	Direttore
--	-----------

CAPO PROGETTO ...	RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO <div style="text-align: right;"><b>Ing. Stefano PINASCO</b></div>
-------------------	--

<b>RAGGRUPPAMENTO:</b>  Capogruppo / Mandataria  <div style="text-align: center;">STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI</div> Mandanti <div style="text-align: center;">             INJECTOSOND ITALIA S.R.L.              PRINCIPE S.R.L.              ARAN PROGETTI S.R.L.              Simone Parodi Ingegnere         </div>	Computi metrici e Capitolati  Rilievi  Coordinatore per la sicurezza (in fase di Progettazione) Studi Geologici Relazione Paesaggistica ---
--	---

Intervento/Opera Adeguamento funzionale del molo di protezione e delle banchine del Porticciolo di Nervi, in Comune di Genova, al fine della stabilizzazione del fondale del paraggio in corrispondenza del porticciolo stesso <div style="text-align: center;"><b>OPERE DI I STRALCIO</b></div> Scogliera soffolta, rifioritura scogliera esistente	Municipio	<b>LEVANTE</b>	<b>IX</b>
	Quartiere	...	-
	Serie tavole	...	
Oggetto dell'elaborato	N° prog. tav.	N° tot. tav.	
<b>RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA</b>	...	...	
	Scala	Data	
	...	...	

Livello progettazione	<b>ESECUTIVO</b>	ARCHITETTONICO/STRUTTURALE	Tavola N°
Codice MOGE ---	Codice PROGETTAZIONE ---	Codice OPERA ---	

## SOMMARIO

1	Introduzione .....	1
1.1	Premesse.....	1
1.2	Scopo del progetto.....	1
1.3	Descrizione del sito .....	2
1.3.1	Aspetti idraulico-marittimi.....	2
1.3.2	Aspetti geologico-geotecnici.....	5
1.4	Classificazione sismica del sito.....	5
2	Lo stato dei luoghi.....	6
3	Attività di progettazione.....	12
3.1	Opera di difesa esterna .....	12
3.2	Conclusione .....	14
4	Descrizione sommaria dell'intervento .....	16
4.1	Interventi previsti .....	16
4.1.1	Salpamenti.....	16
4.1.2	Scogliera soffolta .....	19
4.1.3	Accessori.....	22
4.1.4	Rifioritura della scogliera esistente.....	22
4.2	Modalità di esecuzione dei lavori.....	23
4.3	Fasi di esecuzione dei lavori .....	23
4.3.1	Barriera soffolta .....	23

RTP STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI (Mandataria/Capogruppo) –  
INJECTOSOND ITALIA S.r.l. – PRINCIPE S.r.l. – ARAN PROGETTI S.r.l. – SIMONE  
PARODI INGEGNERE(Mandanti)

4.3.2	Rifioritura della scogliera esistente .....	24
5	Modalità di progettazione .....	25
5.1	Normativa di riferimento .....	25
6	Quadro economico e tempi di realizzazione .....	26

# **1 INTRODUZIONE**

## **1.1 Premesse**

Il presente progetto esecutivo riguarda le opere di I Stralcio previste nell'ambito degli interventi di adeguamento del molo frangiflutti e delle banchine esistenti del porticciolo di Nervi, nel Comune di Genova, al fine della stabilizzazione della spiaggia posta sul lato nord e del fondale nello specchio acqueo interno al porticciolo stesso, oltre che della mitigazione dell'agitazione interna durante le mareggiate più severe.

Gli interventi previsti nel presente progetto esecutivo comprendono:

- il salpamento dell'esistente cordonatura in new jersey di calcestruzzo presente sul fondale a levante dell'imboccatura portuale e di scogli al piede della falesia a levante del canale;
- la protezione del tubo di scarico di emergenza della stazione di pompaggio del porticciolo;
- la realizzazione di una scogliera soffolta a mare dell'esistente molo frangiflutti su fondale di circa -8,00 m l.m.m con berma a quota -3,00 m l.m.m. di larghezza 6,00 m,, nel tratto antistante il molo frangiflutti esistente e con berma a quota -4,00 m l.m.m. di larghezza 8,00 m, nel tratto in corrispondenza dell'imboccatura portuale;
- l'installazione di n. 2 mede fisse per la segnalazione dei bassi fondali in corrispondenza della barriera soffolta;
- la rifioritura della scogliera di protezione del molo esistente.

## **1.2 Scopo del progetto**

Il bacino portuale è da tempo soggetto ad un inasprimento di tre emergenze:

- l'agitazione interna. in occasione delle mareggiate più intense, è particolarmente notevole, tanto da indurre la tracimazione del muro di sostegno della via Caboto, con il conseguente

allagamento dei locali posti al piano terra degli edifici prospicienti che per la maggior parte ospitano esercizi commerciali;

- l'erosione della spiaggia a valle di via Caboto, conseguente alle cause di cui al punto precedente;
- l'insabbiamento del bacino portuale conseguente, a quanto viene riferito, ai ripascimenti delle spiagge del levante cittadino. Insabbiamento costituito da materiale di granulometria finissima (sabbie limose e limi) fluitati dalle mareggiate provenienti dal terzo quadrante.

Tale insabbiamento richiede, come ben noto, periodiche opere di dragaggio con conseguente onere per l'Amministrazione Comunale.

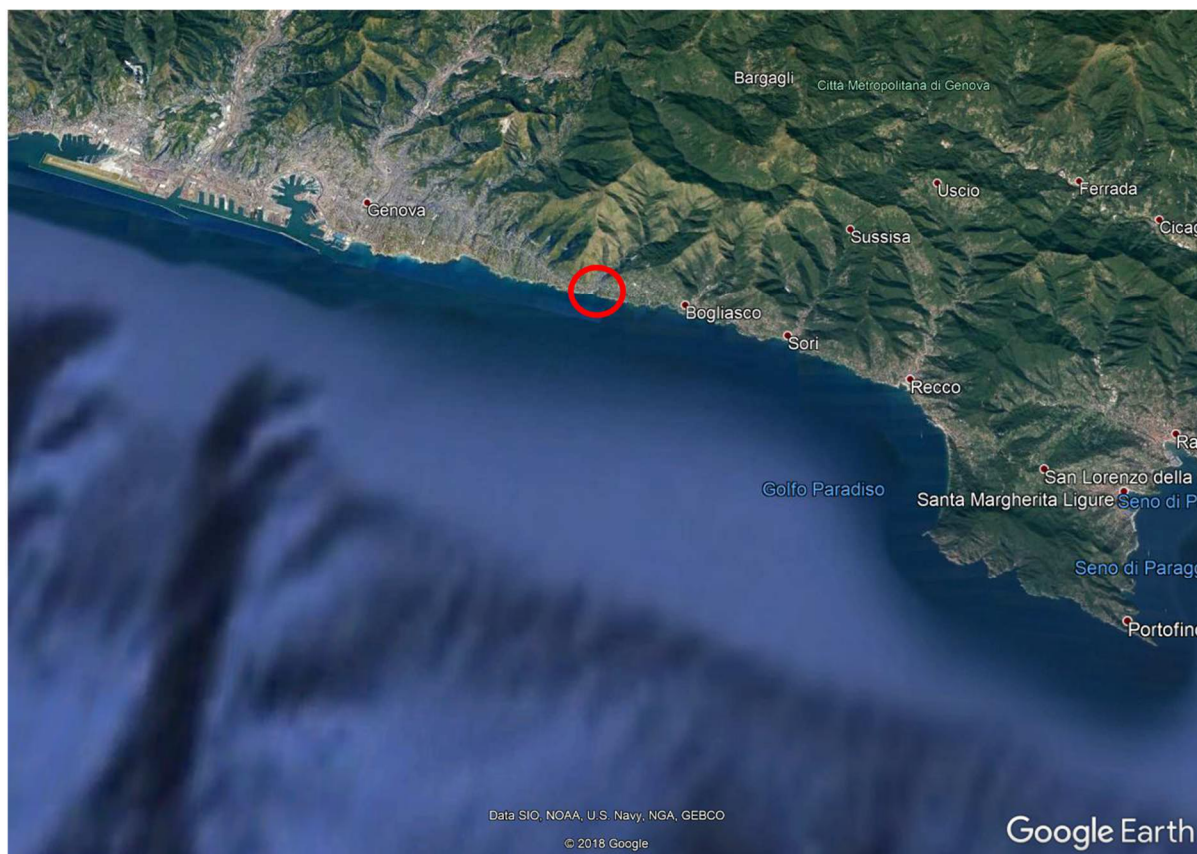
I lamentati disagi da parte della popolazione locale e dei fruitori abituali del porticciolo hanno indotto l'Amministrazione comunale a provvedere ad una serie di interventi atti a migliorare la situazione, al fine di migliorare la fruibilità delle aree e di renderle più sicure sia dal punto di vista nautico, sia di quello turistico e ambientale.

### **1.3 Descrizione del sito**

#### **1.3.1 Aspetti idraulico-marittimi**

Il Porticciolo di Nervi è situato in corrispondenza dell'insenatura naturale presente allo sbocco del torrente Nervi in Comune di Genova.





**Figura 1 Localizzazione del porticciolo di Nervi**

Il paraggio è esposto ad un settore di traversia compreso tra  $140^{\circ}$  N e  $230^{\circ}$  N, con estensione variabile sino a più di 500 km in direzione  $220^{\circ}$  N.

L'unità fisiografica del paraggio sotto costa è intuitivamente delimitata da Punta Portofino a Sud e da Genova verso Nord, con allineamento medio della linea di costa prossimo a  $100^{\circ}$  -  $280^{\circ}$  N.

La spiaggia sommersa ha una pendenza rilevante, con fondali che raggiungono a breve distanza dalla costa profondità maggiori di 100 m.

In particolare, il fondale naturale antistante il porticciolo ha una pendenza media del  $2 \div 2,5\%$  e raggiunge la profondità di circa 3,5 m in corrispondenza dell'imboccatura.

A causa degli effetti indotti dalla variazione di profondità del fondale (rifrazione, *shoaling*, attrito al fondo) il moto ondoso proveniente dal largo viene modificato sia in intensità, sia in direzione.



**Figura 2 vista aerea del porticciolo**

Per ottenere la distribuzione direzionale dell'altezza e del periodo delle onde, ai fini progettuali, si è fatto uso dei dati del KNMI (Istituto Reale Meteorologico dei Paesi Bassi) rilevati nella zona tra  $7^{\circ}$ - $11^{\circ}$  E e  $42^{\circ}$ - $45^{\circ}$  N nel periodo 1961-1980. Sebbene tali dati siano in gran parte stimati e non misurati, e quindi in qualche misura soggettivi, sono ritenuti attendibili, con il vantaggio di essere rilevati in mare aperto senza interferenze dovute alle coste o ai bassi fondali. Le risultanze ottenute sono del tutto confermate dagli studi del Prof. P.Boccotti e dalle relazioni riportate nella pubblicazione dell'AIPCN e dell'Università di Roma per quanto riguarda le rilevazioni effettuate dalla boa ondometrica nel Golfo di La Spezia.

Lo specchio acqueo portuale è protetto a ponente da un molo frangiflutti e delimitato a levante da una falesia e da una scogliera sottostante.

La Relazione idraulica marittima che riguarda gli aspetti sopra citati è allegata al presente progetto.

### **1.3.2 Aspetti geologico-geotecnici**

Ai fini della caratterizzazione geotecnica del terreno di fondazione delle nuove opere si fa riferimento ad una recente serie di indagini effettuate nell'ambito del progetto di sistemazione dell'area dell'esistente piscina, redatto dal Comune di Genova e dallo stesso messe a disposizione.

Tali informazioni si ritengono sufficienti ai fini delle verifiche geotecniche delle opere progettate che sono del tipo a fondazione diretta e prevedono carichi di limitata intensità.

## **1.4 Classificazione sismica del sito**

Con D.G.R. n.216 del 17/03/2017 è entrato in vigore l'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Liguria, in base al quale la zona in esame è classificata come **zona 3**.

## 2 LO STATO DEI LUOGHI

Dalla documentazione fornita dall'amministrazione appaltante e dalle testimonianze raccolte nel corso dei sopralluoghi effettuati è emerso che durante le mareggiate, soprattutto con provenienza da libeccio, le onde si incanalano attraverso l'imboccatura portuale con maggior vigore rispetto al passato, quando il molo frangiflutti era protetto da una scogliera di dimensioni più contenute verso ponente rispetto a quelle attuali e sul lato levante non erano presenti i massi che, secondo quanto ci è stato riferito, si sono accumulati in tempi più recenti.

Come si è potuto osservare durante i sopralluoghi effettuati, in effetti, i massi presenti al piede della falesia di levante sono di tipologia chiaramente diversa da quelli locali. È presumibile che tali massi provengano dalla scogliera di protezione del molo frangiflutti a seguito dell'erosione della mantellata e siano stati trasportati in tale posizione dalle forti correnti marine che si generano durante le mareggiate più severe.

Durante i suddetti sopralluoghi si è osservato che la parte emersa della scogliera è molto ripida, con una berma di sommità molto larga ed è costituita da massi naturali di modeste dimensioni, disposti in modo tale da presentare una superficie molto poco scabra e tale quindi da favorire la risalita delle onde (*run-up*) e la conseguente tracimazione dell'opera di difesa.

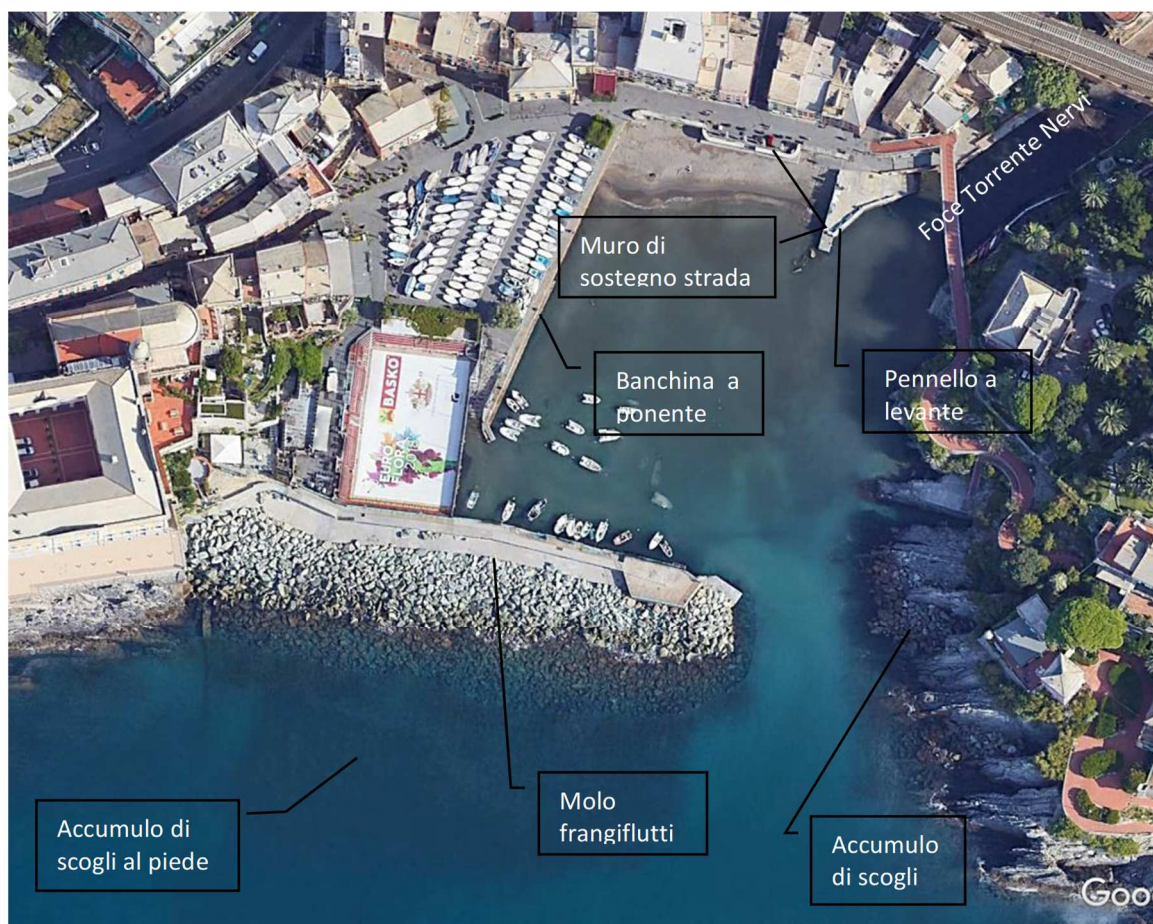
Entrambi i fattori sopra esposti sono senza dubbio la causa principale della forte agitazione interna che si verifica in corrispondenza delle mareggiate più severe. Una concausa sicuramente sfavorevole consiste nella riflettenza delle opere portuali interne caratterizzate tutte da paramento esterno verticale.

A seguito della forte agitazione interna che ne deriva, la spiaggia posta sul lato nord della baia al di sotto della strada pubblica è soggetta ad erosione ed il muro di sostegno della strada stessa ha subito nel tempo danni evidenti soprattutto nella parte inferiore del paramento esterno.

Per contro, lo specchio acqueo portuale risulta soggetto a fenomeni di insabbiamento che sembrano dovuti non tanto agli apporti del torrente, quanto ad apporti di materiale molto fine (limo) provenienti da mare attraverso l'imboccatura, trasportati in sospensione dalla corrente litoranea durante le mareggiate di libeccio. Il motivo di tale fenomeno trova giustificazione nel fatto che, non essendo presenti spiagge a levante fino al promontorio di Portofino dal quale

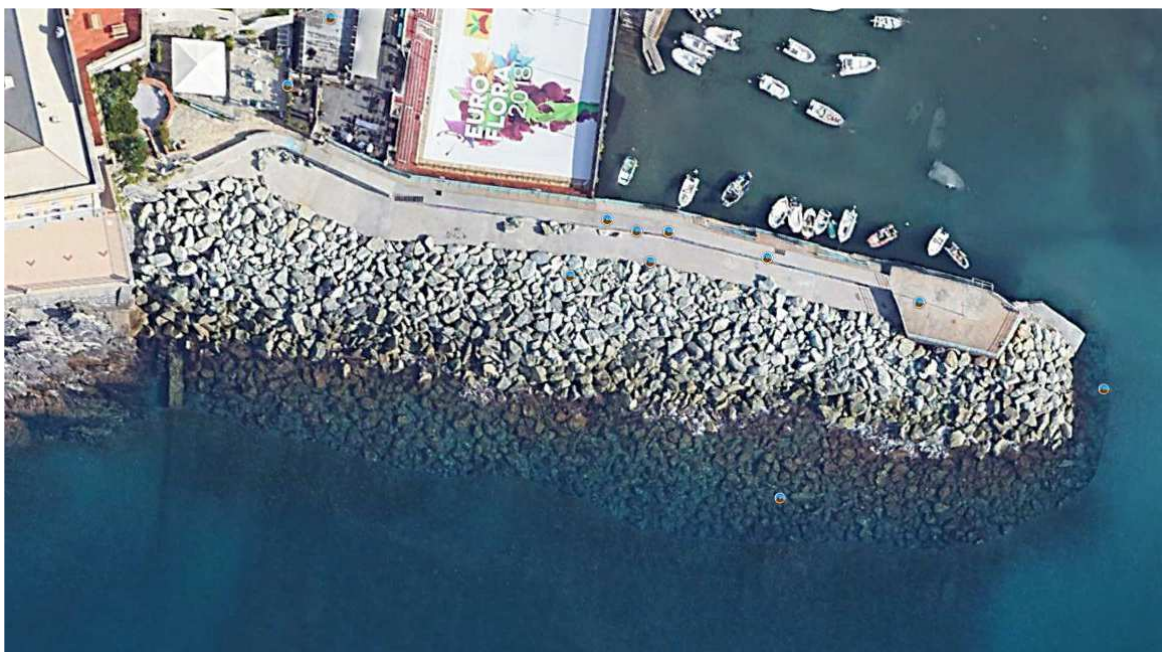


il paraggio è protetto, gli unici apporti di materiale fine possono essere causati dai ripascimenti delle spiagge artificiali poste lungo la costa a ponente,



**Figura 3 Area portuale – Vista aerea**





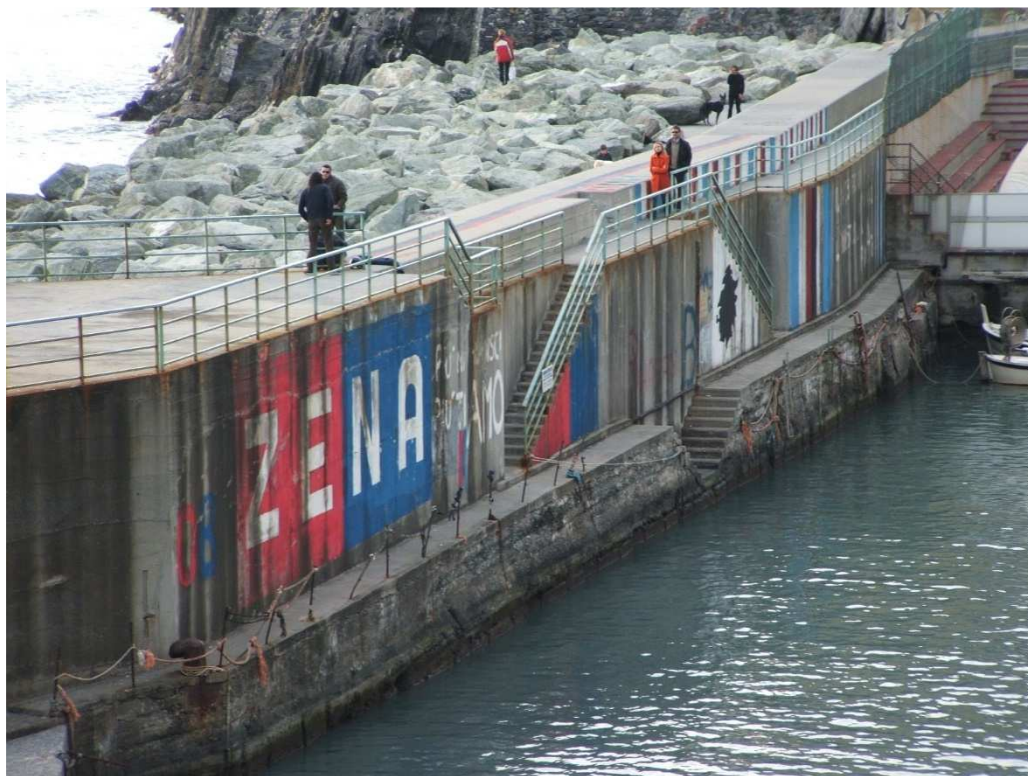
**Figura 4 Vista aerea della scogliera esistente a protezione del molo frangiflutti**



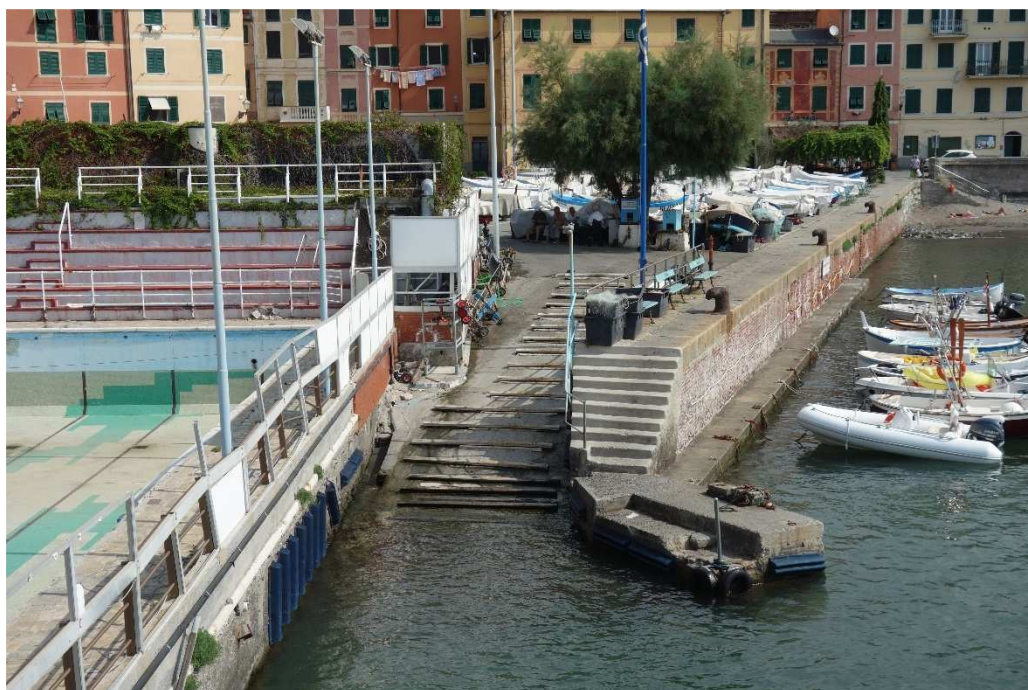
**Figura 5 Scogliera esistente a protezione del molo frangiflutti**

RTP STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI (Mandataria/Capogruppo) –  
 INJECTOSOND ITALIA S.r.l. – PRINCIPE S.r.l. – ARAN PROGETTI S.r.l. – SIMONE  
 PARODI INGEGNERE (Mandanti)





**Figura 6 Lato interno del molo frangiflutti**



**Figura 7 Banchina esistente lato ponente e parete piscine esistente**

RTP STUDIO BALLERINI INGEGNERI ASSOCIATI (Mandataria/Capogruppo) –  
 INJECTOSOND ITALIA S.r.l. – PRINCIPE S.r.l. – ARAN PROGETTI S.r.l. – SIMONE  
 PARODI INGEGNERE(Mandanti)



**Figura 8 Pennello lato levante allo sbocco del torrente Nervi e spiaggia sottostante Via Caboto**

Per quanto riguarda la spiaggia a valle di via Caboto, è da rilevare che le onde residue indotte dalle mareggiate più intense raggiungono il muro di sostegno della strada soprastante, inducendo al piede del paramento esterno erosioni, localmente profonde, che necessitano di interventi di riparazione (v. Figura 7). Dai sopralluoghi effettuati non risultano, però, fenomeni di sgrottamento alla base della fondazione che possano compromettere la stabilità della struttura.





**Figura 9 Piede del muro di sostegno della strada Via Caboto**

### **3 ATTIVITÀ DI PROGETTAZIONE**

Prima di dare corso alla progettazione definitiva è stata analizzata la documentazione allo studio di fattibilità tecnica ed economica a base d'appalto, sono state cercate le ulteriori informazioni necessarie e sono state raccolte preziose informazioni e testimonianze anche sul luogo riferite sia da fruitori abituali del porticciolo sia da alcuni abitanti della zona.

La causa principale dei disagi lamentati all'interno dell'area portuale deriva sostanzialmente dall'insufficiente protezione da parte del molo frangiflutti nei confronti delle mareggiate più severe che si verificano periodicamente in corrispondenza del paraggio e delle modifiche introdotte negli anni alla conformazione della bocca di accesso.

#### **3.1 Opera di difesa esterna**

Già lo studio di fattibilità tecnica ed economica a base d'appalto prevedeva una risagomatura della testata della scogliera di protezione del molo frangiflutti, con lo scopo di deviare la corrente litoranea più verso il largo, in modo tale da limitare l'ingresso dei sedimenti fini attraverso l'imboccatura. Nonostante tale effetto, chiaramente dimostrato dalle analisi numeriche riportate nello studio idraulico allegato al progetto a base di gara, abbia una discreta efficacia, si è osservato che la sagoma planimetrica proposta a progetto potrebbe produrre una concentrazione di energia del moto ondoso incidente, causando un peggioramento della risalita delle onde e quindi un aumento della tracimazione. Tutto ciò a discapito delle conseguenti condizioni di agitazione interna.

A tale proposito si è sentito anche il parere di esperti in idraulica marittima, sia dell'Università di Genova, sia dell'Università di Parma, i quali hanno espresso parere concordante su tale osservazione.

Pertanto, sulla base delle considerazioni di cui sopra e tenendo anche conto del non trascurabile aspetto riguardante l'impatto ambientale e paesaggistico, si è pensato di proporre una scogliera sufficientemente sommersa che, a fronte di un impatto decisamente minore sul paesaggio, è risultata dal punto di vista idraulico, fin dalle prime analisi effettuate, molto efficace nei confronti della riduzione dell'energia incidente sul molo frangiflutti. Tale soluzione è, inoltre, sembrata da subito una valida alternativa a quanto previsto nel citato

studio di fattibilità, anche nei confronti dell'effetto di allontanamento delle correnti litoranee dall'imboccatura portuale e quindi di una riduzione dell'apporto di sedimenti finì verso l'interno del bacino portuale.

Tale soluzione, infine, non risulta alterare in modo negativo l'equilibrio ambientale.

Successivamente si è dato corso all'esecuzione delle analisi idrauliche su modello matematico, condotte sia nella configurazione attuale del porticciolo, sia in quella di progetto, che hanno compreso lo studio della propagazione del moto ondoso verso costa a partire dal largo, della trasmissione oltre la scogliera soffolta, della penetrazione all'interno attraverso l'imboccatura portuale e dell'andamento delle correnti associate.

Le analisi numeriche, eseguite con il supporto dell'Istituto di Idraulica dell'Università di Parma, che ha fornito preziosi suggerimenti e consigli nella modellazione, hanno fornito risultati del tutto coerenti con quelli preliminari nella fase iniziale di approccio.

Le analisi nella configurazione di progetto sono state eseguite in due ipotesi di lunghezza della barriera, entrambe con origine a ponente dal piede della scogliera sottostante l'edificio del Collegio Emiliani:

- Soluzione A: sviluppo verso levante fino alla falesia sottostante il Castello;
- Soluzione B: interruzione a ponente dell'imboccatura portuale in corrispondenza della testata del molo frangiflutti esistente

In entrambi i casi si è ottenuta una buona riduzione dell'altezza dell'onda incidente al piede della scogliera esistente.

La soluzione che prevede una barriera soffolta, peraltro, è stata accolta favorevolmente da alcuni degli Enti interessati, interpellati preventivamente per avere eventuali osservazioni e per poter scegliere la soluzione progettuale nel modo più adeguato, tenendo conto sia delle esigenze di funzionalità espresse dall'Amministrazione Comunale, sia degli aspetti paesaggistici e ambientali che caratterizzano l'area.

Peraltro tale soluzione consentirebbe di non modificare la scogliera esistente a protezione del molo frangiflutti, la quale necessiterebbe solamente di una rifioritura con scogli di dimensioni più adeguate nelle zone soggette a maggior degrado.

A seguito di espressa richiesta dell'Amministrazione sono stati inseriti nel progetto definitivo l'allargamento della berma di sommità della scogliera esistente, l'abbassamento della sommità della soffolta in corrispondenza dell'imboccatura portuale ed il pontile per l'attracco dei battelli turistici in testata al molo.

Pertanto si è provveduto a svolgere una ulteriore analisi in tale configurazione:

- Soluzione C: abbassamento della sommità della barriera in corrispondenza dell'imboccatura portuale e presenza del pontile per l'attracco dei battelli turistici in testata al molo

L'analisi idraulica svolta in tale configurazione ha fornito risultati poco dissimili a quelli della soluzione A. Tale risultato dipende sostanzialmente dal fatto che l'abbassamento della sommità della barriera soffolta è compensato quasi totalmente dal suo allargamento e che la struttura del pontile in testata è di tipo antiriflettente e pertanto il suo comportamento è molto simile a quello della scogliera esistente.

### **3.2 Conclusione**

Come risulta dalle analisi numeriche svolte la soluzione più conforme alle aspettative è quella che prevede la realizzazione della soffolta per l'intera lunghezza con berma a quota -3 m l.m.m. (**soluzione A**), in quanto sicuramente riduce sia il trasporto litoraneo verso il bacino portuale, sia la penetrazione del moto ondoso ed assicura una buona fruibilità dello specchio acqueo portuale.

La **soluzione C** che prevede l'abbassamento della berma a quota -4 m l.m.m. in corrispondenza all'imboccatura portuale, come richiesto dall'Amministrazione, mantiene una sufficiente efficacia dal punto di vista idraulico, anche se leggermente ridotta rispetto alla soluzione A, ma fornisce un maggior grado di sicurezza per la navigazione nel caso di forti mareggiate.

La **soluzione B** che prevede la riduzione della lunghezza della barriera soffolta lasciando libero il canale di accesso al porticciolo fa prevedere una riduzione del trasporto litoraneo verso la darsena soddisfacente, ma consente una notevole penetrazione del moto ondoso all'interno del bacino portuale. Tale soluzione può comunque essere adottata

provvisoriamente nel caso che l'Amministrazione decidesse di realizzare la barriera soffolta in due fasi successive

## **4 DESCRIZIONE SOMMARIA DELL'INTERVENTO**

### **4.1 Interventi previsti**

Gli interventi previsti nel presente progetto delle opere di I Stralcio comprendono:

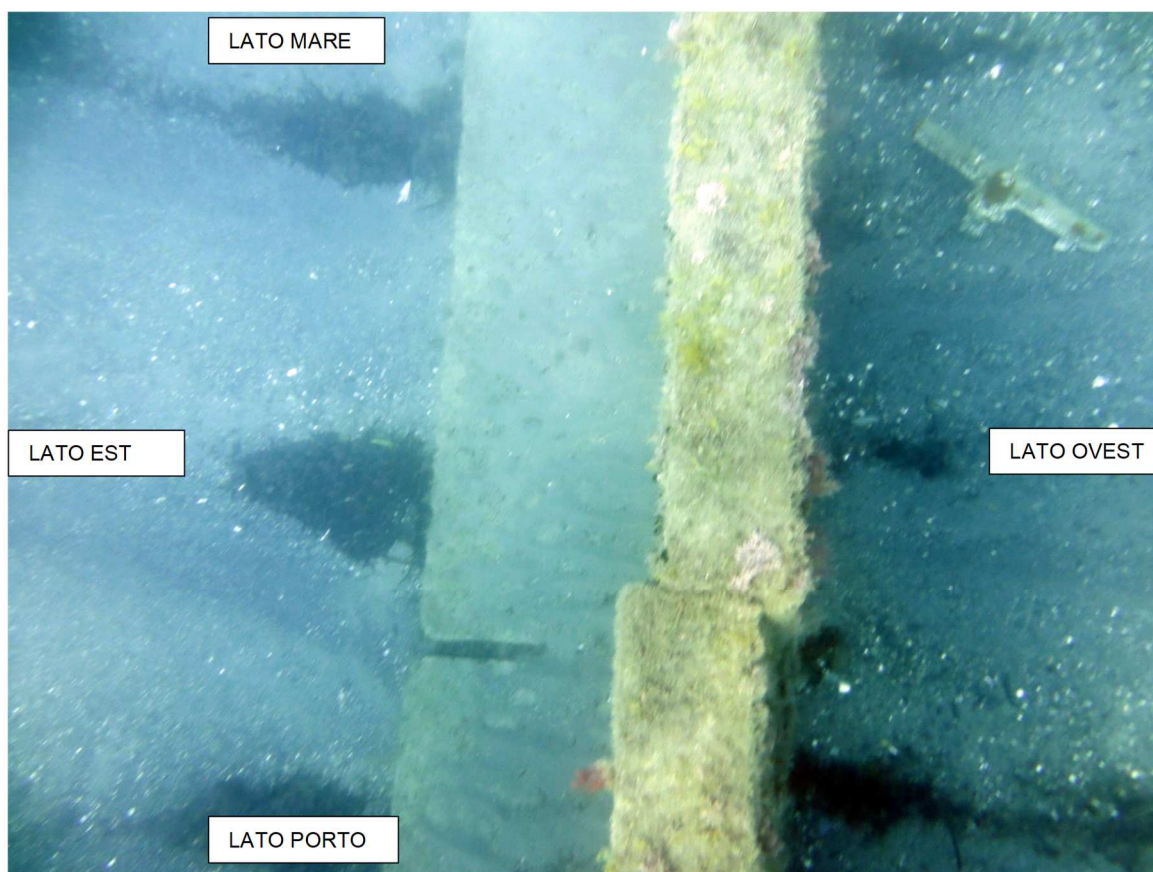
- salpamento dell'esistente cordonatura in new jersey di calcestruzzo presente sul fondale a levante dell'imboccatura portuale e di scogli al piede della falesia a levante del canale;
- la protezione, nel tratto interessato dalla nuova opera soffolta, della tubazione di scarico di emergenza della stazione di pompaggio del porticciolo;
- realizzazione di una scogliera soffolta a mare dell'esistente molo frangiflutti su fondale di circa -8,00 m l.m.m con berma a quota -3,00 m l.m.m. di larghezza 6,00 m., nel tratto antistante il molo frangiflutti esistente e con berma a quota -4,00 m l.m.m. di larghezza 8,00 m, nel tratto in corrispondenza dell'imboccatura portuale;
- opere accessorie: installazione di n. 2 mede fisse per la segnalazione dei bassi fondali in corrispondenza della barriera soffolta;
- rifioritura della scogliera di protezione del molo esistente;

#### **4.1.1 Salpamenti**

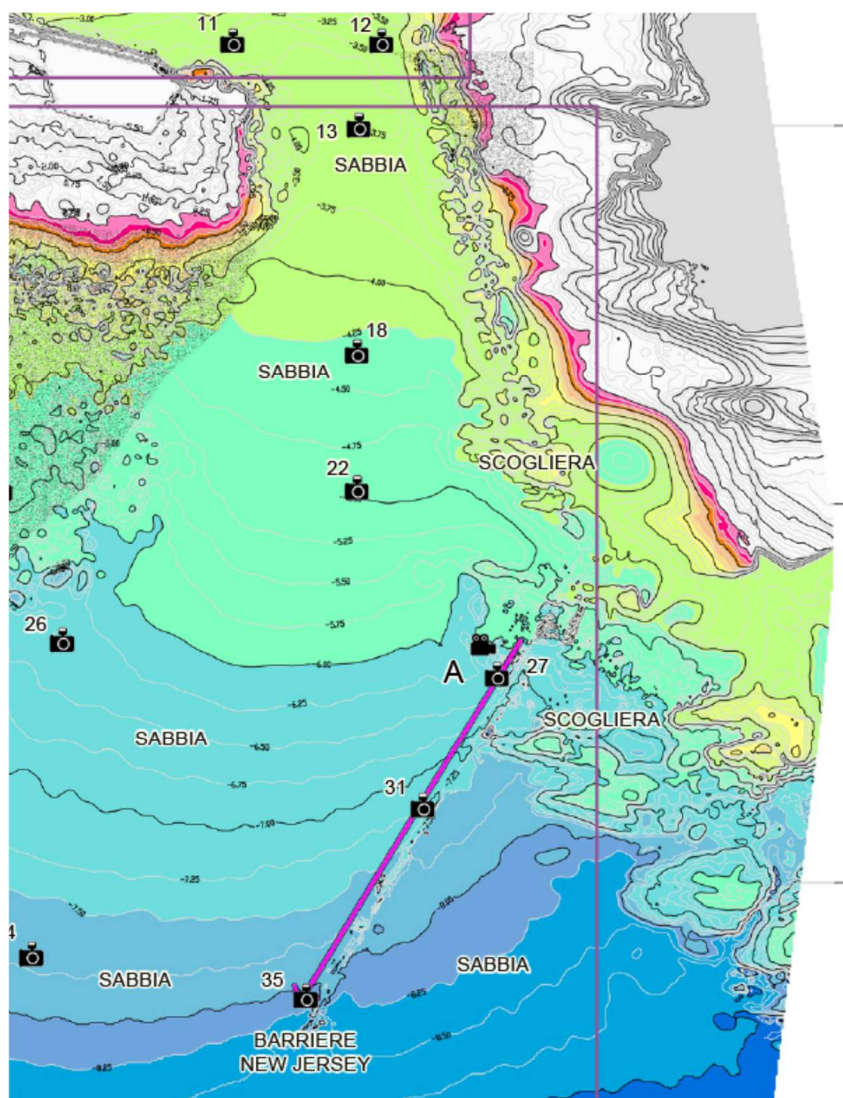
Dai rilievi anche fotografici effettuati nell'ambito della Valutazione preventiva di interesse archeologico allegata allo studio di fattibilità tecnica economica a base di gara risulta che le due barriere, costituite da blocchi in calcestruzzo presenti esternamente all'imboccatura portuale, una a levante e l'altra a ponente con direzione nord-sud, costituiscono un ostacolo al libero transito dei sedimenti in direzione longitudinale alla linea di costa.

Dai rilievi messi a disposizione dall'Amministrazione effettuati in tempi successivi, tali barriere sembrano produrre un, seppur modesto, innalzamento del fondale in corrispondenza dell'imboccatura del porticciolo.

In particolare la barriera lato levante, come si può osservare nella foto di Figura 8, evidenzia un accumulo di materiale sabbioso sul lato di ponente. E' quindi evidente che questa barriera favorisce il trasporto della sabbia verso il porto.



**Figura 10 Foto subacquea della barriera lato levante – Foto n. 31**



**Figura 11 Stralcio planimetria viste fotografiche**

Per tale motivo il presente progetto prevede la rimozione di tale barriera la quale, per altro, verrebbe ad essere in parte inglobata nella nuova scogliera soffolta. Si esclude la possibilità di riutilizzare gli elementi in calcestruzzo salpati in quanto, per maturata esperienza, tali elementi, anche inglobati all'interno del nucleo della scogliera, provocherebbero dissesti della stessa a causa della riflessione da essi indotta del moto ondoso. Pertanto di essi è previsto il totale smaltimento a discarica.

Per quanto riguarda l'accumulo di scogli lungo il piede della falesia posta a levante dell'imboccatura portuale, si ritiene che generino un ulteriore restringimento della stessa, a



causa del quale si genera una concentrazione di energia del moto ondoso incidente e pertanto ne è prevista in parte la rimozione.

#### **4.1.2 Protezione della tubazione di scarico di emergenza**

In corrispondenza della radice del molo frangiflutti è presente una tubazione di scarico della stazione di pompaggio del porticciolo, che attraversa un tratto interessato dalla nuova opera di difesa soffolta.

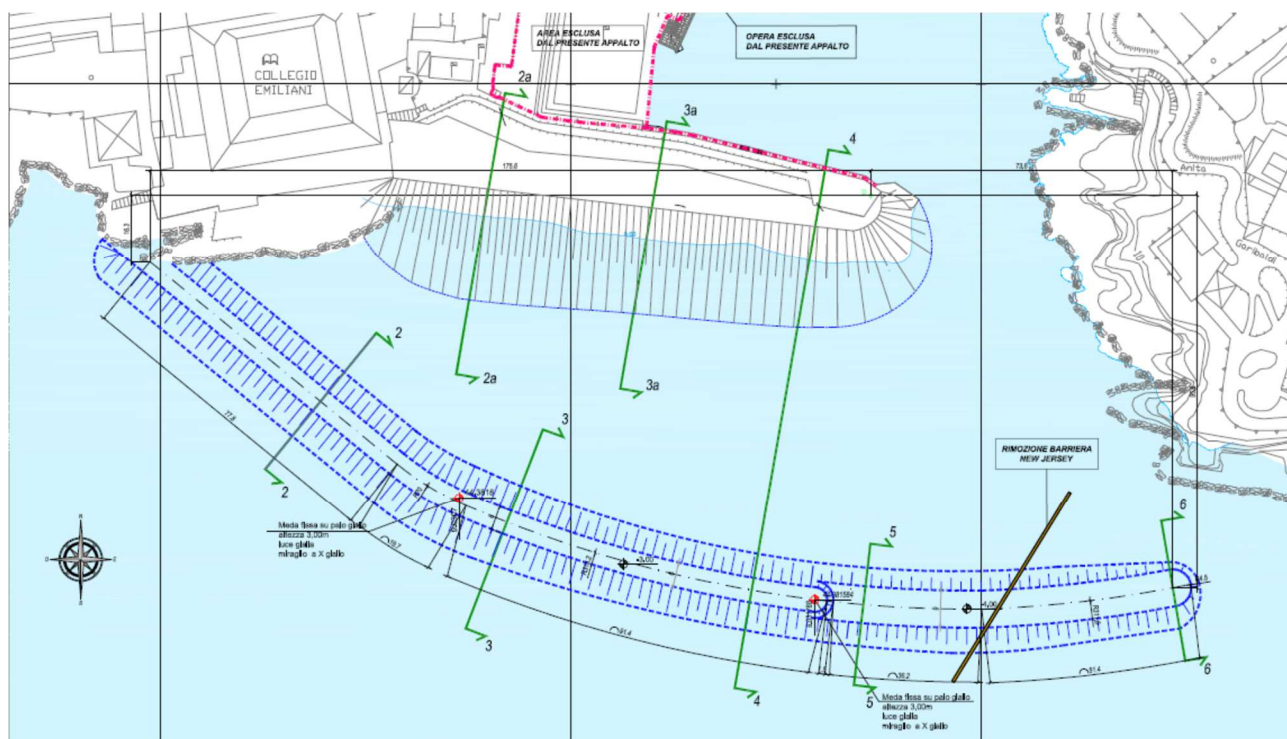
Al fine di evitare il danneggiamento di tale tubazione soprattutto nel corso dei lavori di costruzione, ma anche in fase di esercizio dell'opera di difesa nel caso di mareggiate molto severe a causa delle quali alcuni scogli potrebbero essere spostati dalla loro sede e crollare lungo le scarpate della scogliera, è prevista la realizzazione di una protezione di un tratto della tubazione con elementi in calcestruzzo prefabbricati. Tali elementi avranno lunghezza pari a 1 m e sezione a C con le dimensioni indicate nei disegni di progetto e saranno posti in opera da mare tramite l'assistenza di sommozzatori. La lunghezza del tratto protetto è prevista di circa 65 m a cavallo della barriera soffolta.

Preventivamente dovrà essere effettuata una accurata ispezione subacquea al fine di verificare il diametro della tubazione, il suo stato di conservazione, l'eventuale presenza di flange di unione dei tratti di tubazione, l'interramento nel fondale, tutto ciò al fine di definire in modo corretto le dimensioni della sezione degli elementi di protezione.

#### **4.1.3 Scogliera soffolta**

La scogliera soffolta avrà la funzione di dissipare in parte l'energia del moto ondoso incidente sulla scogliera di protezione del molo frangiflutti esistente, in modo tale da ridurre notevolmente gli effetti di risalita sulla scogliera stessa (run-up) e la conseguente tracimazione (overtopping). La sua funzione sarà, inoltre, quella di mantenere le correnti litoranee con direzione quanto più possibile parallela alla linea di costa, allontanandole dall'imboccatura portuale e riducendo il trasporto dei materiali fini in sospensione all'interno del bacino portuale, che allo stato attuale risultano essere la principale causa di insabbiamento dello specchio acqueo interno.

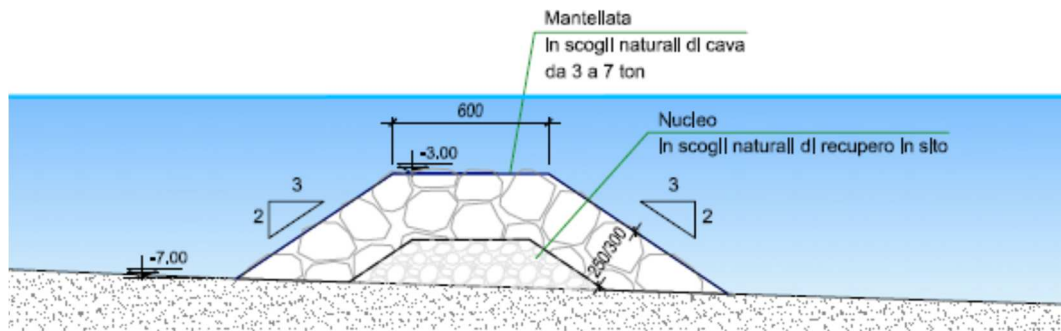
L'opera è prevista imbasata alla quota di circa -8,00 m l.m.m. con uno sviluppo a partire dalla scogliera naturale sottostante il Collegio Emiliani dei Padri Somaschi a ponente fino alla scogliera lato levante in corrispondenza del sovrastante castello.



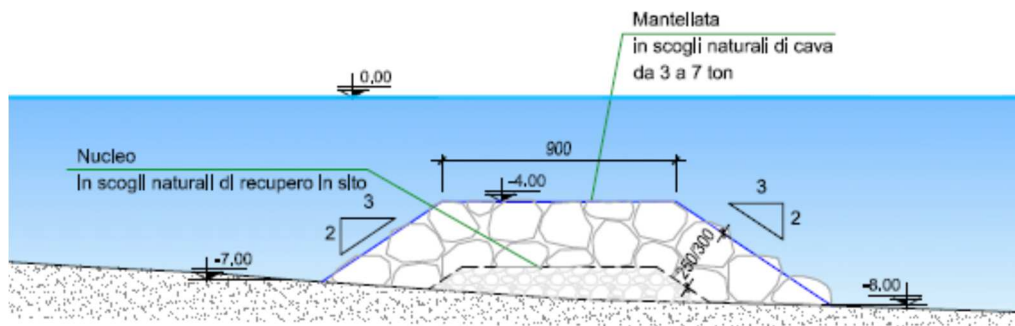
**Figura 12 Planimetria degli interventi a mare**

In sede di prima stesura del progetto era stata prevista una berma con sommità a quota -3,00 l.m.m. di larghezza 6,00 m.

A seguito della richiesta dell'Amministrazione di abbassare la sommità della soffolta in corrispondenza dell'imboccatura del porticciolo, in modo da consentire il transito delle imbarcazioni nelle normali condizioni di mare e l'accesso al porto con sicurezza, anche in caso di mareggiate non particolarmente violente ad eventuali natanti in cerca di rifugio, la profondità della stessa è stata fissata alla quota -4,00 m l.m.m. pari alla quota del fondale in corrispondenza dell'imboccatura portuale. Al fine di mantenere lo scopo per il quale è stata progettata e cioè lo smorzamento dell'energia del moto ondoso incidente e quindi la riduzione dell'agitazione interna, oltre alla deviazione delle correnti litoranee più verso l'esterno e la conseguente limitazione dell'ingresso di sedimenti all'interno dello specchio acqueo portuale, la berma di sommità della barriera è stata portata a 8,00 m.



**Figura 13 Sezione tipica tratto di ponente**



**Figura 14 Sezione tipica tratto di levante**

L'opera è prevista con nucleo realizzato in parte utilizzando materiale già disponibile in sito, costituito da scogli di modeste dimensioni sparsi sul fondale al piede della scogliera di protezione del molo frangiflutti e al piede della falesia di levante sottostante il castello, che certamente sono state trasportate dall'erosione della scogliera di cui sopra. Tale nucleo sarà protetto da una mantellata realizzata con due strati di scogli naturali di III categoria (con peso da 3 a 7 t) dimensionati sulla base delle risultanze degli studi effettuati dal van der Meer, in funzione del moto ondoso incidente di progetto con periodo di ritorno di 25 anni e di un grado di danneggiamento  $S = 2$  (danneggiamento incipiente).

#### 4.1.4 Accessori

Su prescrizione dell'Autorità marittima saranno installate due mede fisse su palo giallo con luce gialla posta a quota + 3,00 s.l.m.m. e miraglio giallo a forma di X, aventi lo scopo di segnalare il basso fondale in corrispondenza della berma della soffolta.

Nella figura che segue si riporta il rendering dell'area con l'istallazione delle due mede di segnalazione.



**Figura 15** Rendering dell'area con l'istallazione delle due mede di segnalazione come prescritte dall'Autorità Marittima

#### 4.1.5 Rifioritura della scogliera esistente

A causa dell'erosione da parte dell'azione marina, l'esistente scogliera di protezione del molo frangiflutti si presenta in pessime condizioni, in quanto la stessa è costituita da scogli di dimensioni insufficienti.

L'Amministrazione ha ritenuto, pertanto, opportuno inserire tra gli interventi relativi alle opere di I stralcio da appaltare una rifioritura della scogliera, in attesa che vengano appaltate le altre opere.

Al fine di ripristinare il profilo e di garantire la stabilità della scarpata è prevista una rifioritura con scogli naturali di cava di dimensioni adeguate, rendendo la pendenza più dolce rispetto a quella attuale.

La pendenza è prevista pari a 1/3 e gli scogli saranno della IV categoria con peso medio di almeno 11 t.

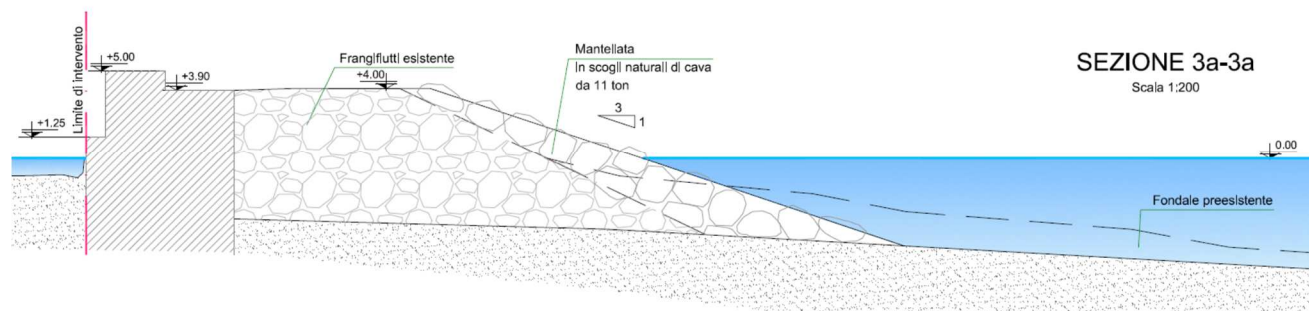


Figura 16 Sezione tipica della scogliera di protezione del molo frangiflutti

## 4.2 Modalità di esecuzione dei lavori

Tutte le attività sono previste realizzate completamente da mare tramite mezzi marittimi adeguatamente attrezzati (pontone o motopontone), in modo da evitare qualsiasi interferenza con la viabilità urbana e l'occupazione di aree a terra, tenuto conto delle particolari condizioni del sito caratterizzato da strade molto strette e dalla presenza di vari esercizi commerciali e aree adibite a deposito barche e per evitare di generare una ulteriore congestione del traffico cittadino.

## 4.3 Fasi di esecuzione dei lavori

### 4.3.1 Barriera soffolta

La realizzazione della barriera soffolta prevede sommariamente le seguenti fasi di esecuzione:

- 1- salpamento della barriera in elementi prefabbricati in c.a. sul lato levante dell'imboccatura;

- 2- realizzazione del basamento di fondazione delle mede di segnalazione e installazione del palo di sostegno;
- 3- realizzazione del nucleo della barriera tramite salpamento e ricollocamento nella posizione di progetto dei massi naturali presenti al piede delle scogliere esistenti e integrazione con materiale nuovo per la parte necessaria;
- 4- realizzazione della mantellata di protezione con massi naturali di cava di nuova fornitura;
- 5- installazione delle mede luminose.

Le fasi 2 e 3 dovranno essere realizzate a conci di lunghezza non superiore a 30 m (15 m in caso di previsioni meteomarine avverse) per volta a partire da ponente utilizzando per la formazione del nucleo materiale lapideo di nuova fornitura. Una volta protetto il fronte della scogliera di protezione del molo frangiflutti esistente, il nucleo potrà essere realizzato con il materiale di piccola pezzatura presente al piede della scogliera di cui sopra. In tal modo, in caso di mareggiate più severe che dovessero verificarsi nel corso della costruzione, sarà evitata l'erosione al piede della scogliera esistente a causa dell'azione ondosa.

#### **4.3.2 Rifioritura della scogliera esistente**

L'intervento potrà essere realizzato in un'unica fase, ma solo dopo aver completato il tratto di scogliera soffolta, al fine di evitare che una eventuale mareggiata più severa possa danneggiare la nuova mantellata, che è dimensionata tenendo conto della riduzione di energia del moto ondoso incidente per effetto della soffolta stessa.

## **5 MODALITÀ DI PROGETTAZIONE**

### **5.1 Normativa di riferimento**

Per la progettazione strutturale e geotecnica si fa riferimento al D.M. n.8 del 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” e relativa C.S.LL.PP. n. 7 del 21/01/2019 “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni” e, ove eventualmente necessario, all’Eurocodice.

Per il dimensionamento delle opere di difesa si fa riferimento a norme internazionali e manuali di progettazione quali ad esempio:

- BS 6349: British Standard Code of Practice for Maritime Structures;
- EM 1110-2-1100: Coastal Engineering Manual;
- Technical Advisory Committee on Flood Dikes – Technical Report – Wave Run-up and Wave Overtopping at Dikes



## 6 QUADRO ECONOMICO E TEMPI DI REALIZZAZIONE

Il preventivo di spesa è stato elaborato ai sensi della vigente normativa, sulla base del Prezzario Regionale della Liguria (edizione 2019) e, ove carente, di altri prezzari riconosciuti.

L'importo dei lavori di I STRALCIO a base d'appalto risulta pari a € 2.229.094,39, di cui € 2.188.143,81 per lavori a corpo soggetti a ribasso d'asta e € 25.950,58 per oneri di sicurezza non soggetti a ribasso.

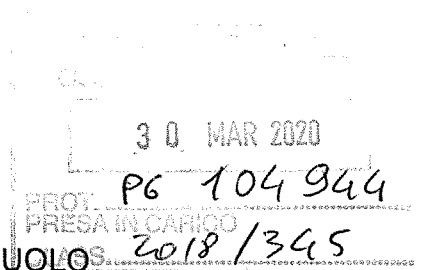
L'importo delle somme a disposizione risulta pari a € 470.905,61 comprensivo di IVA.

Di seguito si riporta il quadro economico da cui sono dedotte le somme riassunte sopra.

<b>A</b>	<b>Importo esecuzione delle lavorazioni</b>	
A1	Lavori a corpo (soggetto a ribasso)	€ 2.188.143,81
A2	Economie (non soggetto a ribasso d'asta)	€ 15.000,00
A3	Oneri per l'attuazione dei piani di sicurezza (non soggetto a ribasso d'asta)	€ 25.950,58
	<b>TOTALE A</b>	<b>€ 2.229.094,39</b>
<b>B</b>	<b>SOMME A DISPOSIZIONE :</b>	<b>Euro</b>
B1	Oneri per risoluzione interferenze	€ -
B2	Imprevisti (IVA inclusa)	€ 286.905,61
B3	Spese tecniche per prove, collaudi, CSE, ecc. (contributie IVA inclusi)	€ 61.000,00
B4	Spese tecniche per progettazione, coordinamento sicurezza, collaudo	€ 123.000,00
B5	Incentivo ex art. 113 D.Lgs n. 50/2016	€ 44.581,89
B6	Spese di pubblicazione	€ 6.100,00
B7	I.V.A. sui lavori	€ 222.909,44
	<b>TOTALE B</b>	<b>€ 470.905,61</b>
<b>C</b>	<b>IMPORTO TOTALE INTERVENTO (=A+B)</b>	<b>€ 2.700.000,00</b>

Per la realizzazione dei lavori è previsto un tempo di circa 5,5 mesi





30 MAR 2020

PG 104 944

FROM  
PRESA IN CARICO

2018/345

## Sommario

INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA .....	2
INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO .....	3
NORME ATTUATIVE DEL PDB.....	6
INQUADRAMENTO PUC E VINCOLI .....	10
CONCLUSIONI .....	12

## INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

L'area oggetto d'intervento si colloca nello specchio acqueo alla foce del Torrente Nervi e coinvolge la struttura del porticciolo da diporto di Nervi. E' inquadrata dal vigente PUC del Comune di Genova nell'ambito complesso per la valorizzazione del litorale -ACO-L, in cui l'obiettivo generale è la *“valorizzazione dei tratti di costa aventi rilevanza paesaggistica, naturalistica e ambientale, riqualificazione dei tratti urbanizzati e integrati nel tessuto storico della città, sviluppo della fruizione pubblica della costa e attività del mare”*.

Il progetto prevede sostanzialmente la realizzazione di una scogliera soffolta, a partire dalla batimetrica degli 8 metri sino alla quota di -3 mt rispetto al livello del mare, posizionata al piede della scogliera frangiflutti già esistente di protezione al molo del porticciolo.

La scogliera soffolta si estenderà dal piede della scogliera all'altezza del Collegio degli Emiliani, sino alla falesia di levante sotto alla passeggiata Anita Garibaldi, all'imboccatura del porticciolo. L'estensione della scogliera soffolta, anzichè la sua interruzione presso l'imboccatura, garantisce sia la diminuzione del trasporto solido in sospensione proveniente prevalentemente dal settore di traversia SW all'interno del porticciolo, sia una maggiore protezione dal moto ondoso all'interno del porticciolo stesso.

Infatti per effetto della diffrazione sulla componente perpendicolare alla costa dell'onda obliqua, l'estremità del molo rappresenta un punto d'origine per un nuovo fronte d'onda che si propaga all'interno del porticciolo, determinando:

- 1) una situazione talora di forte turbolenza delle acque all'interno del porticciolo, con tracimazione delle onde oltre il muro di contenimento della strada immediatamente retrostante alla spiaggia (via caboto)
- 2) l'apporto verso l'interno sia del materiale trasportato da ponente dalla cosiddetta long shore current, corrente di trasporto solido parallelo alla costa nella fascia all'interno di quella di frangenza del moto ondoso (a differenza della corrente costiera che né è all'esterno), sia del materiale trasportato del Torrente Nervi che si deposita immediatamente all'esterno dell'imbocco del porticciolo, punto di origine e rinnovo dell'energia delle onde verso l'interno.

La profondità della sommità della scogliera soffolta, prevista a - 3 metri, garantisce il regolare passaggio dei natanti da e per il porticciolo.

E' inoltre prevista la modifica della banchina di ponente tramite la realizzazione di una nuova struttura da realizzare in aderenza alla stessa, costituita da una struttura scatolare in ca riempita in massi di cava di ridotte dimensioni che offrono al moto ondoso una resistenza meno rigida rispetto all'attuale muro in cemento della banchina, contribuendo a dissipare maggiormente l' energia residua del modo ondoso all'interno dello specchio acqueo e riducendo la reazione riflettente tipica delle strutture più rigide e causa dell'erosione al piede delle strutture stesse.

## **INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO**

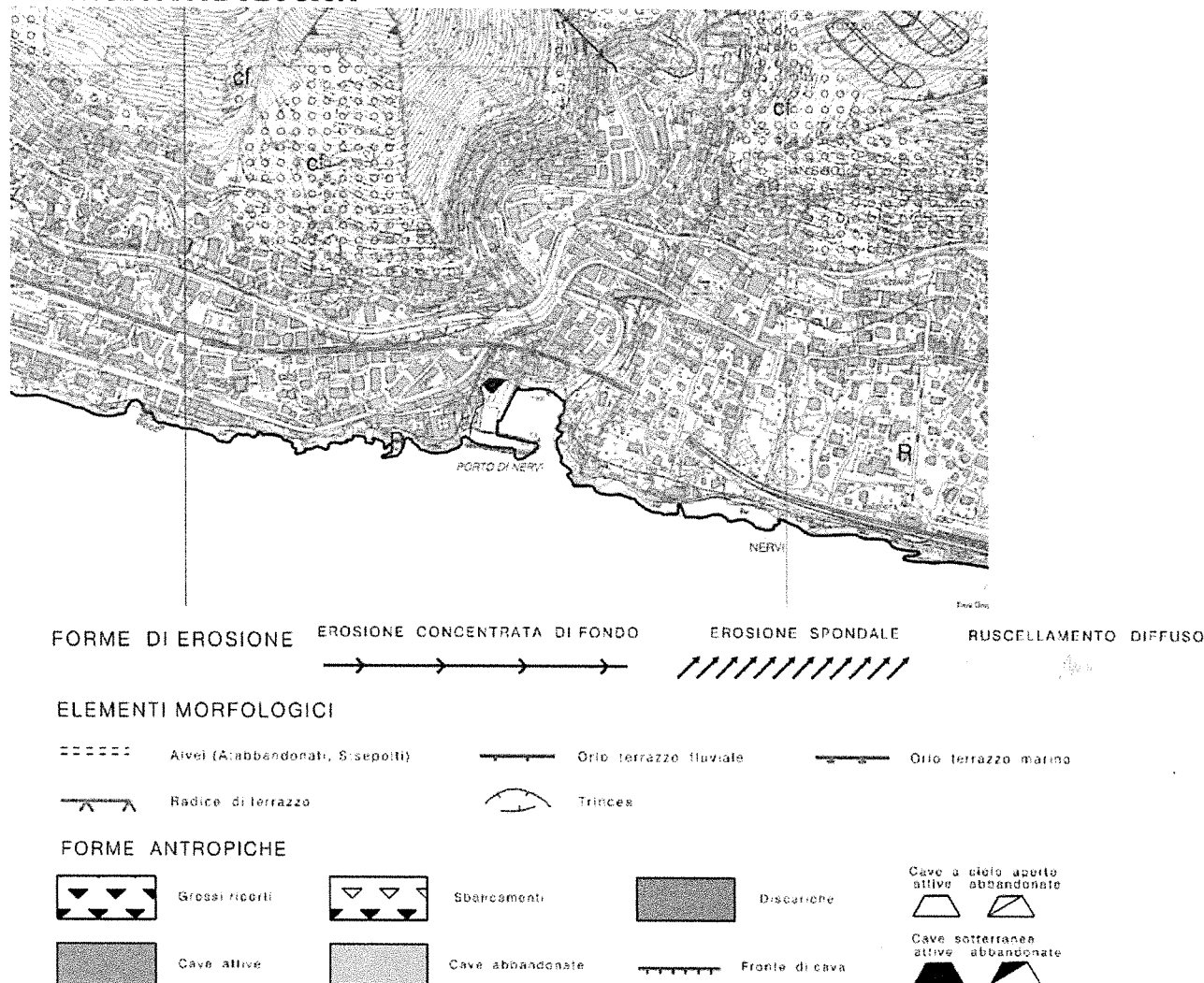
In tutto il comprensorio studiato si rileva una stretta correlazione dell'andamento morfologico con l'assetto tettonico dei luoghi .

Dopo una prima fase plicativa risalente all'epoca tra il paleocene e l'eocene, la formazione è stata interessata da una seconda fase plicativa ( pliocene) con un sollevamento della catena che ha spostato la linea di costa verso il mare, e con la formazione di faglie prevalentemente in direzione N-S che hanno dato origine ai versanti su cui si sono impostati diversi bacini idrografici.

In una terza fase tettonica distensiva si sono originate faglie in direzione prevalente E-W che hanno dislocato i precedenti lineamenti tettonici N-S, provocando nei percorsi dei rivi deviazioni lungo la direzione originaria N-S, tra cui quello del torrente Nervi, che presenta un'asta principale sviluppata in posizione asimmetrica rispetto al bacino stesso con gli affluenti principali (Rio Osiggia dell'Arma e Rio Gafegna) ubicati sul versante destro del bacino. A seguito di quest'ultima fragile tettonica distensiva, espressa da faglie con orientamento NNE-SSW e WNW-ESE, si è delineato l'attuale assetto morfologico dell'area. In particolare l' ultimo tratto meandriforme del torrente Nervi e tutta l'area del porticciolo è impostata sulla zona ribassata tra due lineamenti tettonici intersecanti in direzione NE-SW e E-W,

Lungo la fascia costiera del levante cittadino, l'influenza tettonica sulla morfologia è testimoniata dalla presenza di una costa alta e di terrazzi marini, lasciati a più riprese dalle trasgressioni marine, e collocati ad una quota di circa 25mt sul lmm tra Sturla e Nervi, mentre sono direttamente aggettanti a mare con ripide falesie a levante del porticciolo. I terrazzamenti marini sono indicati nella cartografia geomorfologica con una linea viola

## CARTAGEOMORFOLOGICA



Dal punto di vista litologico l'area oggetto del presente studio è caratterizzata dalla presenza di terreni di origine sedimentaria sostanzialmente di tipo flyschoidi. In particolare sono presenti

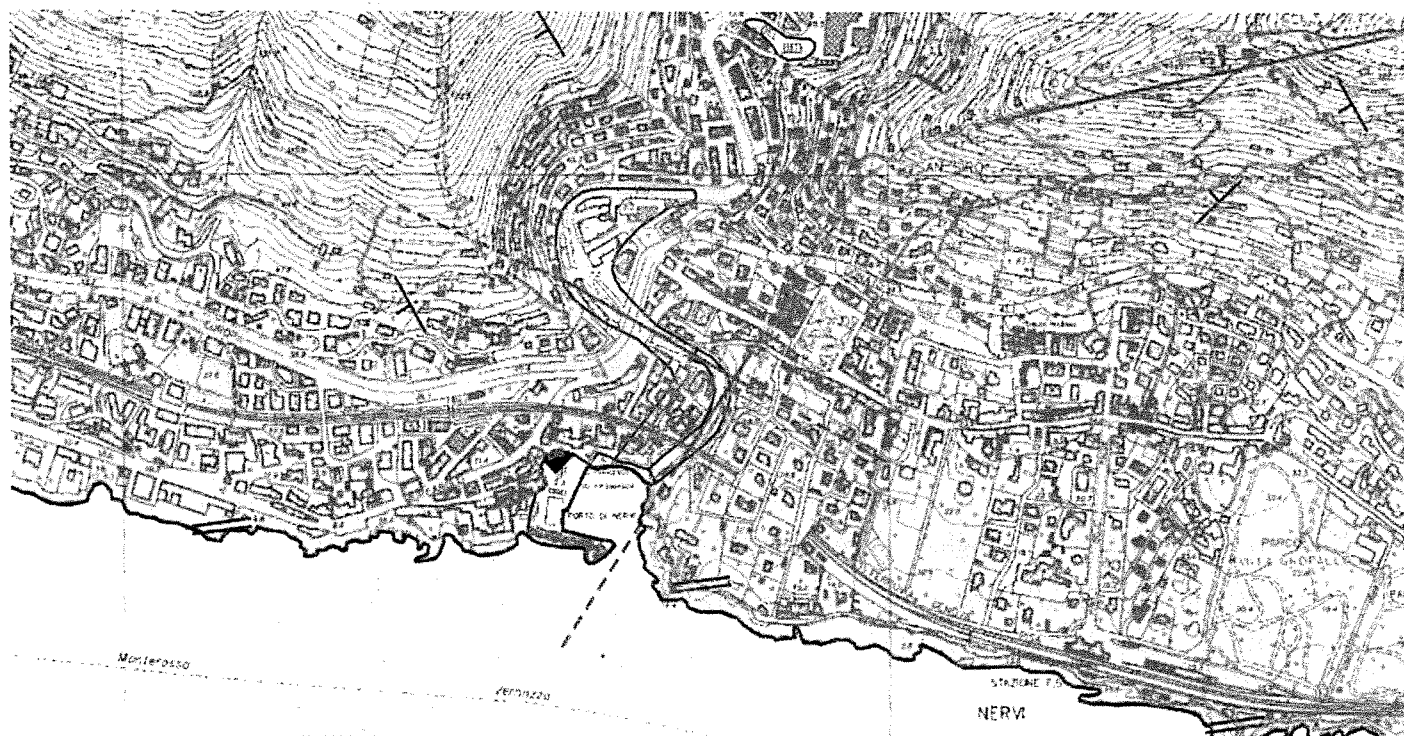
litologie appartenenti alla Formazione dei Calcari di M.te Antola. Tale Formazione in questo assetto locale è costituita da calcari marnosi, marne calcaree e marne argillose in sequenze ritmicamente ripetute talora a base calcarenitica, localmente intercalate ad argilloscisti, arenarie straterellate e marnoscisti, come si evince anche dalle stratigrafie ricavate dai sondaggi geognostici eseguiti nell'area del porticciolo, nell'ambito della progettazione di riqualificazione dell'area della piscina limitrofa.

La disposizione in sequenze ritmiche è correlabile ad una sedimentazione ad opera di correnti di torbida (flysh) in un ambiente di deposizione di tipo distale.

Il litotipo presente nell'area d'interesse, oltre ad essere caratterizzato da strati alternati di diverse litologie (prevalentemente rappresentati dagli elementi carbonatici dei calcari marnosi e marne calcaree), è interessato anche da diverse famiglie di fratture e di giunti. In generale i rilievi geomeccanici effettuati sull'ammasso roccioso, da letteratura e dai sondaggi di cui sopra, hanno evidenziato indici di RMR (classificazione di Bieniawski) correlabili a classi di qualità dell'ammasso mediocre (III classe).

E' presente un riporto artificiale di diverso spessore su cui sorge tutta l'area dell'ex piscina e della banchina di ponente, che interessa, in maniera minimale e trascurabile, anche il fondo dello specchio acqueo del porticciolo

#### CARTA GEOLITOLOGICA



## NORME ATTUATIVE DEL PIANO DI BACINO

### FASCE DI INONDABILITA' E RISCHIO IDRAULICO

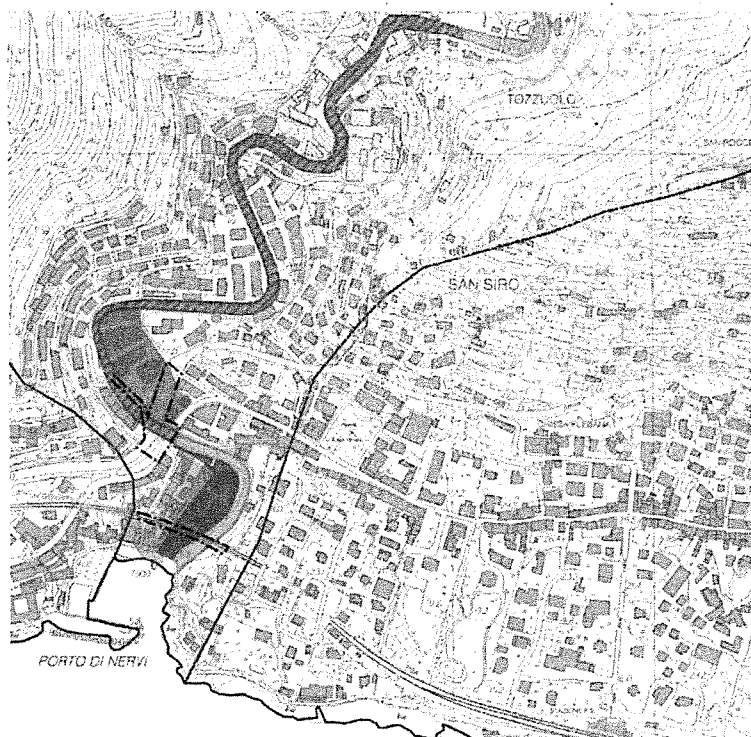
L' area del tratto focivo del T.Nervi è classificata nelle fasce di inondabilità del PDB Ambito 14 come zona in fascia A ed a rischio idraulico Ri4 molto elevato, ove sono applicate le norme attuative di cui all'art. 15, c:

*“... non sono consentiti interventi di nuova edificazione, di ampliamento dei manufatti esistenti, e di recupero del patrimonio edilizio esistente eccedenti quelli di restauro o risanamento conservativo, come definito dalla lett. c), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78, fatti salvi gli interventi di ristrutturazione edilizia come definita dalla lett. d), comma 1, dell'art. 31 della l. n.457/78 ricadenti negli ambiti di tessuto urbano consolidato o da completare mediante interventi di integrazione urbanistico-edilizia sempre all'interno di ambiti già edificati e purché risultino assunte le azioni e le misure di protezione civile previste neiPianistessie nei piani comunali di protezione civile; nel caso di interventi di demolizione con ricostruzione deve essere assicurata la riduzione della vulnerabilità dell'edificio, anche attraverso la messa in opera di tutti gli accorgimenti e le misure finalizzate a tutelare la pubblica incolumità, fermo restando il rispetto delle condizioni previste per procedere ad interventi di ristrutturazione edilizia di cui sopra”.*












In particolare a monte del Ponte Romano la zona è critica per la portata duecentennale sia in sponda destra che sinistra, mentre a valle del ponte è critica per la Q200 in sponda sinistra e per la Q50 in sponda destra.

La realizzazione del presente progetto, riducendo l'energia del moto ondoso all'interno del porticciolo, potrà concorrere a mitigare le conseguenze della concomitanza di un evento di piena del Torrente con un evento meteo marino importante.

## CARTA DELLE FASCE DI INONDABILITA'



### LEGENDA

Face fluviali:		Norme di attuazione:
	Fascia A	Art. 15, c. 2
	Fascia A'	Art. 15, c. 4 bis
	Fascia B	Art. 15, c. 3
	Fascia B* (Aree storicamente inondate in tratti non indagati o con indagini insufficienti)	Art. 15, c. 4 bis
	Fascia C	Art. 15, c. 4
	Fascia C (Aree storicamente inondate in tratti indagati)	Art. 15, c. 4
	Fascia C (Aree ex inondabili)	Art. 15, c. 4
Alveo:		Art. 13
	a cielo aperto	
	tombinato	
	Aree normate anche da altro Piano di bacino limitrofo (si applica la norma più restrittiva)	
Criticità idrauliche puntuali:		
●	Manufatto o copertura non verificata per T = 50 anni	
●	Manufatto o copertura non verificata per T = 200 anni	
●	Manufatto o copertura non verificata per T = 500 anni	
—	Proiezione dei viadotti	
	Limite del Piano di bacino	



## SUSCETTIVITA' AL DISSESTO E RISCHIO GEOLOGICO











L'area del molo e della banchina di ponente ricadono in zona a **bassa suscettività al dissesto**, corrispondente ad un **Rischio Geologico moderato**, mentre la porzione di falesia posta a levante, sull'imboccatura del porticciolo, è classificata come zona a **media suscettività al dissesto**, e corrisponde alla classe di Rischio Geologico media R1

Tale porzione non è oggetto di intervento diretto, tuttavia si suggerisce di prestare particolare attenzione nel corso dell'attività salpamento di massi ed elementi in cls, previsto alla base della falesia stessa, e nel corso del successivo posizionamento degli elementi della scogliera soffolta nel tratto a ridosso della falesia, prevedendo in corso di esecuzione eventuali monitoraggi speditivi o strumentali sulla stabilità della parete in roccia all'imboccatura di levante.

### CARTA DELLA SUSCETTIVITA' AL DISSESTO



## LEGENDA

CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO			NORME DI ATTUAZIONE
	MOLTO ELEVATA	Pg4	Art. 15, c. 2
	ELEVATA	Pg3a	Art. 16, c. 3
	ELEVATA	Pg3b	Art. 16, c. 3-ter
	MEDIA	Pg2	Art. 16, c. 4
	BASSA	Pg1	Art. 16, c. 4
	MOLTO BASSA	Pg0	Art. 16, c. 4
CLASSI SPECIALI			
	TIPO A - Cave attive, miniere attive e discariche in esercizio		Art. 16bis, c. 2
	TIPO B <sub>1</sub> - Cave inattive e miniere abbandonate		Art. 16bis, c. 3
	TIPO B <sub>2</sub> - Discariche dismesse e riporti antropici		Art. 16bis, c. 5
	Criticita' puntuale - lesione ai manufatti identificata dal PUC di Geneva vigente		

## SISMICA

Dal punto di vista sismico la zona rientra in classe 3(DGR 216/2017), con frequenza di accadimento di forti fenomeni tellurici piuttosto rara.

## PUC e VINCOLI

### VINCOLI

Rispetto all'inquadramento dell'area all'interno del PUC vigente del Comune di Genova, dal punto di vista dei vincoli geomorfologici tutta l'area oggetto di intervento è classificata in tipologia B2, discariche dismesse e riporti antropici.

L'area non risulta sottoposta a vincolo idrogeologico, che nella cartografia sottostante è rappresentata dall'area in verde.

### Carta dei vincoli

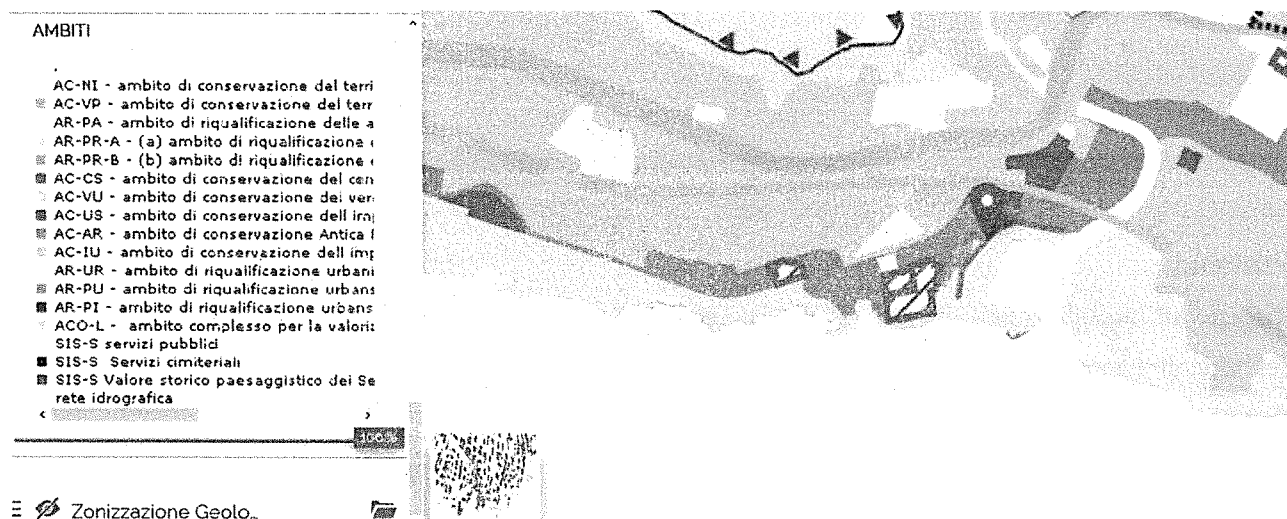


### ASSETTO URBANISTICO

Relativamente all'assetto urbanistico previsto dal PUC l'area ricade nell'ambito complesso per la valorizzazione del litorale -ACO-L, in cui l'obiettivo generale è la "valorizzazione dei tratti di costa aventi rilevanza paesaggistica, naturalistica e ambientale, riqualificazione dei tratti urbanizzati e

integrati nel tessuto storico della città, sviluppo della fruizione pubblica della costa e attività del mare”.

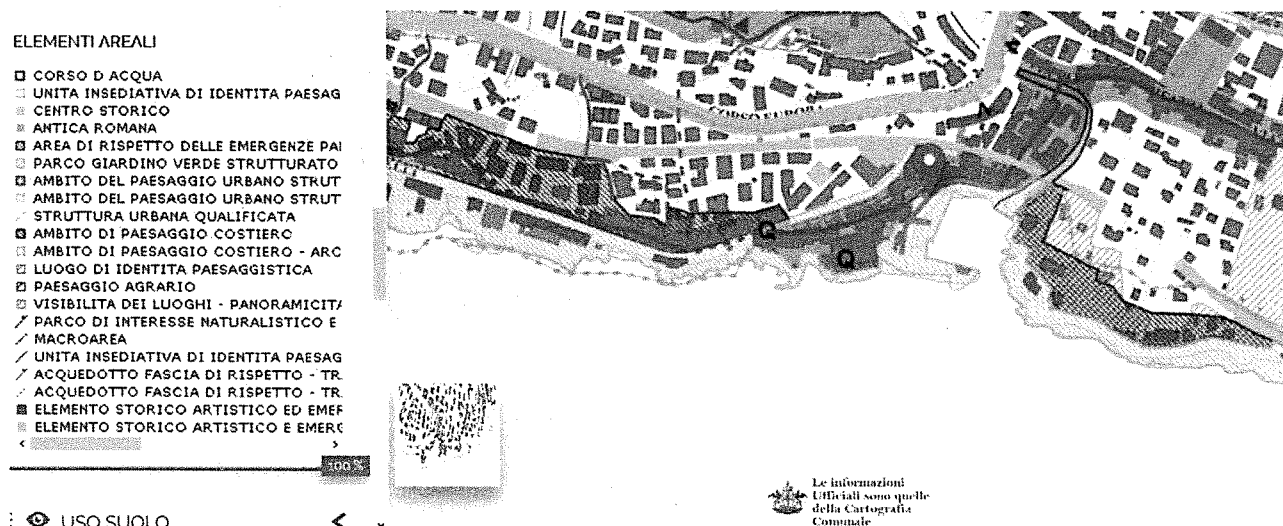
## Carta dell'Assetto Urbanistico



## LIVELLO PAESAGGISTICO

L'area ricade nell'ambito di paesaggio costiero ARC

## Carta del livello paesaggistico



## CONCLUSIONI

Dalle risultanze dell'analisi sulle condizioni geologiche e geomorfologiche del sito, non emergono criticità particolari connesse alla realizzazione dell'opera.

Inoltre dalle indagini geognostiche a disposizione e dai dati geotecnici assunti dalla relazione geotecnica facente parte del presente progetto a firma dello studio Ballerini Ingegneri Associati, si rileva che il terreno di fondale marino dove andranno fondate le nuove opere presenta caratteristiche geotecniche favorevoli all'installazione delle opere previste, a fondazione diretta, e non sussistono particolari problematiche di carattere geologico alla realizzazione delle opere.

Il Funzionario tecnico

Geol. Gloriana Francioli

