0	08/2013	BOZZA	Ferrari	Ferrari	Cerlini
Revisione	Data	Oggetto revisione	Redatto	Verificato	Approvato

REGIONE LIGURIA PROVINCIA DI GENOVA COMUNE DI GENOVA

PROTOCOLLO D'INTESA PER GLI INTERVENTI STRUTTURALI VOLTI ALLA MITIGAZIONE DELL'EMERGENZA IDRAULICA DEL BACINO DEL TORRENTE BISAGNO, ALLA RIDEFINIZIONE URBANISTICA DEL TRATTO TERMINALE ED ALLA RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE DELL'ALVEO E DELLE AREE CIRCOSTANTI

COMUNE DI GENOVA

AREA TECNICA - DIREZIONE MANUTENZIONE INFRASTRUTTURE E VERDE PUBBLICO

Dirigente **Ing. Stefano PINASCO**

PROGETTISTI:

A.T.I.

TECHNITAL S.p.A. (Capogruppo mandataria)
STUDIO MAIONE INGEGNERI ASSOCIATI
SGI STUDIO GALLI INGEGNERIA S.p.A.
ARTELIA GROUP S.A.

RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO **Ing. Stefano PINASCO**

Staff tecnico

TECHNITAL S.p.A. (Capogruppo mandataria)
Ing. A.Scotti - Ing. S. Venturini
STUDIO MAIONE INGEGNERI ASSOCIATI
Ing. D. Cerlini - Ing. M. Ferrari
SGI STUDIO GALLI INGEGNERIA S.p.A.
Ing. A.Galli - Ing. U. Galli
ARTELIA GROUP S.A.
Mr. O. Cazaillet

Intervento/Opera

SCOLMATORE DEL TORRENTE BISAGNO IN COMUNE DI GENOVA
PRIMO LOTTO: REALIZZAZIONE DELLE OPERE PER LA MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DEL TORRENTE FEREGGIANO (E RIVI ROVARE E NOCE)

Elaborato

STUDIO MAIONE INGEGNERI ASSOCIATI

Dott. Ing. Denis Cerlini

Oggetto della tavola

Opera di sbocco a mare
Relazione idraulica

Scala

Data

Agosto 2013

Progetto Definitivo

Tavola N° PD1.RI.03

Codice GULP	Codice Commessa Precedente	Revisione
12383	DSU100	0

I DISEGNI E LE INFORMAZIONI IN ESSI CONTENUTE SONO PROPRIETA' ESCLUSIVA DEL COMUNE DI GENOVA E NON POSSONO ESSERE MODIFICATI, RIPRODOTTI, RESI PUBBLICI O UTILIZZATI PER USI DIFFERENTI DA QUELLI PER CUI SONO STATI REDATTI, SALVO AUTORIZZAZIONE SCRITTA.

OPERA DI SBOCCO A MARE – RELAZIONE IDRAULICA

I N D I C E

1. PREMESSA 4

2. DESCRIZIONE DELLO STATO DEI LUOGHI 5

3. DESCRIZIONE DELL'OPERA 8

4. REQUISITI PROGETTUALI E VALUTAZIONE DELLE ALTERNATIVE 11

5. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO 14

5.1. Determinazione del moto ondoso davanti allo sbocco 14
5.2. Dimensionamento delle protezioni di costa 16

6. IL MODELLO FISICO 19

6.1. Aspetti indagati 19
6.1.1. Caratteristiche geometriche e strumenti di misura 19
6.1.2. Finalità del modello fisico 22
6.1.3. Riproduzione delle resistenze su modello 22
6.2. Prima serie di prove su modello (dicembre 2005) 25
6.2.1. Esame delle caratteristiche moto ondoso 25
6.2.2. Risultati di stabilità della scogliera di terra 27
6.3. Seconda serie di prove su modello (gennaio – marzo 2006) 30
6.3.1. Modifiche introdotte alle protezioni costiere 30
6.3.2. Stabilità delle protezioni: verifica sperimentale 35
6.4. Condizioni idrodinamiche allo sbocco 44
6.5. Pressioni agenti sul cielo della galleria 55
6.5.1. Metodologia di misura 55
6.5.2. Risultati acquisiti 56
6.6. Influenza della portata scolmata sulla propagazione del moto ondoso nelle immediate vicinanze dello sbocco a mare 58
6.7. Verifica degli effetti di focalizzazione del moto ondoso dinanzi all'opera connessi alla formazione di un solco erosivo (canyon) 60
6.7.1. Premessa 60
6.7.2. Tracciamento su modello fisico del solco erosivo 60
6.7.3. Risultati acquisiti su modello 95
6.7.4. Conclusioni 102

7. CONCLUSIONI 105

8. APPENDICE: INTEGRAZIONI AL SIA RICHIESTE DALL'UFFICIO VIA DELLA REGIONE LIGURIA (Lettera Prot. 48(170851) del 15.12.2006) 107

8.1. Impatto della cantierizzazione sul rischio di inondazione 108
8.2. Dividente demaniale e concessioni demaniali 108

8.3. Interferenze del cantiere con le attivitàesercitate nelle aree demaniali 119
8.4. Inserimento paesistico dell'opera 122

9. APPENDICE: ULTERIORI INTEGRAZIONI AL SIA RICHIESTE DALL'UFFICIO VIA DELLA REGIONE LIGURIA 129

9.1. Impatto della cantierizzazione sul rischio di inondazione 130

1. PREMESSA

Nell'ambito del presente documento viene descritta l'opera di sbocco a mare prevista nell'ambito della realizzazione del primo lotto dello Scolmatore del T. Bisagno – Opere per la messa in sicurezza idraulica del torrente Fereggiano e dei Rii Rovare e Noce.
In particolare, riprendendo quanto sviluppato in fase del progetto definitivo dello Scolmatore del T. Bisagno (PD 2007), viene approfondito il comportamento idraulico e marittimo dell'opera a fronte degli stati di mare assunti a base di progettazione, valutati sulla base di modelli di propagazione di letteratura e successivamente riprodotti per via sperimentale.
Vengono illustrate le valutazioni numeriche effettuate per il dimensionamento delle protezioni di costa ed il comportamento riscontrato su modello fisico in merito alla loro stabilità.
Nella presente relazione vengono quindi riportati i dati acquisiti sperimentalmente in merito alle condizioni idrodinamiche allo sbocco (al variare della portata scolmata in galleria) ed alle massime sollecitazioni misurate sulla struttura (in particolare sul cielo della galleria). Si evidenzia fin d'ora come le prove su modello fisico che considerano portata in uscita dallo scolmatore siano state condotte tenendo a riferimento non solo il massimo valore di scolmo valutato tenendo conto delle portate del Bisagno e dei torrenti Rovare e Noce, ma anche di valori inferiori, pari a 150 mc/s, particolarmente significativi in relazione alle portate di progetto che si verranno a determinare al completamento delle opere di primo lotto (messa in sicurezza idraulica del T. Fereggiano e dei Rii Rovare e Noce).
Sulla base delle evidenze sperimentali e dei dati acquisiti, vengono infine discussi ed analizzati aspetti connessi all'esercizio dell'opera, quali i possibili effetti della portata scolmata sulle caratteristiche di propagazione delle onde incidenti l'adiacente litorale verso lavante e le possibili influenze sul manufatto di sbocco dovute a possibili effetti di focalizzazione del moto ondoso.

2. DESCRIZIONE DELLO STATO DEI LUOGHI

In sede di definizione della soluzione progettuale da sviluppare per questo primo lotto, si è concordato con il Comune di Genova e gli altri enti rappresentati nel gruppo di lavoro di dare corso da subito alla costruzione, ancorché parziale, dell'opera di sbocco prevista nel PD 2007.
Ciò allo scopo di predisporre da subito l'opera a mare limitando a quest'unica occasione l'impatto sulle strutture litoranee del cantiere.

L'ubicazione del manufatto di sbocco a mare dello Scolmatore del T. Bisagno è stata quindi mantenuta in corrispondenza dell'attuale sbocco a mare del deviatore del torrente Fereggiano, secondo quanto già previsto in fase di progettazione preliminare dell'intervento e nel PD 2007

Attualmente l'area in corrispondenza della quale verrà realizzata l'opera di sbocco è occupata da strutture ad uso balneare e ricreativo, alcune delle quali permanenti, altre provvisorie. Tra queste si segnalano le attrezzature dello stabilimento "Benvenuto", con spiaggia attrezzata e numerose cabine disposte su due livelli sulle strutture in acciaio allestite in occasione dei lavori di realizzazione del deviatore del Fereggiano.
Il principale accesso a mare per lo stabilimento balneare è costituito da una piccola baia posta immediatamente a levante rispetto allo sbocco dell'opera in progetto.



Fig. 2.1 – Stato dei luoghi: attrezzature stabilimento Benvenuto



Fig. 2.2 – Stato dei luoghi: accesso al mare stabilimento Benvenuto

Più ad Ovest è invece presente una piccola darsena utilizzata dai soci del circolo "Dilettanti Pesca Marinetta", dotata di una piccola corsia per l'alaggio di piccole imbarcazioni ed in gran parte occupata dai conci prefabbricati accatastati sull'arenile in occasione dei sopra richiamati lavori del Fereggiano. L'area è delimitata a ponente da un muro in c.a., di altezza superiore a 3 m (quota assoluta +5.0 m s.m.m.), al piede del quale scorre il rio Marinetta (di recente oggetto di interventi da parte del Comune di Genova).

L'attuale linea di difesa posta a protezione delle strutture dello stabilimento Benvenuto e del Circolo Marinetta è costituita da massi classificabili secondo la III categoria (peso stimato 3÷6 t): tale opera, la cui sommità è posta ad quota variabile tra 3.5 e 4.0 m s.m.m., presenta, dal punto di vista marittimo, un comportamento non adeguato a causa del sottodimensionamento dei massi (per il quale la scogliera è soggetta ad un progressivo "scivolamento" verso mare) e dei fenomeni di sormonto dell'opera che si verificano in occasione delle mareggiate più intense (specie di Libeccio).



Fig. 2.3 – Stato dei luoghi: area circolo Dilettanti pesca Marinetta



Fig. 2.4 – Stato dei luoghi: area circolo Dilettanti pesca Marinetta

Più a ponente rispetto all'area direttamente interessata dalle opere in progetto è presente un'area di riempimento sulla quale sorgono alcuni impianti sportivi e le cui protezioni costiere, particolarmente esposte alle mareggiate di Libeccio, sono attualmente caratterizzate da un marcato stato di dissesto. Nell'ambito del presente progetto, come verrà dettagliatamente descritto in seguito, si prevede quindi anche il ripristino di tali difese.

3. DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'opera di sbocco prevista in fase di primo lotto prevede dunque:

- ✓ la costruzione di una parte del manufatto di sbocco come sviluppato in fase di PD 2007 e delle opere di protezione a mare, incluso il nuovo scivolo di alaggio;
- ✓ l'integrazione di tale opera, già prevista nel PD 2007, con il canale di raccordo (ricavato in uno scatolare chiuso) della galleria Fereggiano con l'opera di sbocco medesima.

L'opera a mare prevista secondo PD 2007 (di cui in primo lotto verrà realizzato il tratto più esterno verso mare, fino a m 20 circa dal filo esterno di Corso Italia) è costituita dal prolungamento in asse della futura galleria a servizio del T. Bisagno per circa 120 m oltre Corso Italia (100 m in primo lotto), fino allo sbocco a mare. In tale punto, sfruttando l'andamento favorevole del terrazzo roccioso che degrada rapidamente verso mare ed attuando una leggera risagomatura del fondale, con una geometria che sottolinei l'attuale andamento planoaltimetrico delle isobate, viene garantito un salto di fondo di oltre 1.50 m destinato ad agevolare lo scarico del materiale solido trasportato dalla corrente. Allo stesso modo il gradino riduce la possibilità che entri in galleria materiale proveniente dal fondale marino.
Il prolungamento viene effettuato mantenendo la sezione policentrica con diametro interno 9.50 m e la pendenza longitudinale pari al 4‰.
La quota di scorrimento della galleria in corrispondenza della sezione terminale di sbocco risulta pari a -6.30 m. s.m.m..

Al fine di garantire il migliore inserimento dell'opera nel paesaggio esistente è previsto l'avanzamento di qualche metro dell'attuale linea di battigia, mediante la realizzazione di una nuova opera di protezione della costa realizzata secondo quanto illustrato nei successivi paragrafi. Nell'intento di ottimizzare l'inserimento del manufatto nella linea di costa di progetto viene inoltre realizzato il taglio in sagoma della sezione di sbocco, in modo da raccordare meglio l'opera con l'andamento della scogliera di progetto.

Per lo svolgimento delle operazioni di manutenzione straordinaria nel tratto terminale della galleria (al di sotto del livello medio mare) è stato studiato un sistema di panconatura che consentirà la chiusura stagna della sezione terminale di sbocco e successiva messa in asciutta dello Scolmatore.

Il sistema di chiusura è costituito da panconi con scorrimento su due guide (gargami) inclinate in acciaio inox alloggiate nelle due "nervature" in c.a. ricavate nel portale in c.a. di sbocco del manufatto, in adiacenza alla sezione terminale della galleria. Lo scorrimento dei panconi avviene su pattini in polizene (polietilene ad altissima densità), con sistema di posa/recupero mediante trave pescatrice. Tutte le parti immerse del sistema sono realizzate in acciaio inox, mentre i panconi sono trattati con zincatura a caldo.

Il raccordo tra l'opera di sbocco prevista secondo PD 2007 e lo scolmatore del Fereggiano sarà realizzato mediante un canale di raccordo realizzato con scatolare chiuso di luce netta b x h = 6.00 x 6.50 m a pendenza longitudinale pari al 4.25‰, con quota di intradosso della soletta superiore allineata all'intradosso dell'opera di sbocco PD 2007. Il canale di raccordo avrà un andamento planimetrico convergente rispetto all'asse della galleria del PD 2007, fino ad innestarsi in essa con un salto di quota pari a circa 2.5 m.

Tutta la zona di costa attraversata dalla galleria risulterà, ad opera eseguita, completamente fruibile con un sovralzo massimo localizzato di circa 1.0 - 1.5 m rispetto alle attuali quote del terreno: peraltro buona parte della striscia che sarà occupata dallo scaricatore è attualmente caratterizzata, come già evidenziato, dalla presenza di attrezzature balneari su due livelli (cabine) realizzate con strutture di grande impatto, realizzate in occasione dei lavori di scavo del deviatore del Fereggiano.

L'esecuzione dell'opera di scarico come sopra descritto consentirà quindi il mantenimento delle attuali destinazioni d'uso delle aree, permettendo una migliore riorganizzazione delle strutture balneari, per esempio ricollocando le cabine sostanzialmente nella posizione attuale lungo la striscia di terreno occupata dallo Scolmatore.

Nell'ambito del ripristino dello stato dei luoghi è altresì prevista la ricostruzione, mediante inserimento nella nuova scogliera di protezione di terra, dello scalo di alaggio attualmente esistente ed utilizzato dai soci del circolo "Dilettanti Pesca Marinetta".
Il nuovo scalo di alaggio viene inserito nella nuova protezione di costa mediante realizzazione di due muri d'ala in c.a..

Lo scalo è collocato più a ponente rispetto a quello attualmente esistente al fine di mantenere la possibilità di accesso ed alaggio delle imbarcazioni anche nel periodo dei lavori di scavo della galleria di adduzione principale (cantiere di "imbocco di valle") e presenta una larghezza di 6 m (in luogo dei 3.70 m ca. attuali) per migliorare l'accesso al mare da parte delle imbarcazioni e dei bagnanti. La pendenza è pari al 10% parte emersa e 25% per l'avanscalo.
La nuova collocazione della corsia di alaggio rende necessario lo spostamento del tratto finale del rio Marinetta (sezione scatolare 1.5 m x 1.5 m), che verrà leggermente deviato verso est rispetto alla sua attuale posizione.

4. REQUISITI PROGETTUALI E VALUTAZIONE DELLE ALTERNATIVE

Lo studio dell'opera di sbocco a mare del PD 2007, sostanzialmente confermato nell'ambito della progettazione delle opere di primo lotto di cui alla presente relazione, è stato condotto assumendo i seguenti criteri di progetto, in parte già definiti in sede di progetto preliminare:

- garantire il corretto funzionamento idraulico dell'opera per tutti i valori di portata esaminati ed anche in condizioni meteo-marine avverse;
- verificare il comportamento dell'opera nei confronti del moto ondoso estremo, con particolare riferimento alle spinte generate dalle onde frangenti sull'estradosso del manufatto;
- ottimizzare l'inserimento del manufatto nell'ambito della linea di costa esistente, minimizzando l'impatto visivo della nuova opera e garantendo inoltre la fruibilità della spiaggia;
- assicurare idonee condizioni di sicurezza, minimizzando potenziali rischi connessi alla presenza di persona e/o natanti in prossimità dell'opera di sbocco, sia in condizioni di funzionamento dello Scolmatore sia nei periodi di "magra";
- contenere i fenomeni di deposito di materiale (sia trasportati da mare, sia dallo Scolmatore) in corrispondenza dello sbocco della galleria al fine di evitare o comunque ridurre fenomeni di interrimento dell'opera che, oltre che comportare ingenti costi manutentori, risultano potenzialmente pericolosi per il corretto funzionamento idraulico dello Scolmatore;
- non interferire in alcun modo con la navigazione sottocosta.

Le risultanze di tali analisi hanno portato a considerare diverse alternative progettuali sia in relazione all'ubicazione planimetrica, sia alle diverse condizioni di dissipazione dell'energia, a cielo aperto o a sezione chiusa, con o senza opera di protezione a mare.

In questa sede ci si limita a sintetizzare i parametri di valutazione assunti già in fase di PD 2007 e le principali motivazioni che rendono la soluzione progettuale adottata preferibile rispetto alle altre esaminate.
Per quanto riguarda l'ubicazione planimetrica essa è derivata da un delicato equilibrio che consente di:

- raccordarsi correttamente con la galleria di monte prevista da PD 2007;
- attraversare, in fase di futura realizzazione dello scolmatore del T. Bisagno, la struttura di Corso Italia interrompendo solo due campate (un pilastro) di quelli esistenti;
- collocarsi su una quota del fondale tale da consentire un dislivello di almeno 1.50 m rispetto al fondo della galleria;
- minimizzare l'avanzamento della linea di costa sia in termini areali che in termini di modifica planimetrica.

Per quanto riguarda le necessità di dissipazione dell'energia della corrente in arrivo da monte si è preferita, già da PD 2007, una soluzione che concentra tutta la dissipazione a mare in considerazione a:

- presenza di un substrato roccioso poco al di sotto del fondale marino (a circa -1.50 ÷ -2.00 m al di sotto di uno strato di ricoprimento costituito da sabbia e ghiaia nella zona immediatamente a valle del tunnel, fino ad un valore di ca. -5.00 a distanza di 250 m dall'opera);
- problematiche di deposito del materiale trasportato dalla corrente nello Scolmatore.

Per quanto riguarda il tipo di sezione, confermando le scelte progettuali del PD 2007, si è preferita una soluzione chiusa, la quale consente la completa fruibilità della spiaggia esistente e quindi il migliore inserimento paesaggistico in relazione alla situazione esistente.
Per quanto riguarda la forma della sezione il progetto del 2007 prevedeva una sezione policentrica di diametro pari a 9.50 m in quanto:

- omogenea con quella di monte;
- ideale dal punto di vista idraulico sia in relazione al funzionamento idrodinamico sia in relazione al trasporto solido;
- ottimale dal punto di vista strutturale.

In merito a quest'ultimo aspetto si evidenzia come la presenza di un substrato roccioso posto poco al di sotto del fondale marino consentirà la solidarizzazione e l'ancoraggio delle strutture in c.a. del manufatto di sbocco, a maggiore garanzia

per la stabilità dell'opera nei confronti delle sollecitazioni generate dall'azione del moto ondoso.

Tale opera verrà quindi realizzata, ad eccezione dei primi 20 m immediatamente a valle del filo "lato mare" di Corso Italia, già in fase di primo lotto, consentendo il futuro collegamento della galleria di scolmo a servizio del T. Bisagno come prevista da PD 2007. Il tratto di collegamento tra tale manufatto e la galleria del Fereggiano sarà realizzato, come in precedenza accennato, mediante una sezione scatolare di luce netta b x h = 6.00 x 6.50 m in prosecuzione all'opera in uscita dall'attuale sbocco dell'ex-deviatore del T. Fereggiano e fino a raccordarsi con la sezione policentrica di cui sopra.

5. DIMENSIONAMENTO IDRAULICO

5.1. Determinazione del moto ondoso davanti allo sbocco

Assumendo per le valutazioni che seguono un periodo di ritorno T_R = 100 anni, con riferimento ai mari più severi di Libeccio (settore di provenienza 195 – 225 ° Nord) e adottando i grafici forniti da Boccotti P. (*Boccotti P., Previsione delle onde per i mari italiani, Atti del XX Convegno di idraulica e Costruzioni Idrauliche, Padova 1986)*, si ottiene:

H_{S0} = 8.80 m

altezza d'onda significativa al largo a cui corrisponde, nel grafico stesso:

T_p = 13.4 s periodo di picco o dominante

T_p è correlato a H_S dalla relazione:

$$T_P = 9 \cdot \pi \cdot \sqrt{H_{SO} / 4g}$$

Un successivo studio di Boccotti modifica leggermente quest'ultima relazione e sostituisce il 9 con 8.5 ottenendo:

T_p = 12.6 s

A quest'ultimo valore faremo riferimento per il calcolo dell'onda di progetto sulla profondità di fronte alla scogliera: esso difatti conduce a valori di altezza d'onda più severi.

Il fondale davanti allo sbocco a mare, nella configurazione di progetto, ha profondità h = 8 m. Adottando uno schema semplificativo (*Kamphuis J.W. Coastal Engineering 1991*), si calcola il valore indicativo dell'altezza d'onda spettrale $(H_{m0})_8$ sulla profondità h = 8 m a partire da quella al largo $(H_{m0})_0 = H_{S0}$ con la relazione:

$$\left(H_{m0}\right)_8^{'} = \left(H_{m0}\right)_0 \cdot \left(\frac{L_{p8}}{L_{p0}}\right)^{\frac{3}{4}}$$

essendo L_p la lunghezza d'onda calcolata con il periodo di picco T_p, invariante della propagazione, applicando al valore di $(H_{m0})_8$ così ottenuto un incremento dovuto al coefficiente di profondità (*shoaling*) k_S.

Risulta:

L_{p0} = 247.9 m
L_{p8} = 107.8 m
$(H_{m0})_8$' = 4.71 m

Poiché il coefficiente di profondità k_S relativo alla propagazione dell'onda regolare vale, per T = 12.6 s e h = 8 m:

$k_S = 1.10$ (se ne tralascia il calcolo),

si ottiene:

$(H_{m0})_8 = 4.71 \times 1.10 = 5.20$ m.

Lo stato di mare di progetto:

$(H_{m0})_8 = 5.20$ m
$T_p = 12.6$ s

può considerarsi condizionato da presenza di onde frangenti. Infatti, adottando la relazione di Goda:

$$H_b = \frac{g \cdot T_p^{\,2}}{2\pi} \cdot 0{,}18 \left\{ 1 - \exp\left[-1{,}5 \frac{\pi \cdot h \cdot 2\pi}{g \cdot T_p^{\,2}} \left(1 + 15 tg\vartheta^{4/3} \right) \right] \right\}$$

si ottiene, con $tg\theta = 0.02$ pendenza del fondale:

$(H_b)_8 = 6.77$ m

con rapporto $(H_b)_8/(H_{m0})_8 = 1.30$ che indica che le onde più alte dello stato del mare possono raggiungere le condizioni di frangimento.

In prima analisi le pressioni efficaci (o medie) prodotte dal getto dell'acqua sull'opera di sbocco possono essere valutate con l'espressione:

$$p = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot c^2, \qquad \text{con} \quad c = \sqrt{g \cdot h}$$

da cui si ricava il valore di 40 kN/m^2.

Considerando quindi i valori in gioco ed in virtù dell'esperienza maturata in casi analoghi, che hanno evidenziato l'instaurarsi di sovrapressioni di entità e frequenza difficilmente quantificabili, si è comunque ritenuto fin da subito opportuno studiare una modalità realizzativa dell'opera che consentisse l'ancoraggio delle strutture al substrato roccioso sottostante. Il sistema costruttivo adottato, con diaframmi ammorsati in roccia ai quali potrà essere solidarizzato il manufatto di sbocco, garantisce la massima stabilità della struttura (per maggiori dettagli si rimanda a quanto illustrato nelle relazioni specialistiche).

5.2. Dimensionamento delle protezioni di costa

Sulla base delle indicazioni riportate nella nota prot. n 1288931 del 15.11.04 della Provincia di Genova, le sperimentazioni su modello fisico condotte in fase di progettazione dello Scolmatore PD 2007 sono state precedute da valutazioni analitiche, effettuate sulla base delle formule di letteratura, volte ad un'accurata determinazione dell'estensione e delle dimensioni della nuova protezione della linea di costa. Le analisi così condotte hanno evidenziato come un dimensionamento della scogliera effettuata assumendo in partenza una condizione di danno nullo avrebbe necessariamente portato all'impiego di elementi artificiali a causa l'elevata massa ottenuta da calcolo (dell'ordine delle 20.0 t), con inevitabili problemi di inserimento ambientale della struttura.
Le stime numeriche condotte invece a partire da una condizione di danno "accettabile" ed assumendo una alta permeabilità della difesa (ottenuta disponendo su tre strati i massi naturali) evidenziavano condizioni di stabilità - considerando durate della mareggiata tra 3h e 6h - ottenibili con elementi di mantellata dell'ordine delle 10.5 t ÷ 13.0 t, prossimi quindi alla massima dimensione reperibile per elementi naturali.
L'adozione della formula di *Van der Meer* valida per strutture investite da onde frangenti del tipo "*plunging*" (caso in esame):

$$\frac{H_s}{\Delta \cdot D_{n50}} = 6.2 \cdot P^{0.18} \cdot \left(S / \sqrt{N}\right)^{0.2} \cdot \xi_m{}^{-0.5}$$

dove si intende:

H_s : altezza d'onda significativa davanti alla struttura (5.20 m nel caso in esame)

$$\Delta = \frac{\rho_m}{\rho_a} - 1 = 1.573$$

ρ_m = 2650 kg/m^3 massi naturali
ρ_a = 1030 kg/m^3 acqua di mare

P : permeabilità delle struttura (assunta pari a 0.4 per la tipologia considerata)

S : livello di danneggiamento (ipotizzato pari a 4)

N : numero d'onde della mareggiata (pari a ≈ 2000 per durate di 6 ore)

ξ_m: numero di Iribarren, pari, nel caso in esame, a 2.76, essendo tgα = 0.5 pendenza della scarpata, T=10 s periodo medio dell'onda,

conduce infatti all'impiego di elementi di mantellata caratterizzati da valori di W_{50} dell'ordine di 10.5 t per mareggiate di 3 ore ca. e di 13.0 t per durate di 6 ore.

Alla luce di tali considerazioni, di comune accordo con l'Amministrazione, si è ritenuto opportuno verificare sperimentalmente le effettive condizioni di equilibrio dell'opera andando a sperimentare il comportamento di una mantellata di elementi naturali della massima dimensione effettivamente reperibile sul mercato, riconducibili appunto ad un W_{50} = 10.5 t (9.0 ÷ 12.0 t), come, ad esempio, quelli attualmente adottati a Genova per la riparazione della mantellata della diga Duca di Galliera.

La soluzione esaminata in prima fase su modello prevedeva quindi la realizzazione di una protezione della linea di costa costituita da:

- ✓ mantellata costituita da massi naturali aventi W_{50} = 10.5 t (9.0 ÷ 12.0 t – massima dimensione reperibile per elementi naturali) e con spessore 4.80 m (3 strati);
- ✓ strato filtro costituito da massi 1.0 - 3.0 t dello spessore di 2.00 m;
- ✓ opera di protezione al piede della scogliera realizzata con massi delle stesse caratteristiche di quelli costituenti la mantellata. La sommergenza della berma è stata in un primo momento assunta pari a -1.00 m s.m.m.; il suo spessore è

stato fissato in 3.20 m (2 strati). Tale opera poggia su un sottofondo realizzato con tout venant di spessore minimo 1.00 m al di sotto del quale viene collocato una difesa al piede con geotessile opportunamente appesantito.

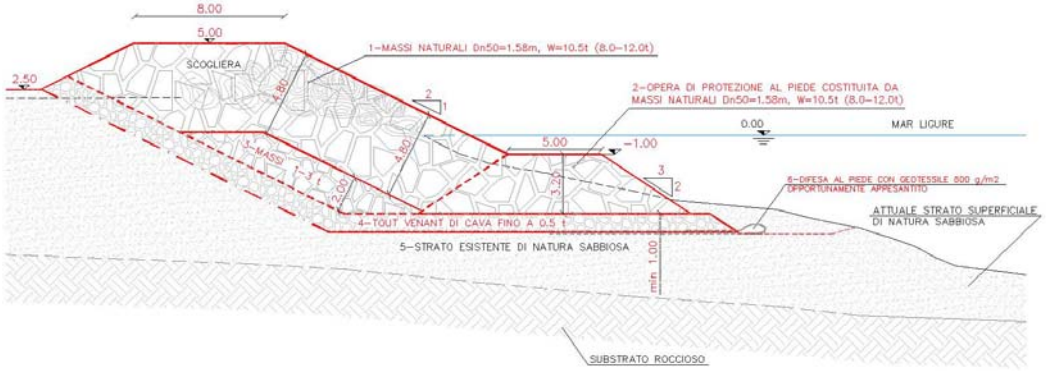


Fig. 5.1 – Scogliera di terra – prima configurazione studiata

La soluzione sopra descritta avrebbe presentato il vantaggio di essere relativamente superficiale (profondità complessiva di -5.20 m s.m.m.), sostanzialmente economica e di potersi "appoggiare" sulla protezione della costa esistente (costituita da massi del peso stimato di 3.0 ~ 6.0 t) che, come in precedenza accennato, ha subìto nel corso degli anni fenomeni di scivolamento verso mare.

Come illustrato nei paragrafi riportati a seguire, tale configurazione ha tuttavia mostrato sperimentalmente alcune problematiche di stabilità di tipo "locale" (si veda successivo *paragrafo 6.2.2*).
Da qui la necessità di prevedere alcune modifiche alla geometria della struttura, per le quali si rimanda al successivo *paragrafo 6.3*.

6. IL MODELLO FISICO

6.1. Aspetti indagati

6.1.1. Caratteristiche geometriche e strumenti di misura

Il modello fisico dell'opera di sbocco a mare realizzato nell'abito della progettazione dello Scolmatore del T. Bisagno, in similitudine di Froude, presenta una scala di riduzione pari a 1/62.5. Le scale derivate sono le seguenti:

- scala dei tempi e delle velocità $1/62.5^{1/2}$ (1/7.9)
- scala delle portate $1/62.5^{5/2}$ (1/30882)

Ne consegue che la massima portata che è ammessa in galleria, pari a 513 m^3/s su prototipo (considerando i contribuiti del T. Bisagno del T. Fereggiano e dei rii Rovare e Noce secondo PD 2007), è di 16.6 l/s su modello. Le dimensioni del modello sono 25 x 20 m, cui corrisponde, su prototipo, un'area di 1500 x 1200 m. Le opere riprodotte sono la galleria principale a sezione circolare (diametro 9.5 m su prototipo e 0.152 m su modello), con una lunghezza di 725 m su prototipo e pari a 11.60 m su modello, e la scogliera di protezione a terra.

Le grandezze misurate ed i relativi strumenti di laboratorio impiegati sono i seguenti:

- caratteristiche del moto ondoso (altezza e periodo dell'onda generata) mediante 6 sonde di misura di tipo capacitivo (denominate S1-S6) ed una ulteriore sonda elettromagnetica (localizzata dinanzi al generatore d'onda – punti S1 e S1 bis) per la valutazione della sola componente incidente H_{si} (mediante misura delle velocità orbitali) ai fini della calibrazione del battitore d'onda (Fig. 6.3);
- portata di alimentazione della galleria principale mediante stramazzo *Thomson* (Fig. 6.2);
- livello idrometrico in corrispondenza della sezione terminale della galleria mediante asta graduata;
- pressione sul cielo della stessa mediante sistema di pesi graduati;
- velocità della corrente nella zona prospiciente allo sbocco mediante misuratore elettromagnetico.

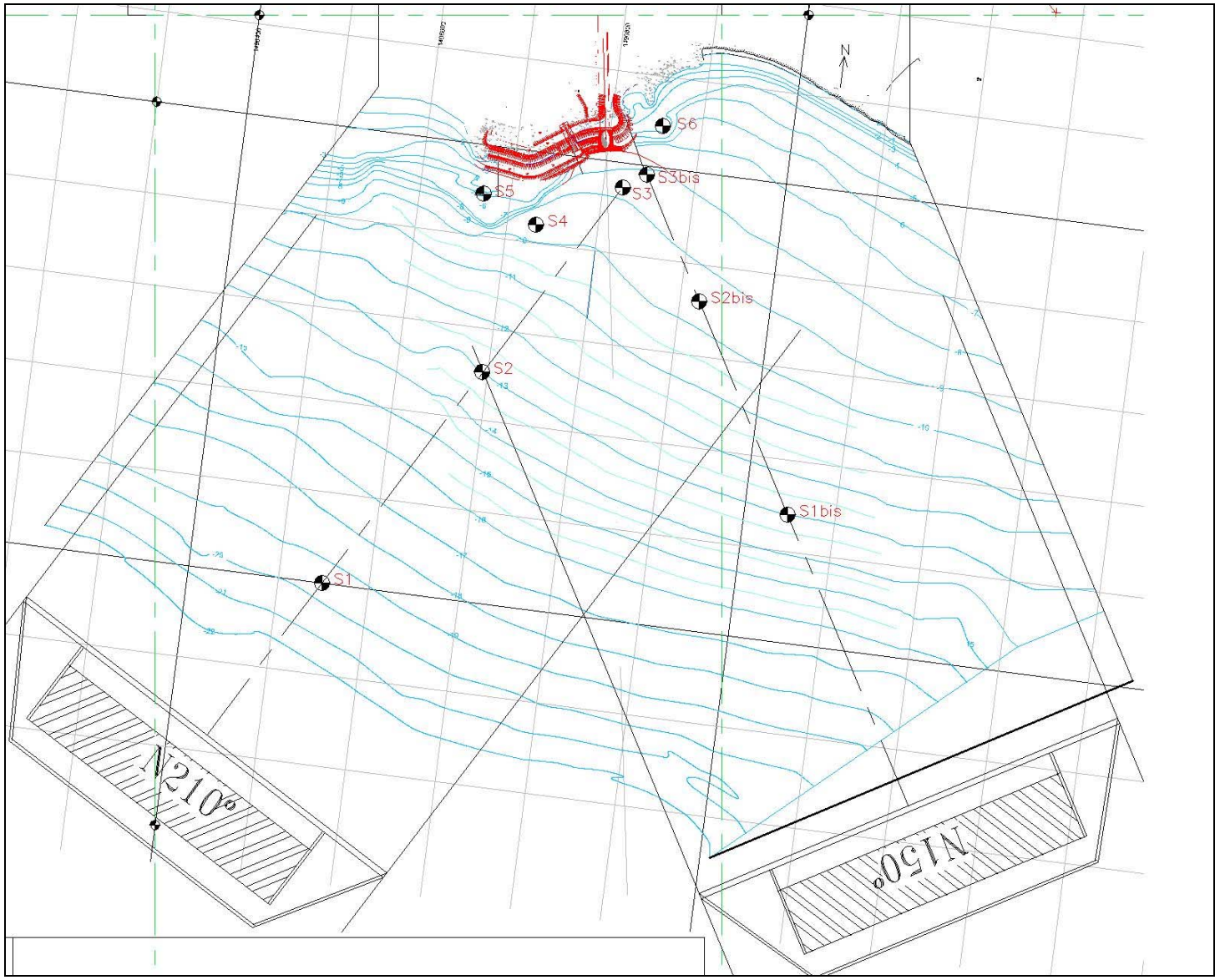


Fig. 6.1 – Layout del modello dell'opera di sbocco con indicazione della posizione delle sonde per la misura del moto ondoso



Fig. 6.2 – Sistema di alimentazione del modello (stramazzo *Thomson*)



Fig. 6.3 – Sonda per la misura delle caratteristiche del moto ondoso

6.1.2. Finalità del modello fisico

Le prove su modello fisico hanno consentito di approfondire i seguenti aspetti progettuali:

- determinazione del moto ondoso davanti allo sbocco considerando mari più severi di Libeccio (settore di provenienza 195°/ 225°N – direzione riprodotta su modello 210°N) e di Scirocco (settore di provenienza 135°/ 165°N – direzione riprodotta su modello 150°N);
- stabilità della scogliera di terra in assenza di qualsiasi opera di difesa a mare a fronte di condizioni meteomarine avverse di Libeccio e di Scirocco;
- condizioni idrodinamiche allo sbocco per alti valori di portata in uscita dallo Scolmatore (più gravose in assenza di agitazione ondosa);
- valutazione delle sollecitazioni determinate dal moto ondoso estremo sulla struttura, con particolare attenzione alle pressioni generate dalle onde frangenti sul cielo della galleria;
- influenza delle portate scolmate sulla propagazione del moto ondoso nelle immediate vicinanze dello sbocco a mare;
- analisi degli effetti di concentrazione del moto ondoso connessi alla possibile formazione di un solco erosivo (canyon) nella zona prospiciente all'opera.

I valori di portata scolmata considerati nelle modellazioni fisiche ai fini degli approfondimenti di cui sopra sono stati i seguenti: 0 m^3/s, 150 m^3/s, 300 m^3/s, 417 m^3/s (pari allo scolmo duecentennale del solo T. Bisagno) e 513 m^3/s (portata massima di progetto relativa al PD 2007).

6.1.3. Riproduzione delle resistenze su modello

Dal punto di vista del comportamento idraulico in galleria, si rileva come la corretta riproduzione su modello degli effetti delle resistenze, nel rispetto delle condizioni di calcolo (coefficiente di Strickler k_s = 75 $m^{1/3}/s$ – canale in cemento lisciato con giunti), avrebbe in teoria reso necessario una distorsione su modello della pendenza dello Scolmatore per correggere gli effetti di non riproducibilità dei fenomeni in similitudine di Froude.
Si rileva infatti come l'analogia delle resistenze al moto nel passaggio da prototipo a modello è garantita, a meno di distorsioni di modello, in condizioni di ugua-

glianza del coefficiente di conduttanza *C* della legge di *Chèzy*. Tale evenienza viene rispettata garantendo uguale regime di moto (parete scabra) tra modello e prototipo e valori di scabrezza relativa in similitudine tra loro.
Nelle condizioni in esame si evidenzia come a valori di numeri di Reynolds dell'ordine di $10^7 \div 10^8$ su prototipo (parete scabra) si abbiano, alla scala di laboratorio adottata, valori di Reynolds dell'ordine di 10^5: il deflusso in galleria è quindi prossimo al regime di parete liscia.
Per correggere tale diversità di comportamento, al fine di ottenere una fedele modellazione degli effetti delle resistenze, è possibile prevedere una distorsione delle pendenze su modello in maniera inversamente proporzionale al quadrato del rapporto fra le conduttanze relative al modello e al prototipo.

Fermo restando quanto sopra evidenziato, nella realizzazione del modello fisico dell'opera di sbocco a mare si è optato per il mantenimento del medesimo valore di pendenza della galleria del futuro scolmatore T. Bisagno assunto in sede di progettazione (i = 4 ‰).

In effetti, un'eventuale distorsione del modello non avrebbe introdotto elementi significativi di analisi per quanto concerne le finalità di cui al precedente *paragrafo 6.1.2*, ed in particolare il comportamento "marittimo" dell'opera (condizioni di moto ondoso, stabilità della scogliera, pressioni massime sul cielo della galleria). In relazione all'analisi delle condizioni idrodinamiche allo sbocco, si evidenzia come il comportamento rilevato su modello, che conduce, come evidenziato al successivo *paragrafo 6.4*, a dei gradi di riempimento della condotta in corrispondenza della sezione terminale della galleria in similitudine rispetto a quelli di prototipo, sia comunque tale da poter cogliere appieno (sia da un punto di vista qualitativo che numerico) le caratteristiche del getto in uscita dallo Scolmatore e il processo dissipativo dell'energia della corrente. Ciò anche in virtù della ricostruzione su modello del tratto curvilineo della galleria del futuro scolmatore T. Bisagno. (di raggio circa 500 m a scala di prototipo, pari a 8.00 m su modello) prima della sezione di sbocco che consente la fedele riproduzione della direzionalità del getto in uscita nonché una conformazione del deflusso regolare e uniforme.

Peraltro è opportuno evidenziare come, ipotizzando condizioni più scabre per la galleria principale (ad esempio un coefficiente di Strickler k_s = 60 $m^{1/3}/s$, riconducibile a una situazione dopo diversi anni di esercizio) la distorsione necessaria per

mantenere la similitudine di Froude si riduce e la pendenza della galleria da imporre su modello si avvicina a quella del reale. Anche per questo motivo il mantenimento della livelletta di fondo al valore di progetto consente di riprodurre una situazione comunque verosimile alle condizioni di prototipo.

Nei paragrafi riportati a seguire vengono descritti ed analizzati i comportamenti osservati su modello, i risultati acquisiti e le eventuali varianti progettuali introdotte relativamente ai punti sopra illustrati.

6.2. Prima serie di prove su modello (dicembre 2005)

6.2.1. Esame delle caratteristiche moto ondoso

Le prime prove su modello fisico condotte (dicembre 2005) hanno considerato i mari più severi di Libeccio ed hanno fatto riferimento alla configurazione progettuale che non prevede alcuna opera di protezione a mare (soluzione denominata "A").

Le caratteristiche del moto ondoso (altezza d'onda significativa H_s e periodo di picco T_p) dei primi test effettuati, che hanno riguardato principalmente l'esame della stabilità della scogliera di protezione della costa (non considerando quindi la portata in arrivo dalla galleria), sono riportate - con riferimento alla sonda S1 collocata dinanzi al generatore di moto ondoso - nella Tab. 6.1.

				A largo		A – 20.00 m s.m.m.		**Alla sonda S1**	
N° prova	D	T_r	z_o	T_p	H_{s0}	T_p	$H_{s\ ind}$	$\mathbf{T_p}$	$\boldsymbol{H_{si}}$
D21_1_003	60	1	0.0	8.2	3.70	8.2	3.10	**8.18**	***3.07***
D21_2_002	60	5	0.0	10.2	5.70	10.2	4.30	**10.16**	***4.26***
D21_3_002	180	10	0.0	10.9	6.50	10.9	4.80	**10.94**	***4.75***
D21_4_002	180	50	0.5	12.1	8.10	12.1	5.70	**11.73**	***5.69***
D21_5_002	180	100	0.5	12.6	8.80	12.6	6.10	**12.47**	***6.10***
D21_6_002	180	125%*100 [*]	0.5	12.6		12.6	7.60	**12.53**	***7.44***
D21_7_003	180	135%*100 [*]	0.5	12.6		12.6	8.25	**12.57**	***8.18***
D21_7_004	180	135%*100 [*]	0.5	12.6		12.6	8.25	**12.58**	***8.18***

Tab. 6.1 – Mareggiata di Libeccio: caratteristiche del moto ondoso (sonda S1 – prima serie di prove); [*] = evento con effetto superiore del 25/35% rispetto a quello con T_r = 100 anni

Dove si intende:

- D : durata della prova alla scala di prototipo (minuti)
- T_r : periodo di ritorno dell'evento (anni)
- z_0 : livello di marea (m s.m.m.)
- T_p : periodo di picco indicato (s)

H_{s0} : altezza d'onda significativa indicata al largo (m)
$H_{s\ ind}$: altezza d'onda indicata (calcolata) a – 20.00 m s.m.m. (m)
H_{si} : altezza d'onda incidente misurata a – 20.00 m s.m.m. (sonda S1)
T_p : periodo di picco misurato a – 20.00 m s.m.m. (sonda S1)

Come si nota dai valori di tabella, su modello fisico sono state effettuate ulteriori prove (D21_6_002; D21_7_003; D21_7_004) con sollecitazioni superiori a quella centennale al fine di valutare il comportamento della struttura in condizioni estreme, considerando incrementi del 25% (da 6.10 m a 7.60 m alla - 20.00 m s.m.m.) e del 35% (da 6.10 m a 8.25 m alla - 20.00 m s.m.m.) dell'altezza d'onda significativa dello stato di mare di progetto.

Nella Tab. 6.2 sono riportate le misure di moto ondoso condotte alla sonda S3 collocata di fronte allo sbocco della galleria su di un fondale di 8.00 m.

				A largo		**Alla sonda S3**	
N° prova	D	T_r	z_o	T_p	H_{s0}	$\mathbf{T_p}$	$\boldsymbol{H_{si}}$
D21_1_003	60	1	0.0	8.2	3.70	**8.56**	***3.23***
D21_2_002	60	5	0.0	10.2	5.70	**10.35**	***4.58***
D21_3_002	180	10	0.0	10.9	6.50	**11.05**	***4.85***
D21_4_002	180	50	0.5	12.1	8.10	**12.52**	***5.02***
D21_5_002	180	100	0.5	12.6	8.80	**12.76**	***5.16***
D21_6_002	180	125%*100 [*]	0.5	12.6		**12.87**	***5.72***
D21_7_003	180	135%*100 [*]	0.5	12.6		**13.20**	***5.78***
D21_7_004	180	135%*100 [*]	0.5	12.6		**13.16**	***5.67***

Tab. 6.2 – Mareggiata di Libeccio: caratteristiche del moto ondoso (sonda S3 – prima serie di prove); [*] = evento con effetto superiore del 25/35% rispetto a quello con T_r = 100 anni

Le misure condotte assumendo un'altezza d'onda, alla profondità di – 20.00 m s.m.m. (massima profondità riprodotta su modello in corrispondenza dei generatori d'onda), di 6.10 m per T_r = 100 anni restituiscono altezze d'onda davanti allo sbocco (cioè alla profondità di - 8.00 m s.m.m.) pari a 5.16 m, in linea quindi col valore di 5.20 m ricavato per via numerica (*paragrafo 5.1*).

Per quanto concerne gli effetti di risalita del moto ondoso sulla sezione terminale della galleria, nell'ipotesi di non considerare alcun contributo di portata scolmata, le modellazioni effettuate hanno permesso di valutare che per T_r = 10 anni (H_{s0} = 6.50 m) la sommità dello Scolmatore è oltrepassato dal 27% delle onde incidenti, per T_r = 50 anni (H_{s0} = 8.10 m) dal 43% delle onde e per T_r = 100 anni (H_{s0} = 8.80 m) dal 60% delle onde. In presenza di portata effluente dallo Scolmatore gli effetti di risalita si riducono sensibilmente e, già per la portata testata di 300 m^3/s, essi sono completamente annullati. Per tale valore di portata le condizioni di deflusso in galleria non sono peraltro influenzate dallo stato di agitazione ondosa.

6.2.2. Risultati di stabilità della scogliera di terra

Come già illustrato in sede di *Rapporto Finale di Fase II* della presente progettazione (Dicembre 2005), le prime prove effettuate su modello per verificare la stabilità della protezione per mareggiate di Libeccio hanno evidenziato una certa instabilità della scogliera di protezione alle estremità, in particolare al lato ponente, non appena il moto ondoso riprodotto su modello ha superato il valore corrispondente all'evento con tempo di ritorno di dieci anni. L'instabilità della scogliera ha riguardato in particolare il piede della mantellata di protezione.

In maggior dettaglio, le criticità della soluzione di progetto, rilevate nella prima serie di prove su modello, sono le seguenti:

– instabilità dell'opera sul lato ad ovest dello sbocco, ed in particolare del piede della mantellata (Fig. 6.4).

  Tale instabilità, che inizia a manifestarsi a partire da tempi di ritorno della mareggiata T_r = 10 anni, è dovuta al fondale assai ridotto nei pressi della scogliera, fondale che porta ad una concentrazione del moto ondoso incidente e ad un frangimento dell'onda proprio sulla testata della difesa (Fig. 6.5). Anche l'andamento planimetrico della testata risultava particolarmente penalizzante nei riguardi della stabilità, in quanto essa si presentava particolarmente esposta a mareggiate di Libeccio.

– instabilità dell'opera sul lato a levante dello sbocco, dovuto alla diffrazione dell'onda sulla testata dell'opera (Fig. 6.6). Tale danneggiamento inizia a manifestarsi per mareggiate con tempo di ritorno T_r = 100 anni.



Fig. 6.4 – Prove su modello fisico – prima configurazione testata: danneggiamento della scogliera "lato ponente" per un evento con tempo di ritorno T_r = 10 anni



Fig. 6.5 – Prove su modello fisico – prima configurazione testata: frangimento al fronte della testa "lato ponente" (dovuto ai bassi fondali) per un evento con tempo di ritorno T_r =100 anni



Fig. 6.6 – Prove su modello fisico – prima configurazione testata: danneggiamento della scogliera lato levante al termine delle prova con tempo di ritorno T_r =125%*100 anni

6.3. Seconda serie di prove su modello (gennaio – marzo 2006)

6.3.1. Modifiche introdotte alle protezioni costiere

Al termine della prima serie di prove su modello, che hanno consentito l'individuazione di due zone particolarmente "critiche" ai fini della stabilità della protezioni costiere, sono state introdotte e successivamente verificate su modello le seguenti varianti progettuali:

- ad ovest dello sbocco della galleria si è provveduto all'allargamento del raggio planimetrico di curvatura della difesa, con contestuale prolungamento della stessa verso ponente (Fig. 6.8).

  Tale provvedimento ha reso possibile l'eliminazione della criticità rappresentata dalla testata, parte della struttura particolarmente vulnerabile e, nel caso specifico, particolarmente esposta all'azione delle mareggiate di Libeccio.

  Questa modifica ha inoltre consentito, sulla base di quanto indicato dall'Amministrazione, la sistemazione della parte di costa, posta leggermente ad ovest rispetto all'area direttamente interessata dalla realizzazione delle opere, che, nello stato di fatto, presenta una condizione di elevato dissesto (Fig. 6.7).

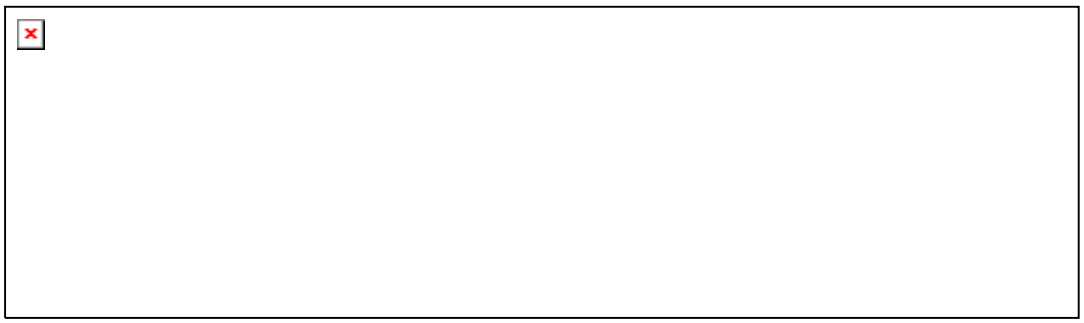


Fig. 6.7 – Stato di fatto: danneggiamento attuale della difesa di costa ad ovest dello sbocco della galleria

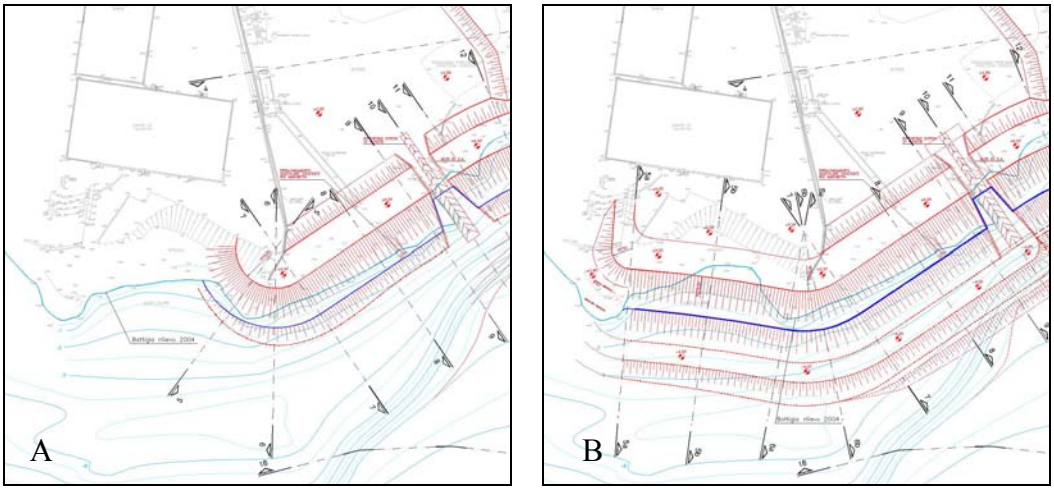
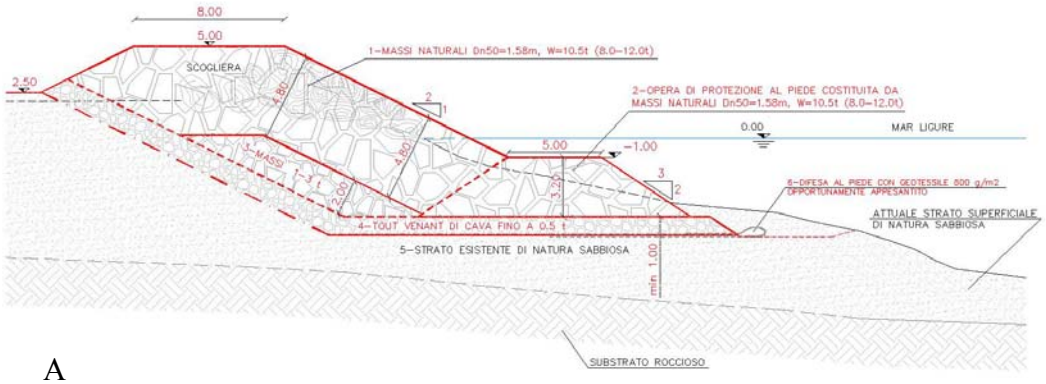


Fig. 6.8 – Scogliera lato ponente: prima soluzione tesaminata su modello (A) e modifica progettuale introdotta (B)

E' stata inoltre modificata la sezione tipologica dell'opera di protezione di costa abbassando la berma al piede dalla quota di -1.00 alla quota -4.00 m s.m.m. in modo che essa non venga interessata dall'azione diretta di onde frangenti e fondando così l'opera sullo strato roccioso sottostante, con conseguente eliminazione del geotessile al piede della struttura (Fig. 6.9).



A

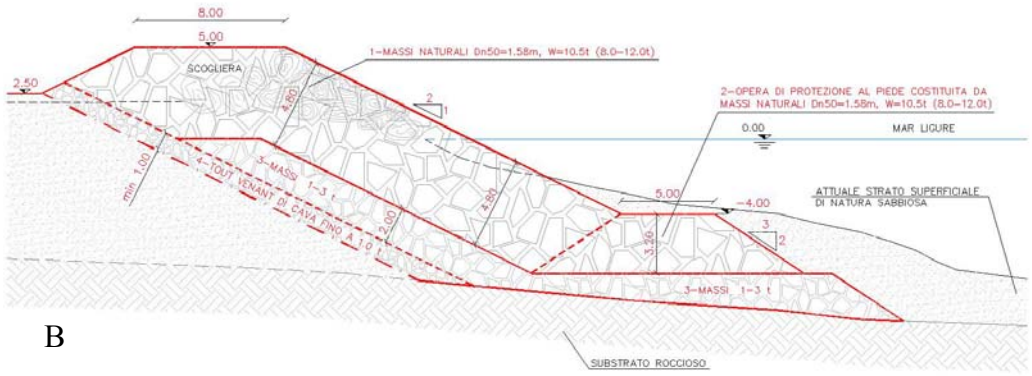


Fig. 6.9 – Sezione tipo scogliera di terra: prima soluzione testata su modello (A) e modifica progettuale introdotta (B)

- Per quanto concerne le criticità rilevate ad est dello sbocco della galleria (lato levante), riconducibili a problematiche generate dai fenomeni diffrattivi in condizioni di mareggiate di Libeccio, si rileva quanto di seguito riportato.

  In primo luogo appare opportuno richiamare (si veda *paragrafo 6.2.2*) che tali problematiche di stabilità della mantellata si manifestavano a partire da mareggiate con tempo di ritorno T_r = 100 anni, risultando quindi assai meno rilevanti rispetto alle instabilità riscontrate nella parte della difesa lato ponente.

  E' inoltre emerso, fin dal mese di gennaio 2006, come una riproduzione non fedele su modello fisico dell'andamento delle batimetriche e della difesa di progetto nella zona immediatamente ad est dello sbocco aveva di fatto portato all'introduzione di un punto di discontinuità tra la struttura di progetto e l'andamento del fondale marino che, presumibilmente, avrebbe potuto determinare una non corretta riproduzione fisica del fenomeno e, di conseguenza, una falsificazione dei risultati e dei comportamenti riscontrati (Fig. 6.10).

  Per tale ragione, prima di adottare provvedimenti progettuali più radicali volti alla modifica della scogliera "lato levante", si è ritenuto opportuno procedere a nuova verifica sperimentale previo affinamento del modello fisico, al fine di renderlo conforme alla batimetria rilevata ed agli elaborati di progetto (Fig. 6.11).

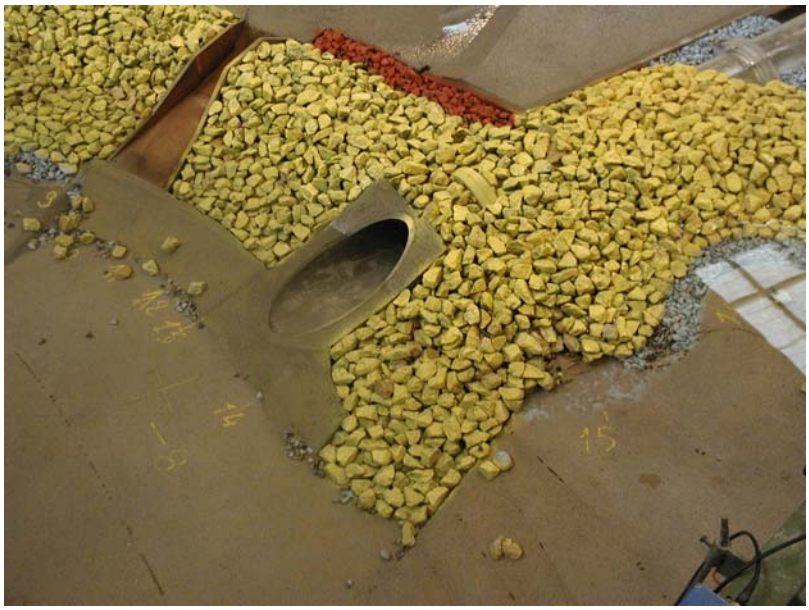


Fig. 6.10 – Particolare della protezione costiera in sinistra idraulica (con inizio danneggiamento per T_r = 100 anni - mareggiata di Libeccio) - prima configurazione testata su modello



Fig. 6.11 – Particolare della protezione costiera in sinistra idraulica - configurazione finale testata su modello (affinamento della geometria e riduzione dell'estensione della scogliera verso levante)

Contestualmente, come peraltro si rileva dal confronto delle immagini sopra riportate, si è anche provveduto ad una leggera rimodellazione della scogliera al fine di ottimizzare l'inserimento ambientale dell'opera, riducendo gli impatti connessi alla realizzazione dell'opera nei confronti del mantenimento degli stati dei luoghi, essendo consapevoli del fatto che tale provvedimento non avrebbe certo modificato (in meglio o in peggio) il comportamento idraulico della struttura.

In pratica è stata limitata l'estensione verso levante della scogliera a protezione della galleria scolmatrice, garantendo in tal modo la pressoché totale salvaguardia della piccola baia che costituisce accesso al mare per i bagni Benvenuto, come peraltro più volte auspicato dalla Provincia di Genova.

Tale nuova configurazione soddisfa peraltro le richieste formulate dall'Amministrazione di realizzare un elemento fisico di delimitazione dell'intervento (per l'appunto, la nuova testata a protezione dello sbocco in sinistra idraulica) in grado di fornire idonea protezione per la struttura e creare, contestualmente, condizioni idonee ai fini di una possibile futura estensione dell'intervento di sistemazione della costa in fase di attuazione a cura di Idrotec (per conto della Provincia).

Ulteriori modifiche progettuali sono state apportate nella zona adiacente allo sbocco prevedendo l'impiego di massi naturali di mantellata (W_{50} = 10.5 t) in luogo della struttura al piede in c.a. inizialmente prevista: ciò a vantaggio di una maggiore facilità realizzativa dell'opera (eliminazione di getti subacquei con superfici inclinate), e quindi della riduzione dei costi.

6.3.2. Stabilità delle protezioni: verifica sperimentale

La protezione costiera, opportunamente modificata secondo quanto sopra illustrato, è stata quindi sottoposta a nuove verifiche su modello (prove gennaio-marzo 2006) per verificarne la stabilità a fronte di condizioni meteomarine avverse di Libeccio e di Scirocco.



Fig. 6.12 – Modello fisico – seconda configurazione verificata

Nelle tabelle di seguito riportate vengono illustrate le caratteristiche di propagazione del moto ondoso in corrispondenza delle sonde S1-S6 in occasione degli eventi modellati (in assenza di portata scolmata e considerando i due valori di portata di 150 m^3/s e 513 m^3/s).

Si segnala come nelle prove su modello fisico effettuate sia stato assunto, come condizione al contorno di valle, un livello in vasca pari a 0.00 m s.m.m. per eventi meteomarini con tempo di ritorno minori o uguali a 10 anni.
Per tempi di ritorno superiori è stato invece imposto un livello in vasca pari a + 0.50 m (prototipo) per tenere in considerazione gli effetti di sopraelevazione del livello medio del mare (storm surges, eustatismo,…) che si verificano in occasione delle perturbazioni atmosferiche più intense.

MAREGGIATA DI LIBECCIO (210° N)																		
			A largo		A -20.00 m s.m.m.		S1 (-20.00 m)		S2 (-13.00 m)		S3 (-8.00 m)		S4 (-10.00 m)		S5 (-4.00 m)		S6 (-4.00 m)	
D	T_r	z_o	$T_{p\ ind}$	H_{s0}	$T_{p\ ind}$	$H_{s\ ind}$	T_p	H_{si}	T_p	H_s	T_p	H_s	T_p	H_s	T_p	H_s	T_p	H_s
60	1	0	8.20	3.70	8.20	3.10	8.20	3.05	8.17	3.38	8.26	3.85	8.08	3.67	8.51	3.45	8.10	2.83
60	5	0	10.20	5.70	10.20	4.30	10.19	4.20	10.29	4.58	10.28	4.21	10.47	4.08	10.44	4.95	10.77	3.24
180	10	0	10.90	6.50	10.90	4.80	10.92	4.67	10.83	5.10	10.87	4.15	11.26	4.60	10.97	5.46	11.47	3.53
180	50	0.5	12.10	8.10	12.10	5.70	11.80	5.58	11.89	5.85	12.37	4.45	12.67	5.49	12.03	5.82	13.59	3.95
180	100	0.5	12.60	8.80	12.60	6.10	12.42	6.07	12.27	6.19	12.68	4.72	13.09	5.79	12.67	5.85	13.84	4.03
180	135%*100 [*]	0.5	12.60	-	12.60	8.25	12.54	8.24	12.47	7.54	13.53	5.13	13.31	6.43	13.00	5.78	13.94	4.09

Tab. 6.3 – Mareggiata di Libeccio: caratteristiche del moto ondoso in assenza di portata effluente dallo Scolmatore; [*] = evento con effetto superiore del 35% rispetto a quello con T_r = 100 anni

D : durata della prova a scala di prototipo (minuti)
T_r : periodo di ritorno dell'evento (anni)
z_0 : livello di marea (m s.m.m.)
$T_{p\ ind}$: periodo di picco indicato (s)
H_{s0} : altezza d'onda significativa indicata al largo (m)
$H_{s\ ind}$: altezza indicata (calcolata) a – 20.00 m s.m.m. (m)
H_{si} : altezza misurata a – 20.00 m s.m.m. (sonda S1 – solo componente incidente) (m)
H_s : altezza misurata alla sonda considerata (altezza d'onda totale) (m)
T_p : periodo di picco misurato (s)

MAREGGIATA DI LIBECCIO (210° N)																	
		A largo		A -20.00 m s.m.m.			S1 (-20.00 m)		S2 (-13.00 m)		S3 (-8.00 m)		S4 (-10.00 m)		S5 (-4.00 m)		S6 (-4.00 m)	
T_r	z_o	$T_{p\ ind}$	H_{s0}	$T_{p\ ind}$	H_s	**Q_s**	T_p	H_{si}	T_p	H_s	T_p	H_s	T_p	H_s	T_p	H_s	T_p	H_s
100	0.5	12.60	8.80	12.60	6.10	**150**	12.43	6.05	12.32	6.23	13.20	4.87	13.12	5.83	12.68	5.76	13.87	4.29
135%*100 [*]	0.5	-	-	12.60	8.25		12.51	8.25	12.51	7.51	13.85	5.21	13.35	6.38	13.03	5.78	13.86	4.24
100	0.5	12.60	8.80	12.60	6.10	**513**	12.37	6.07	12.34	6.21	13.64	4.58	12.87	5.86	12.56	5.65	13.82	3.87
135%*100 [*]	0.5	-	-	12.60	8.25		12.47	8.22	12.56	7.61	15.10	5.09	13.25	6.68	13.02	5.87	14.03	4.10

Tab. 6.4 – Mareggiata di Libeccio: caratteristiche del moto ondoso in presenza di portata effluente dallo Scolmatore; [*] = evento con effetto superiore del 35% rispetto a quello con T_r = 100 anni

Tr : periodo di ritorno dell'evento (anni)
z_0 : livello di marea (m s.m.m.)
$T_{p\ ind}$: periodo di picco indicato (s)
H_{s0} : altezza d'onda significativa indicata al largo (m)
$H_{s\ ind}$: altezza indicata (calcolata) a – 20.00 m s.m.m. (m)
Q_s : portata scolmata (m^3/s)
H_{si} : altezza misurata a – 20.00 m s.m.m. (sonda S1 – solo componente incidente) (m)
H_s : altezza misurata alla sonda considerata (altezza d'onda totale) (m)
T_p : periodo di picco misurato (s)

MAREGGIATA DI SCIROCCO (150°)																			
			A largo		A -20.00 m s.m.m.		A -13.00 m s.m.m.		S1 bis (-13.00 m)		S2 bis (-9.50 m)		S3 bis (-8.00 m)		S4 (-10.00 m)		S5 (-4.00 m)		S6 (-4.00 m)	
D	T_r	z_o	$T_{p\ ind}$	H_{s0}	$T_{p\ ind}$	$H_{s\ ind}$	$T_{p\ ind}$	$H_{s\ ind}$	T_p	H_{si}	T_p	H_s	T_p	H_s	T_p	H_s	T_p	H_s	T_p	H_s
60	1	0	7.10	2.80	7.10	2.50	7.10	2.34	7.09	2.34	7.14	2.53	6.94	2.59	6.93	2.25	7.20	1.99	7.27	2.72
60	5	0	8.50	4.00	8.50	3.30	8.50	3.10	8.55	3.03	8.77	3.18	8.98	3.42	8.66	3.22	8.74	3.24	8.72	3.56
180	10	0	9.00	4.40	9.00	3.60	9.00	3.40	9.04	3.41	9.17	3.65	9.22	3.83	9.19	3.34	9.08	3.68	8.96	3.86
180	50	0.5	10.20	5.70	10.20	4.30	10.20	4.30	10.21	4.34	10.33	4.35	10.75	4.76	10.06	3.99	10.18	4.71	11.56	4.30
180	100	0.5	10.50	6.10	10.50	4.60	10.50	4.60	10.57	4.56	10.73	4.53	10.95	4.85	10.49	4.14	10.46	4.75	11.62	4.37
180	125%*100 [*]	0.5	10.50	-	10.50	5.75	10.50	5.75	10.62	5.70	10.83	5.15	10.96	5.27	10.72	5.03	10.53	5.47	11.53	4.95

Tab. 6.5– Mareggiata di Scirocco: caratteristiche del moto ondoso in assenza di portata effluente dallo Scolmatore; [*] = evento con effetto superiore del 25% rispetto a quello con T_r = 100 anni

D : durata della prova a scala di prototipo (minuti)
T_r : periodo di ritorno dell'evento (anni)
z_0 : livello di marea (m s.m.m.)
$T_{p\ ind}$: periodo di picco indicato (s)
H_{s0} : altezza d'onda significativa indicata al largo (m)
$H_{s\ ind}$: altezza indicata (calcolata) a – 20.00 m s.m.m. e a – 13.00 m s.m.m. (m)
H_{si} : altezza misurata a – 20.00 m s.m.m. (sonda S1 – solo componente incidente) (m)
H_s : altezza misurata alla sonda considerata (altezza d'onda totale) (m)
T_p : periodo di picco misurato (s)

MAREGGIATA DI SCIROCCO (150°)																			
		A largo		A -20.00 m s.m.m.		A -13.00 m s.m.m.			S1 bis (-13.00 m)		S2 bis (-9.50 m)		S3 bis (-8.00 m)		S4 (-10.00 m)		S5 (-4.00 m)		S6 (-4.00 m)	
T_r	z_o	$T_{p\ ind}$	H_{s0}	$T_{p\ ind}$	H_s	$T_{p\ ind}$	H_s	**Q_s**	T_p	H_{si}	T_p	H_s	T_p	H_s	T_p	H_s	T_p	H_s	T_p	H_s
100	0.5	10.50	6.10	10.50	4.60	10.50	4.60	**150**	10.58	4.56	10.71	4.58	10.93	4.86	10.56	4.33	10.44	4.81	11.46	4.53
125%*100 [*]	0.5	10.50	-	10.50	5.75	10.50	5.75		10.61	5.72	10.83	5.13	11.02	5.19	10.71	5.12	10.55	5.45	11.48	4.94
100	0.5	10.50	6.10	10.50	4.60	10.50	4.60	**513**	10.59	4.57	10.59	4.60	10.88	4.13	10.60	4.94	10.63	4.84	11.24	4.50
125%*100 [*]	0.5	10.50	-	10.50	5.75	10.50	5.75		10.60	5.72	10.78	5.23	11.41	4.88	12.85	5.25	10.61	5.69	10.99	5.16

Tab. 6.6 – Mareggiata di Scirocco: caratteristiche del moto ondoso in presenza di portata effluente dallo Scolmatore; [*] = evento con effetto superiore del 25% rispetto a quello con T_r = 100 anni

T_r : periodo di ritorno dell'evento (anni)
z_0 : livello di marea (m s.m.m.)
$T_{p\ ind}$: periodo di picco indicato (s)
H_{s0} : altezza d'onda significativa indicata al largo (m)
$H_{s\ ind}$: altezza indicata (calcolata) a – 20.00 m s.m.m. e a – 13.00 m s.m.m. (m)
Q_s : portata scolmata (m^3/s)
H_{si} : altezza misurata a – 20.00 m s.m.m. (sonda S1 – solo componente incidente) (m)
H_s : altezza misurata alla sonda considerata (altezza d'onda totale) (m)
T_p : periodo di picco misurato (s)

Con riferimento alla durata della mareggiata assunta per le prove su modello al fine di valutare il livello di danneggiamento delle protezioni costiere, si evidenzia come la massima durata di ogni singola prova relativa ad un dato stato di mare sia stata condotta considerando un tempo massimo di 3 ore (alla scala del prototipo).

Il fatto di limitare la durata di ogni singolo *test* al valore sopra indicato (circa 23 minuti alla scala di modello) deriva dalla necessità di contenere le possibili componenti di disturbo sulle condizioni del moto ondoso (dovute a fenomeni di riflessione contro le pareti della vasca, contro le guide per il moto ondoso,…) che diventano in vasca sempre più rilevanti all'aumentare del tempo di prova.

Tuttavia, ai fini dell'analisi della stabilità della mantellata, si precisa come le prove per gli stati di mare caratterizzati da tempi di ritorno T_r = 100 anni e superiori siano state condotte eseguendo in successione 2 serie di tests da 180 minuti (scala di prototipo), verificando quindi la stabilità dell'opera, per ogni singolo stato di mare considerato, a fronte di durate di 6 ore.

A maggior garanzia della stabilità della protezione costiera, si evidenzia altresì come le varie prove per i diversi tempi di ritorno siano state effettuate in serie e senza operare alcun ripristino, tra una prova e la successiva, dei danneggiamenti della mantellata verificatisi.

Alla luce di quanto sopra esposto e limitando l'analisi agli eventi con tempo di ritorno maggiore di 100 anni, la durata considerata per la verifica delle protezioni costiere, simulando, ad esempio, eventi di Libeccio, risulta quindi pari a 18 ore (2 x 3 ore per onde T_r = 100 anni, 2 x 3 ore per onde T_r = 125 % x 100 anni e 2 x 3 ore per onde T_r = 135 % x 100 anni): tale durata può essere ritenuta assolutamente cautelativa ai fini dell'analisi di stabilità.



Fig. 6.13 – Stabilità delle protezioni di costa: assetto della scogliera al temine del test di durata complessiva pari a 12 ore (6 ore con onde T_r = 100 e 6 ore con T_r = 125%*100)



Fig. 6.14 – Stabilità delle protezioni di costa: assetto della scogliera al temine del test di durata complessiva pari a 12 ore (6 ore con onde T_r = 100 e 6 ore con T_r = 125%*100)

La nuova configurazione dell'opera ha evidenziato sperimentalmente un grado di danneggiamento accettabile, con superamento delle criticità "lato ponente" rilevate nel corso delle prime prove condotte.
In sinistra idraulica rispetto allo sbocco, le nuove prove effettuate sulla base della geometria "perfezionata" hanno evidenziato come il fenomeno erosivo a tergo della testata (connesso a fenomeni diffrattivi) risulti in realtà assai meno rilevante di quanto osservato in prima fase (Fig. 6.15), praticamente inesistente.



Fig. 6.15 – Stabilità delle protezioni di costa: assetto della scogliera al temine del test di durata complessiva pari a 12 ore (6 ore con onde T_r = 100 e 6 ore con T_r = 125%*100)

In conclusione la scogliera di terra riprodotta su modello fisico, nella seconda configurazione verificata (gennaio – marzo 2006), può quindi essere considerata stabile per le mareggiate di Libeccio e di Scirocco esaminate.

Il danneggiamento riscontrato risulta, infatti, contenuto, nel senso che i prevedibili interventi di ripristino della sagoma nel tempo risulteranno senz'altro più economici rispetto alla costruzione dell'opera di difesa al largo ipotizzata in una prima fase progettuale. Integrando la stretta valutazione economica con gli aspetti di

inserimento ambientale (potenziali effetti della diga a gettata sui processi di dinamica costiera, eventuali rischi connessi alla navigazione dinanzi allo sbocco, …), è lecito affermare che la soluzione che non prevede alcuna opera di protezione a mare, sulla base del comportamento sperimentale riscontrato, risulta senz'alto preferibile.

6.4. Condizioni idrodinamiche allo sbocco

In fase di studio di modello dell'opera di sbocco dello scolmatore del T. Bisagno, il campo idrodinamico nella zona prospiciente allo sbocco è stato valutato su modello mediante misure di velocità effettuate per diversi valori di portata scolmata ed in assenza di moto ondoso.

Richiamando quanto precedentemente anticipato al *paragrafo 6.1.3*, si sottolinea come i tiranti idrici riscontrati su modello in corrispondenza della sezione terminale della galleria siano in condizione di similitudine con quelli di prototipo. Le misure di livello effettuate mostrano infatti valori assolutamente in linea con quelli teorici di calcolo:

- ✓ un livello idrico praticamente pari al livello del mare in vasca (a meno di 0.15 cm, che rappresenta la precisione della misura tenuto conto dell'agitazione del livello idrico in vasca) per portate fino a 417 m^3/s;
- ✓ un livello di + 0.40 m (su prototipo) sulla alla superficie idrica (0.00 m s.m.m.) misurato sulla verticale rispetto al cielo della sezione terminale della galleria e di + 0.20 m (su prototipo) misurato sulla verticale tracciata in corrispondenza del fondo del tunnel (a meno di 0.15 cm che è la precisione della misura tenuto conto dell'agitazione della superficie idrica) per la portata massima di 513 m^3/s.

  In pratica il tirante idrico in galleria misurato nella sezione terminale è 10.72 cm (6.70 m su prototipo), a fronte di 6.77 m ottenibile per via numerica.

In virtù di quanto sopra illustrato le condizioni idrodinamiche allo sbocco riprodotte su modello sono da ritenersi assolutamente fedeli al comportamento di prototipo.

In Fig. 6.16 sono indicati i punti di campionamento delle velocità relativamente alla regione del campo di moto immediatamente a valle della sezione terminale della galleria; in Tab. 6.7 vengono riportate le misure acquisite su modello ed i corrispondenti valori su prototipo per portate scolmate di 150 m^3/s, 300 m^3/s, 417 m^3/s e 513 m^3/s.

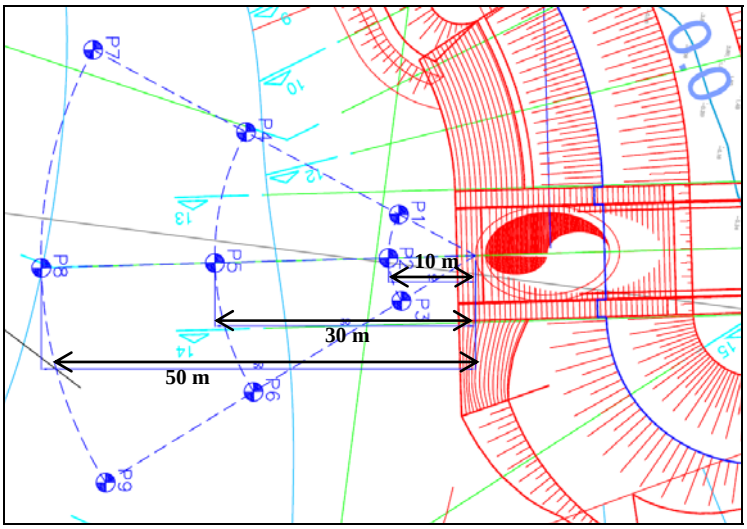


Fig. 6.16 – Punti di misura delle velocità nella zona prospiciente allo sbocco

Q_1=150 m^3/s z_0=0.0 m s.m.m.		
Punto di misura	*Velocità della corrente su modello (m/s)*	Velocità della corrente su prototipo (m/s)
P1	*0.16*	1.26
P2	*0.40*	3.16
P3	*0.12*	0.95
P4	*0.02*	0.16
P5	*0.32*	2.53
P6	*0.03*	0.24
P7	*0.01*	0.08
P8	*0.23*	1.82
P9	*0.04*	0.32
Q_2=300 m^3/s z_0=0.0 m s.m.m.		
Punto di misura	*Velocità della corrente su modello (m/s)*	Velocità della corrente su prototipo (m/s)
P1	*0.38*	3.00
P2	*0.86*	6.80
P3	*0.13*	1.03
P4	*0.04*	0.32
P5	*0.73*	5.77
P6	*0.08*	0.63

P7	*0.05*	0.40
P8	*0.51*	4.03
P9	*0.08*	0.63
Q_3=417 m^3/s z_0=0.0 m s.m.m.		
Punto di misura	*Velocità della corrente su modello (m/s)*	Velocità della corrente su prototipo (m/s)
P1	*0.26*	2.06
P2	*1.12*	8.85
P3	*0.21*	1.66
P4	*0.05*	0.40
P5	*1.12*	8.85
P6	*0.09*	0.71
P7	*0.04*	0.32
P8	*0.80*	6.32
P9	*0.13*	1.03
Q_4=513m^3/s z_0=0.0m s.m.m.		
Punto di misura	*Velocità della corrente su modello (m/s)*	Velocità della corrente su prototipo (m/s)
P1	*0.68*	5.38
P2	*1.19*	9.41
P3	*0.45*	3.56
P4	*0.06*	0.47
P5	*1.15*	9.09
P6	*0.13*	1.03
P7	*0.06*	0.47
P8	*1.15*	9.09
P9	*0.14*	1.11
Q_4=513 m^3/s z_0=0.5 m s.m.m.		
Punto di misura	*Velocità della corrente su modello (m/s)*	Velocità della corrente su prototipo (m/s)
P1	*0.66*	5.22
P2	*1.26*	9.96
P3	*0.28*	2.21
P4	*0.05*	0.40
P5	*1.26*	9.96
P6	*0.13*	1.03

P7	*0.04*	0.32
P8	*1.03*	8.14
P9	*0.12*	0.95

Tab. 6.7 – Velocità misurate su modello fisico e corrispondenti valori di prototipo (misure effettuate ad una profondità rispetto alla superficie libera di 5 cm su modello, pari a 3.12 m a scala di prototipo)

Dall'analisi dei dati emerge come le velocità si mantengano molto elevate nei punti "in asse" rispetto allo sbocco (P2-P5-P8), con un consistente decadimento nei punti di campionamento collocati più lateralmente.
Il campo di moto presenta inoltre caratteristiche di asimmetria, con velocità leggermente superiori (nei punti più prossimi allo sbocco) verso ovest, a causa delle condizioni di deflusso in galleria (tratto curvilineo) immediatamente a monte dello sbocco.
Il flusso in uscita dallo Scolmatore si mantiene quindi "concentrato" anche a valle della sezione terminale della galleria, e questo comportamento scongiura problemi di stabilità della protezione di costa dovuti ad eventuali scalzamenti al piede dell'opera (che peraltro, a maggior garanzia, è fondata direttamente - nella nuova soluzione progettuale - sullo strato roccioso sottostante).

Tali condizioni idrodinamiche rispondono pienamente al requisito progettuale di garantire velocità piuttosto elevate nella zona prospiciente allo sbocco anche per valori di portata scolmata medio-bassi (più frequenti dei valori estremi) al fine di evitare possibili fenomeni di interrimento dello sbocco. Per una portata di 150 m^3/s la velocità misurata dinanzi allo Scolmatore risulta pari a 3.16 m/s, quindi sufficientemente elevata da determinare la movimentazione del materiale eventualmente depositatosi.

L'analisi delle velocità in punti più distanti rispetto al termine dello Scolmatore ed in relazione a due valori di portata assunti come riferimento (Q = 300 m^3/s e Q = 513 m^3/s) è stato invece effettuata mediante misure integrative di corrente effettuate con misuratore elettromagnetico e tests condotti mediante impiego di bakelite (Fig. 6.18, Fig. 6.19 e Fig. 6.20).

Nella figura Fig. 6.17 sono riportati i punti di campionamento delle velocità e nelle tabelle Tab. 6.8 e Tab. 6.9 i relativi risultati ottenuti. Le misure sono state effettuate considerando punti localizzati pochi centimetri al di sotto della superficie idrica, laddove le velocità sono più elevate, ed in prossimità del fondale marino al fine di valutare eventuali problematiche connesse all'asportazione dello strato di deposito superficiale.

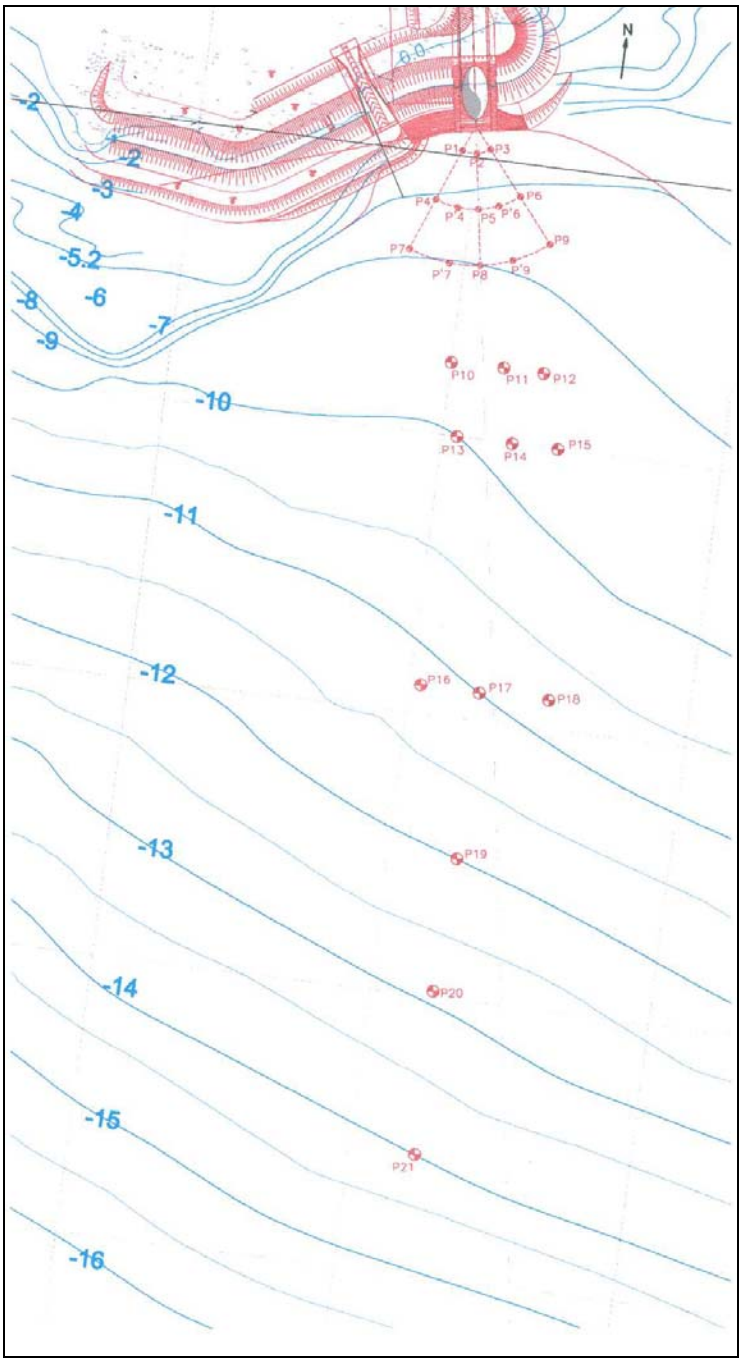


Fig. 6.17 – Punti di misura delle velocità

Misure di velocità a 3 cm di distanza rispetto al fondo su modello (1.87 m a scala di prototipo)				
	Q = 300 m³/s		***Q = 513 m³/s***	
posizione	*Velocità su modello (m/s)*	Velocità su prototipo (m/s)	*Velocità su modello (m/s)*	Velocità su prototipo (m/s)
P1	*0.05*	0.40	*0.05*	0.40
P2	*0.64*	5.06	*1.07*	8.46
P3	*0.06*	0.47	*0.08*	0.63
P'4	*0.04*	0.32	*0.22*	1.74
P5	*0.62*	4.90	*1.02*	8.06
P'6	*0.03*	0.24	*0.19*	1.50
P'7	*0.14*	1.11	*0.30*	2.37
P8	*0.48*	3.79	*0.83*	6.56
P'9	*0.06*	0.47	*0.11*	0.87
P10	*0.34*	2.69	*0.45*	3.56
P11	*0.38*	3.00	*0.51*	4.03
P12	*0.13*	1.03	*0.22*	1.74
P13	*0.34*	2.69	*0.50*	3.95
P14	*0.24*	1.90	*0.31*	2.45
P15	*0.03*	0.24	*0.04*	0.32
P16	*0.12*	0.95	*0.35*	2.77
P17	*0.20*	1.58	*0.22*	1.74
P18	*0.07*	0.55	*0.08*	0.63
P19	*0.16*	1.26	*0.30*	2.37
P20	*0.14*	1.11	*0.18*	1.42
P21	*x*	x	*0.22*	1.74

Tab. 6.8 - Misure di velocità effettuate con misuratore elettromagnetico

Misure di velocità a 5 cm di distanza rispetto alla superficie su modello (3.12 m a scala di prototipo)				
	Q = 300 m³/s		***Q = 513 m³/s***	
posizione	*Velocità su modello (m/s)*	Velocità su prototipo (m/s)	*Velocità su modello (m/s)*	Velocità su prototipo (m/s)
P1	*0.38*	3.00	*0.68*	5.38
P2	*0.86*	6.80	*1.19*	9.41
P3	*0.13*	1.03	*0.45*	3.56
P'4	*0.20*	1.58	*0.12*	0.95
P5	*0.73*	5.77	*1.15*	9.09
P'6	*0.19*	1.50	*0.10*	0.79
P'7	*0.16*	1.26	*0.23*	1.82
P8	*0.51*	4.03	*1.15*	9.09
P'9	*0.12*	0.95	*0.15*	1.19
P10	*0.21*	1.66	*0.31*	2.45
P11	*0.18*	1.42	*0.55*	4.35
P12	*0.04*	0.32	*0.14*	1.11
P13	*0.35*	2.77	*0.62*	4.90
P14	*0.28*	2.21	*0.50*	3.95
P15	*0.05*	0.40	*0.11*	0.87
P16	*0.30*	2.37	*0.46*	3.64
P17	*0.26*	2.06	*0.44*	3.48
P18	*0.06*	0.47	*0.18*	1.42
P19	*0.13*	1.03	*0.40*	3.16
P20	*0.10*	0.79	*0.34*	2.69
P21	*x*	x	*0.13*	1.03

Tab. 6.9 - Misure di velocità effettuate con misuratore elettromagnetico

Ai fini di una corretta analisi dei dati sopra riportati si sottolinea come, allontanandosi dalle zone più prossime allo sbocco ed al crescere del tempo di acquisizione dei dati, le misure effettuate divengono via via meno precise e significative.

Le condizioni idrauliche che si vengono a determinare allo sbocco sono infatti riconducibili ad un tipico processo dissipativo (getto d'acqua in ingresso in un serbatoio, con conseguenti formazioni di vortici dovuti all'impatto tra acqua in vasca

e portata scolmata), difficilmente descrivibile in termini di dati puntuali di velocità.
Il campo idrodinamico è peraltro influenzato da fattori "al contorno" di disturbo (sistema di riflessione del getto contro le pareti della vasca e delle guide d'onda, impianto di ricircolo del sistema di alimentazione), la cui presenza non può essere trascurata allontanandosi sempre più dalla regione del campo di moto prossimo alla sezione terminale dell'opera.

Per tali motivazioni, al fine di ottenere la perimetrazione della regione caratterizzata da valori di velocità superiori ad un valore "soglia", si è ricorso all'impiego di tests sedimentologici mediante impiego una sostanza resinosa (bakelite). Tale sostanza, caratterizzata da una densità relativa di 1.39, presenta una velocità di movimentazione identificabile col valore di 1.50 m/s a scala di prototipo (19 cm/s su modello).
Nelle figure di seguito riportate vengono illustrati alcune prove effettuate relativamente ai due valori di portata considerati.



Fig. 6.18 – Perimetrazione del campo di moto effettuata mediante impiego di bakelite: configurazione ad inizio prova

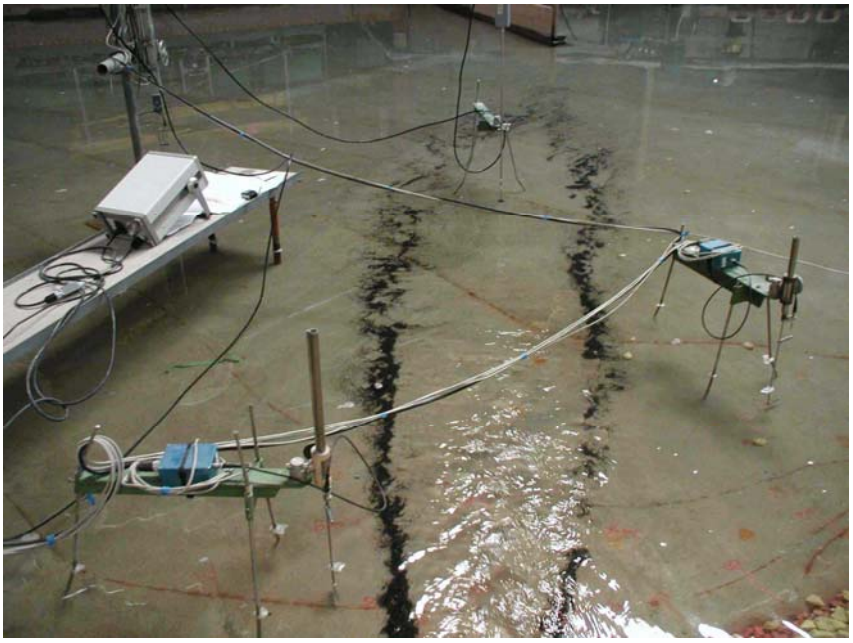


Fig. 6.19 – Perimetrazione del campo di moto effettuata mediante impiego di bakelite: valutazione del campo di velocità per la portata di 300 m^3/s



Fig. 6.20 – Perimetrazione del campo di moto effettuata mediante impiego di bakelite: valutazione del campo di velocità per la portata di 513 m^3/s

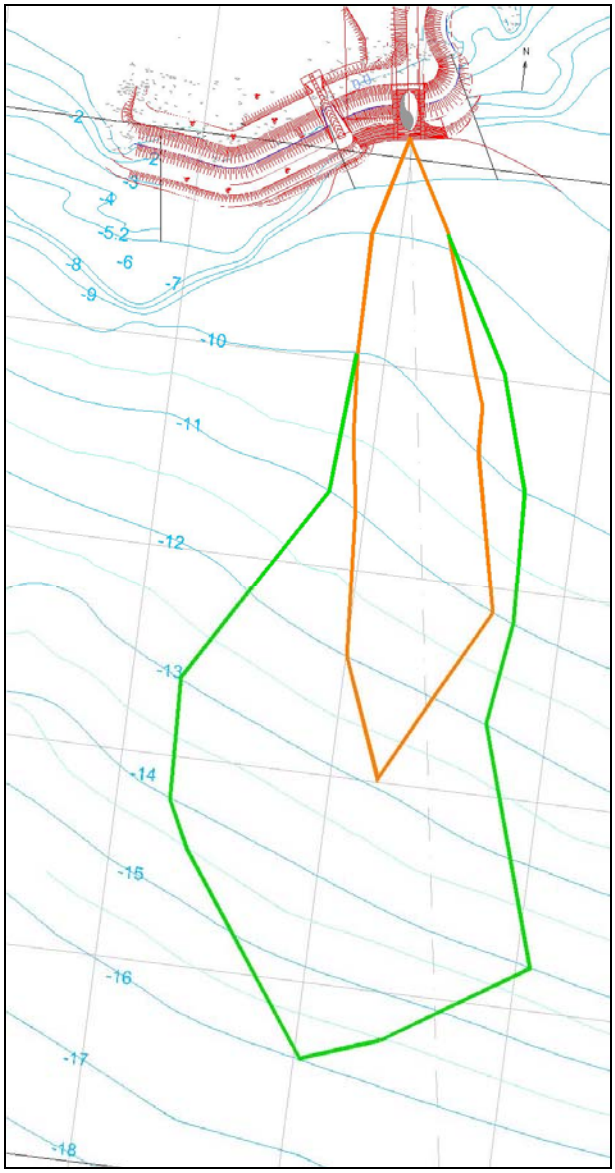


Fig. 6.21 – Perimetrazione del campo di moto relativo al valore di 1.50 m/s con riferimento alle portate di 300 m^3/s (arancione) e 513 m^3/s (verde)

Per quanto concerne l'analisi in merito a possibili processi erosivi del fondale nella zona prospiciente all'opera, si rileva come le elevate velocità del flusso in uscita determineranno senz'altro la totale asportazione dello strato di copertura (sabbia e ghiaia) poggiante sul fondale, andando a scoprire lo strato roccioso sottostante (posto a circa -1.50 ÷ -2.00 m al di sotto del fondale marino nella zona immediatamente a valle del tunnel, fino ad un valore di ca. -5.00 a distanza di 250 m dall'opera).

Questo fenomeno erosivo non andrà comunque a determinare problemi di stabilità né per il manufatto in c.a., che, come in precedenza sottolineato, verrà ancorato al substrato roccioso mediante un sistema di fondazioni profonde, né per la scogliera di terra in virtù di quanto già evidenziato nel presente paragrafo.

Si sottolinea in questa sede come l'ipotesi di allargamento della sezione di sbocco nel tratto terminale finalizzata al contenimento delle velocità di efflusso (ipotesi peraltro valutata tra le alternative progettuali, come accennato al precedente *paragrafo 4*) avrebbe comunque causato analoghi fenomeni di erosione superficiale, in quanto per le portate di progetto le velocità si sarebbero mantenute sufficientemente elevate da provocare la movimentazione dello strato di ricoprimento di natura sabbiosa.
Per contro tale soluzione avrebbe determinato maggiori problematiche per la stabilità della mantellata (lato ponente) a causa della maggiore ampiezza del campo idrodinamico di moto, maggiori problematiche di sedimentazione/interrimento allo sbocco (ed all'interno del manufatto stesso) per basse portate scolmate e maggiore sottrazione di spazio alle attuali destinazioni d'uso dell'area.

Alla luce di tali valutazioni è lecito affermare che la soluzione progettuale proposta e verificata è quella che garantisce, oltre che un ottimale inserimento territoriale, il migliore funzionamento idraulico.

6.5. Pressioni agenti sul cielo della galleria

6.5.1. Metodologia di misura

Le sollecitazioni determinate dal moto ondoso estremo sulla struttura sono state valutate posizionando un sensore sul cielo della galleria, immediatamente a monte della sezione terminale, e misurando le pressioni esercitate dalle onde.

La misurazione delle pressioni è stata effettuata realizzando un'apertura nella struttura in perspex al fine di consentire il sollevamento di una porzione del cielo quando sollecitata dall'azione del moto ondoso.
L'applicazione di pesi graduati ad di sopra di tale apertura consentiva il contrasto delle azioni determinate dalle onde, fino al raggiungimento di una condizione di equilibrio.

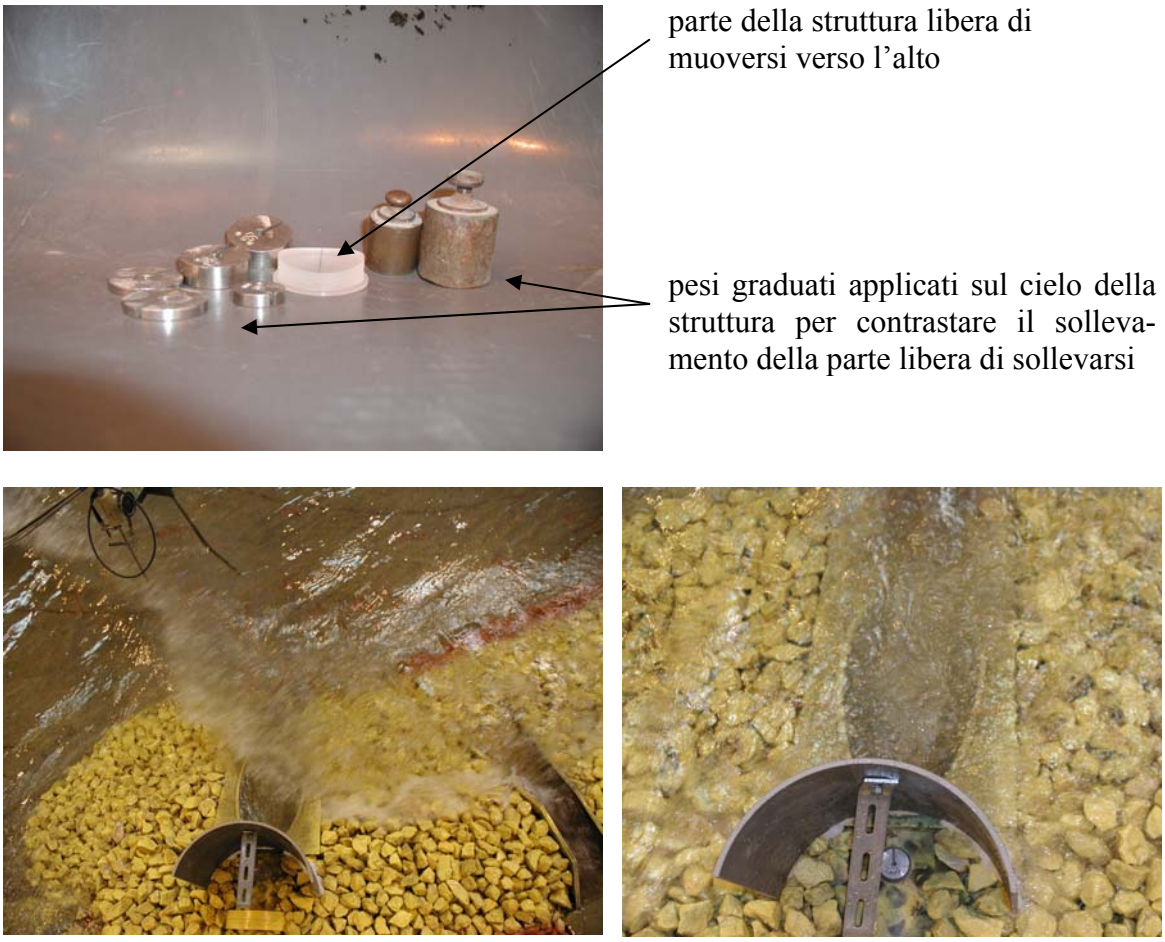


Fig. 6.22 - Acquisizione di dati di pressione sul cielo della galleria

6.5.2. Risultati acquisiti

Le misure sono state effettuate, con riferimento a condizioni meteomarine avverse di Libeccio e di Scirocco, sia in assenza di portata effluente dallo Scolmatore (condizione più gravosa rilevata) sia considerando i valori di 150 m^3/s e 513 m^3/s. I risultati acquisiti sono illustrati nelle tabelle di seguito riportate.

MAREGGIATA DI LIBECCIO (210° N)								
Caratteristiche del moto ondoso considerato			Portata scolmata considerata	Pressioni misurate sul cielo della galleria				
$\mathbf{T_r}$	H_s (-20.00 m) (m)	T_p (s)	Q_s (m^3/s)	Carico totale su modello (g)	Carico totale su prototipo (kg)	Forza su prototipo (N)	Pressione sul cielo della galleria su prototipo (Pa)	(kg/cm^2)
100	6.10	12.60	0	101.60	24805	243334	61293	0.61
			150	61.60	15039	147533	37162	0.37
			513	41.60	10156	99633	25096	0.25
125%*100 [*]	7.60	12.60	0	111.60	27246	267284	67326	0.67
			150	71.60	17480	171483	43195	0.43
			513	61.60	15039	147533	37162	0.37

Tab. 6.10 – Mareggiata di Libeccio: pressioni misurate su modello sul cielo della galleria – superficie di misura 3.97 m^2 (prototipo)

MAREGGIATA DI SCIROCCO (150° N)								
Caratteristiche del moto ondoso considerato			Portata scolmata considerata	Pressioni misurate sul cielo della galleria				
$\mathbf{T_r}$	H_s (-20.00 m) (m)	T_p (s)	Q_s (m^3/s)	Carico totale su modello (g)	Carico totale su prototipo (kg)	Forza su prototipo (N)	Pressione sul cielo della galleria su prototipo (Pa)	(kg/cm^2)
100	4.60	10.50	0	51.60	12598	123583	31129	0.31
			150	46.60	11377	111608	28113	0.28
			513	21.60	5273	51732	13031	0.13
125%*100 [*]	5.75	10.50	0	71.60	17480	171483	43195	0.43
			150	61.60	15039	147533	37162	0.37
			513	41.60	10156	99633	25096	0.25

Tab. 6.11 – Mareggiata di Scirocco: pressioni misurate su modello sul cielo della galleria – superficie di misura 3.97 m^2 (prototipo)

I valori di pressione misurati sperimentalmente sono quindi sostanzialmente allineati con le valutazioni preliminari effettuate, dalle quali risultavano pressioni efficaci prodotte dal getto d'acqua sull'opera di sbocco dell'ordine dei 40 kN/m^2, a fronte dei valori massimi di 61 kN/m^2 ÷ 67 kN/m^2 rilevati su modello.

Ai fini di un'analisi delle sollecitazioni agenti sull'opera, si rileva inoltre come i fenomeni erosivi evidenziati al precedente *paragrafo 6.4* potrebbero modificare temporaneamente le condizioni d'attacco delle onde nella zona di fronte al manufatto di sbocco, con particolare riferimento alle situazioni in assenza di portata in uscita dallo Scolmatore (Q = 0 m^3/s).

Gli effetti di focalizzazione del moto ondoso sui lati dello sbocco indotti dal solco erosivo che si verrà a determinare potrebbero, in teoria, determinare un aggravio delle pressioni agenti sul cielo della galleria e delle azioni sulla mantellata di protezione.
Alla luce di tali considerazioni è stata prevista una serie di prove finali su modello andando a realizzare, nell'attuale batimetria, tale solco: esso risulta vincolato, in profondità, alla quota del substrato roccioso (definita sulla base delle indagini geologiche) e la sua ampiezza planimetrica è stata individuata a partire dal comportamento idrodinamico rilevato sperimentalmente, integrando peraltro tali evidenze sperimentali con valutazioni di altro tipo (ad esempio probabilità che si verifichi un evento di massimo scolmo in concomitanza di un evento di mare estremo) .
Per tali prove si rimanda a quanto illustrato al successivo *paragrafo 6.7*.

6.6. Influenza della portata scolmata sulla propagazione del moto ondoso nelle immediate vicinanze dello sbocco a mare

Nelle prove condotte su modello fisico sono stati valutati anche i possibili effetti indotti sul litorale posto a levante dello sbocco (spiaggia di S. Giuliano) e dovuti all'interferenza tra il flusso idrico in uscita dallo Scolmatore ed il moto ondoso di Libeccio.

A tal scopo si sono acquisite misure d'altezza d'onda posizionando una sonda di misura del moto ondoso nella zona prospiciente alla spiaggia di S. Giuliano (sonda S6 - Fig. 6.23) ed effettuando diverse prove al variare sia della portata scolmata, sia dello stato di mare considerato (Tab. 6.12).

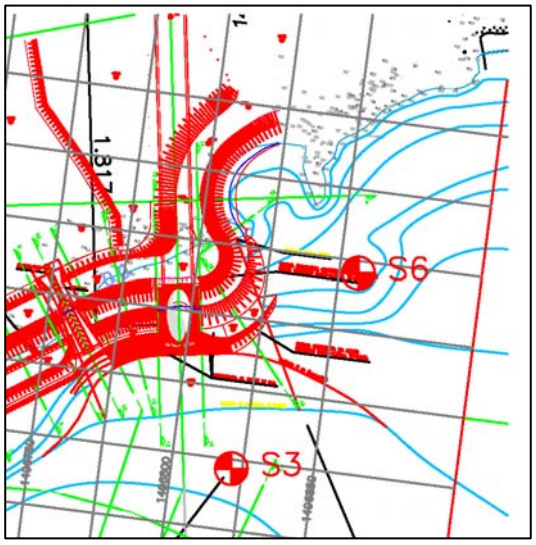


Fig. 6.23 – Ubicazione della sonda S6 per la misura del moto ondoso

N° prova	Q (m^3/s)	$H_{s\ ind}$ (-20.00 m) (m)	T_p (s)	H_s (S6) (-4.00 m) (m)
D21_5_Q4_001	513	6.1	12.6	3.87
D21_5_Q1_001	150	6.1	12.6	4.29
D21_5_007	0	6.1	12.6	4.01
D21_6_Q4_001	513	7.6	12.6	4.10
D21_6_Q1_001	150	7.6	12.6	4.24
D21_6_003	0	7.6	12.6	4.24

Tab. 6.12 – Mareggiata di Libeccio: condizioni del moto ondoso in corrispondenza della sonda S6

Dall'analisi dei dati riportati in tabella emerge che:

- per alte portate scolmate, il flusso in uscita dalla galleria attenua l'attacco ondoso sulla spiaggia di levante, poiché determina il frangimento delle onde prima che esse raggiungano la spiaggia;
- per bassi valori di portata scolmati, il flusso in uscita conduce ad un leggero aumento dell'attacco del moto ondoso sulla spiaggia, in quanto l'interazione tra i due flussi (onde – portata scolmata) aumenta l'altezza delle onde senza tuttavia provocarne il frangimento.

Inoltre, più le condizioni di agitazione ondosa diventano intense, più l'influenza che si verifica per basse portate scolmate decresce, fino ad annullarsi, in quanto le onde raggiungono condizioni di frangimento al largo, prima di interessare la costa.

Considerando quanto sopra riportato, e tenendo comunque presente il fatto che condizioni di mare T_r = 100 anni (e superiori - H_s = 125%*100) sono da considerarsi assai rare e che, inoltre, è statisticamente poco probabile che la massime portate di scolmo si verifichino con le condizioni di mare più severe (mentre è ragionevole ritenere che le condizioni di non concomitanza dei valori estremi di Q e H_s siano quelle in realtà più frequenti), si può affermare che la portata scolmata non modifica in modo significativo le condizioni d'attacco del moto ondoso sulla spiaggia posta a levante.

Si rileva altresì come gli effetti sul tratto di litorale adiacente allo sbocco connessi all'interazione tra le due componenti agitazione ondosa – portata scolmata siano da correlare unicamente a mareggiate di Libeccio, in quanto per condizioni di Scirocco l'orientazione reciproca tra i due flussi e la conformazione della linea di costa non inducono situazioni di aggravio rispetto alle condizioni attuali.

6.7. Verifica degli effetti di focalizzazione del moto ondoso dinanzi all'opera connessi alla formazione di un solco erosivo (canyon)

6.7.1. Premessa

Le verifiche di cui al presente paragrafo sono state effettuate a seguito al documento redatto dell'Università di Genova (IV Relazione – Marzo 2006, trasmesso al Raggruppamento in data 12.04.2006), alla nota della Provincia di Genova prot. n. 44853 del 21.04.2006 ed alla successiva prima risposta del Raggruppamento prot. n. VR/3363 del 12.05.2006.

In particolare si fa riferimento a quanto evidenziato nell'ambito del sopra citato documento dell'Università (par. 4 - Osservazioni relative ai risultati delle verifiche su modello fisico a fondo fisso dell'opera di sbocco a mare - punto iii) in merito *all'opportunità di valutare, mediante prove su modello, gli effetti di focalizzazione del moto ondoso sui lati dello sbocco indotti dal solco erosivo che si verrà a determinare nella zona prospiciente all'opera (a seguito dell'asportazione dello strato di materiale fine presente sul fondale marino e posto a copertura del substrato di natura rocciosa)*.
Tale "canyon" erosivo potrebbe infatti, secondo quanto evidenziato dai Professori dell'Università, portare modifiche delle pressioni agenti sul cielo della galleria e delle azioni sulla mantellata di protezione.

Di seguito vengono quindi presentate le prove eseguite sul modello fisico dell'opera di sbocco, partendo dalle analisi effettuate per il tracciamento del canyon fino ai risultati sperimentali ottenuti.

6.7.2. Tracciamento su modello fisico del solco erosivo

La perimetrazione dell'area nella quale i sedimenti saranno presumibilmente asportati è stata condotta a partire dall'analisi delle condizioni idrodinamiche allo sbocco rilevate su modello, nonché sulle informazioni geologiche e sedimentologiche disponibili.

Per quanto concerne le condizioni del campo di moto allo sbocco, si rileva in questa sede come le misure effettuate con misuratore elettromagnetico abbiano evi-

denziato (come indicato al precedente *paragrafo 6.4*) l'estrema variabilità dei valori misurati di velocità a causa della natura del fenomeno indagato.
Per questo motivo le misurazioni eseguite con impiego di velocimetro sono state accompagnate da *tests* di natura sedimentologica mediante impiego di bakelite, caratterizzata da una velocità di movimentazione identificabile con il massimo valore di 19 cm/s a scala di modello, pari a 1.50 m/s su prototipo.
Tali prove hanno consentito di verificare le caratteristiche del campo di moto allo sbocco e validare, nella sostanza, i risultati numerici acquisiti.
Come in precedenza illustrato, l'analisi delle prove e dei risultati acquisiti in merito alle condizioni idrodinamiche allo sbocco denota velocità che si mantengono molto elevate in asse allo sbocco e che decrescono assai rapidamente nei punti collocati lateralmente (si vedano Tab. 6.8 e Tab. 6.9).
Tuttavia, mentre risulta possibile stimare con sufficiente precisione il decadimento delle velocità in funzione dalla distanza dallo sbocco, più complesso risulta identificare in modo univoco la "chiusura" (perimetrazione) delle linee iso-velocità ai lati del getto in uscita.
Al contrario le osservazioni sperimentali permettono di delimitare in modo sufficientemente chiaro il "cuore" del getto, zona caratterizzata da velocità superiori a 1.5 m/s ed identificabili col valore di 2.5 m/s. Tale zona del campo di moto non risente, indubbiamente, delle condizioni al contorno "di distrurbo" (riflessione del getto contro le pareti della vasca e le guide d'onda, impianto di ricircolo del sistema di alimentazione,…) che divengono particolarmente influenti per le velocità inferiori, ossia per i punti collocati più lateralmente rispetto all'asse dello sbocco o più distanti rispetto ad esso.

In merito ai dati sulle caratteristiche sedimentologiche e geologiche del fondale marino, si evidenzia come le indagini effettuate in sede di progettazione definitiva dell'intervento (prove sismiche a riflessione) abbiano consentito di individuare la presenza e la profondità della formazione rocciosa (flysch di Monte Antola) posta al di sotto del fondale marino (*bedrock*).
Per quanto concerne le caratteristiche dello strato di ricoprimento superficiale al di sopra del *bedrock*, gli unici dati disponibili sono quelli riportati nel "*Progetto di riqualificazione della costa dalla Foce a Boccadasse*", che riportano la presenza di sabbia e ghiaia per profondità superiori a -9.00 m (per i punti più prossimi alla costa indagati non è stato addirittura possibile procedere col campionamento per la presenza di roccia affiorante).

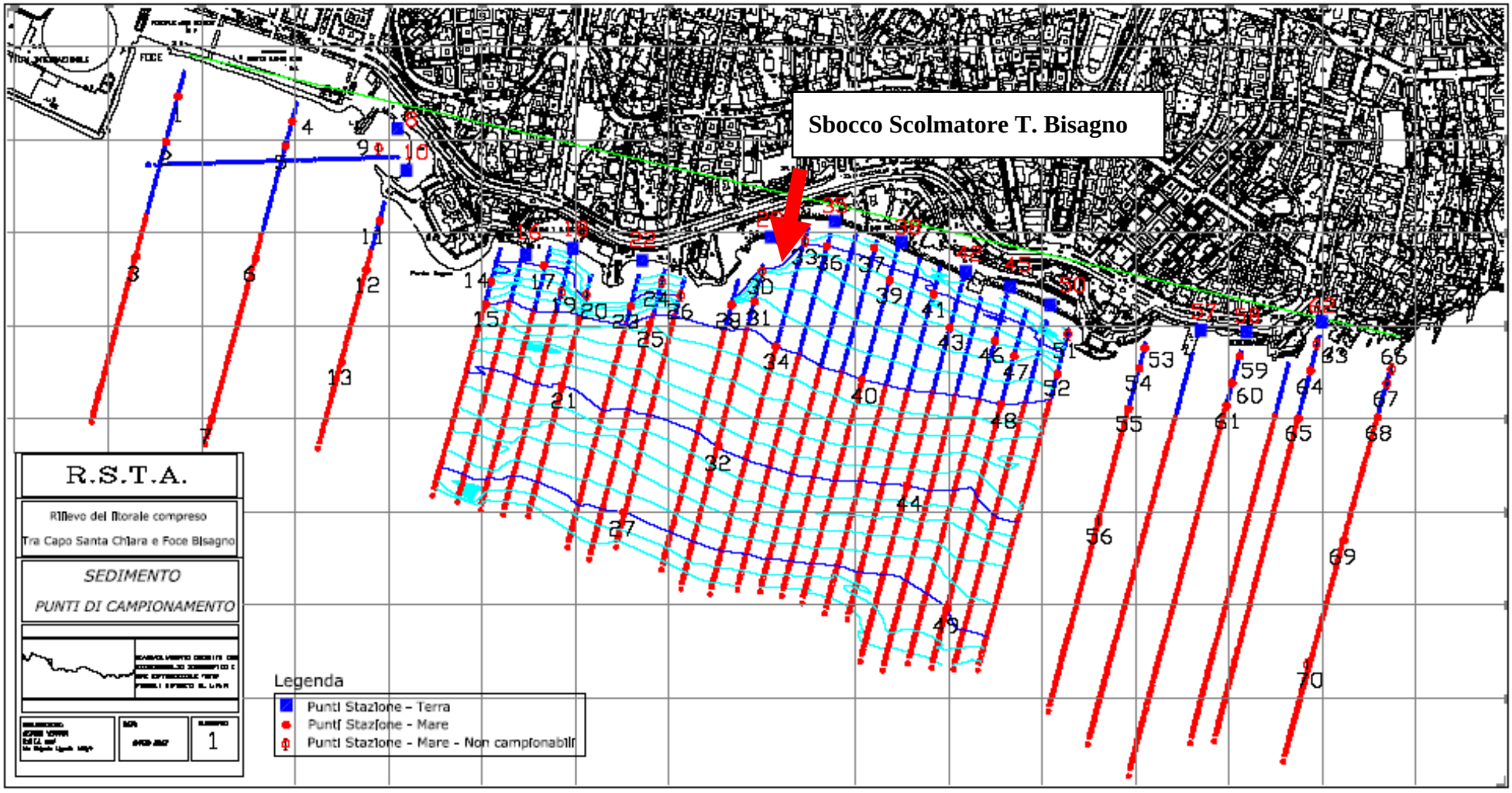


Fig. 6.24 – Progetto di riqualificazione e sistemazione della costa dalla Foce a Boccadasse

[*Indagini Locali – Fig 2.1: Rilievo Sedimentologico: punti di campionamento*]

Ambito	Codice	COORDINATE						Profondità (m)	Caratteristiche
		lat	long	lat	long	lat	long		
Ambito 1	9	44,39304	8,949128	4915620	1495948	44° 23' 35"	08° 56' 57"	3,00	non campionabile, presenza di roccia massi sparsi
Ambito 2	19	44,39054	8,954406	4915342	1496368	44° 23' 26"	08° 57' 16"	7,50	non campionabile roccia massi sparsi
	20	44,39082	8,954406	4915373	1496368	44° 23' 27"	08° 57' 16"	4,00	non campionabile pietre sparse roccia
	24	44,39082	8,956628	4915373	1496545	44° 23' 27"	08° 57' 24"	3,00	non campionabile rocce e massi sparsi
	26	44,39054	8,957461	4915342	1496612	44° 23' 26"	08° 57' 27"	5,00	non campionabile rocce e massi sparsi
Ambito 3	30	44,39082	8,959128	4915373	1496745	44° 23' 27"	08° 57' 33"	6,00	non campionabile rocce
	33	44,39109	8,959961	4915403	1496811	44° 23' 28"	08° 57' 36"	4,10	non campionabile pietre massi
	51	44,38971	8,967183	4915250	1497386	44° 23' 23"	08° 58' 02"	2,40	non campionabile
Ambito 4	56	44,3861	8,968294	4914849	1497474	44° 23' 10"	08° 58' 06"	15,00	non campionabile
	63	48,38915	8,974128	5359660	1498085	44° 23' 21"	08° 58' 27"	3,00	non campionabile ghiaia con pietre
	66	44,38943	8,977461	4915218	1498205	44° 23' 22"	08° 58' 39"	3,00	non campionabile
	67	44,38915	8,977461	4915187	1498205	44° 23' 21"	08° 58' 39"	5,00	non campionabile
	70	44,38248	8,97635	4914446	1498116	44° 22' 57"	08° 58' 35"	20,00	non campionabile per posidonia

Tab. 6.13 – Progetto di riqualificazione e sistemazione della costa dalla Foce a Boccadasse
[*Indagini Locali – Tab. 2.1: Tabella punti non campionabili*]

Ambito	Sezione	Campione	Profondità	D50 (mm)	D90 (mm)	S_0	Materiale	Spiaggia
…	…	…	…	…	…	…	…	…
2		19	7.5	-	-	-	non campionabile roccia massi sparsi	
2		20	4.0	-	-	-	non campionabile pietre sparse roccia	
2	25	21	15.0	6.44	18.13	1.990	ghiaia	S. Nazaro
2	24	22	0.0	3.48	12.74	2.751	ghiaia e sabbia	Capo Marina
2	24	23	7.0	0.14	0.29	1.477	sabbia	Capo Marina
		24	3.0	-	-	-	non campionabile rocce e massi sparsi	
2	23	25	11.0	1.35	6.25	1.895	sabbia e ghiaia	Capo Marina
2		26	5.0	-	-	-	non campionabile rocce e massi sparsi	
2	22	27	20.0	0.16	0.24	1.358	sabbia	Capo Marina
3	**21**	**28**	**8.8**	**1.79**	**46.08**	**10.442**	**ghiaia e sabbia**	
3	20	29	0.0	5.22	20.32	2.057	ghiaia	
3		**30**	**6.0**	**-**	**-**	**-**	**non campionabile rocce**	
3	**20**	**31**	**9.1**	**2.05**	**14.14**	**3.319**	**ghiaia e sabbia**	
3	20	32	15.0	0.15	0.24	1.396	sabbia	S. Giuliano
3		33	4.1	-	-	-	non campionabile pietre massi	

Ambito	Sezione	Campione	Profondità	D50 (mm)	D90 (mm)	S_0	Materiale	Spiaggia
3	19	34	10.0	0.12	0.22	1.425	sabbia	S. Giuliano
…	…	…	…	…	…	…	…	…

Tab. 6.14 – Progetto di riqualificazione e sistemazione della costa dalla Foce a Boccadasse [*Studio Morfodinamico – Tab. 4.1: Elenco dei parametri granulometrica d50, d90 e S0 per i campioni di sedimenti analizzati*]

Tuttavia, anche basandosi sui dati disponibili, permangono fattori di incertezza ai fini dell'esatta caratterizzazione geologica del fondale connessi sia alla precisione attribuibile alla metodologia ed all'interpretazione dell'indagine sismica, ma anche e soprattutto alle tipologia d'indagine disponibile per la definizione del materiale di ricoprimento superficiale.
La metodologia di campionamento adottata nell'ambito del progetto di ripascimento (benna Van Veen) risulta infatti idonea per il solo studio sedimentologico superficiale del materiale del fondale marino, ma non consente di apprezzare le variazioni verticali delle caratteristiche fisiche del materiale recuperato né, soprattutto, consente il campionamento dei livelli profondi.



Fig. 6.25 – Prelievo di una porzione del sedimento superficiale mediante benna Van Veen

Alla luce di quanto sopra riportato è stato deciso di ipotizzare su modello la formazione di un canyon erosivo vincolando la profondità del solco alla quota del

substrato roccioso restituito dalle indagini sismiche e basandosi, per quanto concerne l'ampiezza planimetrica del solco, alle osservazioni sperimentali in merito alla parte centrale del getto in uscita ("cuore" del getto).

Per quanto riguarda l'inclinazione delle pareti del canyon, si è adottata una pendenza più acclive di quella che ci si potrebbe attendere (Fig. 6.27) al fine di esaltare, a favore di sicurezza, il fenomeno della riflessione che, come si vedrà in seguito, è quello alla base del fenomeno esaminato.
Occorre rilevare che il fenomeno erosivo, oltre a formare il canyon, inevitabilmente è destinato ad accumulare il materiale eroso all'esterno del canyon stesso.
E tale materiale, la cui precisa conformazione è difficilmente prevedibile, determinerà processi dissipativi tendenti ad attenuare l'altezza d'onda.

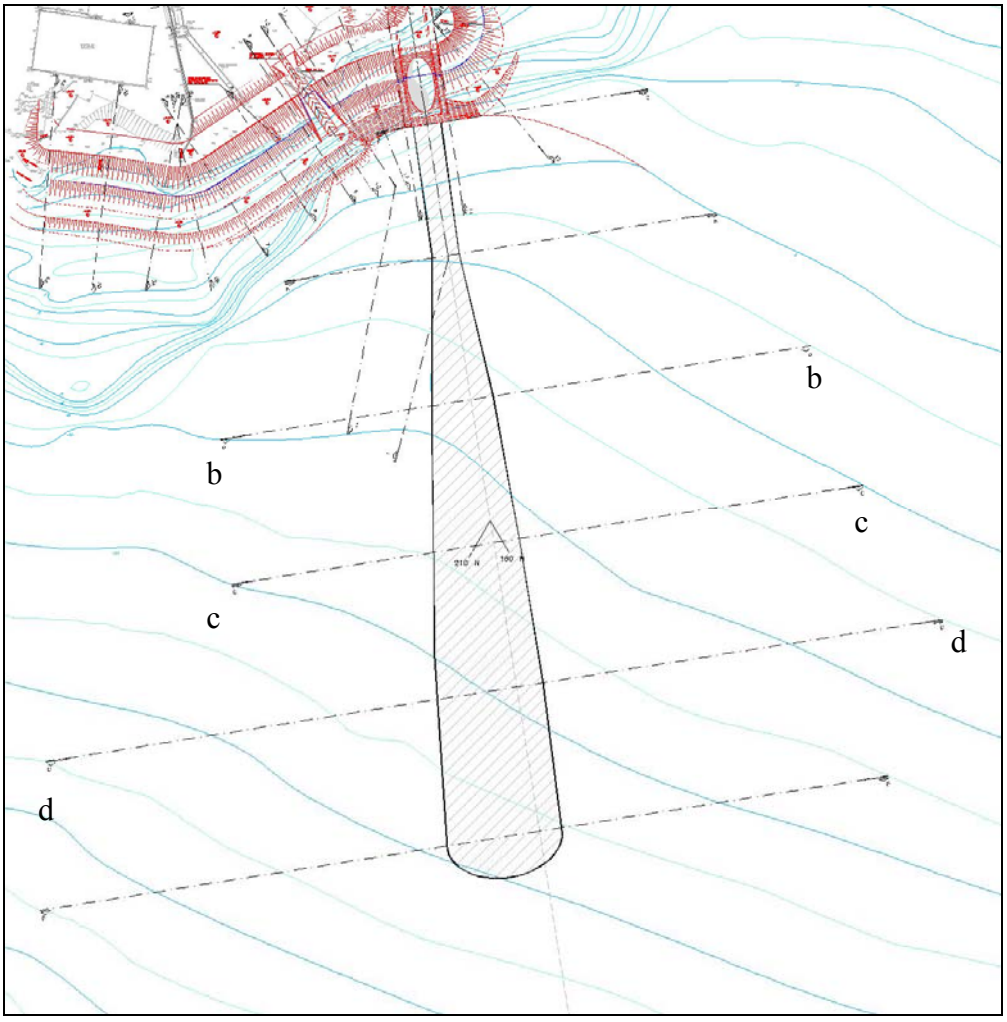


Fig. 6.26 – Tracciamento del solco erosivo prospiciente all'opera di sbocco

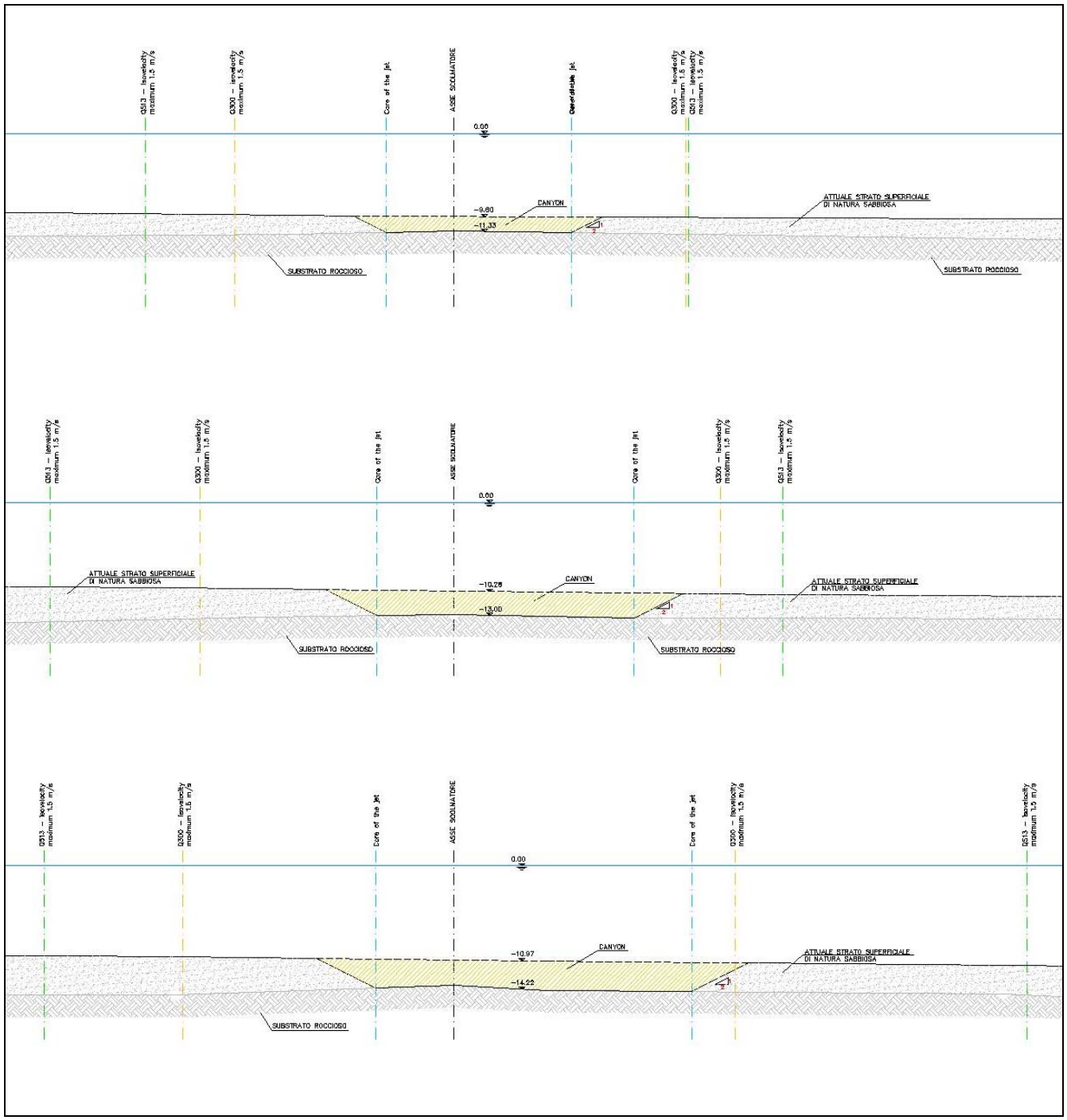


Fig. 6.27 – Sezioni trasversali b-b, c-c e d-d del solco erosivo prospiciente all'opera di sbocco



Fig. 6.28 – Realizzazione del canyon su modello fisico

6.7.3. Risultati acquisiti su modello

I test sono stati condotti con riferimento agli stati di mare di progetto relativi a mareggiate di Scirocco, poiché presenta direzione di propagazione prossima all'asse del canyon (direzione riprodotta su modello 150° N). E' stata così esaminata la stabilità della protezione di costa e le forze agenti sul cielo della galleria.

Nell'ambito dei *tests* condotti per tali verifiche, il posizionamento delle sonde per la misura del moto ondoso è stato leggermente modificato, rispetto a quanto indicato in Fig. 6.1, secondo quanto illustrato nella tabella a seguire.

Sonde di misura del moto ondoso in direzione 150° N (prove con canyon)		
Numero della sonda	Profondità	Descrizione
S1bis	-13	Dinanzi al generatore d'onda, sul suo asse (posizione non modificata)
S2bis	-	rimossa
S3bis	-8	Dinanzi allo sbocco (al di fuori del canyon – posizione non modificata)
S4	-10	Dinanzi alla corsia di alaggio (posizione non modificata)
S5bis	-9.5	Riposizionato all'uscita dello sbocco all'interno del canyon (in corrispondenza della precedente isobata -8)
S6	-4	Sul lato levante della protezione di costa (posizione non modificata)

In pratica, rispetto a quanto considerato nelle precedenti prove, è stata variata solo la posizione della sonda S5, ricollocata in questa fase immediatamente dinanzi allo sbocco, all'interno del solco creato nella batimetria.

Analisi delle condizioni d'attacco del moto ondoso sulle protezioni di costa in presenza del canyon

Sono stati effettuati le seguenti prove:

			A largo		A -20.00 m s.m.m.		A -13.00 m s.m.m.		Condizioni di moto ondoso misurate a -13 m s.m.m. (sonda S1 bis)		
D	T_r	z_o	$T_{p\ ind}$	H_{s0}	$T_{p\ ind}$	$H_{s\ ind}$	$T_{p\ ind}$	$H_{s\ ind}$	T_p	H_s	H_{si}
60	1	0	7.10	2.80	7.10	2.50	7.10	2.34	7.05	2.47	*2.23*
60	10	0	9.00	4.40	9.00	3.60	9.00	3.40	8.95	3.70	*3.44*
180	100	0.5	10.50	6.10	10.50	4.60	10.50	4.60	10.53	4.94	*4.62*
180	100	0.5	10.50	6.10	10.20	4.60	10.20	4.60	10.51	4.87	*4.56*
180	125%*100 [*]	0.5	10.50	-	10.50	5.75	10.50	5.75	10.60	6.19	*5.77*
180	125%*100 [*]	0.5	10.50	-	10.50	5.75	10.50	5.75	10.60	6.15	*5.77*

Tab. 6.15 – Mareggiata di Scirocco: caratteristiche del moto ondoso in assenza di portata effluente dallo Scolmatore considerando la presenza del solco erosivo dinanzi all'opera ; [*] = evento con effetto superiore del 25% rispetto a quello con T_r = 100 anni

dove si intende:

- D : durata della prova alla scala di prototipo (minuti)
- T_r : periodo di ritorno dell'evento (anni)
- z_0 : livello di marea (m s.m.m.)
- $T_{p\ ind}$: periodo di picco indicato (s)
- H_{s0} : altezza d'onda significativa indicata al largo (m)
- $H_{s\ ind}$: altezza d'onda indicata (calcolata) a – 20.00 m s.m.m. (m) e a – 13.00 m s.m.m. (m)
- H_s : altezza d'onda totale misurata a – 13.00 m s.m.m. (sonda S1 bis)
- H_{si} : altezza d'onda incidente misurata a – 13.00 m s.m.m. (sonda S1 bis)
- T_p : periodo di picco misurato a – 13.00 m s.m.m. (sonda S1 bis).

Nelle prove effettuate si è riscontrato come la riflessione dovuta alla protezione di costa ed al canyon è leggermente aumentata rispetto a quanto rilevato nelle prove in assenza del solco, in quanto alla sonda S1 bis si ha una altezza H_s superiore di quella rilevata nelle precedenti sperimentazioni a parità di condizione incidente.

Si è altresì riscontrato un cambiamento di direzione dell'onda lungo il margine del canyon. Inoltre, poiché le onde più alte sono soggette a frangimento al di fuori del canyon (a levante rispetto ad esso), esse non si frangono nel canyon.
Per effetto del cambiamento di direzione, le onde arrivano pressoché frontali rispetto all'opera.
Il danneggiamento rilevato sulla protezione di costa alla fine della sequenza di *tests* la cui durata a scala di prototipo, con riferimento agli eventi estremi, è stata complessivamente di 12 ore) è sempre molto piccolo; dalle osservazioni effettuate si rileva, in particolare, che il canyon non determina un incremento di danneggiamento sulla protezione della costa.

Confronto dei risultati ottenuti con le prove in assenza del canyon

Il confronto è stato effettuato con riferimento alle prove con simili condizioni di mare.

				S1bis		S3bis	S4	S5bis	S6
Test	canyon	T_r (anni)	$H_{s\ ind}$ (m)	H_{si} (m)	T_p (s)	H_s (m)	H_s (m)	H_s (m)	H_s (m)
D15_3_002	no	10	3.4	*3.41*	9.04	3.83	3.34		3.86
D15_3_003	si	10	3.4	*3.44*	8.95	3.77	3.28	3.29	4.1
D15_3_003/D15_3_002				*100.9%*	*99.0%*	*98.4%*	*98.2%*		*106.2%*
D15_5_003	no	100	4.6	*4.56*	10.57	4.85	4.14		4.37
D15_5_005	si	100	4.6	*4.56*	10.51	4.86	3.9	4.26	4.57
D15_5_005/D15_5_003				*100.0%*	*99.4%*	*100.2%*	*94.2%*		*104.6%*
D15_6_003	no	125%*100	5.75	*5.7*	10.62	5.27	5.03		4.95
D15_6_005	si	125%*100	5.75	*5.77*	10.6	5.42	4.59	4.86	4.59
D15_6_005/D15_6_003				*101.2%*	*99.8%*	*102.8%*	*91.3%*		*92.7%*

Tab. 6.16 – Confronto delle caratteristiche del moto ondoso per mareggiate di Scirocco in assenza ed in presenza del canyon (e differenza percentuale rilevata)

Dalle misure delle caratteristiche del moto ondoso, emerge che:

- per eventi con tempo di ritorno 10 e 100 anni, l'altezza d'onda è minore alla sonda S4, a ponente rispetto allo sbocco, ed è maggiore alla sonda S6, a levante rispetto allo sbocco rispetto a quanto misurato in assenza del solco erosivo.

Ciò è dovuto alla riflessione parziale lungo i margini del canyon: parte dell'energia dell'onda è deviata ad est del solco per la ripidità della scarpata.

- per eventi superiori a $T_r = 100$ ($T_r = 125\%*100$), le condizioni d'onda misurate ad est del canyon sono inferiori a quelle rilevate in assenza del solco. Questo è dovuto al fatto che con la riflessione, la combinazione di onde incidenti e riflesse determina maggiori condizioni di frangimento.
- con riferimento alla sonda S3bis, le onde misurate appena ad est del canyon diminuiscono leggermente per le condizioni di mare non estreme, così come lievemente aumentano per le mareggiate più forti.

Misura delle pressioni sul cielo della galleria

Le pressioni sono state misurate sul cielo della galleria. I risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella, con le misure relativi alle prove equivalenti in assenza del canyon.

Direzione		N° prova	A largo		Pressione (Pa)
			T_p(s)	H_{s0} (m)	
N150	No canyon	D15_5	10.5	6.10	31 129.22
		D15_6	10.5	125%*100	43 194.81
	Canyon	D15_5	10.5	6.10	19 063.63
		D15_6	10.5	125%*100	49 227.61

Tab. 6.17 – Pressioni agenti sul cielo della galleria per mareggiate di Scirocco in assenza ed in presenza del canyon

Per le onde di progetto centennali, le pressioni misurate sono inferiori in presenza del canyon: le maggiori profondità attenuano lo *shoaling* e di conseguenza l'incremento dell'altezza delle onde che raggiungono la struttura.

Per le onde con periodo di ritorno $T_r = 125\%*100$, le pressioni rilevate in presenza del solco erosivo sono più elevate se paragonate a quelle in assenza del canyon: **non si verificano più fenomeni di frangimento delle onde prima che queste ultime raggiungano la struttura ed una maggiore energia raggiunge quindi il manufatto**.

Riepilogo dei risultati ottenuti su modello

L'influenza del solco erosivo sui fenomeni di propagazione del moto ondoso è riconducibile a fenomeni di **riflessione parziale**, che determinano minori altezze d'onda nelle zone "oltre" il canyon (*leeward*) ed un aumento delle condizioni di mare nelle zone "precedenti" il solco (*upward*).

Ciò non si verifica per le condizioni di mare più estreme esaminate (T_r = 125%*100), per le quali la combinazione delle onde incidenti e riflesse incrementa il fenomeno del frangimento. Tuttavia non si registra un aggravio del danneggiamento sulle protezioni di costa. La modifica sulle condizioni di moto ondoso è contenuta nell'ordine del 6%.

Per quanto concerne l'influenza del canyon sulle pressioni sul cielo della galleria, si rileva come le sollecitazioni subiscano un incremento per gli stati di mare più severi, in quanto le onde non sono più soggette a frangimento (e pertanto le onde si propagano fino a raggiungere il manufatto). L'incremento è stimato nell'ordine del 15%.

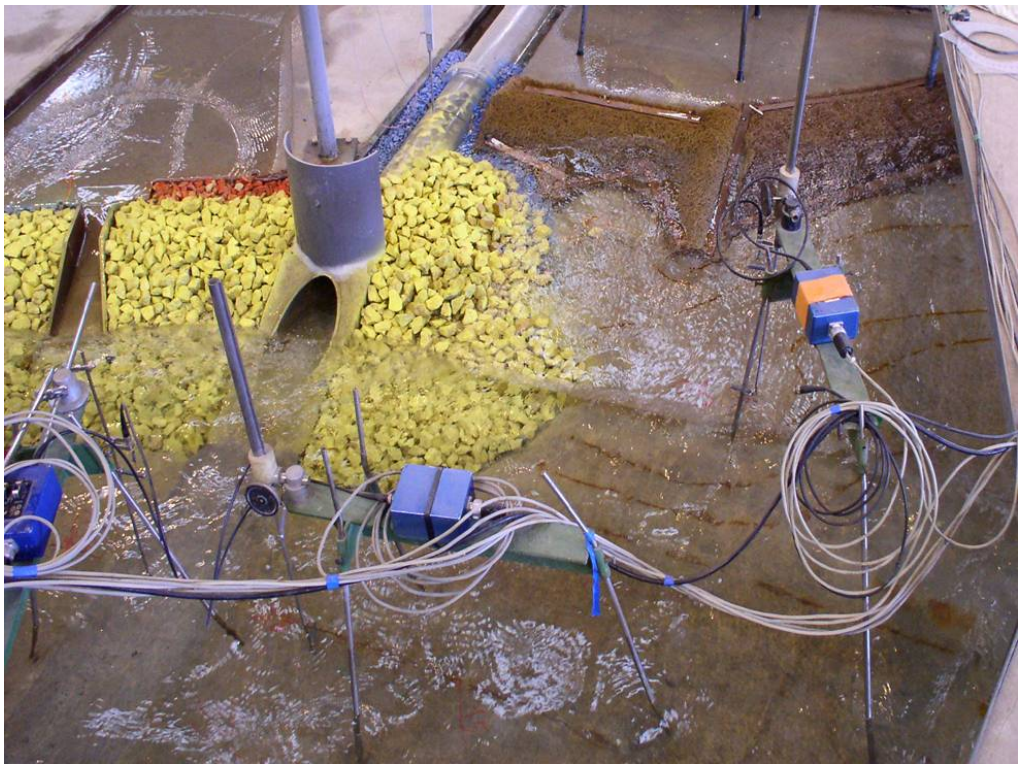


Fig. 6.29 – Prove su modello fisico condotte in presenza del solco erosivo



Fig. 6.30 – Stabilità delle protezioni di costa: assetto della scogliera al temine dei tests in presenza del canyon dinanzi all'opera di sbocco

6.7.4. Conclusioni

In sintesi le verifiche su modello in presenza del canyon hanno evidenziato variazioni non particolamente gravose per la propagazione del moto ondoso e per le azioni sulle strutture rispetto alle prove condotte in assenza del solco erosivo.
La differenza massima del 6% rilevata nelle caratteristiche del moto ondoso risulta essere, dal punto di vista ingegneristico, molto limitata e tale da non comportare maggiori danneggiamenti per la scogliera di terra. L'incremento del 15% stimato per le pressioni agenti sul cielo del manufatto di sbocco è stato considerato nel dimensionamento strutturale delle opere, applicando tale percentuale anche alle sollecitazioni misurate (nelle precedenti prove fisiche – *paragrafo 6.5.2*) con mareggiate di Libeccio.

In merito alla definizione della geometria del solco riprodotto nelle prove su modello, si richiamano le considerazioni già condotte precedentemente in merito al campo idrodinamico allo sbocco e ai dati geologici disponibili.
Peraltro la condizione riprodotta su modello rappresenti una situazione verosimile ed in grado di considerare anche aspetti che "superano" la pura analisi sulle velocità e sulle caratteristiche del materiale di ricoprimento del fondale (con le relative incertezze precedentemente accennate).
Ciò al fine di assicurare una progettazione capace di tenere in debito conto gli eventuali fenomeni di focalizzazione del moto ondoso, lavorando con un adeguato livello di sicurezza, senza tuttavia giungere ad un sovradimensionamento delle difese e delle strutture.

E' infatti opportuno ricordare che le sollecitazioni più gravose sulla struttura e sulla mantellata attigua si hanno in assenza di portata scolmata, mentre i massimi processi erosivi si verificano per portate estreme effluenti dalla galleria.
E' inoltre lecito ipotizzare, come peraltro confermato dalle modellazioni numeriche condotte mediante impiego di un codice di calcolo bidimensionale (verifiche effettuate nell'ambito del SIA, i cui risultati vengono in questa sede solo richiamati), che il solco di escavazione che si verrà a formare per effetto delle elevate velocità tenderà, in fase di esaurimento della piena, a ridursi per effetto della sedimentazione del materiale solido in sospensione "captato" (inevitabilmente) in galleria.

Quest'ultimo infatti, in fase terminale della piena, per effetto del decadimento delle velocità in corrispondenza della sezione di sbocco, si verrà a depositare dinanzi all'opera (e, all'ulteriore calare della portata, nel tratto finale della galleria), andando a colmare, in buona parte, il solco formatosi.

La condizione esaminata si avrebbe quindi in concomitanza o immediatamente al termine (ossia in un tempo tale da non consentire il seppur parziale riempimento del canyon) di un evento di piena sul Bisagno (con scolmo del picco di portata in galleria) con di una mareggiata di Scirocco / Mezzogiorno particolamente intensa. Queste ultime condizioni di mare risultano infatti, ai fini dell'analisi dei fenomeni di focalizzazione, più sfavorevoli rispetto a quelle di Libeccio in virtù dell'orientazione reciproca tra il solco erosivo e la direzione di provenienza del moto ondoso.
Tuttavia l'eventualità che si verifichino rapida in successione i due eventi (mareggiata estrema e picco di portata) presenta una probabilità di accadimento di molto inferiore a quella degli eventi considerati singolarmente.

In conclusione, quindi, per quanto concerne le modifiche delle caratteristiche di propagazione del moto ondoso e dei potenziali effetti sulla stabilità della mantellata attigua al manufatto le verifiche sperimentali non hanno evidenziato incrementi di danneggiamento delle protezioni di costa.
I fenomeni di riflessione parziale del moto ondoso lungo i margini del canyon, con una conseguente maggiore concentrazione dell'energia "*upward*", non determina problematiche di stabilità per la parte della scogliera investita da tale fenomeno.

Al fine delle pressioni agenti sul cielo della galleria si sottolinea come l'incremento di sollecitazione del 15% - misurato in presenza del canyon erosivo rispetto alle condizioni in assenza di qualsiasi solco - fa riferimento alle condizioni di mare avverso di Scirocco riprodotte su modello: in tali condizioni, come sopra evidenziato, i fenomeni di focalizzazione sull'opera sono indubbiamente particolarmente accentuati in virtù della orientazione del canyon, pressoché alleato con la direzione di provenienza delle onde (queste ultime, anche a seguito di una parziale riorientazione dovuta a fenomeni di riflessione lungo le pareti del solco, raggiungono l'opera in modo pressoché frontale!).

Il medesimo incremento percentuale del 15% è stato quindi considerato, in sede di dimensionamento delle strutture, alle sollecitazioni rilevate sperimentalmente sul cielo della galleria per le mareggiate riprodotte di Libeccio.

T_r	H_s (-20.00 m) (m)	T_p (s)	Pressione misurata sul cielo della galleria su prototipo (Pa)	Pressione sul cielo della galleria (prototipo) con incremento 15% (Pa)	(kg/cm^2)
100	6.10	12.6	61293	70487	0.71
125%*100	7.60	12.6	67326	77425	0.77

Tab. 6.18 – Pressioni agenti sul cielo della galleria per mareggiate di Libeccio ed in assenza di portata effluente dallo Scolmatore

Tuttavia, mentre in assenza del canyon le condizioni di Libeccio risultano essere più intense e gravose per l'opera in progetto, ai fini degli effetti di concentrazione dell'energia ondosa sul manufatto esse risultano essere meno rilevanti in considerazione dell'orientazione reciproca tra il solco di escavazione e la direzione di propagazione delle onde.
L'applicazione del medesimo incremento percentuale per le pressioni risulta quindi elemento a favore di sicurezza per le verifiche strutturali del manufatto.
Peraltro, ai fini della stabilità dell'opera, si rileva come, oltre alle caratteristiche strutturali (in particolare il peso proprio) intrinseche dell'opera, le modalità realizzative studiate, con impiego di pali a mare e diaframmi ammorsati in roccia, garantirà la completa solidarizzazione delle strutture alla formazione rocciosa sottostante.

Per di più, come ulteriore elemento a favore di sicurezza ai fini delle analisi condotte in questa sede e delle valutazioni sopra esposte, si evidenzia come nelle modellazioni condotte siano stati considerati, ancora una volta, sollecitazioni ondose superiori del 25% a quelle centennali di progetto.

7. CONCLUSIONI

Le prove su modello fisico, nella seconda configurazione della scogliera verificata, hanno evidenziato buone condizioni di stabilità delle protezioni di costa a fronte delle condizioni meteomarine avverse di Libeccio e Scirocco riprodotte su modello.
La nuova scogliera di terra progettata garantisce la necessaria protezione delle strutture dello Scolmatore e della linea di costa, oltre che assicurare un ottimale inserimento nel contesto territoriale grazie all'impiego di massi naturali (della massima dimensione reperibile per strutture di questo tipo) anche per lo strato di mantellata.
La geometria e la tipologia della nuova scogliera consente infatti di non dover ricorrere all'impiego di elementi artificiali, che avrebbero comportato difficoltà di inserimento ambientale, e di non dover adottare alcun opera di difesa a mare (diga a gettata) che avrebbe determinato maggiori problematiche dal punto di vista idraulico, marittimo e ambientale (interazione dell'opera a mare col getto in uscita della Scolmatore, potenziali effetti della diga sui processi di dinamica costiera, eventuali rischi connessi alla navigazione dinanzi allo sbocco,…).

Le condizioni idrodinamiche allo sbocco, con velocità che si mantengono elevate nei punti in asse rispetto alla galleria e che presentano un rapido decadimento nei punti del campo di moto collocati lateralmente, scongiurano problemi di stabilità della protezione di costa dovuti ad eventuali scalzamenti al piede dell'opera (che in aggiunta, a maggior garanzia, è fondata direttamente sullo strato roccioso sottostante).
Peraltro tale comportamento garantisce velocità sufficientemente elevate anche in occasione di basse portate scolmate (più frequenti) ai fini della movimentazione del materiale eventualmente depositatosi nel tratto terminale della galleria e/o nell'area prospiciente allo sbocco a mare. Ciò evita potenziali problemi di interrimento che, oltre che comportare ingenti costi manutentori, risulterebbero potenzialmente pericolosi per il corretto funzionamento idraulico dello Scolmatore.
Le prove sperimentali effettuate hanno inoltre permesso inoltre di verificare, come atteso, che le condizioni di deflusso in galleria non sono condizionate significativamente dallo stato di agitazione ondosa, essendo la spinta della corrente in arrivo in grado di contrastare l'azione del mare anche per portate (e quindi per gradi di riempimento) non estreme in galleria.

Le misure delle sollecitazioni sul cielo della galleria (massime per mareggiate estreme di Libeccio ed in assenza di portata scolmata) hanno restituito valori sostanzialmente al-

lineati con le valutazioni numeriche effettuate. Le prove condotte su modello per valutare possibili incrementi delle sollecitazioni connessi a fenomeni di focalizzazione del moto ondoso sulle strutture (dovute a possibili processi erosivi del fondale indotti dalle velocità del flusso idrico in uscita dallo Scolmatore) hanno evidenziato lievi incrementi che sono stati quindi considerati nel dimensionamento delle strutture.

In conclusione le verifiche sperimentali effettuate ed i risultati acquisiti hanno confermato la validità della configurazione progettuale sviluppata per l'opera di sbocco a mare, consentendo sia di convalidare l'efficacia delle protezioni di costa ed il corretto funzionamento idraulico dell'opera, sia di individuare con un adeguato livello di sicurezza le sollecitazioni da assumere per il dimensionamento delle strutture.

8. APPENDICE: INTEGRAZIONI AL SIA RICHIESTE DALL'UFFICIO VIA DELLA REGIONE LIGURIA (Lettera Prot. 48(170851) del 15.12.2006)

8.1. Impatto della cantierizzazione sul rischio di inondazione

La realizzazione dell'opera di sbocco a mare avverrà secondo le 3 fasi descritte nell'elaborato PD1 CL 01 (riprese nel dettaglio anche nel successivo *paragrafo 8.3*) ed illustrate nella tavola PD1 DS 360.
In merito alla pericolosità idraulica in fase di costruzione dell'opera di sbocco, si evidenzia come la realizzazione della nuova scogliera di terra avverrà in parte da terra ed in parte da mare in condizioni ordinarie. A scogliera conclusa le condizioni di sicurezza per l'area interessata dalle lavorazioni e dall'allestimento del cantiere di valle saranno maggiori rispetto alle attuali.
Per quanto riguarda la costruzione del manufatto di sbocco, la realizzazione di diaframmi provvisionali intestati in roccia, mediante sistema ad idrofresa per garantire l'ottimale ancoraggio al substrato roccioso, consentirà la creazione di un'area di lavoro chiusa all'interno della quale potranno essere effettuati in condizioni di massima sicurezza le operazioni di getto delle strutture.

8.2. Dividente demaniale e concessioni demaniali

I lavori di realizzazione delle opere in progetto interesseranno le aree demaniali attualmente in concessione a:

1) Bagni Marina Genovese (Concessione demaniale marittima n. Foce 56C - scadenza 31.12.2009);
2) Parodi Adriano e Michelini Giorgio (Concessione demaniale marittima n. Albaro 42V - scadenza 31.12.2009);
3) Club Dilettanti Pesca Marinetta (Concessioni demaniali marittime n. Albaro 25V e 70V - scadenza 21.12.2009);
4) Capo Marina Srl - Stabilimento Capo Marina (Concessione demaniale marittima n. 51S - scadenza 31.12.2010);
5) SO.G.I.S. Spa - Stabilimento Balneare Benvenuto (Concessioni demaniali marittime n. 53S e 62s - scadenza 31.12.2009);

Di seguito si allega uno stralcio della Planimetria del Piano Particellare di Esproprio (Allegato PD1 PP03) ove sono riportare i numeri di particella riferiti alle aree demaniali.



LEGENDA

- AREE SOGGETTE AD OCCUPAZIONE TEMPORANEA INDIVIDUATE CON TRATTEGGIO DI COLORI DIVERSI
- AREE SOGGETTE A SERVITU' PERMANENTE INDIVIDUATE CON TRATTEGGIO DI COLORI DIVERSI
- AREE SOGGETTE A OCCUPAZIONE TEMPORANEA E SERVITU' PERMANENTE, INDIVIDUATE CON TRATTEGGIO DI COLORI DIVERSI
- (1) NUMERO PARCELLARE DELLE AREE SOGGETTE AD ESPROPRIO E/O AD OCCUPAZIONE TEMPORANEA
- [11] IL NUMERO PARCELLARE 11 SI RIFERISCE AL DEMANIO ACQUE

Planimetria del Piano Particellare di Esproprio (Allegato PD1 PP03)

Per la perimetrazione delle concessioni sopra indicate si rimanda alla planimetria "Cartografia con le concessioni demaniali censite" riportata in allegato.
In particolare i Bagni Marina Genovese dispongono di concessione per i servizi igienici e docce a servizio della spiaggia libera (impianti di facile rimozione, mq 4.84) posti in prossimità del muro in c.a. che delimita le aree in concessione al Club Dilettanti pesca dalle aree occupate dallo Stabilimento Capo Marina. Tali strutture potranno essere mantenute durante la realizzazione delle opere in progetto.
Parodi Adriano e Michelini Giorgio dispongono di concessione per tre cabine in legno uso deposito attrezzi (impianti di facile rimozione, mq. 18.45).
Il Club Dilettanti Pesca Marinetta ha in concessione un'area di mq. 3807, in parte riguardante l'arenile (concessione Albaro 70V) principalmente per deposito imbarcazioni ed in parte relativa alle aree di sotto di due arcate di Corso Italia (concessione Albaro 25V). Tali superfici verranno, limitatamente alle attività di cantiere ed in fasi temporali diverse (si veda elaborato di progetto PD DS 310), interessate dalla realizzazione delle nuove opere. All'interno di tali aree sono attualmente presenti, al di sotto di un arcata di Corso Italia e nella zona immediatamente prospiciente "lato spiaggia", alcune baracche e due locali (mq. 298) realizzati con un corpo basso in muratura, adibiti a sede del Circolo e ad officina motori.

La Società Capo Marina Srl (Stabilimento Capo Marina) sarà interessato solo marginalmente dalla realizzazione delle opere, limitatamente alle aree libere adiacenti ai campi da tennis e da calcetto posti all'estremità di ponente dell'area di intervento.

La SO.G.I.S. dispone di n. 2 concessioni impiegate dalle attività dello Stabilimento Balneare Benvenuto. La concessione n. 53S, che occupa una superficie demaniale di 5955.9 mq, è relativa alle aree poste più a levante, all'interno delle quali trovano collocazione l'edificio su 2 piani che comprende i locali principali dello Stabilimento (uffici, sala bar, le cucine, terrazze, ecc…), la piscina, i locali al di sotto di Corso Italia attualmente destinati ad attività sportive, le aree libere adibite ad uso spiaggia ed alcune attrezzature (cabine, servizi igienici, ecc..) di facile rimozione.
La concessione n. 62S riguarda invece una striscia di arenile di mq. 2668 posta più a levante, confinate verso Ovest con le aree a disposizione del Circolo Dilettanti Pesca Marinetta. Tali aree risultano prevalentemente scoperte, e solo in minima parte (149.2 mq) occupate da fabbricati di facile rimozione.

Nell'ambito della realizzazione delle opere in progetto, si rileva come le aree poste più a levante, comprendenti le strutture principali dello Stabilimento, la piscina, e la quasi totalità dell'area attrezzata con cabine su basamento in cls addossate a Corso Italia, non saranno interessate dai lavori. In particolare, facendo riferimento agli impianti che ricadono nell'area di concessione 53S, si dovrà provvedere alla rimozione di alcuni servizi igienici e della veranda con cabine poste su due livelli (classificate come impianti di facile rimozione) posizionate su strutture in acciaio (profilati HE) disposte ortogonalmente a C.so Italia, allestite in occasione dei lavori di realizzazione del Deviatore del Fereggiano. Con riferimento alle aree relative alla concessione 62S (aree prevalentemente libere), esse verranno totalmente interessate da attività di cantiere (elaborato di progetto PD1 DS 360).

MOD.T05_ISTAT

COMUNE DI GENOVA

DIREZIONE SERVIZI TECNICO PATRIMONIALI
Settore Valorizzazione e Gestione del Patrimonio
Ufficio Valorizzazione Immobiliare
Valorizzazione di Beni Demaniali e Patrimoniali

CANONE CONCESSIONE DEMANIALE MARITTIMA 2006 TURISTICO RICREATIVE

CONC. N°	FOCE 56C	SUPERFICIE CONCESSIONE	MQ. 55,90
LOCALITA'	Marinetta		
INDIRIZZO	Corso Italia		
CONCESSIONARIO	Bagni Marina Genovese		
DESTINAZIONE D'USO	Servizi igienici e docce a servizio della spiaggia libera.		

A CONCESSIONI TURISTICO RICREATIVE SOGGETTE A LEGGE 494/93 E D.M.342/1998 - CATEGORIA "C"

(Gli importi unitari sono calcolati con riferimento a quelli del 2005 aumentati del 2,85% in base ISTAT)

area scoperta	mq.	33,66	x	0,85547	= €	28,79
area occupata da impianti di facile rimozione	mq.	4,84	x	1,22209	= €	5,91
area occupata da impianti di difficile rimozione	mq.	0,00	x	1,22209	= €	0,00
area occupata da pertinenze demaniali marittime	mq.	34,49	x	3,66628	= €	126,45
superficie virtuale:	mq.		x		= €	0,00
				TOTALE A	= €	161,16

B SPECCHI ACQUEI - DISTANZA DALLA COSTA

(Gli importi unitari sono calcolati con riferimento a quelli del 2005 aumentati del 2,85% in base ISTAT)

entro 100 metri dalla costa	mq.	0,00	x	0,85547	= €	0,00
oltre 100 ed entro 300 metri dalla costa	mq.	0,00	x	0,61104	= €	0,00
oltre 300 metri dalla costa	mq.	0,00	x	0,48884	= €	0,00
superficie virtuale:	mq.	0,00	x		= €	0,00
				TOTALE B	= €	0,00

B1 Per concessione stagionale

Periodo richiesto in concessione	mesi nr.		€	0,00	x	1/12	= € 0,00
						TOTALE B1	= € 0,00

C	TOTALE = SOMMA A+B(B1)	€	161,16

D CANONE RIDOTTO (segnare con 1 la voce che interessa)

per affiliazione sportiva	0	0,50	= €	0,00
per canone ricognitorio	0	0,10	= €	0,00
		TOTALE D	= €	0,00

E	Totale canone complessivo anno 2006 = C o D (se ricorre)	€	161,16 (*)

(*) Qualora il canone TOTALE E risulti inferiore al minimo tabellare pari a € 303,54 per concessioni di tipo annuale e pari a € 182,24 per concessioni di tipo stagionale, con decorrenza dal 1° gennaio 2006, si applica quest'ultimo.

F DETERMINAZIONE IMPORTO ANNUO DELLA PRESENTE CONCESSIONE:

Totale complessivo canone	€	303,54
Imposta Regionale (10%)	€	30,35
Imposta di Bollo	€	1,81
TOTALE F	€	335,70

data: Genova, 11/10/06

Compilatore
Il F. Tecnico Giancarlo Mangraviti

Il Funzionario Responsabile
Geom. Augusto Ponchia

COMUNE DI GENOVA

DIREZIONE SERVIZI TECNICO PATRIMONIALI
Settore Patrimonio Demanio e Forti
Ufficio Forti e Demanio

CANONE CONCESSIONE DEMANIALE MARITTIMA 2005 TURISTICO RICREATIVE

CONC. N°	ALBARO 42V	SUPERFICIE CONCESSIONE	MQ. 18,45
LOCALITA'	Loc. La Marinetta		
INDIRIZZO	Via del Forte di S. Giuliano 1		
CONCESSIONARIO	Parodi Adriano e Michelini Giorgio		
DESTINAZIONE D'USO	3 cabine in legno uso deposito attrezzi.		

A CONCESSIONI TURISTICO RICREATIVE SOGGETTE A LEGGE 494/93 E D.M.342/1998 - CATEGORIA "C"

(Gli importi unitari sono calcolati con riferimento a quelli del 2004 aumentati del 2,80% in base ISTAT)

area scoperta	mq.	0,00	x	0,83176	= €	0,00
area occupata da impianti di facile rimozione	mq.	**18,45**	x	1,18823	= €	**21,92**
area occupata da impianti di difficile rimozione	mq.	0,00	x	1,18823	= €	0,00
area occupata da pertinenze demaniali marittime	mq.	0,00	x	3,56469	= €	0,00
superficie virtuale:	mq.		x		= €	
				TOTALE A	= €	**21,92**

B SPECCHI ACQUEI - DISTANZA DALLA COSTA

(Gli importi unitari sono calcolati con riferimento a quelli del 2004 aumentati del 2,80% in base ISTAT)

entro 100 metri dalla costa	mq.	0,00	x	0,83176	= €	0,00
oltre 100 ed entro 300 metri dalla costa	mq.	0,00	x	0,59411	= €	0,00
oltre 300 metri dalla costa	mq.	0,00	x	0,47529	= €	0,00
superficie virtuale:	mq.		x		= €	
				TOTALE B	= €	0,00

B1 Per concessione stagionale

Periodo richiesto in concessione	mesi nr.	4	€	0,00	x	1/3	= € 0,00
						TOTALE B1	= € 0,00

C	TOTALE = SOMMA A+B(B1)	€	21,92

D CANONE RIDOTTO (segnare con 1 la voce che interessa)

per affiliazione sportiva	0	0,50	= €	0,00
per canone ricognitorio	0	0,10	= €	0,00

E	Totale canone complessivo anno 2005 = C o D (se ricorre)	€	21,92 (*)

(*) Qualora il canone TOTALE E risulti inferiore al minimo tabellare pari a € 295,14 per concessioni di tipo annuale e pari a € 177,19 per concessioni di tipo stagionale, con decorrenza dal 1° gennaio 2005, si applica quest'ultimo.

F DETERMINAZIONE IMPORTO ANNUO DELLA PRESENTE CONCESSIONE:

Totale complessivo canone	€	295,14
Imposta Regionale (10%)	€	29,51
Imposta di Bollo	€	1,81
TOTALE F	€	**326,46**

data: Genova, 18/08/05

Compilatore
Il F.T. Tecnico Giancarlo Mangraviti

Il Funzionario Responsabile
Geom. Augusto Ponchia

COMUNE DI GENOVA

DIREZIONE SERVIZI TECNICO PATRIMONIALI
Settore Patrimonio Demanio e Forti
Ufficio Forti e Demanio

CANONE CONCESSIONE DEMANIALE MARITTIMA 2005 TURISTICO RICREATIVE

CONC. N°	**ALBARO 25V**	**SUPERFICIE CONCESSIONE**	**MQ. 1.246,00**
LOCALITA'	**GENOVA ALBARO**		
INDIRIZZO	Via Del Forte di San Giuliano 1		
CONCESSIONARIO	**Club Dilettanti Pesca Marinetta**		
DESTINAZIONE D'USO	Sede legale, deposito attrezzi, parcheggio imbarcazioni		

A CONCESSIONI TURISTICO RICREATIVE SOGGETTE A LEGGE 494/93 E D.M.342/1998 - CATEGORIA "C"

(Gli importi unitari sono calcolati con riferimento a quelli del 2004 aumentati del 2,80% in base ISTAT)

area scoperta	mq.	1.097,00	x	2,97	= €	3.261,54
area occupata da impianti di facile rimozione	mq.	0,00	x	4,25	= €	0,00
area occupata da impianti di difficile rimozione	mq.	298,00	x	4,25	= €	1.265,70
area occupata da pertinenze demaniali marittime	mq.	0,00	x	12,74	= €	0,00
superficie virtuale:	mq.		x		= €	
				TOTALE A	= €	4.527,24

B SPECCHI ACQUEI - DISTANZA DALLA COSTA

(Gli importi unitari sono calcolati con riferimento a quelli del 2004 aumentati del 2,80% in base ISTAT)

entro 100 metri dalla costa	mq.	0,00	x	2,97	= €	0,00
oltre 100 ed entro 300 metri dalla costa	mq.	0,00	x	2,12	= €	0,00
oltre 300 metri dalla costa	mq.	0,00	x	1,70	= €	0,00
superficie virtuale:	mq.		x		= €	
				TOTALE B	= €	0,00

B1 Per concessione stagionale

Periodo richiesto in concessione	mesi nr.	4	€	0,00	x 1/3	= €	0,00
					TOTALE B1	= €	0,00

C	**TOTALE = SOMMA A+B(B1)**	**€**	**4.527,24**

D CANONE RIDOTTO (segnare con 1 la voce che interessa)

per affiliazione sportiva	0	0,50	= €	0,00
per canone ricognitorio	1	0,10	= €	452,72

E	**Totale canone complessivo anno 2005 = C o D (se ricorre)**	**€**	**452,72** (*)

(*) Qualora il canone TOTALE E risulti inferiore al minimo tabellare pari a € 295,14 per concessioni di tipo annuale e pari a € 177,19 per concessioni di tipo stagionale, con decorrenza dal 1° gennaio 2005, si applica quest'ultimo.

F DETERMINAZIONE IMPORTO ANNUO DELLA PRESENTE CONCESSIONE:

Totale complessivo canone	€	452,72
Imposta Regionale (10%)	€	45,27
Imposta di Bollo	€	1,81
TOTALE F	**€**	**499,81**

data: Genova, 22/03/06

Il Tecnico Compilatore
Salvatore Fratta

Il Funzionario Responsabile
Geom. Augusto Ponchia

MOD.T06_ISTAT

COMUNE DI GENOVA

DIREZIONE SERVIZI TECNICO PATRIMONIALI
Settore Valorizzazione e Gestione del Patrimonio
Ufficio Valorizzazione Immobiliare
Valorizzazione di Beni Demaniali e Patrimoniali

CANONE CONCESSIONE DEMANIALE MARITTIMA 2006 TURISTICO RICREATIVE

CONC. N°	**ALBARO 70V**	**SUPERFICIE CONCESSIONE**	**MQ. 2.561,60**
LOCALITA'	**GENOVA ALBARO**		
INDIRIZZO	Via Del Forte di San Giuliano 1		
CONCESSIONARIO	**Club Dilettanti Pesca Marinetta**		
DESTINAZIONE D'USO	Parcheggio Imbarcazioni, box deposito attrezzi, verricelli		

A CONCESSIONI TURISTICO RICREATIVE SOGGETTE A LEGGE 494/93 E D.M.342/1998 - CATEGORIA "C"

(Gli importi unitari sono calcolati con riferimento a quelli del 2005 aumentati del 2,85% Decreto 28/11/2005)

area scoperta	mq.	2.506,40	x	0,85547	= €	2.144,15
area occupata da impianti di facile rimozione	mq.	55,20	x	1,22209	= €	67,46
area occupata da impianti di difficile rimozione	mq.	0,00	x	1,22209	= €	0,00
area occupata da pertinenze demaniali marittime	mq.	0,00	x	3,66628	= €	0,00
superficie virtuale:	mq.		x		= €	
				TOTALE A	= €	2.211,61

B SPECCHI ACQUEI - DISTANZA DALLA COSTA

(Gli importi unitari sono calcolati con riferimento a quelli del 2005 aumentati del 2,85% Decreto 28/11/2005)

entro 100 metri dalla costa	mq.	0,00	x	0,85547	= €	0,00
oltre 100 ed entro 300 metri dalla costa	mq.	0,00	x	0,61104	= €	0,00
oltre 300 metri dalla costa	mq.	0,00	x	0,48884	= €	0,00
superficie virtuale:	mq.		x		= €	
				TOTALE B	= €	0,00

B1 Per concessione stagionale

Periodo richiesto in concessione	mesi nr.	0	€	0,00	x	0	= €	0,00
						TOTALE B1	= €	0,00

C	**TOTALE = SOMMA A+B(B1)**	**€**	**2.211,61**

D CANONE RIDOTTO (segnare con 1 la voce che interessa)

per affiliazione sportiva	0	0,50	= €	0,00
per canone ricognitorio	1	0,10	= €	221,16
		TOTALE D	= €	221,16

E	**Totale canone complessivo anno 2006 = C o D (se ricorre)**	**€**	**221,16** (*)

(*) Qualora il canone TOTALE E risulti inferiore al minimo tabellare pari a € 303,54 per concessioni di tipo annuale e pari a € 182,24 per concessioni di tipo stagionale, con decorrenza dal 1° gennaio 2006, si applica quest'ultimo.

F DETERMINAZIONE IMPORTO ANNUO DELLA PRESENTE CONCESSIONE:

Totale complessivo canone	€	303,54
Imposta Regionale (10%)	€	30,35
Imposta di Bollo	€	1,81
TOTALE F	**€**	**335,70**

data: Genova, 04/10/06

Il Tecnico Compilatore
Salvatore Fratia

Il Funzionario Responsabile
Geom. Augusto Ponchia

COMUNE DI GENOVA

DIREZIONE SERVIZI TECNICO PATRIMONIALI
Settore Patrimonio Demanio e Forti
Ufficio Forti e Demanio

CANONE CONCESSIONE DEMANIALE MARITTIMA 2004 TURISTICO RICREATIVE

CONC. N°	**51 S**	**SUPERFICIE CONCESSIONE**	**MQ. 14.330,28**
LOCALITA'	**GENOVA ALBARO**		
INDIRIZZO	C.so Italia		
CONCESSIONARIO	**Capo Marina Srl**		
DESTINAZIONE D'USO	Stabilimento Balneare		

A CONCESSIONI TURISTICO RICREATIVE SOGGETTE A LEGGE 494/93 E D.M.342/1998 - CATEGORIA "C"
(Gli importi unitari sono calcolati con riferimento alle tabelle allegate al d.m.342/1998, rivalutate del 300%)

area scoperta	mq.	7.877,00	x	2,89	= €	22.781,54
area occupata da impianti di facile rimozione	mq.	4.728,58	x	4,13	= €	19.536,79
area occupata da impianti di difficile rimozione	mq.	3.561,00	x	4,13	= €	14.712,77
area occupata da pertinenze demaniali marittime	mq.	0,00	x	12,39	= €	0,00
superficie virtuale:	mq.		x		= €	
				TOTALE A	= €	57.031,10

B SPECCHI ACQUEI - DISTANZA DALLA COSTA
(Gli importi unitari sono calcolati con riferimento alle tabelle allegate al d.m.342/1998, rivalutate del 300%)

entro 100 metri dalla costa	mq.	616,00	x	2,89	= €	1.781,57
oltre 100 ed entro 300 metri dalla costa	mq.	600,00	x	2,07	= €	1.239,50
oltre 300 metri dalla costa	mq.		x	1,65	= €	0,00
superficie virtuale:	mq.		x		= €	
				TOTALE B	= €	3.021,07

B1 Per concessione stagionale

Periodo richiesto in concessione	mesi nr.	5	€	3.021,07	x	5/12	= €	1.258,78
						TOTALE B1	= €	1.258,78

C	**TOTALE = SOMMA A+B(B1)**	**€**	**58.289,89**

D CANONE RIDOTTO (segnare con 1 la voce che interessa)

per affiliazione sportiva	0	0,50	= €	0,00
per canone ricognitorio	0	0,10	= €	0,00

E	**Totale canone complessivo anno 2004 = C o D (se ricorre)**	**€**	**58.289,89** (*)

(*) Qualora il canone TOTALE C risulti inferiore al minimo tabellare pari a € 287,10 per concessioni di tipo annuale e pari a € 172,36 per concessioni di tipo stagionale, con decorrenza dal 1° gennaio 2004, si applica quest'ultimo.

D DETERMINAZIONE IMPORTO ANNUO DELLA PRESENTE CONCESSIONE:

Totale complessivo canone	€	58.289,89
Imposta Regionale (10%)	€	5.828,99
Imposta di Bollo	€	1,29
TOTALE D	€	**64.120,16**

data: Genova, 11/02/05

Il Tecnico Compilatore
Salvatore Fratia

Il Funzionario Responsabile
Geom. Auguste Ponchia

COMUNE DI GENOVA

DIREZIONE SERVIZI TECNICO PATRIMONIALI
Settore Patrimonio Demanio e Forti
Ufficio Forti e Demanio

CANONE CONCESSIONE DEMANIALE MARITTIMA 2005 TURISTICO RICREATIVE

CONC. N° 53 S — **SUPERFICIE CONCESSIONE** MQ. 5.955,90
LOCALITA' GENOVA ALBARO
INDIRIZZO C.so Italia 7
CONCESSIONARIO SO.G.I.S. Spa
DESTINAZIONE D'USO Stabilimento Balneare Benvenuto

A CONCESSIONI TURISTICO RICREATIVE SOGGETTE A LEGGE 494/93 E D.M.342/1998 - CATEGORIA "C"
(Gli importi unitari sono calcolati con riferimento a quelli del 2004 aumentati del 2,80% in base ISTAT)

area scoperta	mq.	3.578,50	x	0,83176	= €	2.976,45
area occupata da impianti di facile rimozione	mq.	1.054,55	x	1,18823	= €	1.253,05
area occupata da impianti di difficile rimozione	mq.	1.082,63	x	1,18823	= €	1.286,41
area occupata da pertinenze demaniali marittime	mq.	2.457,30	x	3,56469	= €	8.759,51
superficie virtuale:	mq.		x		= €	
				TOTALE A	= €	14.275,43

B SPECCHI ACQUEI - DISTANZA DALLA COSTA
(Gli importi unitari sono calcolati con riferimento a quelli del 2004 aumentati del 2,80% in base ISTAT)

entro 100 metri dalla costa	mq.	0,00	x	0,83176	= €	0,00
oltre 100 ed entro 300 metri dalla costa	mq.	0,00	x	0,59411	= €	0,00
oltre 300 metri dalla costa	mq.	0,00	x	0,47529	= €	0,00
superficie virtuale:	mq.		x		= €	
				TOTALE B	= €	0,00

B1 Per concessione stagionale

Periodo richiesto in concessione	mesi nr.	4	€	0,00	x	1/3	= €	0,00
						TOTALE B1	= €	0,00

C	**TOTALE = SOMMA A+B(B1)**	**€**	**14.275,43**

D CANONE RIDOTTO (segnare con 1 la voce che interessa)

per affiliazione sportiva	0	0,50	= €	0,00
per canone ricognitorio	0	0,10	= €	0,00

E	**Totale canone complessivo anno 2005 = C o D (se ricorre)**	**€**	**14.275,43** (*)

(*) Qualora il canone TOTALE E risulti inferiore al minimo tabellare pari a € 295,13 per concessioni di tipo annuale e pari a € 177,19 per concessioni di tipo stagionale, con decorrenza dal 1° gennaio 2005, si applica quest'ultimo.

F DETERMINAZIONE IMPORTO ANNUO DELLA PRESENTE CONCESSIONE:

Totale complessivo canone	€	14.275,43
Imposta Regionale (10%)	€	1.427,54
Imposta di Bollo	€	1,81
TOTALE F	**€**	**15.704,78**

data: Genova, 04/10/05

Il Tecnico Compilatore
Salvatore Fratia

Il Funzionario Responsabile
Geom. Augusto Ponchia

COMUNE DI GENOVA

DIREZIONE SERVIZI TECNICO PATRIMONIALI
Settore Patrimonio Demanio e Forti
Ufficio Forti e Demanio

CANONE CONCESSIONE DEMANIALE MARITTIMA 2005 TURISTICO RICREATIVE

CONC. N° ~~53~~ 62 S — **SUPERFICIE CONCESSIONE** — **MQ.** 5.955,90
LOCALITA' GENOVA ALBARO
INDIRIZZO C.so Italia 7
CONCESSIONARIO SO.G.I.S. Spa
DESTINAZIONE D'USO Stabilimento Balneare Benvenuto

A CONCESSIONI TURISTICO RICREATIVE SOGGETTE A LEGGE 494/93 E D.M.342/1998 - CATEGORIA "C"
(Gli importi unitari sono calcolati con riferimento a quelli del 2004 aumentati del 2,80% in base ISTAT)

area scoperta	mq.	2.518,80	x	0,83176	= €	2.095,04
area occupata da impianti di facile rimozione	mq.	149,20	x	1,18823	= €	177,28
area occupata da impianti di difficile rimozione	mq.	0,00	x	1,18823	= €	0,00
area occupata da pertinenze demaniali marittime	mq.	0,00	x	3,56469	= €	0,00
superficie virtuale:	mq.		x		= €	
				TOTALE A	= €	2.272,32

B SPECCHI ACQUEI - DISTANZA DALLA COSTA
(Gli importi unitari sono calcolati con riferimento a quelli del 2004 aumentati del 2,80% in base ISTAT)

entro 100 metri dalla costa	mq.	0,00	x	0,83176	= €	0,00
oltre 100 ed entro 300 metri dalla costa	mq.	0,00	x	0,59411	= €	0,00
oltre 300 metri dalla costa	mq.	0,00	x	0,47529	= €	0,00
superficie virtuale:	mq.		x		= €	
				TOTALE B	= €	0,00

B1 Per concessione stagionale

Periodo richiesto in concessione	mesi nr.	4	€	0,00	x	1/3	= € 0,00
						TOTALE B1	= € 0,00

C	TOTALE = SOMMA A+B(B1)	€	2.272,32

D CANONE RIDOTTO (segnare con 1 la voce che interessa)

per affiliazione sportiva	0	0,50	= €	0,00
per canone ricognitorio	0	0,10	= €	0,00

E	Totale canone complessivo anno 2005 = C o D (se ricorre)	€	2.272,32 (*)

(*) Qualora il canone TOTALE E risulti inferiore al minimo tabellare pari a € 295,13 per concessioni di tipo annuale e pari a € 177,19 per concessioni di tipo stagionale, con decorrenza dal 1° gennaio 2005, si applica quest'ultimo.

F DETERMINAZIONE IMPORTO ANNUO DELLA PRESENTE CONCESSIONE:

Totale complessivo canone	€	2.272,32
Imposta Regionale (10%)	€	227,23
Imposta di Bollo	€	1,81
TOTALE F	€	2.501,36

data: Genova, 04/10/05

Il Tecnico Compilatore
Salvatore Fratia

Il Funzionario Responsabile
Geom. Augusto Ponchia

8.3. Interferenze del cantiere con le attività esercitate nelle aree demaniali

Come evidenziato nell'elaborato di progetto PD DS 310 e nell'elaborato PD SIA 04 – Quadro Progettuale (allegato 4.40), le attività di cantiere nelle aree demaniali verranno gestite secondo **tre fasi temporali.**

La prima fase di cantiere (fase A) interesserà parzialmente le aree del Circolo Dilettanti Pesca Marinetta e dei Bagni Capo Marina, con realizzazione delle seguenti opere:

a) messa in opera della protezione della costa posta più a ponente (dalla sez. 6 alla sezione 13 ca.);
b) deviazione della parte terminale del rio Marinetta;
c) costruzione del nuovo scalo di alaggio per la discesa a mare delle imbarcazioni.

In questa prima fase le aree in concessione ai Bagni Benvenuto non saranno interessate dalle lavorazioni, e potranno pertanto continuare le loro attuali attività.

Viceversa durante la fase A il Circolo Dilettanti Pesca Marinetta vedrà occupata la striscia di terreno in prossimità dell'esistente muro di delimitazione in c.a. (confine Marinetta-Capo Marina), mentre le aree in concessione ai Bagni Capo Marina saranno interessate solo marginalmente dal cantiere, in adiacenza agli esistenti campi da calcetto e da tennis.

La realizzazione delle opere previste in fase A (della durata complessiva di ~ 5 mesi) concluderà la prima fase del cantiere di valle e consentirà l'avvio delle lavorazioni propedeutiche alla costruzione del manufatto di sbocco (pali a mare e diaframmi), della galleria principale (imbocco di valle), nonché la realizzazione della scogliera di terra "lato levante" rispetto allo sbocco.

Per tali lavorazioni **(seconda fase di cantiere B)** si renderà necessario una nuova perimetrazione dell'area di cantiere che andrà ad interessare in parte la zona dei Bagni Benvenuto e la parte di levante delle aree del Circolo Pescatori (le aree precedentemente occupate per la realizzazione delle opere a), b) e c) torneranno invece ad essere nuovamente disponibili al circolo Marinetta), consentendo di accedere a mare mediante la nuova corsia di alaggio. I Bagni Capo Marina non saranno più interessati dai lavori, mentre l'occupazione della spiaggia dei Bagni Benvenuto sarà limitata alla porzione di terreno che, seguendo l'allineamento dello Scolmatore, si estende a ponente rispetto all'ultima arcata di Corso Italia.

Si evidenzia come le opere realizzate nell'ambito della fase di cantiere A sopra illustrate garantiranno la possibilità di discesa a mare per i membri del Circolo (mediante l'accesso al di sotto del primo volto di Corso Italia, la realizzazione di con corridoio in

adiacenza al muro in c.a. esistente e l'impiego della nuova corsia di alaggio – si veda tav. PD DS 310) durante le successive e più rilevanti (anche dal punto di vista della durata, specie per quanto riguarda la fase C) fasi delle lavorazioni.
Dal punto di vista realizzativo, nell'ambito di questa seconda fase B di cantiere - della durata di ~ 10 mesi - si prevedono le seguenti fasi esecutive:

1. dragaggio di imposta della scogliera di protezione "lato levante";
2. esecuzione di pali a mare;
3. esecuzione del riempimento dell'area delimitata dai pali (attualmente occupata dal mare);
4. realizzazione di diaframmi in c.a. (nonché della veletta in c.a. sul cordolo di sommità dei diaframmi "lato mare");
5. adeguamento della paratia di pali per realizzazione banchina per attracco (da utilizzare per l'allontanamento del materiale di smarino nonché per l'approvvigionamento di parte del materiale da costruzione: inerti, cemento, centine…);
6. realizzazione della scogliera di progetto "lato levante" (ossia compresa tra lo scalo di alaggio e la chiusura della protezione posta in prossimità della insenatura dello Stabilimento Benvenuto);
7. scavo nell'area interna ai diaframmi propedeutico alla realizzazione delle lavorazioni del cantiere della galleria principale (imbocco di valle).

La fase di cantiere B determinerà (come si evince dalla tavola PD1 DS 360) la massima occupazione delle aree demaniali, in virtù della necessità di operare da terra e da mare per la realizzazione delle opere poste a levante rispetto al manufatto di sbocco (come si evince dalla tavola PD1 DS 360).

Nell'ambito della terza ed ultima fase di cantiere (fase C, della durata complessiva di circa 70 mesi) si procederà alla realizzazione della galleria di adduzione principale (imbocco di valle) e del manufatto di sbocco a mare.
Le principali lavorazioni previste nella fase C sono quindi schematizzabili secondo quanto di seguito riportato:

1. galleria principale - imbocco di valle: realizzazione della galleria di adduzione principale;
2. al termine delle operazioni di scavo della galleria principale (imbocco di valle), scavo a sezione obbligata nell'area delimitata dai diaframmi ed eventuale impermeabilizzazione del fondo;
3. getto (previa messa in asciutta) del manufatto di sbocco;

4. demolizione pali e diaframmi “lato mare” e sistemazione finale della spiaggia.

La perimetrazione di cantiere studiata per questa ultima fase, di minore estensione rispetto a quella prevista durante la fase B, consentirà di limitare al massimo l’occupazione della piccola insenatura lato levante che oggi costituisce il principale accesso al mare per i bagni Benvenuto. Ciò consentirà la continuazione delle attività per lo stabilimento anche durante il cantiere (esattamente secondo quanto già avvenuto in fase di realizzazione della galleria del Deviatore del torrente Fereggiano).

A tale scopo verranno installate barriere di separazione, in grado di attutire gli impatti visivi ed acustici connessi alle attività di cantiere.

Anche il Circolo Marinetta potrà continuare a svolgere le proprie attività sfruttando il corridoio in prossimità del muro in c.a. di delimitazione con i Bagni Capo Marina.



Figura 1 – Cantiere per la realizzazione del Deviatore del T. Fereggiano (inizio anni ’90)



Figura 2 – Aree a disposizione dello Stabilimento Benvenuto durante la realizzazione del lavori del Deviatore

8.4. Inserimento paesistico dell'opera

Con riferimento all'**inserimento paesistico delle opere in progetto ed agli accorgimenti progettuali volti alla limitazione degli eventuali impatti**, si evidenzia come, in virtù della quota di sbocco posta a -6.30 m s.m.m., la sezione terminale del manufatto risulterà sommersa per circa 2/3 al di sotto del livello medio del mare, risultando di conseguenza in buona parte invisibile sia da terra sia da mare.
Per ottimizzare l'inserimento visivo dell'opera è stato peraltro previsto il taglio in sagoma della sezione terminale dell'opera, garantendone in tal modo il completo raccordo nella nuova scogliera di progetto (caratterizzata da una pendenza 2:1 e realizzata in massi naturali). Anche la vista da mare delle strutture di Corso Italia rimarrà sostanzialmente inalterata rispetto allo stato di fatto a meno della stretta strettamente interferente con la sagoma dello scolmatore, essendo prevista, al termine dei lavori, la ricostruzione delle arcate che saranno interrotte in fase costruttiva per la realizzazione dell'attacco di valle della galleria.

L'attuale andamento della linea di costa è il risultato di successivi interventi operati dall'uomo nel corso degli anni (riempimento artificiale della zona di Capo Marina, riempimento dell'area in concessione al Circolo Dilettanti Pesca per la realizzazione del cantiere del Deviatore del Fereggiano, ecc….).
Prima della realizzazione dei tali interventi la linea di battigia risultava infatti assai più arretrata rispetto allo stato di fatto, fino ad estendersi al di sotto delle arcate di Corso Italia agli inizi del '900. Come testimoniano le immagini di seguito riportate, a titolo di esempio, buona parte dell'area ad oggi utilizzata dal Circolo Dilettanti Pesca della Marinetta è costituita dal riempimento effettuato per la realizzazione del cantiere della galleria del Fereggiano (*Figura 8* , *Figura 9*).

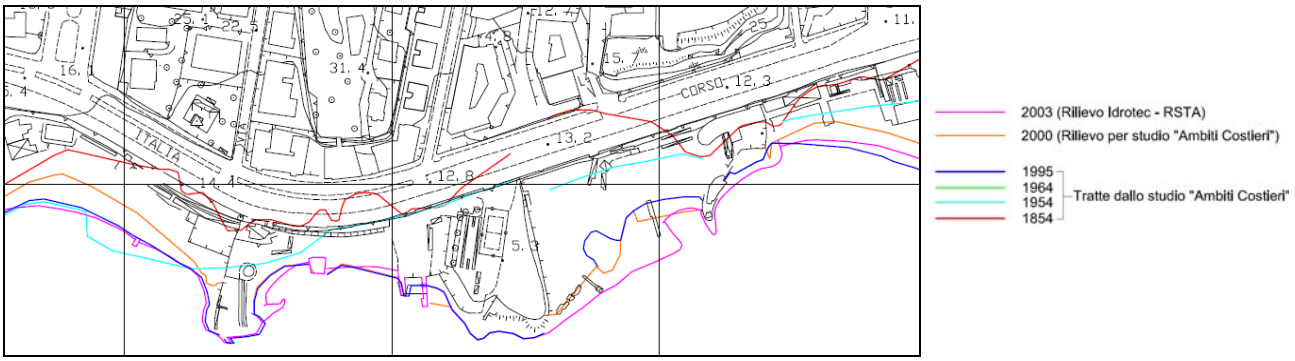


Figura 3 – Confronto delle linee di costa storiche (tratto da progetto di riqualificazione e sistemazione della costa dalla foce a Boccadasse – a cura di IDROTEC).





Figura 4 , Figura 5 – Andamento della linea di costa in corrispondenza delle aree di Capo Marina e Circolo Marinetta prima della realizzazione del cantiere per la realizzazione del Deviatore del T. Fereggiano (fine anni ’80).





Figura 6, Figura 7 – Vista da Benvenuto verso Capo Marina alla fine degli anni ’80 e nello stato di fatto.





Figura 8 , Figura 9 – Aree attualmente in concessione al Circolo Dilettanti Pesca Marinetta durante la realizzazione del Deviatore del T. Fereggiano e nello stato di fatto.

La configurazione dell’opera studiata e sviluppata ha consentito un ottimale inserimento e raccordo nell’attuale linea di costa non solo del manufatto di sbocco, ma anche delle opere di protezione (scogliera di terra) ad esso connesse: a levante salvaguardando la piccola baia esistente, che costituisce l’unico accesso a mare degli stabilimenti Benve-

nuto (*Figura 10*); a ponente minimizzando l'avanzamento dell'attuale battigia e ripristinando e proteggendo le aree a tergo dell'attuale scogliera, attualmente interessate da imponenti fenomeni erosivi (*Figura 11* – Capo Marina) e di sormonto in occasione delle mareggiate di libeccio più intense (aree occupate dal Cicolo Marinetta).



Figura 10 – Insenatura di accesso a mare Stabilimento Benvenuto



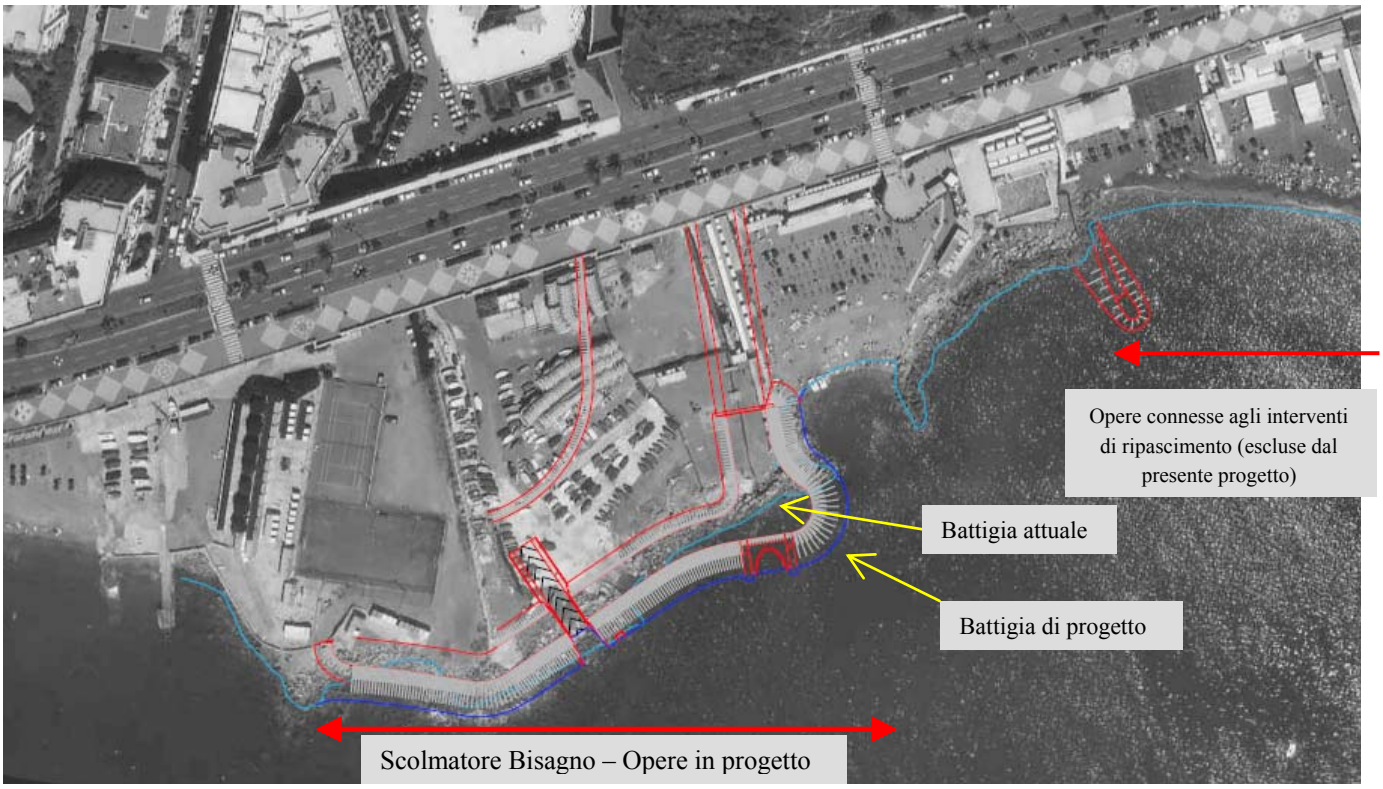
Figura 11 - Stato di fatto: attuale danneggiamento della difesa di costa a ponente rispetto allo sbocco della galleria (Capo Marina)

L'impatto visivo connesso alla realizzazione delle opere in progetto può essere valutato sulla base delle ricostruzioni (*rendering*) riportate nell'elaborato PD SIA 05 - Quadro Ambientale (allegato 5.3) allegato al PD 2007.

Alla luce delle considerazioni sopra esposte e valutando i numerosi vincoli di natura tecnica (corretto funzionamento idraulico della galleria, condizioni di livelletta imposti all'interferenza ferroviaria a monte, stabilità dell'opera nei confronti del moto ondoso estremo, ecc… - per maggiori dettagli si faccia riferimento a quanto riportato nell'elaborato PD1 RI 03), si deduce come la configurazione dello sbocco permetta di

rispondere al meglio sia ai requisiti di ordine tecnico sia di natura ambientale, garantendo un buon l'inserimento dell'opera nella linea di costa esistente, minimizzando l'impatto visivo del manufatto ed assicurando inoltre la fruibilità della spiaggia (non solo ad opere eseguite, ma anche durante i lavori, secondo quanto sviluppato al precedente punto).

In merito all'impatto visivo delle opere si segnala, ad esempio, come i numerosi approfondimenti ed affinamenti condotti nel corso dell'iter progettuale, con verifiche numeriche e mediante modello fisico, abbiano evitato sia il ricorso a tipologie di difesa di costa in cemento armato o realizzate con elementi poliedrici artificiali (tipo tetrapodi), sia, in alternativa, la creazione di un'opera di protezione a mare, che l'applicazione delle formule di letteratura indicavano in prima analisi come necessarie.



Per quanto concerne la **sistemazione ed organizzazione delle aree demaniali al termine dei lavori** (funzioni, disposizione degli spazi, sistemazione di eventuali manufatti), si evidenzia come tutta la zona di costa attraversata dalla galleria risulterà, ad opera eseguita, completamente fruibile con un sovralzo massimo localizzato di circa 1.0 - 1.5 m rispetto alle attuali quote del terreno (si veda elaborato progettuale PD1 DS 361 – Inserimento urbanistico).

Le caratteristiche geometriche e la tipologia del manufatto di sbocco progettato potrebbero quindi consentire, di fatto, il mantenimento delle attuali destinazioni d'uso e le medesime perimetrazioni delle aree, permettendo, nel contempo, una migliore organizzazione delle strutture balneari.

In proposito occorre ricordare che l'attuale stato dei luoghi è il risultato (come precedente accennato) e mantiene ancora tracce visibili del cantiere allestito nei primi anni '90 per la realizzazione del Deviatore del T. Fereggiano.





Figura 12, Figura 13 – Aree in concessione al Circolo Dilettanti Pesca Marinetta prima della realizzazione del cantiere per la realizzazione del Deviatore del T. Fereggiano.



Figura 14 – Aree in concessione al Circolo Dilettanti Pesca Marinetta prima della realizzazione del cantiere per la realizzazione del Deviatore del T. Fereggiano (foto fine anni '80).

Relativamente alle strutture attualmente presenti, la striscia di terreno al di sotto della quale si collocherà lo Scolmatore è occupata da attrezzature balneari su due livelli (cabine), realizzate con strutture di grande impatto predisposte nell'ambito dei lavori di scavo del Deviatore.




Figura 15, Figura 16 – Stato dei luoghi – Cabine su due livelli stabilimento Benvenuto

Al termine della realizzazione delle opere in progetto, tali strutture potrebbero essere ricostruite dove attualmente presenti, collocandole al di sopra dell'area che verrà occupata dalla galleria.

In merito alla fruibilità della spiaggia a lavori conclusi, si rileva in particolare come le opere in progetto abbiano consentito, come espressamente richiesto dai Concessionari, il miglioramento dell'attuale accesso al mare del Circolo della Marinetta (nuova corsia di alaggio più larga rispetto all'esistente) e siano state tracciate tenendo conto di altri progetti di riqualificazione in fase di studio (si veda zonizzazione a scopi di balneazione e per deposito imbarcazioni in fase di stesura - febbraio 2006 - per conto del Circolo Marinetta).

L'elaborato progettuale PD1 DS 361 illustra le opere dal punto di vista della progettazione strutturale (prevedendo una gradinata nel tratto immediatamente a valle di Corso Italia), inserendole nel contesto ambientale, prescindendo dalla futura sistemazione delle aree in concessione; tuttavia la sistemazione finale dei luoghi è stata rappresentata nel *rendering* allegato al SIA, evidenziando anche la possibilità di mascherare completamente il manufatto della galleria con materiale di spiaggia. Ciò peraltro non esclude altre possibilità, come ad esempio il posizionamento di cabine sulla striscia occupata dallo scolmatore o la realizzazione di accessi da Corso Italia.

Si ritiene comunque che il dettaglio della sistemazioni finali, come d'altronde gli altri aspetti connessi all'effettiva riorganizzazione e disposizione delle aree e delle concessioni demaniali ad opere concluse, travalichino le competenze dei progettisti, essendo di

stretta pertinenza del Comune di Genova e da questo delineate in sede di Piano di Utilizzazione delle Aree Demaniali (PUD), ovvero dei Concessionari stessi.

9. APPENDICE: ULTERIORI INTEGRAZIONI AL SIA RICHIESTE DALL'UFFICIO VIA DELLA REGIONE LIGURIA

9.1. Impatto della cantierizzazione sul rischio di inondazione

L'elemento geometrico principale che condiziona l'entità della tracimazione di una struttura di difesa come quella in progetto, a parità di condizioni di moto ondoso incidente, è l'altezza della cresta. Ulteriori parametri influenzanti sono la permeabilità della struttura, la pendenza della mantellata, la larghezza della berma.
Nel caso specifico, la protezione della linea di costa in progetto è stata dimensionata assumendo una pendenza della scogliera pari a 2:1 e un'altezza di cresta di +5.00 m s.m.m. (con un sovralzo di ca. 1.00 m rispetto all'attuale difesa).
Tale quota è stata determinata sulla base delle seguenti valutazioni:

- garantire un'adeguata protezione del manufatto di sbocco in c.a. Scolmatore;
- limitare i fenomeni di sormonto (*overtopping*) a tergo della difesa in occasione delle mareggiate più intense;
- limitare l'impatto visivo connesso alla realizzazione dell'opera, contenendo l'altezza della difesa rispetto alla quota finita della spiaggia posta a tergo di essa;
- consentire un ottimale raccordo della protezione con le attuali linee del territorio (ad esempio col muro in c.a. di delimitazione tra Dilettanti Pesca Marinetta e Stabilimento Capo Marina, avente una quota di sommità prossima a 5.00 m s.m.m.).

Le verifiche effettuate su modello fisico sulla configurazione di difesa così dimensionata hanno evidenziato una leggera tracimazione (*overtopping*) in occasione delle mareggiate più intense (T_r = 100 anni e superiori) testate.
In virtù delle verifiche sperimentali condotte, la quota fissata per la sommità della difesa è stata ritenuta soddisfacente, non comportando problematiche di stabilità e sicurezza per la mantellata e tenendo anche in considerazione dell'assenza di strutture sensibili (costruzioni, infrastrutture, ecc…) a tergo da proteggere.
Per contro l'inserimento paesaggistico ed il raccordo con le strutture esistenti risulta in questo modo ottimale.
Per quanto concerne il periodo di cantiere, la realizzazione dell'opera di sbocco a mare avverrà secondo le 3 fasi descritte nell'elaborato PD1 CL 01 (riprese nel dettaglio anche nel *paragrafo 7.2* del documento di integrazione di VIA elaborato nel marzo 2007) ed illustrate nella tavola di progetto PD1 DS 360.
In merito quindi alla sicurezza idraulica in fase di costruzione dell'opera di sbocco, si evidenzia come la realizzazione della nuova scogliera di terra avverrà in parte da terra

ed in parte da mare in condizioni ordinarie. A scogliera conclusa le condizioni di sicurezza per l'area interessata dalle lavorazioni e dall'allestimento del cantiere di valle saranno maggiori rispetto alle attuali.

Per quanto riguarda poi la costruzione del manufatto di sbocco e l'attacco di valle della galleria principale, la realizzazione di diaframmi provvisionali intestati in roccia, mediante sistema ad idrofresa per garantire l'ottimale ancoraggio al substrato roccioso, consentirà la creazione di un'area di lavoro chiusa all'interno della quale potranno essere effettuati in condizioni di massima sicurezza le operazioni di getto delle strutture.

Le valutazioni di tracimazione della scogliera in fase di realizzazione delle opere devono in questo caso essere effettuate tenendo a riferimento un periodo di ritorno inferiore rispetto al massimo di progetto. Ad esempio, considerando mareggiate di libeccio e tempi di ritorno T_r = 5 anni (vale a dire dell'ordine della durata del cantiere stesso) si ottengono, applicando lo schema semplificativo di propagazione del moto ondoso adottato in fase di progettazione delle opere (*Kamphius J.W.*, *Coastal Engineering 1991*, con incremento dovuto al coefficiente di profondità – *shoaling*), un'altezza significativa di onda incidente la struttura pari a 3.60 m ca. (sulla profondità di 8 m). Ciò a fronte dell'altezza significativa massima incidente di progetto T_r = 100 di 5.20 m (valutata sulla medesima profondità) ed all'altezza limite testata su modello (135%* T_r100 – si veda p. 24 elaborato PD1 RI 03) di 5.67 m s.m.m..

Alla luce di tali considerazioni e tenendo conto delle fasi di cantierizzazione previste, che prevedono, come precedentemente evidenziato, l'esecuzione del manufatto in c.a. e del cantiere di imbocco di valle della galleria principale solo al termine della realizzazione della protezione di costa, si evince come le condizioni siano tali da garantire la massima sicurezza anche in fase realizzativa delle opere.