Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

PROVVEDITORATO PER LE OPERE PUBBLICHE
PIEMONTE VALLE D'AOSTA LIGURIA

COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE

PROGETTAZIONE DEFINITIVA
PER LA REALIZZAZIONE DI UN CANALE SCOLMATORE E SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI TORRENTI SAN SIRO E MAGISTRATO IN COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE (GE)

RELAZIONE INTERAZIONI DINAMICA LITORANEA



Progettazione

D'APOLLONIA S.P.A

BETA STUDIO S.R.L

MONTALDO ENGINEERING S.R.L

GEOTECHNICAL SERVICES S.R.L

STEGEO

Coordinatore della Progettazione
(Provveditorato per le OO.PP.)
Dr. Ing..Francesco Caldani

Responsabile del Procedimento
(Provveditorato per le OO.PP.)
Dr. Ing..Alessandro Pentimalli

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

INDICE

Pagina

ELENCO DELLE TABELLE **ii**

ELENCO DELLE FIGURE **iii**

1 PREMESSA 1

2 ANALISI DEL CLIMA ONDOSO 2

2.1 DESCRIZIONE DEL PARAGGIO E DETERMINAZIONE DEI FETCH GEOGRAFICI ED EFFICACE 2

2.2 IL CLIMA ONDOSO AL LARGO 3

2.3 IL CLIMA ONDOSO INCIDENTE SULLA COSTA 3

2.3.1 ALTEZZA D'ONDA ALLO SBOCCO DELLA GALLERIA 6

2.3.2 ALTEZZA D'ONDA ALLO SBOCCO DEI TORRENTI MAGISTRATO E S. SIRO 6

3 ASPETTI DI TRASPORTO LITORANEO 8

4 IL RIEMPIMENTO TEMPORANEO PER L'ISTALLAZIONE DEL CANTIERE 11

4.1 DIMENSIONAMENTO DELLA SCOGLIERA FRANGIFLUTTI 12

5 PROVENIENZA DEI MATERIALI 17

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella No.	Titolo
1	Valori delle onde al largo all'interno del settore di traversia
2	Risultanze del modello di propagazione per le diverse batimetriche
3	Altezze d'onda agli sbocchi
4	Volumi dei materiali per la realizzazione delle scogliera

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

ELENCO DELLE FIGURE

Figura No.	Titolo
1	Stralcio della carta nautica (Golfo Marconi): tratto tra P.ta Pedale e P.ta Bagno delle Donne
2	Schema di calcolo dell'onda incidente dalla batimetrica -20 m a costa. La lunghezza della scarpata dove responsabile del fenomeno della riflessione è l
3	Angolo rispetto al Nord di traversia degli sbocchi dei due torrenti: in blu quello del Torrente Magistrato in celeste quello del S. Siro
4	Tendenza evolutiva del litorale con il metodo di DEAN (DEAM, 2004)
5	Tendenza evolutiva del litorale con il metodo di Larson – Kraus (DEAM, 2004)
6	Estensione massima del riempimento con gli ingombri di cantiere
7	Sezione della scogliera di protezione e occupazione delle aree di riempimento

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

RAPPORTO
RELAZIONE INTERAZIONI DINAMICA LITORANEA
PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN CANALE SCOLMATORE E SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI TORRENTI S. SIRO E MAGISTRATO IN COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE E ATTIVITÀ COMPLEMENTARI ALLA PROGETTAZIONE

1 PREMESSA

La presente relazione esamina il moto ondoso nella zona di Punta Pedale, dove cioè sbocca la galleria scolmatrice in progetto, al fine di definire la condizione idraulica di contorno a valle per il funzionamento della galleria e la sollecitazione ondosa per il dimensionamento della scogliera di protezione del ripascimento, su cui verrà realizzato il cantiere.

Tale ripascimento di tipo temporaneo, è in prosecuzione di quello permanente previsto per il parcheggio antistante il depuratore.
È stato anche analizzata l'interazione con la dinamica litoranea del materiale in sospensione trasportato dalla corrente di piena, evidenziando come, essendo il litorale in erosione, tale materiale verrà subito allontanato dall'azione del moto ondoso.

L'analisi del moto ondoso e della relativa dinamica litoranea fa riferimento allo studio Idraulico Marittimo (DEAM, 2004) relativo al progetto dell'impianto di depurazione di P.ta Pedale, per cui è stato realizzato un apposito modello numerico di trasferimento del moto ondoso dal largo a costa. A tale studio ci si riferisce per ulteriori approfondimenti, mentre di seguito sono riportate in modo sintetico le conclusioni dello studio propedeutiche al progetto in esame.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

2 ANALISI DEL CLIMA ONDOSO

2.1 DESCRIZIONE DEL PARAGGIO E DETERMINAZIONE DEI FETCH GEOGRAFICI ED EFFICACE

L'area di studio è situata a Sud del porto di S. Margherita Ligure, tra P.ta Bagno delle Donne e P.ta Pedale a Sud. L'area è caratterizzata da una batimetria tipica delle coste rocciose con una fascia parallela alla costa e con isobate molto ravvicinate.

Il settore di traversia è costituito da un fetch principale nel settore tra 110 ° N e 175° N determinato anche con analisi di backtracking con modello numerico (DEAM 2004).



Figura 1 - Stralcio della carta nautica (Golfo Marconi): tratto tra P.ta Pedale e Pta Bagno delle Donne

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

2.2 IL CLIMA ONDOSO AL LARGO

Le altezze d'onda al largo, in condizioni di profondità illimitata, sono calcolate sulla base delle registrazioni ondametriche della boa di La Spezia, tramite il modello probabilistico di Weibull:

$$F_w(w) = 1 - \exp(-\frac{w}{\alpha})^{\beta}$$

utilizzato per il calcolo in frequenza.

Tabella 1: Valori delle onde al largo all'interno del settore di traversia

	Tempo di Ritorno							
Dir	1 anno		10 anni		25 anni		100 anni	
(°N)	Hs (m)	Ts (s)	Hs (m)	Ts (s)	Hs (m)	Ts (s)	Hs (m)	Ts (s)
120	1.8	5.5	2.3	6.2	2.5	6.4	2.8	6.8
150	2.3	6.2	2.9	7.0	3.1	7.2	3.5	7.6
180	3.0	7.1	3.9	8.1	4.3	8.5	4.8	8.9

2.3 IL CLIMA ONDOSO INCIDENTE SULLA COSTA

Nella propagazione dal largo, o profondità illimitata, verso riva, la perturbazione ondosa subisce una deformazione per l'interazione con il fondo dovuta ai fenomeni di rifrazione, riflessione, shoaling ed attrito.
Tali fenomeni concorrono come ben noto a modificare l'altezza dell'onda e la direzione di propagazione. Data la esigua pendenza del fondo dalla zona di profondità illimitata sino alla batimetrica di -20 m, il fenomeno della riflessione può essere ritenuto trascurabile.

Per tale motivo l'altezza d'onda incidente è data da:

$$H_i = H_0 K_r K_s K_f$$

dove i coefficienti K interpretano rispettivamente i fenomeni della rifrazione, di shoaling e di attrito.
Tale analisi condotta attraverso i piani d'onda permette la definizione dell'altezza d'onda e del fronte di propagazione per le diverse condizione di agitazione

Come si legge nella relazione per il depuratore di P.ta Pedale (DEAM 2004), per la morfologia della costa, il calcolo dell'onda incidente tra la batimetrica -20 m e il litorale è stato eseguito tramite la teoria lineare, essendo verificata l'ipotesi che la lunghezza della scarpata "l" sia molto minore alla lunghezza d'onda "L".

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

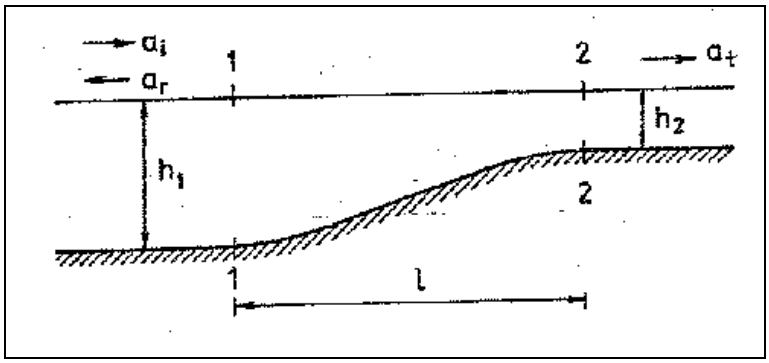


Figura 2 - Schema di calcolo dell'onda incidente dalla batimetrica -20 m a costa. La lunghezza della scarpata dove responsabile del fenomeno della riflessione è l.

In tale ipotesi vengono calcolati i coefficienti di trasmissione a_t e di riflessione a_i, che assumono rispettivamente le seguenti espressioni:

$$a_t = \frac{2(1+G_1)L_1}{(1+G_2)L_1 + (1+G_1)L_2}$$

$$a_r = \frac{(1+G_2)L_1 - (1+G_1)L_2}{(1+G_2)L_1 + (1+G_1)L_2}$$

dove:

$$G = \frac{2Kh}{\sinh(kh)} \text{ e } k = \frac{2\pi}{L}$$

Nella Tabella 2 di seguito, si riportano le risultanze del modello di propagazione descritto per i diversi periodi di ritorno, per le diverse batimetriche.

Si fa presente che, allorché il rapporto tra la profondità h e l'altezza d'onda H è pari 1,25, si ha il frangimento dell'onda, pertanto l'altezza d'onda rimane influenzata dalla sola profondità.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

Tabella 2: Risultanze del modello di propagazione per le diverse batimetriche

PERIODO DI RITORNO: 1 ANNO						
Prof. (m)	DIREZIONE DI PROVENIENZA AL LARGO					
	120 T= 5.5		150 T= 6.2		180 T= 7.1	
	H_s (m)	Dir (°N)	H_s (m)	Dir (°N)	H_s (m)	Dir (°N)
10	1.6	119	2.0	142	1.9	155
9	1.6	118	2.0	141	1.8	153
8	1.6	118	2.0	140	1.8	151
7	1.6	118	2.0	138	1.8	148
6	1.6	117	2.0	136	1.8	145
5	1.7	117	2.0	134	1.8	142
4	1.7	116	2.0	132	1.8	138
3	1.8	115	2.1	129	1.9	135
2	1.6 *	114	1.6 *	125	1.6 *	129

PERIODO DI RITORNO: 10 ANNI						
Prof. (m)	DIREZIONE DI PROVENIENZA AL LARGO					
	120 T= 6.2		150 T= 7.0		180 T= 8.1	
	H_s (m)	Dir (°N)	H_s (m)	Dir (°N)	H_s (m)	Dir (°N)
10	2.1	118	2.5	140	2.3	148
9	2.1	118	2.5	138	2.3	146
8	2.1	117	2.5	137	2.3	144
7	2.1	117	2.5	135	2.4	142
6	2.1	116	2.5	133	2.4	139
5	2.2	116	2.6	131	2.4	137
4	2.1	115	2.6	129	2.5	133
3	2.3	114	2.4 *	127	2.4 *	130
2	1.6 *	113	1.6 *	123	1.6 *	127

(*) Nota: altezza d'onda massima ammissibile alla profondità corrispondente

PERIODO DI RITORNO: 25 ANNI						
Prof. (m)	DIREZIONE DI PROVENIENZA AL LARGO					
	120 T= 6.4		150 T= 7.2		180 T= 8.5	
	H_s (m)	Dir (°N)	H_s (m)	Dir (°N)	H_s (m)	Dir (°N)
10	2.3	118	2.6	139	2.6	148
9	2.3	118	2.6	138	2.6	146
8	2.3	117	2.7	136	2.6	144
7	2.3	117	2.7	135	2.6	142
6	2.3	116	2.7	133	2.7	139
5	2.4	116	2.7	131	2.7	137
4	2.5	115	2.8	129	2.7	133
3	2.4 *	114	2.4 *	126	2.4 *	130
2	1.6 *	113	1.6 *	123	1.6 *	126

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

PERIODO DI RITORNO: 100 ANNI						
Prof. (m)	DIREZIONE DI PROVENIENZA AL LARGO					
	120		150		180	
	T= 6.8		T= 7.6		T= 8.9	
	H_s (m)	Dir (°N)	H_s (m)	Dir (°N)	H_s (m)	Dir (°N)
10	2.5	118	3.0	138	2.9	146
9	2.6	117	3.0	136	2.9	144
8	2.6	117	3.0	135	2.9	142
7	2.6	116	3.0	133	3.0	140
6	2.6	116	3.0	132	3.0	138
5	2.7	115	3.1	130	3.1	135
4	2.8	115	3.2 *	128	3.2 *	133
3	2.4 *	114	2.4 *	125	2.4 *	129
2	1.6 *	113	1.6 *	122	1.6 *	125

(*) Nota: altezza d'onda massima ammissibile alla profondità corrispondente

2.3.1 Altezza d'onda allo sbocco della galleria

L'analisi del capitolo precedente permette di individuare allo sbocco della galleria una condizione di valle definita da un'onda di periodo T = 7,6 s e altezza frangente H pari a 1,6 m.

Tale altezza deriva dall'aver considerato l'onda frangente, relativa alla profondità dello sbocco della galleria di 1,5 m e considerando l'incremento dovuto al sopralzo di tempesta di circa 0,5 m.

2.3.2 Altezza d'onda allo sbocco dei Torrenti Magistrato e S. Siro

Le foci dei Torrenti Magistrato e S. Siro, entrambi a Nord della diga foranea del porto di Santa Margherita, presentano un settore di traversia dello sbocco pari a 90 ° e 120 ° rispettivamente.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

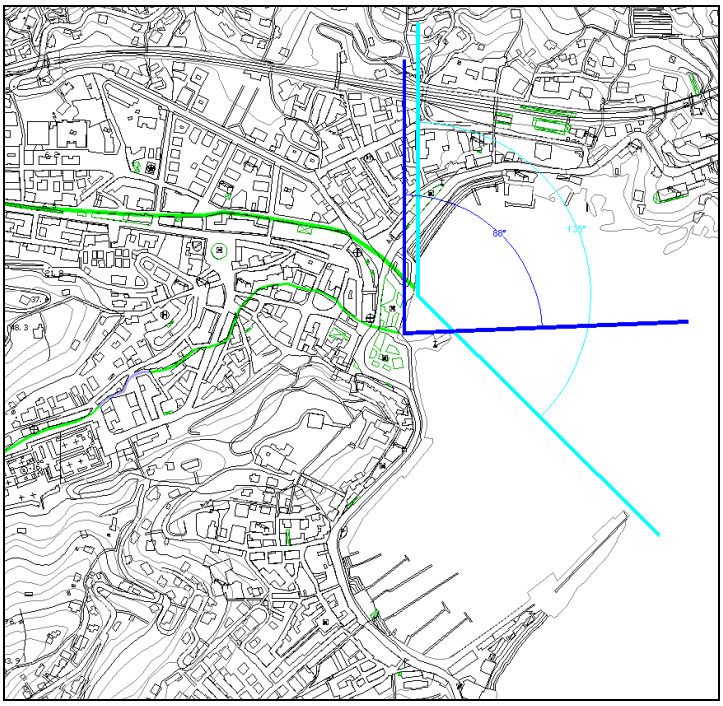


Figura 3 - Angolo rispetto al Nord di traversia degli sbocchi dei due torrenti: in blu quello del Torrente Magistrato, in celeste quello del S. Siro

Anche in questo caso la batimetria antistante la foce dei due corsi d'acqua condiziona la massima altezza d'onda che può istaurarsi.

In particolare considerando ancora un sormonto di tempesta pari a 0,5 m si ottengono le seguenti altezze d'onda frangente:

Tabella 3 – Altezze d'onda agli sbocchi			
	Profondità (m)	**profondità + sormonto (m)**	**H (m)**
Sbocco Galleria	1,5	2	1,6
Foce S. Siro	1,4	1,9	1,5
Foce Magistrato	1	1,5	1,2

dove il legame tra profondità e altezza d'onda è espresso da: H= h/1,26.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

3 ASPETTI DI TRASPORTO LITORANEO

Lo studio predisposto per il Depuratore di Pta Pedale affronta il problema della caratterizzazione del trasporto litoraneo evidenziando che il trasporto trasversale è diretto principalmente verso il largo, quello longitudinale è monodirezionale e diretto sempre verso Nord e avviene in prevalenza sui bassi fondali.

Il trasporto litoraneo, che è potenzialmente elevato a causa della forte energia delle onde incidenti, risulta in realtà trascurabile poiché i fondali di punta del Pedale sono costituiti da materiali grossolani (ciottoli e ghiaia) e completa assenza di materiali fini. Questo avviene sia per la mancanza di rifornimento di materiale sedimentabile da sud verso nord, sia per la fenomenologia di potenziale erosione, peculiare dell'area in esame, che tende a rimuovere l'eventuale sedimento trasportandolo verso il largo[1].
Ciò viene dimostrato applicando l'approccio di DEAN Dean e di Larson –Kraus, validi per spiagge di sabbia, che evidenziano per le onde che arrivano a Pta Pedale la tendenza all'erosione dell'eventuale materiale solido (Figura 3 e Figura 4).

Nel grafico di Dean viene riportato sulle ascisse la variabile $G_0 = \frac{\pi W(d_{50\%})}{gT}$ e sulle ordinate la ripidità dell'onda al largo H_0 / L_0, dove W è il peso del granulo medio della curva granulometrica, T il periodo dell'onda e Ka retta di equazione $H0/L0 = 5{,}5\frac{W\pi}{gT}$ distingue la zona di erosione da quella di accumulo nel piano H_0 / L_0, G0.
Nel successivo grafico di Kraus sulle ordinate è sempre riportatati la ripidità dell'onda mentre sulle ascisse il valore $N_0 = Ho/WT$, dove ancora una volta H0 è l'altezza d'onda, W il peso del granulo medio e T il periodo in secondi dell'onda.

[1] Comune di S. Margherita , "Impianto di depurazione di Pta Pedale - Studio idraulico marittimo", DEAM srl, 2003.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

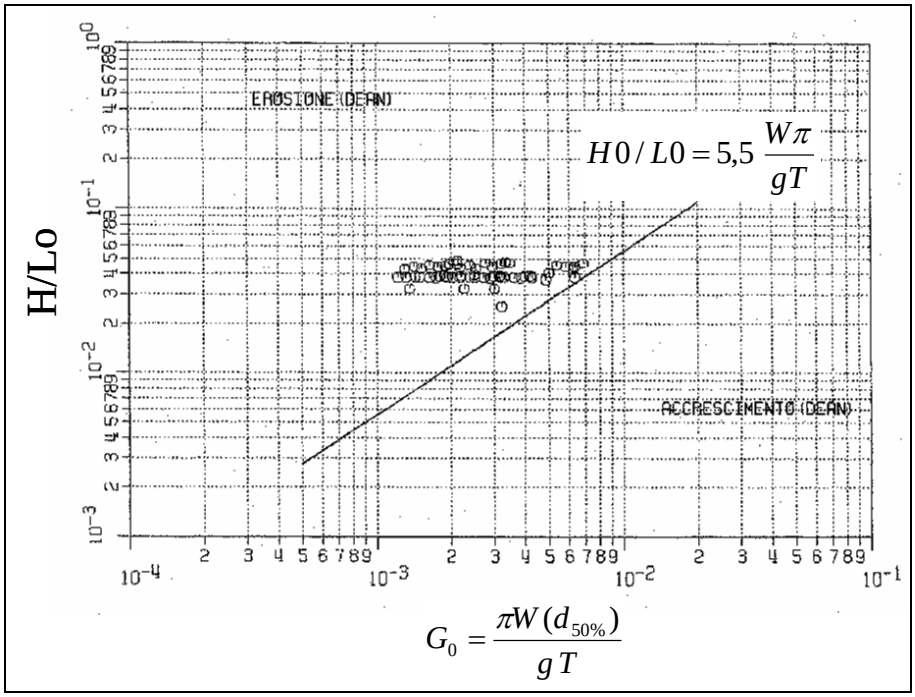


Figura 4 - Tendenza evolutiva del litorale con il metodo di DEAN (DEAM, 2004)

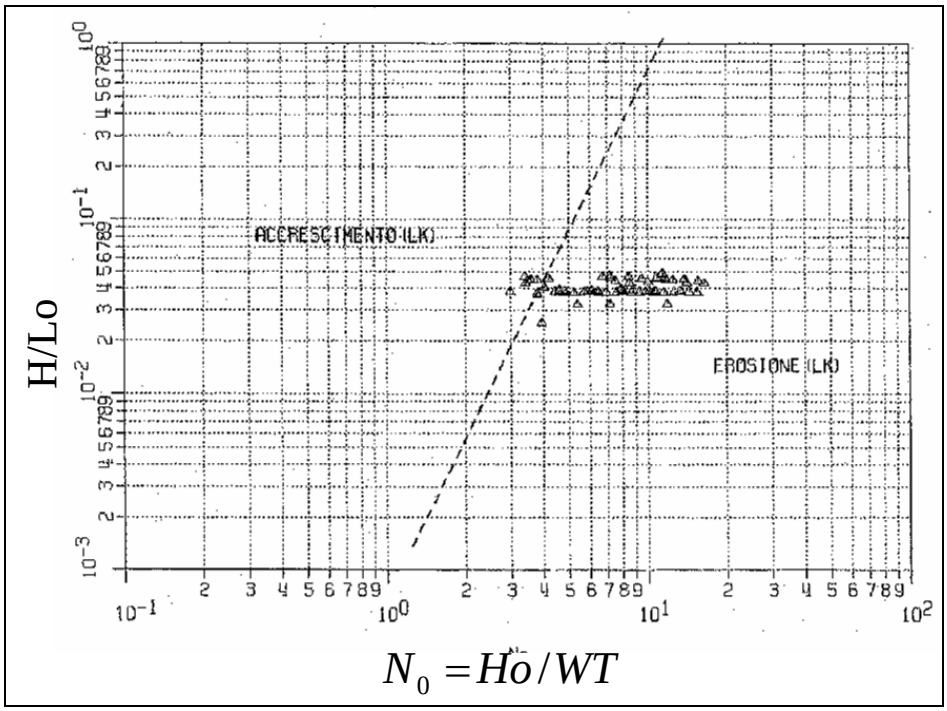


Figura 5 - Tendenza evolutiva del litorale con il metodo di Larson – Kraus (DEAM, 2004)

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

La galleria in tale area non apporta nessun contributo in termini di materiali grossolani o trasporto solido di fondo d'alveo, al trasporto litoraneo; sia perché si tratta di uno scolmatore che entra in funzione solo per eventi di piena di tempo di ritorno di circa tre anni e di breve durata, sia perché le opere di presa sia del T. S. Siro che del T. Magistrato sono appositamente progettate per evitare trasporto di materiale di fondo nella galleria (Relazione Idraulica e di Trasporto Solido, Elaborati ID-R02 e ID-R04 rispettivamente).

L'unico trasporto solido presente è quello in sospensione trasportato durante i soli eventi di piena, che data l'esigua granulometria è poi allontanato dall'azione erosiva del mare. In definitiva il trasporto solido al fondo continua ad interessare gli alvei dei torrenti, mentre l'apporto solido della galleria sul litorale è praticamente trascurabile. Solo l'eventuale intasamento dei manufatti di presa e l'interramento delle soglie di sfioro potrebbero causare l'ingresso di materiale solido dei torrenti nella galleria scolmatrice.
Tale eventualità può comunque essere evitata attraverso una manutenzione ordinaria che dovrà prevedere il controllo periodico delle opere di presa.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

4 IL RIEMPIMENTO TEMPORANEO PER L'ISTALLAZIONE DEL CANTIERE

L'area di cantiere, in corrispondenza dello sbocco a mare sarà realizzata attraverso un riempimento di materiale naturale di cava ottenibile dallo smarino della galleria. La realizzazione del riempimento avverrà in due fasi: la prima si realizzerà con una superficie minima, pari a circa 700 mq per permettere l'attacco della galleria e quindi l'inizio dello scavo vero e proprio; la seconda prevederà il completamento dell'area di cantiere con una superficie di ulteriori 2550 mq con materiale proveniente dallo smarino della galleria. La quota media del piano di calpestio del riempimento sarà di circa 1,5 m sul l.m.m..

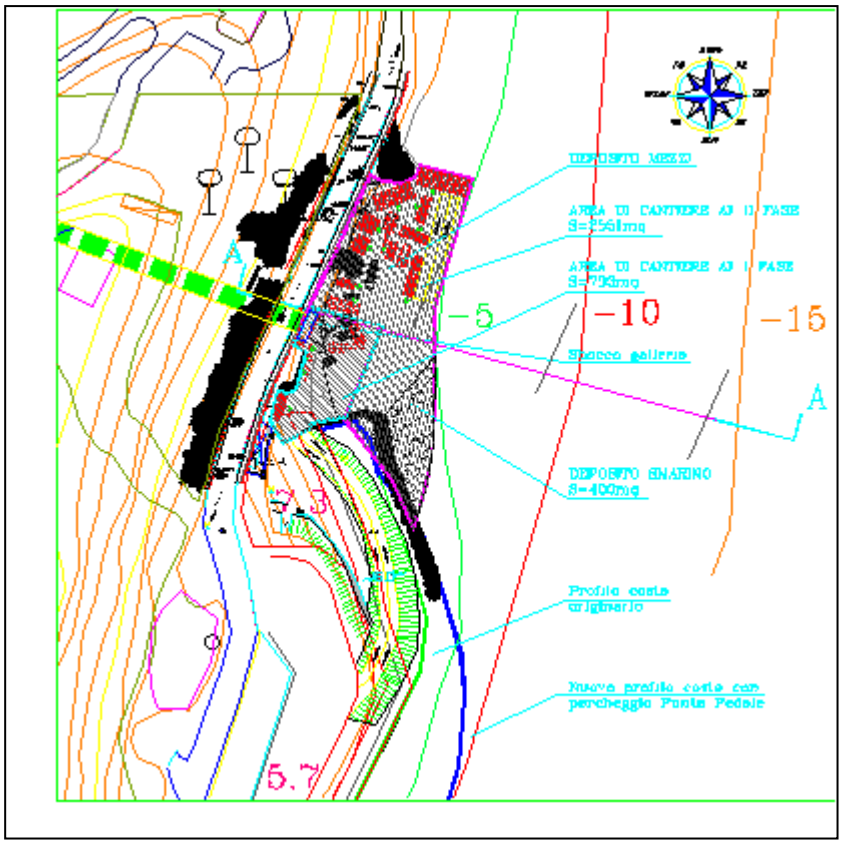


Figura 6 - Estensione massima del riempimento con gli ingombri di cantiere

La realizzazione del riempimento verrà eseguita costruendo dapprima la scogliera frangiflutti, che costituisce il limite esterno dell'area di cantiere finale, quindi riempiendo lo specchio d'acqua ormai protetto con lo smarino della galleria.

Tale tipo di realizzazione permette da un lato di proteggere il materiale fine da un'erosione non voluta a seguito di mareggiate, ma ha anche una valenza ambientale

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

in quanto confina il deposito e quindi gli aspetti di intorbidamento dell'acqua in una zona ben definita a terra della linea delle poseidone.

Il volume di materiale proveniente dallo smarino della galleria e necessario a riempire il "bacino di colmata" a tergo della scogliera è di circa 11000 mc. Ipotizzando che lo smarino abbia una porosità di circa 0,5-0,6 l'area di cantiere sarà completa dopo la perforazione dei primi 150 metri di galleria. Oltre tale lunghezza il materiale sarà smaltito su pontoni che grazie al riempimento potranno attraccare e caricarlo.

4.1 DIMENSIONAMENTO DELLA SCOGLIERA FRANGIFLUTTI

La realizzazione della scogliera verrà realizzata prima del riempimento stesso attraverso un pennello rifornitore, infatti la sua realizzazione antecedente alla realizzazione del riempimento ha lo scopo non solo di proteggere le aree di cantiere dal moto ondoso ma anche di confinare lo sversamento del materiale di smarino proteggendo quindi la qualità dello specchio d'acqua.

La realizzazione della scogliera di protezione al riempimento verrà realizzata in massi naturali sovrapposti con uno strato di mantellata ed uno filtro (Figura 7).

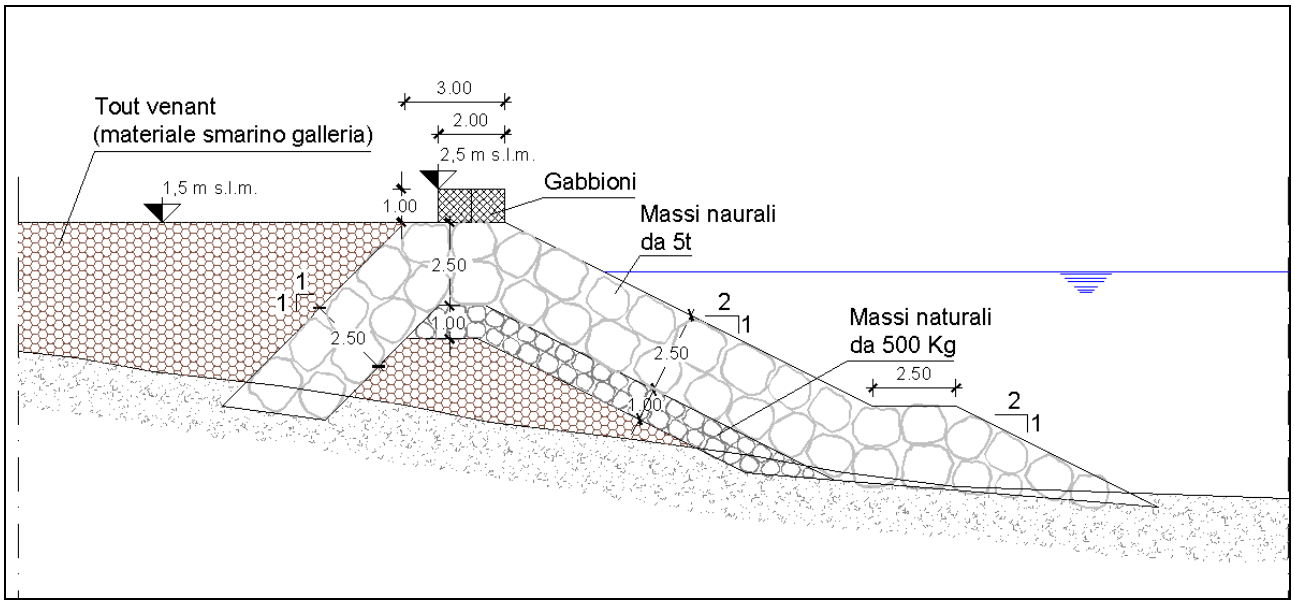


Figura 7 - Sezione della scogliera di protezione e occupazione delle aree di riempimento

Il dimensionamento del masso di mantellata è stato calcolato tramite il confronto di formulazioni semi empiriche, quella di Hudson e quella di Van de Meeer. Infatti la formulazione di Hudson vale nelle ipotesi che il rapporto tra la profondità (h) e la

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

lunghezza d'onda (L) sia di h/L = 0,15: 0,5 mentre, nel caso in esame, con profondità di 6,0 m ed una lunghezza d'onda di 49 m il valore del rapporto è pari a 0,14.

L'altezza d'onda di progetto è stata calcolata pari a 3,5 m con un periodo T=7 sec ed una lunghezza d'onda al largo di 76 m. Tale valore, corrisponde all'altezza definita nell'analisi meteoclimatica a costa, per una profondità antistante l'opera per 100 anni di periodo di ritorno, per il settore di traversia di 150° pari a 3,0 m a cui è stato aggiunto 0,5 come livello di tempesta.

L'espressione di Hudson[2] [3] per la stima del peso dei massi di mantellata è la seguente:

$$W_m = \frac{W_r H_D^3}{K_D X^3 \cot\alpha} = \frac{2{,}5 * 3{,}5^3}{4 * 1{,}427^3 * 2} = 4{,}61t$$

dove:

- H e l'altezza d'onda di progetto = 3,5 m;
- α è l'angolo della mantellata sull'orizzontale = 26,6;
- K_D è il coefficiente di stabilità o di danneggiamento in funzione delle caratteristiche dell'onda dello strato e del tipo di masso = 4;
- W_m è la massa di un elemento della mantellata dello strato esterno;
- W_r è la densità dei massi della mantellata pari a 2,5 (t/m^3);
- $X = W_{r/} / W_W - 1$ è la densità dei massi relativa a quella dell'acqua ($W_W = 1{,}03$ t/m^3, $W_r = 2{,}5$ t/m^3)= 1.427.

Per quanto riguarda il parametro di danneggiamento si è assunto il valore $K_D = 4$, poiché la mantellata è realizzata in massi naturali a spigolo vivo sollecitata da onde non frangenti.
La pendenza della mantellata è stata fissata pari a 1:2 al fine di contenere le dimensioni dei blocchi di mantellata. Il peso dei massi costituenti lo strato filtro è stato assunto pari a 1/10 del peso medio degli elementi di mantellata; il nucleo è invece costituito da massi di pezzatura non superiori a 50 kg.

[2] Cfr. pag. 40 in: British Standard (1991) Maritime Structures, Part 7, Guide to the design and construction of breakwaters, BS 6349, London.
[3] Cfr. pag. 558 in: Rossi, F. e F. Salvi (a cura di), (1986) *Manuale di Ingegneria Civile*, 2ª edizione, Ed. Sc. A. Cremonese, Roma.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

Il dimensionamento del masso di mantellata è stato effettuato anche con la relazioni di Van der Meer[4] sulla stessa geometria. Questa è valida per strutture a gettata al di fuori del campo di validità delle formulazioni di Hudson e soprattutto fanno dipendere il peso del masso di mantellata anche dalla lunghezza d'onda e dal numero di onde in una mareggiata.

$$\frac{H_s}{\Delta D_{50}} = 6.2\ \mathrm{p}^{0.18}\left(\frac{S}{\sqrt{N}}\right)^{0.2} \xi_m^{-0.5}$$

$$\frac{H_s}{\Delta D_{50}} = 1.0.p^{-0.13}\left(\frac{S}{\sqrt{N}}\right)^{0.2} \sqrt{\cot g\alpha}\,\xi_m^{\,p}$$

dove:

- H_s = altezza d'onda incidente;
- D_{50} = diametro caratteristico dei massi di mantellata;
- $\Delta = \gamma s / \gamma 0 - 1$;
- p = indice di permeabilità della struttura di mantellata;
- S = grado di danneggiamento;
- N = numero di onde della mareggiata di progetto;
- ξ_m = numero di Irribarren;
- ξ_{mc} = numero di Irribarren critico.

La prima delle due equazioni di Van de Meer è relativa al caso di frangimento di tipo "plunging" che si verifica allorchè il numero di Irribarren, ξm, risulta inferiore al valore critico ξmc. La seconda equazione si applica nel caso di frangimento di tipo "surging", che si verifica quando ξm, risulta superiore al valore critico ξmc.

I valori di ξm e ξmc risultano nel caso in esame:

$$\xi_m = tg\alpha\ \ s_m^{-0,5} = 0{,}5*0{,}046^{-0.5} = 2{,}34;$$

$$\xi_{mc} = \left(6{,}2\ \mathrm{p}^{0{,}31}\sqrt{tg\alpha}\right)^{\frac{1}{p+0{,}5}} = \left(6{,}2*0{,}2^{0{,}31}*\sqrt{0{,}5}\right)^{\frac{1}{0{,}2+0{,}5}} = 4{,}05$$

[4] Van der Meer[4], ICCE, 1992

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

dove, oltre ai simboli già indicati:

- s_m = ripidità dell'onda incidente valutata con riferimento al periodo medio del treno d'onde incidenti ($s_m = \frac{2\pi H_s}{g T_m^2} = \frac{H}{L_0} = \frac{3,5}{76} = 0,046$);
- T_m = periodo medio del treno d'onde incidenti ($T_m = 0,89\ T_s$);
- tgα = tangente dell'angolo di scarpa della mantellata;

Nel caso in esame a vantaggio di sicurezza si è posto:

- $T_s = T_m$;
- H_s = 3,5 m;
- T_s = 7 s;
- T_m= 7 s;
- L_0=76 m;
- s_m = 0,046;
- tgα = 0,5;
- p = 0,20.

Risultando nel caso in esame $\xi_m < \xi_{mc}$ la valutazione di D_{50} è stata effettuata mediante l'applicazione del frangimento di tipo "plunging", che fornisce un diametro D= 1,5 m cui corrisponde un masso (ipotizzato sferico) di peso 5,0 t.

Si può quindi concludere che la scogliera frangiflutti sarà realizzata con massi di 5 tonnellate (III categoria) in doppio strato con pendenza a mare di 1 su 2, e pendenza verso costa di 1 su 1. Lo strato filtro sarà realizzato con massi di 500 kg disposto con doppio strato. Il Nucleo sarà realizzato con tout venant di cava.

Nella tabella seguente si riportano i volumi di materiali necessari alla realizzazione della scogliera e provenienti da area esterna.

Tabella 4: Volumi dei materiali per la realizzazione della scogliera

Scogliera	L [m]	A [mq]	Volume [mc]
Massi 5t	123	51	6273
Massi 500kg	123	18	2214
Tout venant	123	26	3198

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

La mantellata sarà proseguita 1 metro oltre il piano del riempimento fino a quota 2,5 m realizzando in tal modo una protezione del piano di lavoro. Tale quota risulta il giusto compromesso tra la quota di run up raggiungibile dall'onda di progetto, la destinazione d'uso temporanea e l'impatto visivo.

In base a tale considerazioni la scogliera presenterà un'altezza fuori acqua di H= 0,7 Hs= 2,5 m, con uno spessore di circa 3,0 m.

BETA Studio s.r.l.
via Guido Rossa 29/A
35020 Ponte S.Nicolò (PD) ITALIA
info@betastudio.it
www.betastudio.it

5 PROVENIENZA DEI MATERIALI

In generale i materiali occorrenti per la costruzione delle opere proverranno da ditte fornitrici o da cave e località che l'esecutore riterrà di sua convenienza, purchè gli stessi siano rispondenti ai requisiti richiesti.

Le cave più prossime alle zone in esame sono: Cava Ventuin e Cava Costalunga (Comune di Ne), ditta Frantoio del Tigullio – massi di calcare; Cava Frisolino (Comune di Ne) ditta Alloro – massi rosso di Levanto; Cava di Acquafredda (Comune di Castiglione Chiavarese) ditta Acquafredda - massi di basalto.