Firmato digitalmente da
Tommaso Buschiazzo
CN = Buschiazzo Tommaso
O = Ordine degli Ingegneri della Provincia di Imperia
C = IT

COMUNE DI SANREMO

Provincia di Imperia



INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO E IDROGEOLOGICO NELL'AMBITO DELLA "SISTEMAZIONE DEL MOVIMENTO FRANOSO IN LOCALITA' LA VESCA - PISTA CICLABILE - BIVIO S.S. 1 AURELIA KM 667+800 - POGGIO" NEL COMUNE DI SANREMO (IM) CONSISTENTE IN UN TRATTO DI SCOGLIERA A MARE - LOTTO N. 1

PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato

RELAZIONE TECNICO - ILLUSTRATIVA MODELLI IDRAULICO - MARITTIMI

n. Elaborato

R15

PROGETTISTA:

Dott. Ing. Tommaso BUSCHIAZZO
Via Roma 119 - 18038 Sanremo (IM)
e-mail : tommaso.buschiazzo@gmail.com
Tel. 0184/532770 Fax. 0184/532771

Consulente:
Dott. Ing. Giovanni Spissu
Via Puggia 23B - 16131 Genova

Scala

Data 24 marzo 2022

Rev.

INTERVENTI DI DIFESA DELLA COSTA IN LOCALITA LA VESCA-PISTA CICLABILE S.S. n.1 Aurelia km 667+800-Poggio

(PROVINCIA DI IMPERIA)

Progetto esecutivo

RELAZIONE N°1: Relazione tecnica illustrativa modelli idraulico-marittimi

Indice

1. Studio meteomarino 8

2. Soluzione progettuale 19

3. Alerts 38

4. Conclusioni 39

0.Premesse

0.1. Considerazioni generali

Il presente lavoro è volto all'implementazione degli studi su modello, per lo stato attuale e per lo stato di progetto, relativi alle opere di difesa della costa di baia Latte.

La presente relazione tratta i seguenti argomenti:

a. **Paragrafo 1: Inquadramento del paraggio.** Il paragrafo inquadra il paraggio dal punto di vista geografico, meteomarino ed illustra le risultanze delle indagini preliminari in situ;

b. **Paragrafo 2, comprendente:**

   - **studio per la determinazione delle condizioni meteomarine su acqua alta.** Lo studio rielabora le statistiche del moto ondoso disponibili al fine di determinare le altezze d'onda spettrali su profondità infinita;
   - **studio per la determinazione delle condizioni meteomarine in corrispondenza degli interventi di progetto.** Lo studio determina le condizioni meteomarine in corrispondenza degli interventi di progetto, ed è propedeutico al dimensionamento degli stessi

c. **Paragrafo 3: Calcoli esecutivi idraulico-marittimi dello stato di progetto.** Esso illustra i calcoli esecutivi idraulico-marittimi, propedeutici per il dimensionamento delle opere di difesa in progetto;

d. Paragrafo 4: Alerts. Il paragrafo illustra le indeterminazioni legate all'intervento in progetto;

e. Paragrafo 5: Conclusioni.

La figura seguente illustra il sito oggetto di intervento:

FIGURA N°1: localizzazione del sito

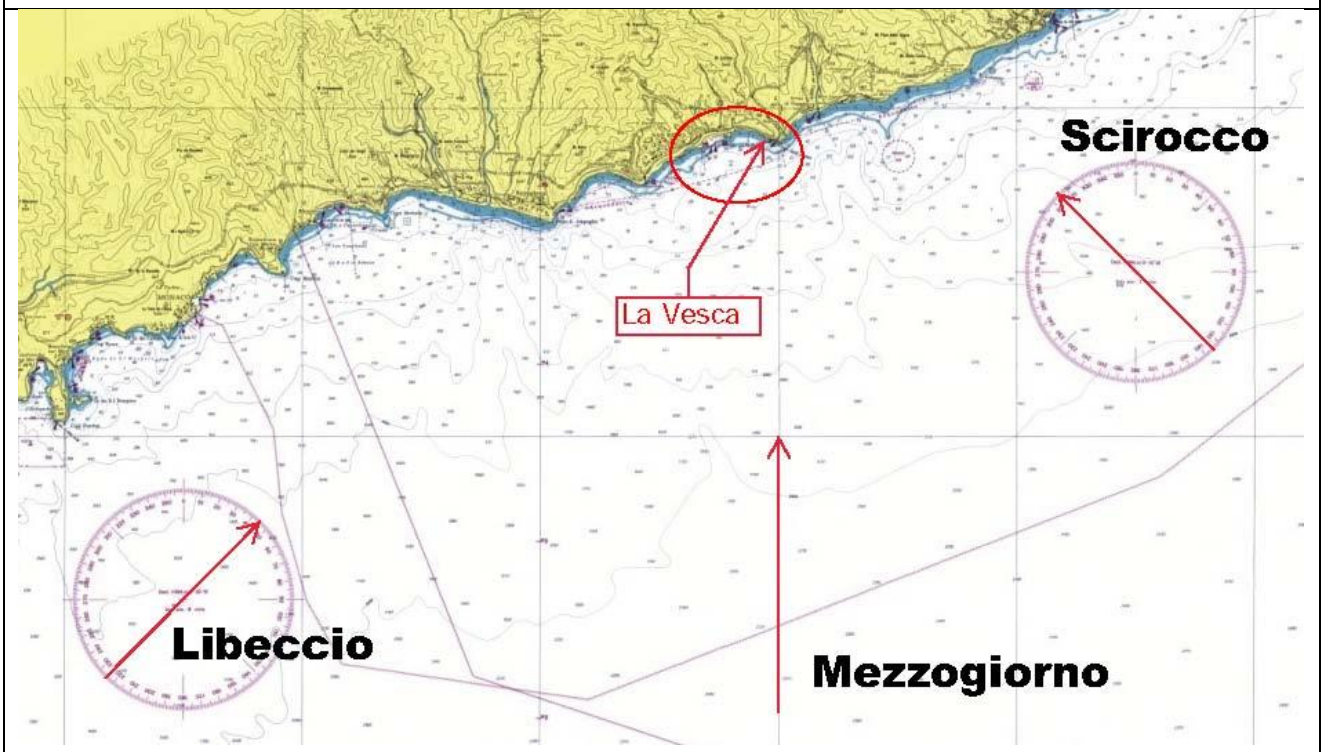


L'opera comporta la realizzazione degli interventi di protezione dal moto ondoso della pista ciclabile, del fabbricato sulla spiaggia e del tratto di strada statale Aurelia.

0.2. Inquadramento geografico

La figura seguente mostra la cartografia generale con indicazione del paraggio in esame:

FIGURA N°2: cartografia generale



Il sito in oggetto si trova in corrispondenza del litorale di La Vesca, e quindi a ponente di Capo Verde.

La figura seguente mostra la localizzazione geografica del sito:

FIGURA N°3: localizzazione geografica del sito

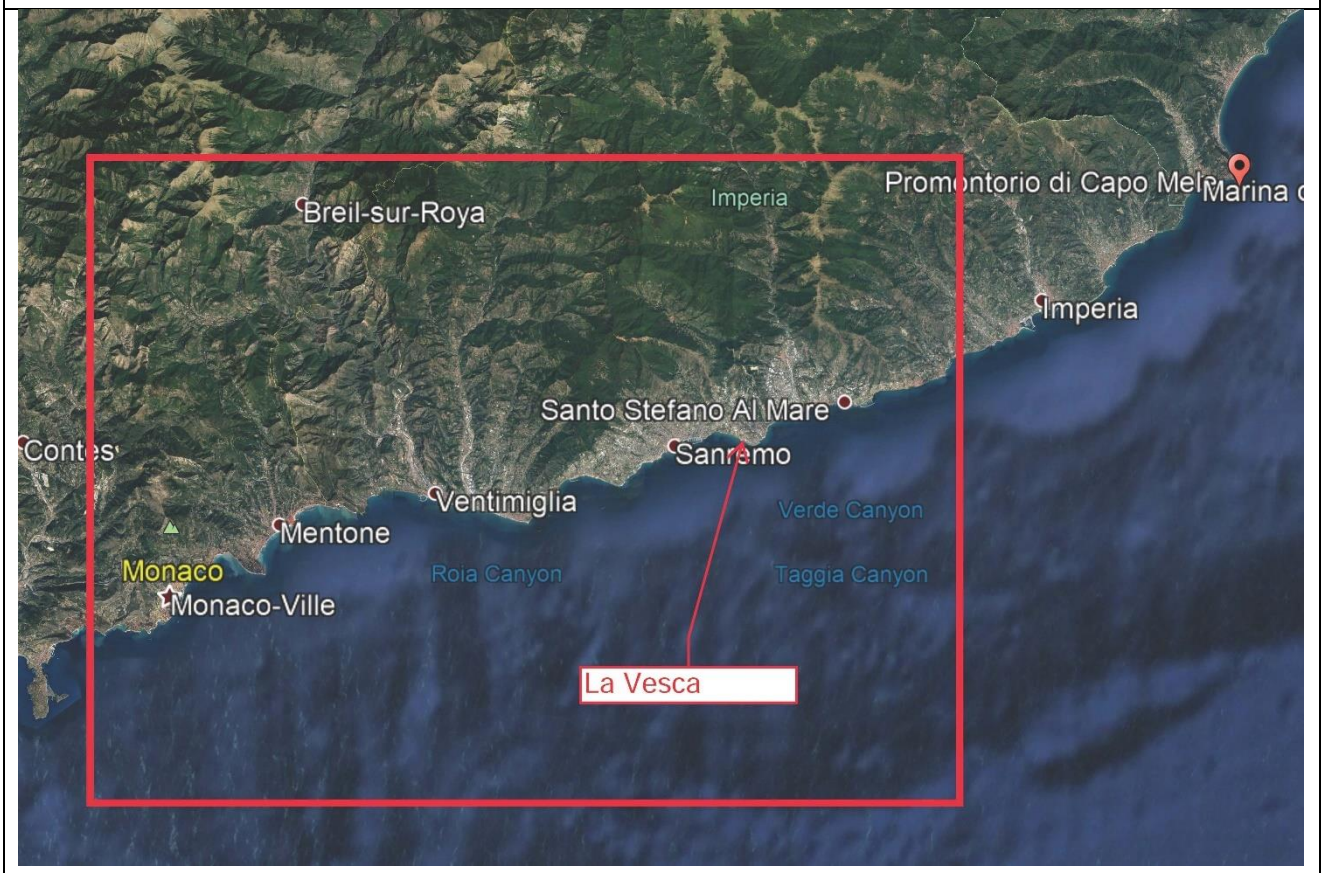


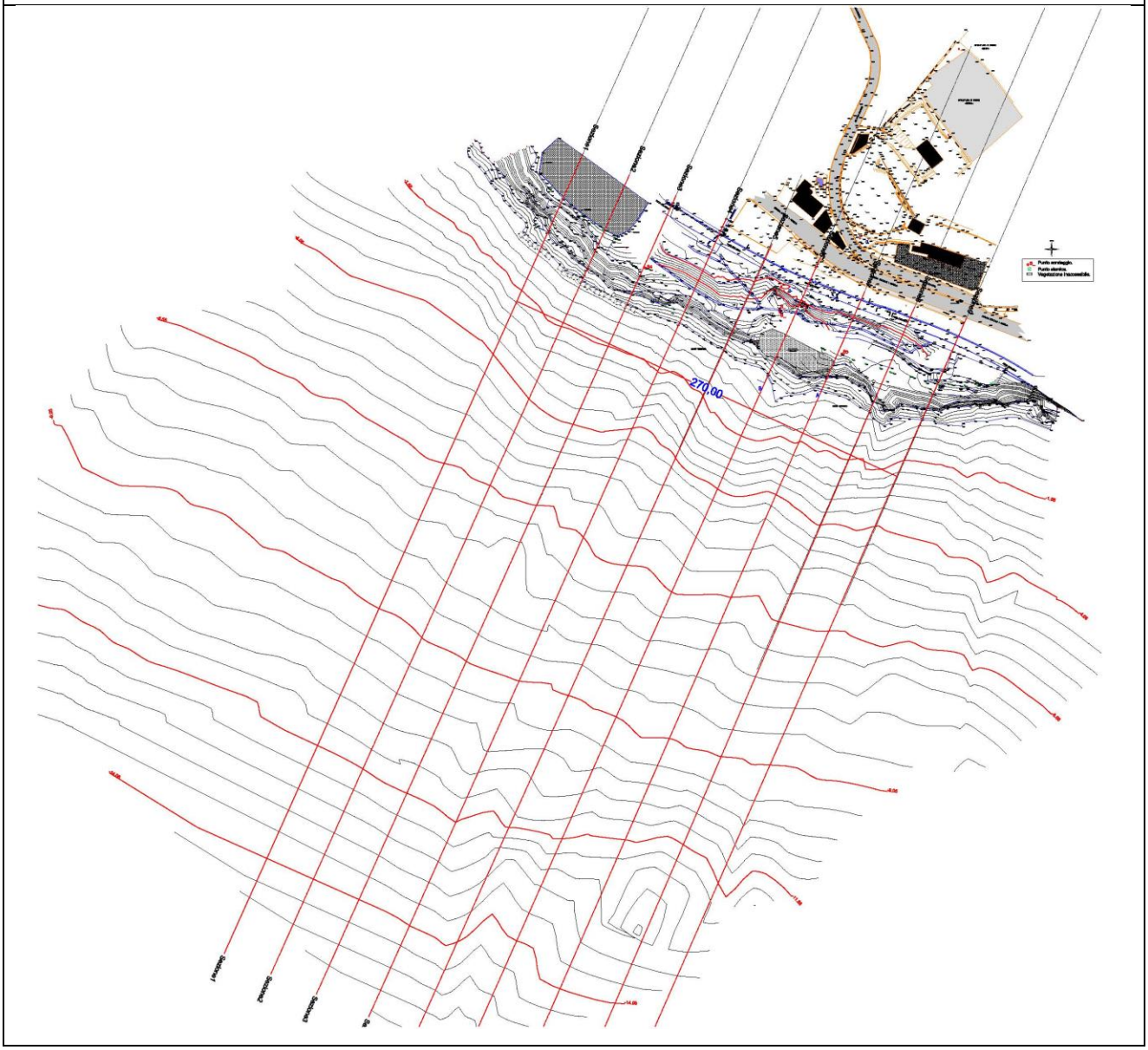
FIGURA N°4: batimetria



La figura sopra indicata mostra la batimetria del paraggio con le indicazioni delle curve di livello e l'area in oggetto circoscritta dal circoletto verde.

La figura seguente mostra il particolare del rilievo batimetrico dell'area di intervento:

FIGURA N°5: area di intervento



Nella zona evidenziata in rosso si prevede l'intervento di difesa della spiaggia, da realizzarsi mediante scogliera emersa in massi naturali.

1. Studio meteomarino

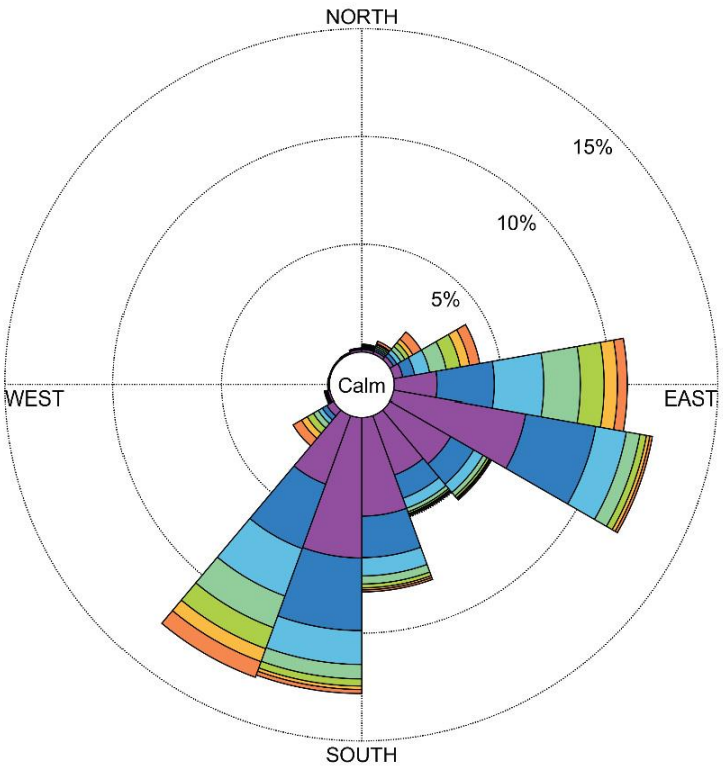
1.1 Considerazioni preliminari

Il paraggio in esame è esposto alle seguenti traversie:

- traversia principale di Libeccio: direzione media di provenienza pari a 240°N;
- traversia secondaria di mezzogiorno: direzione media di provenienza pari a 180°N;
- traversia secondaria di scirocco: direzione media di provenienza pari a 160°N;

Di seguito si mostra la rosa dei mari:

FIGURA N°6: traversie di riferimento



Le fonti ufficiali dei dati meteomarini sono state prelevate dallo studio pubblicato dalla Regione Liguria nel 2014 e riferito al paraggio compreso tra Capo Mele al Confine Francese, qui di seguito riportato:

FIGURA N°7: dati onde al largo

ZONA 4 DA CAPO MELE AL CONFINE FRANCESE
Settori di provenienza: grecale (al largo), levante, scirocco, mezzogiorno, libeccio

dir °N	TR (anni)					
	1		50		100	
	H (m)	Tp (s)	H (m)	Tp (s)	H (m)	Tp (s)
45	2.6	6.9	4.9	9.4	5.2	9.7
90	1.6	5.4	3.1	7.6	3.4	7.8
135	1.1	4.4	2.9	7.2	3.1	7.5
180	1.2	4.6	3.1	7.5	3.4	7.9
225	3.8	8.3	6.7	11.0	7.2	11.4

Tabella 6: valori di altezza d'onda, periodo e direzione, associati ai diversi periodi di ritorno, derivati dallo studio UNIGE DICAT.

1.2. Periodo di ritorno dell'onda di Progetto

Con riferimento agli interventi di difesa dal moto ondoso degli edifici, Il periodo di ritorno dell'onda di progetto viene definito in conformità alle Istruzioni Tecniche per la progettazione delle dighe frangiflutti edite dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (1996). Il periodo di ritorno dipende dalla vita tecnica dell'opera e dalla massima probabilità di danneggiamento ammissibile nel periodo di vita operativa dell'opera. La durata minima di vita per le opere si definita con la tabella seguente:

FIGURA N°8: Vita dell'opera

Tipo dell'opera	Livello di sicurezza richiesto		
	1	2	3
	Vita di progetto (anni)		
Infrastrutture di uso generale	25	50	100
Infrastrutture ad uso specifico	15	25	50

Imponendo il livello di sicurezza 1, per l'infrastruttura di uso generale, la vita di progetto dell'opera risulta pari a 25 anni.

Per infrastrutture di uso generale si intendono opere di difesa di complessi civili od industriali, che non siano destinati ad uno specifico scopo e per i quali non sia chiaramente identificabile il termine della vita funzionale dell'opera.

Per infrastrutture ad uso specifico si intendono le opere di difesa di singole installazioni industriali, di porti industriali, di depositi o piattaforme di carico e scarico, di piattaforme petrolifere, ecc..

Il livello di sicurezza 1, scelto per la presente opera, si riferisce ad opere o installazioni di interesse locale ed ausiliario, comportanti un rischio minimo di perdita di vite umane o di danni ambientali in caso di collasso della stessa (difese costiere, opere in porti minori o marina, scarichi a mare, strade litoranee ecc.).

Per quanto riguarda la probabilità di occorrenza dell'onda di progetto, si assumeranno le probabilità corrispondenti al danneggiamento incipiente.

Per strutture flessibili o comunque per opere riparabili (come le dighe a scogliera in sopraflutto), si assume la probabilità corrispondente al danneggiamento incipiente inteso come il livello di danneggiamento predefinito in relazione al tipo di struttura, al di sopra del quale il danno è apprezzabile e risulta necessario intervenire con lavori di manutenzione.

Per gli edifici si assume un rischio per la vita umana limitato e una ripercussione economica media, come mostrato nella figura seguente

FIGURA N°9: Rischio

Danneggiamento incipiente		
Ripercussione economica	Rischio per la vita umana	
	Limitato	Elevato
Bassa	0,50	0,30
Media	0,30	0,20
Alta	0,25	0,15

Al livello di rischio medio per il danneggiamento incipiente, si assume in progetto un livello elevato di rischio per la vita umana.

La combinazione del tempo di vita dell'opera Tv (25 anni), del livello di rischio (elevato) e della probabilità di danneggiamento Pf (20%), determina il tempo di ritorno dell'evento di progetto Trp:

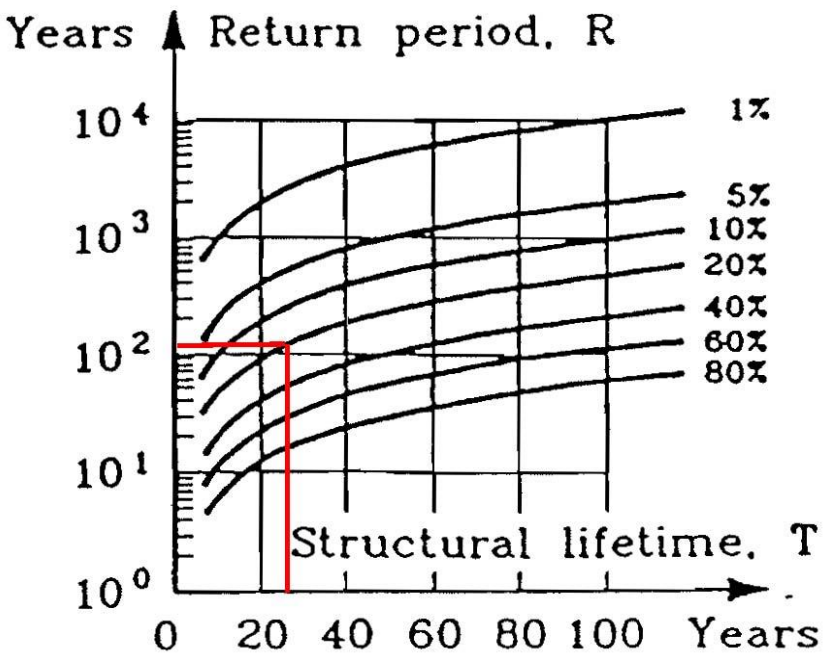
Trp = Tv/[-ln (1-Pf)]

Sulla base delle impostazioni sopra indicate il tempo di ritorno dell'evento di progetto, può essere assunto a base della progettazione pari a:

- **112 anni** per una probabilità di danneggiamento Pf pari al 20%;

La figura seguente mostra il diagramma del tempo di ritorno dell'evento di progetto:

FIGURA N°10: diagramma tempo di ritorno dell'evento di progetto



Note : P, Encouter probability

$$P = 1 - (1 - \frac{1}{R})^{T}$$

Trp è il periodo di ritorno corrispondente a una probabilità Pf che l'altezza d'onda di progetto venga superata durante il la durata dell'opera Tv (pari a 25 anni).

1.3. Stato del mare su profondità infinita

Sulla base delle statistiche di riferimento di cui al paragrafo 1.0 si illustrano di seguito i dati di altezza d'onda utilizzati per il dimensionamento delle opere foranee in progetto:

Modello dello spettro di energia

Stati del mare eventi estremi – Profondità infinita

Direzione W - SW [205°N]			**Direzione E - SE** [135° N]		
T_R (y)	H_{mo} (m)	T_{mo} (s)	Periodo Ritorno	H_{mo} (m)	T_{mo} (s)
1/70 anni	7,0	11,3	1/70 anni	3,0	7,4
1/112 anni	7,2	11,5	1/100 anni	3,2	7,6

In via cautelativa, osservando le mareggiate da libeccio che si abbattono sul ponente ligure, si è scelto di considerare una direzione media di avanzamento che corrisponde al limite intermedio (205°N) della traversia di libeccio compresa tra 240°N e 195°N, e di fatto imponendo a favore della sicurezza l'attacco frontale in corrispondenza della costa in oggetto.

Per completezza vengono indicati anche gli stati del mare con periodo di ritorno pari a 100 anni.
Di seguito si mostra la tabella di riferimento, ove sono raccolti gli stati del mare riferiti ad eventi frequenti sulla profondità infinita:

Modello dello spettro di energia

Stati del mare eventi frequenti – Profondità infinita

Periodo di ritorno	**Traversia di Libeccio** [Dir. Media 225°N]		**Traversia di Mezzogiorno** [Dir. Media 180°N]		**Traversia di Scirocco** [Dir. Media 135°N]	
T_R (y)	H_{mo} (m)	T_{mo} (s)	H_{mo} (m)	T_{mo} (s)	H_{mo} (m)	T_{mo} (s)
1/1 anni	3.8	8.3	1.2	4.6	1.1	4.4
1/5 anni	5.0	9.5	2.0	6.0	1.9	5.9
1/10 anni	5.5	10.0	2.3	6.5	2.2	6.3

1.4. Stato del mare in corrispondenza delle infrastrutture in oggetto – Configurazione di stato attuale

1.4.1. Cenni Teorici

Lo spettro in frequenza su profondità infinita è assunto della forma JONSWAP medio:

$$S_{j_o}(f) = S_{PH_o}(f) * \Phi_{PM_o}(f, f_{p_o}) * \Phi_{j_o}(f, f_{p_o}, \gamma_o, \omega_o)$$

ove:

- $S_{PH_o}(f) = (\alpha_o / 2) * g^2 * (2\pi)^{-4} * f^{-5}$ è lo spettro in frequenza di Philips;
- $\Phi_{PM_o}(f, f_{p_o}) = \exp\{-1.25 * (f / f_{p_o})^{-4}\}$ è la funzione di forma di Pierson & Moskowitz;
- $\Phi_{j_o}(f, f_{p_o}, \gamma_o, \omega_o) = \exp\left\{\ln \gamma_o \exp\left[-0.5\left(f / f_{p_o} - 1\right)^2 / \omega_o{}^2\right]\right\}$ è la funzione di forma di Hasselmann;

Le relazioni impiegate per la determinazione dei parametri spettrali sono le seguenti:

1. frequenza di picco: $f_{p_o} = 3.5 \cdot \overline{x}^{-0.33} g / U_o$;
2. parametro di equilibrio: $\alpha_o = 0.076 \cdot \overline{x}^{-0.22}$;
3. fattore di amplificazione dello spettro $\gamma_o = 3.3$;
4. parametro di larghezza del picco $\omega_o = 0.07$ per $f \le f_{p_o}$; $\omega_o = 0.09$ per $f \ge f_{p_o}$;

Impiegando i parametri spettrali stimati, si costruisce lo spettro d'onda sulla profondità infinita. Integrando lo spettro si determina, per ognuna delle due direzioni di traversia, il momento di ordine "0" dello spettro e l'altezza d'onda spettrale corrispondente.

Lo studio della propagazione spettrale dello stato del mare, dalla profondità infinita all'opera portuale, si effettua considerando i seguenti effetti:

- Shoaling, rifrazione per effetto della variazione batimetrica dei fondali;
- effetti di dissipativi di saturazione dello spettro e di frangimento;

I risultati ottenuti sono riportati nei punti seguenti.

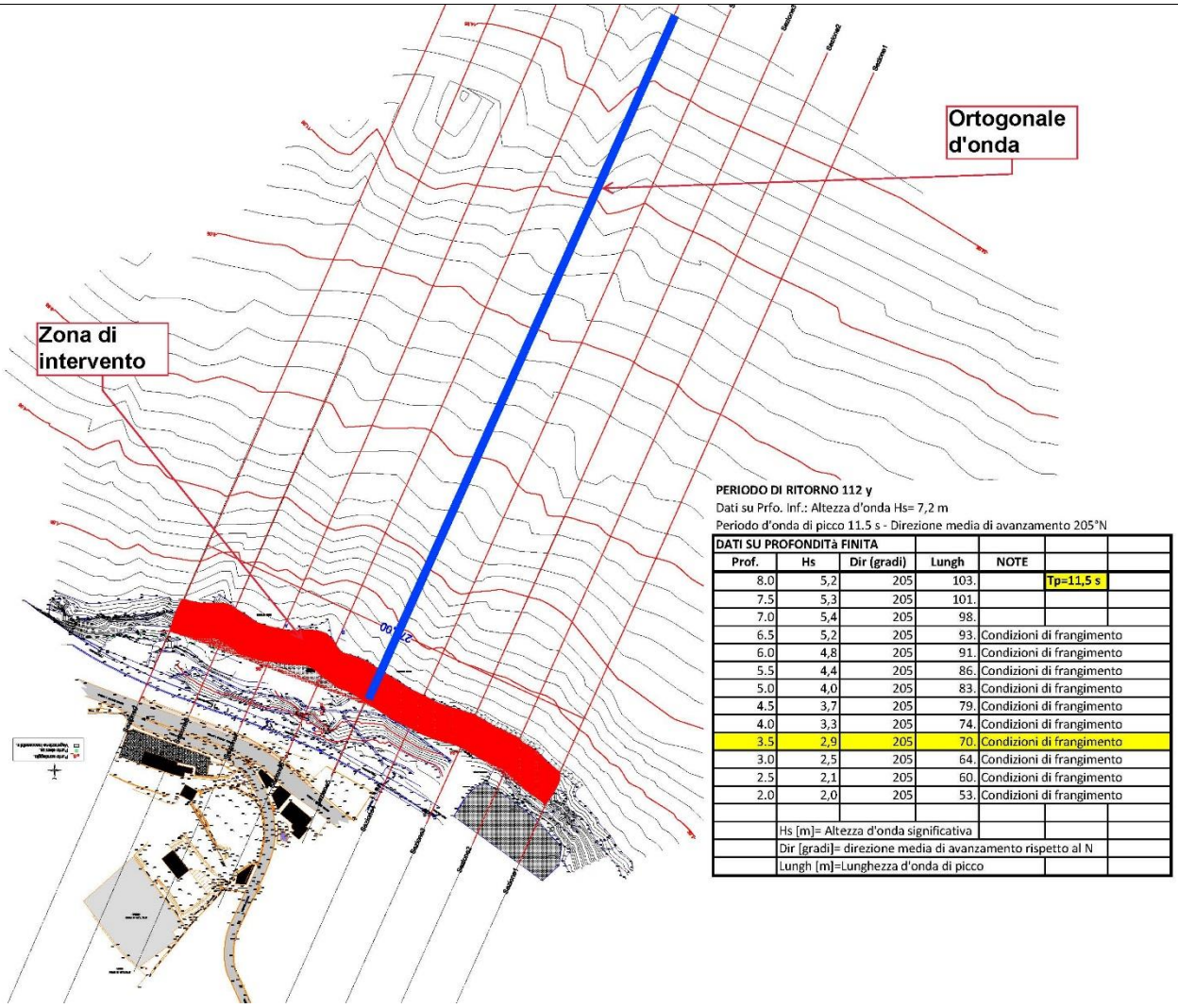
1.4.2. Risalita dell'onda in corrispondenza della battigia nella configurazione di stato attuale

Si prendono in considerazioni le mareggiate più intense provenienti dalla traversia di Libeccio, e si considera un periodo di ritorno pari a 112 anni. La tabella seguente mostra lo stato del mare in corrispondenza del paraggio in esame, per diverse profondità:

Modello dello spettro di energia **Stato del mare Tr 112 anni – Profondità finita – H_{inf}=7,2 m– H_{picco}=11,5 s**					
Direzione W - SW [195°N]					
Profondità (m)	H_{mo} (m)	T_{mo} (s)	ϕ_{mo} (m)	L_{mo} (m)	Note
2	2.0	11.5	180	55	Onda frangente
3	2.5	11.5	180	65	Onda frangente
4	3.5	11.5	180	75	Onda frangente

La figura seguente mostra l'ortogonale d'onda incidente sulla spiaggia in esame, si notino a lato i risultati della propagazione spettrale d'onda dalla profondità infinita alla profondità di 2 m:

FIGURA N°11: ortogonale d'onda



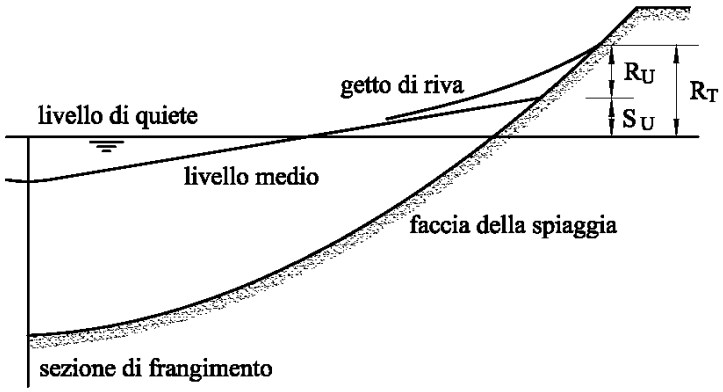
PERIODO DI RITORNO 112 y
Dati su Prfo. Inf.: Altezza d'onda Hs= 7,2 m
Periodo d'onda di picco 11.5 s - Direzione media di avanzamento 205°N

DATI SU PROFONDITà FINITA					
Prof.	Hs	Dir (gradi)	Lungh	NOTE	
8.0	5,2	205	103.		Tp=11,5 s
7.5	5,3	205	101.		
7.0	5,4	205	98.		
6.5	5,2	205	93.	Condizioni di frangimento	
6.0	4,8	205	91.	Condizioni di frangimento	
5.5	4,4	205	86.	Condizioni di frangimento	
5.0	4,0	205	83.	Condizioni di frangimento	
4.5	3,7	205	79.	Condizioni di frangimento	
4.0	3,3	205	74.	Condizioni di frangimento	
3.5	2,9	205	70.	Condizioni di frangimento	
3.0	2,5	205	64.	Condizioni di frangimento	
2.5	2,1	205	60.	Condizioni di frangimento	
2.0	2,0	205	53.	Condizioni di frangimento	
	Hs [m]= Altezza d'onda significativa				
	Dir [gradi]= direzione media di avanzamento rispetto al N				
	Lungh [m]=Lunghezza d'onda di picco				

Le ortogonali d'onda, nella parte terminale della propagazione dal largo a riva, sono tutte perpendicolari alla linea di riva. Tale effetto è conseguenza dell'assunzione a favore di sicurezza, imposta su profondità infinita (direzione media di propagazione del moto ondoso su profondità infinita pari a 205°).

La figura seguente mostra in dettaglio lo schema di calcolo per la determinazione delle condizioni meteomarine sulla spiaggia di fronte agli insediamenti in oggetto:

FIGURA N°12: schema di calcolo



Si noti che quando l'onda perviene alle condizioni di frangimento incipiente, si riscontrano gli effetti della risacca determinata dalla sopraelevazione del livello medio del mare dovuta all'azione delle onde (setup) e dalle fluttuazioni del livello medio (swash).

Per la determinazione della risalita totale dell'onda sulla spiaggia, in corrispondenza della battigia (getto di riva) si è agito considerando la formulazione proposta da Van Der Meer (1992):

$$R_T = Ru_{2\%} = 1{,}6 \times H_s \times \gamma \times \zeta_p = 1.9 \text{ m circa (con un massimo di } 3.2 \times \gamma = 3 \text{ m)}$$

Si considerino i seguenti parametri di input:

H_s = 5,2 m pari all'altezza d'onda significativa in corrispondenza della sezione di frangimento (profondità pari a 6,5 m);

γ = coefficiente riduttivo pari ad 1 (assunto a favore della sicurezza);

ζ_p = 0,23 circa pari al numero di Iribarren pari al rapporto tra la pendenza media della spiaggia sommersa (pari a circa il 3.5%) e la ripidità d'onda. La pendenza è stata valutata nel tratto di costa sommerso (compreso tra la batimetrica a +10 s.m.m. e la battigia), dai rilievi a disposizione.

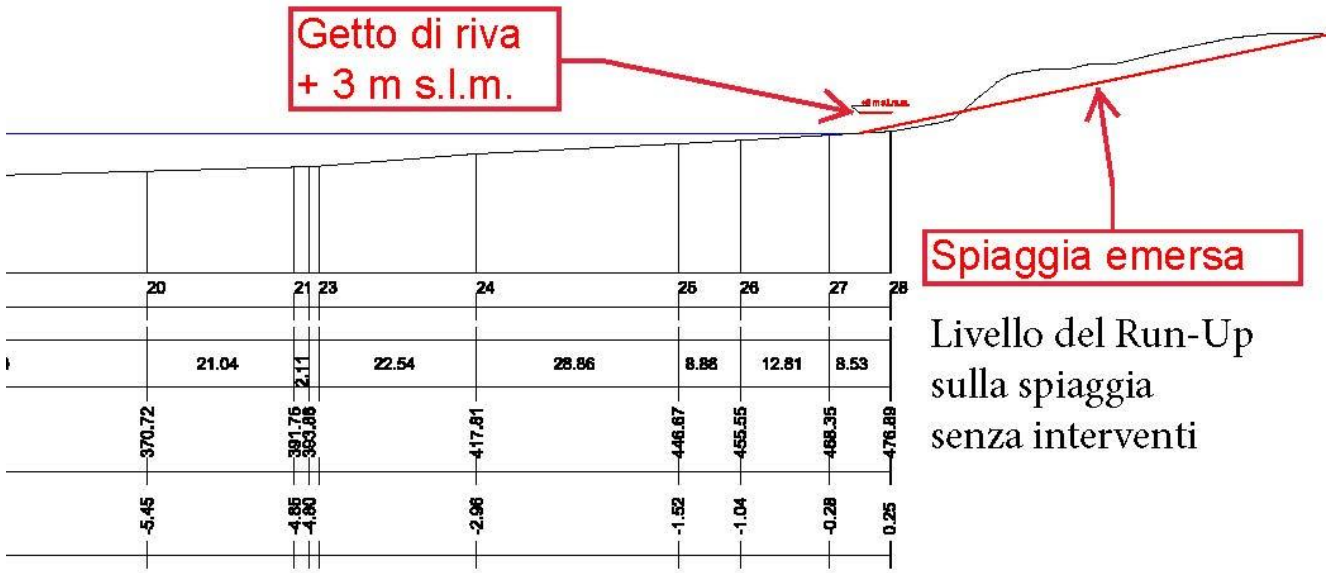
Al valore di R_T (pari ad 1,9 m) si aggiunge la sopraelevazione dovuta alla marea astronomica e valutata pari a 110 cm (valore assunto per un periodo di ritorno pari a 112 anni e tenendo conto

dell'innalzamento progressivo del livello marino osservato negli ultimi anni) e si perviene ad un valore complessivo di 1.9+1.1=3 m circa.

In tali condizioni, supponendo ipoteticamente che la spiaggia fosse libera da ostacoli, la fascia dinamica attiva della spiaggia sarebbe pari a circa 80 m.

La figura seguente mostra uno schema dei risultati del calcolo ipotetico senza la difesa in progetto prospiciente il mare, si noti il livello della risalita dell'onda sulla spiaggia pari a circa 3 m:

FIGURA N°13: Run-Up sulla riva

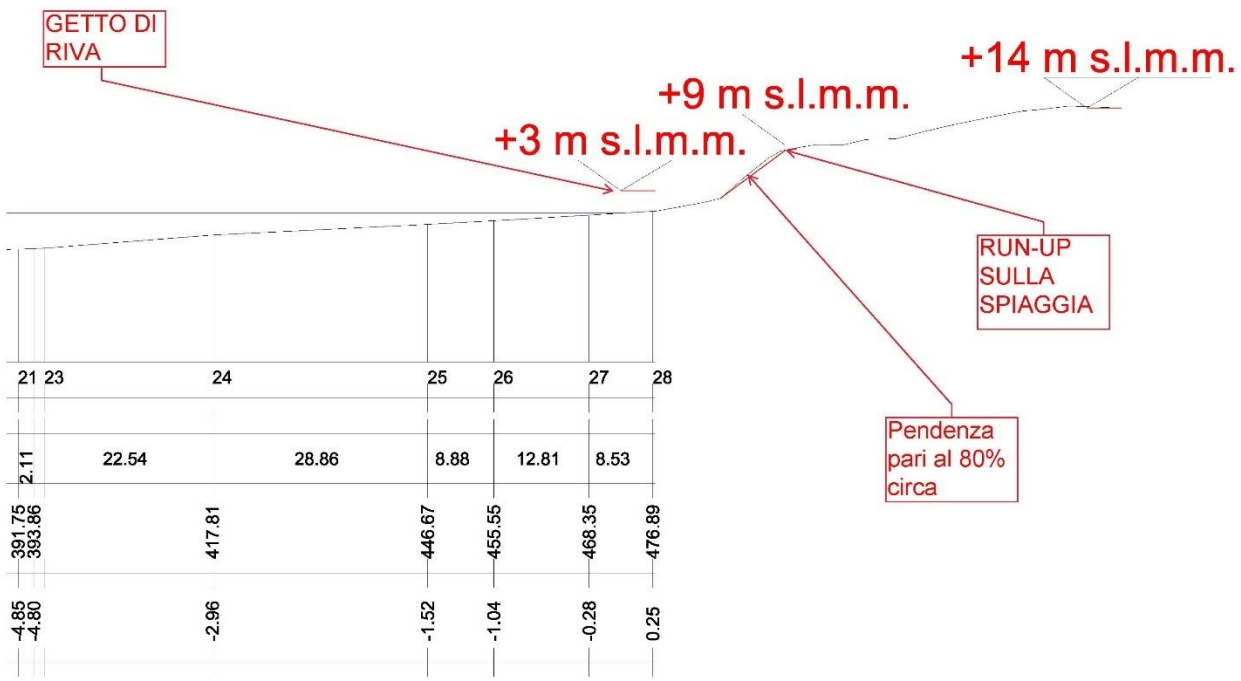


Lo schema sopra riferito si riferisce alla sezione 05 che risulta rappresentativa dello stato attuale.

1.4.3. Run-Up in corrispondenza della spiaggia – Configurazione di stato attuale

La valutazione della risalita dell'onda sulla spiaggia e la tracimazione oltre la sommità della stessa si effettua in corrispondenza della sezione 05, come mostrato di seguito:

FIGURA N°14: Run-Up sulla spiaggua



La parte emersa della spiaggia presenta una pendenza media, nel punto più ripido pari all'80% circa, favorendo la generazione di una risalita dell'onda piuttosto importante.

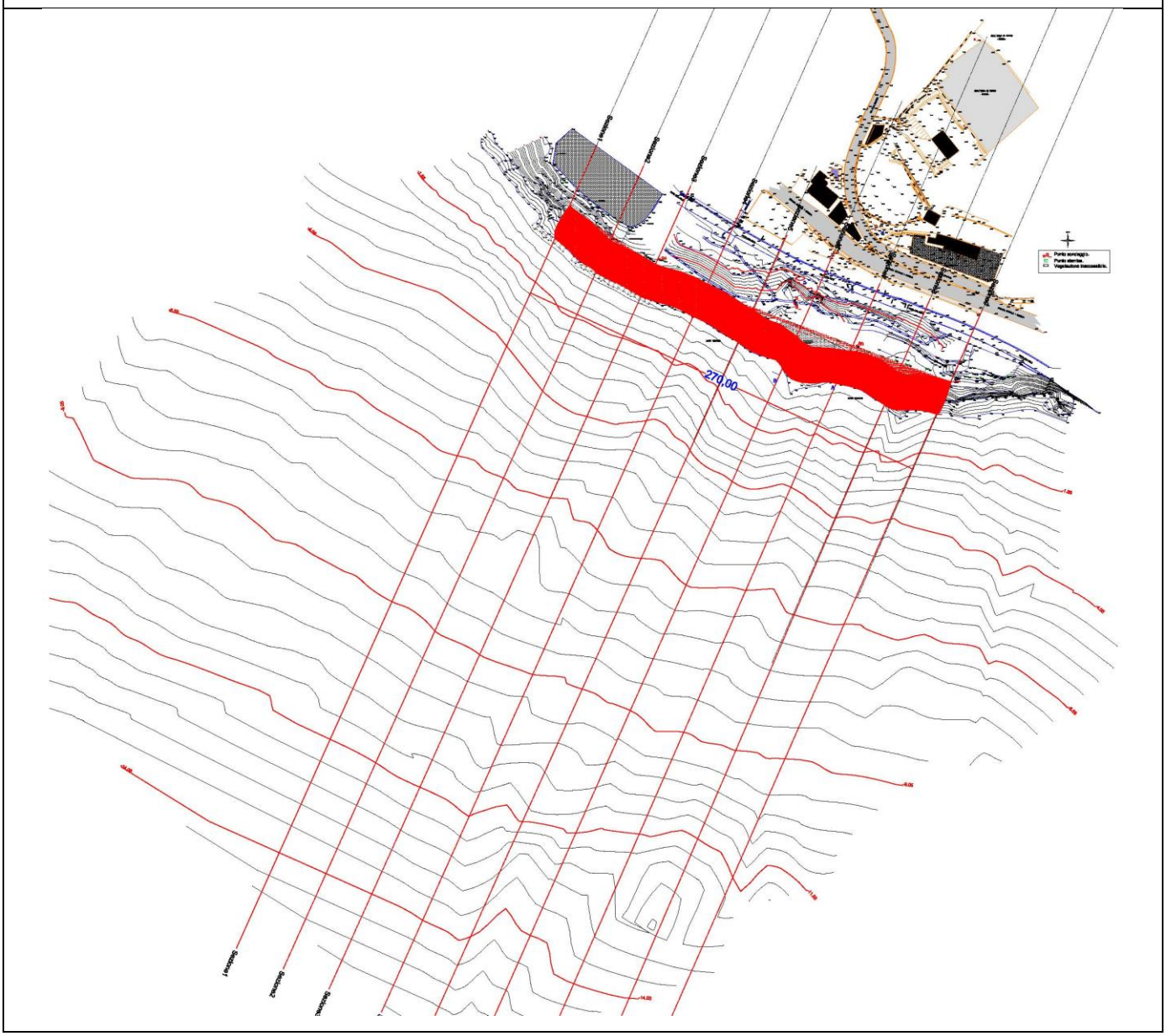
Il valore di $R_{u2\%}$= altezza di risalita dell'onda incidente con probabilità di superamento del 2% [m], calcolato considerando la sopraelevazione del livello medio del mare, risulta dunque pari a circa 10.5 m. Come si nota dalla figura sopra tale valore di Run-Up supera la quota più alta della zona di spiaggia prospicente la battigia. Tale aspetto, in effetti riproduce fedelmente gli eventi meteomarini che si abbattono sul litorale in oggetto.

2. Soluzione progettuale

2.1 Considerazioni preliminari

Di seguito si illustra la soluzione che prevede una mantellata in massi naturali, sulla spiaggia emersa, con sommità compresa tra +6.3 m e +9.3 m s.l.m.m. e con pendenza delle scarpate pari ad 1:2.5:

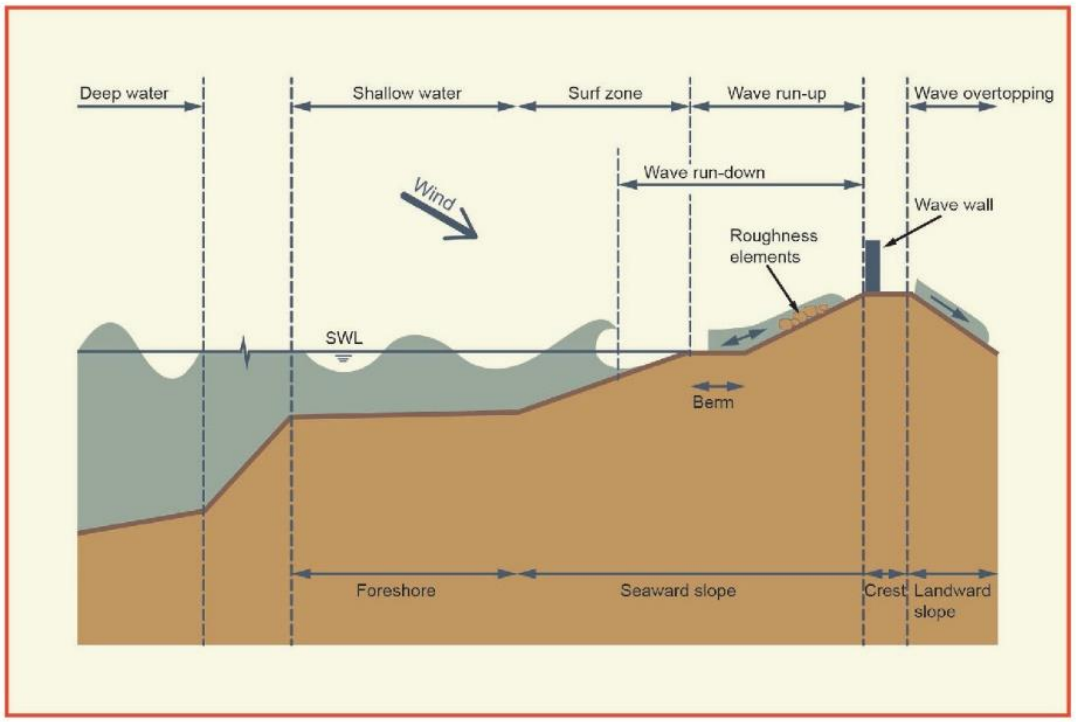
FIGURA N°15: planimetria di progetto



2.2 Formulazione impiegata

Di seguito si illustra la formulazione impiegata per la verifica delle sezioni di progetto. Si utilizza lo schema proposto da Eurotop 2018:

FIGURA N°16: risultato stato attuale



$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} = \frac{0.026}{\sqrt{\tan\alpha}} \gamma_b \cdot \xi_{m-1,0} \cdot \exp\left[-\left(2.5 \frac{R_c}{\xi_{m-1,0} \cdot H_{m0} \cdot \gamma_b \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta \cdot \gamma_v} \right)^{1.3} \right] \qquad 8.27$$

with a maximum of: $\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} = 0.1035 \exp\left[-\left(1.35 \frac{R_c}{H_{m0} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta \cdot \gamma^*} \right)^{1.3} \right]$ 8.28

Le figure sopra mostrano lo schema grafico di calcolo e le formulazioni impiegate.

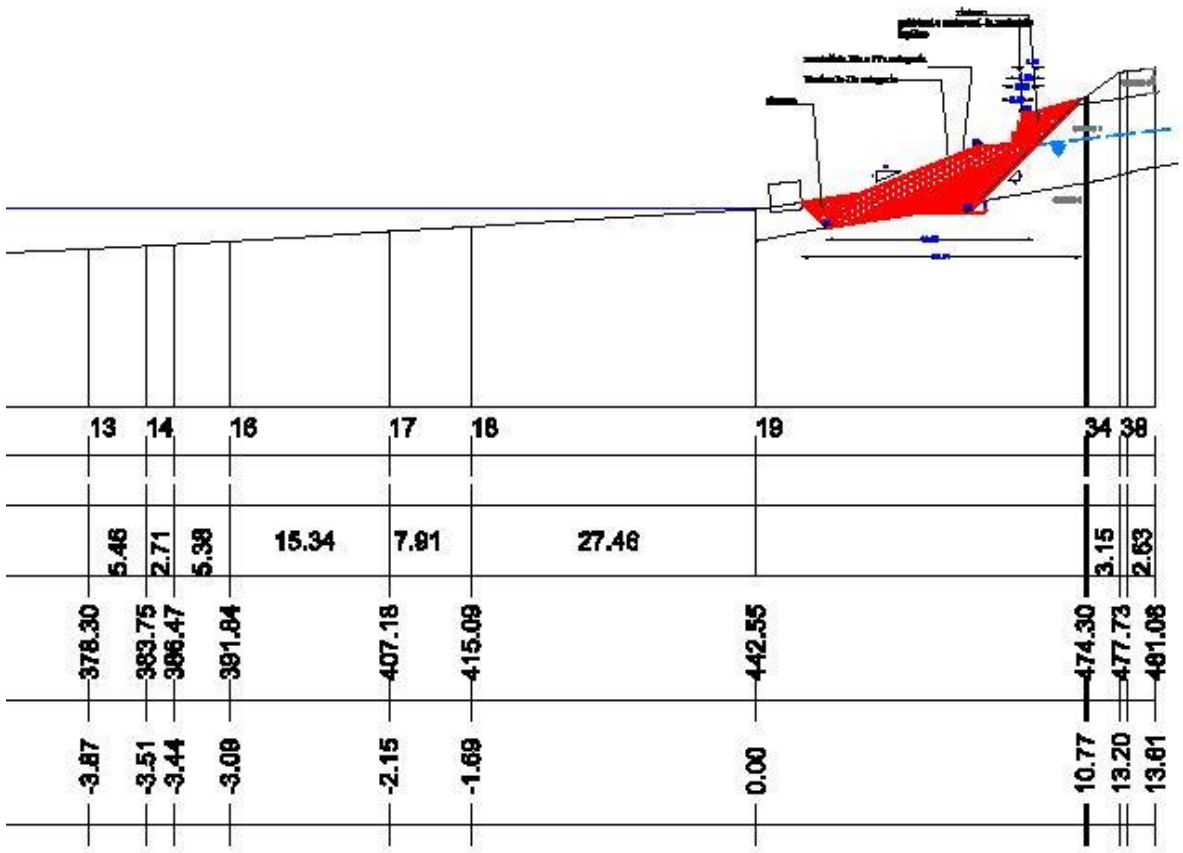
Si è tenuto conto che la sopraelevazione dovuta alla marea astronomica si valuta pari a 110 cm (valore assunto per un periodo di ritorno pari a 112 anni e tenendo conto dell'innalzamento progressivo del livello marino osservato negli ultimi anni).

2.3 Risultati delle simulazioni

2.3.1. Sezione 01

La sezione 01 si illustra di seguito:

FIGURA N°17: Sezione 01



I parametri sopra indicati sono i seguenti:

a. $R_{u2\%}$= altezza di risalita dell'onda incidente con probabilità di superamento del 2% [m], calcolato considerando la sopraelevazione del livello medio del mare;
b. H_{m0}= altezza d'onda al piede della massicciata [m] supposta pari a circa 2 m;
c. Rc= altezza di cresta della struttura [m] pari a 9.3 m;
d. Rc^*= altezza di cresta della struttura [m] pari a 9.3 – 1.1 = 8.2 m;

e. q= portata di tracimazione [l/s/m]

f. $\zeta_{m-1,0}$ = surf similarity parameter;

g. Tan α= pendenza mantellata;

h. γ_b = parametro di influenza della berma posto pari ad 1;

i. γ_f = parametro di influenza della scabrosità posto pari ad 1 (a favore della sicurezza);

j. γ_β = parametro di influenza dell'angolo di attacco sulla diga posto pari ad 1 (a favore della sicurezza);

k. γ^* = parametro di influenza combinato moto ondoso-massicciata-muro posto pari a d 1;

Utilizzando gli stati di mare di progetto, per i vari periodi di ritorno, sulla base della formulazione indicata nelle figure sopra, la portata di tracimazione e l'altezza d'onda trasmessa oltre la diga sopraflutti, risultano pari a:

Periodo ritorno	Hs	Ru2%	Q	POW	V
	(m)	(m)	(l/s/m)	(%)	(l/m)
Sezione 01	2	**7,0**	**<0.15**	**20**	**< 10**

I simboli indicati in tabella sono:

- Hs = altezza d'onda significativa al piede della diga frangiflutti (SEZIONE 4SP);
- Ru2% = run-up come sopraindicato;
- Q = portata di tracimazione;
- V = volume di tracimazione;
- POW=percentuale di onde che tracimano oltre il muro di difesa.

I valori di portata di tracimazione e di altezza d'onda trasmessa a tergo della diga sopraflutti, in corrispondenza delle sezioni di progetto, risultano compatibili con le assunzioni fatte per la determinazione dell'altezza d'onda di progetto in base al periodo di vita dell'opera.

La figura seguente mostra i livelli di rischio riferiti alla portata media di tracimazione:

FIGURA N°18: livelli di rischio riferiti alla portata media di tracimazione

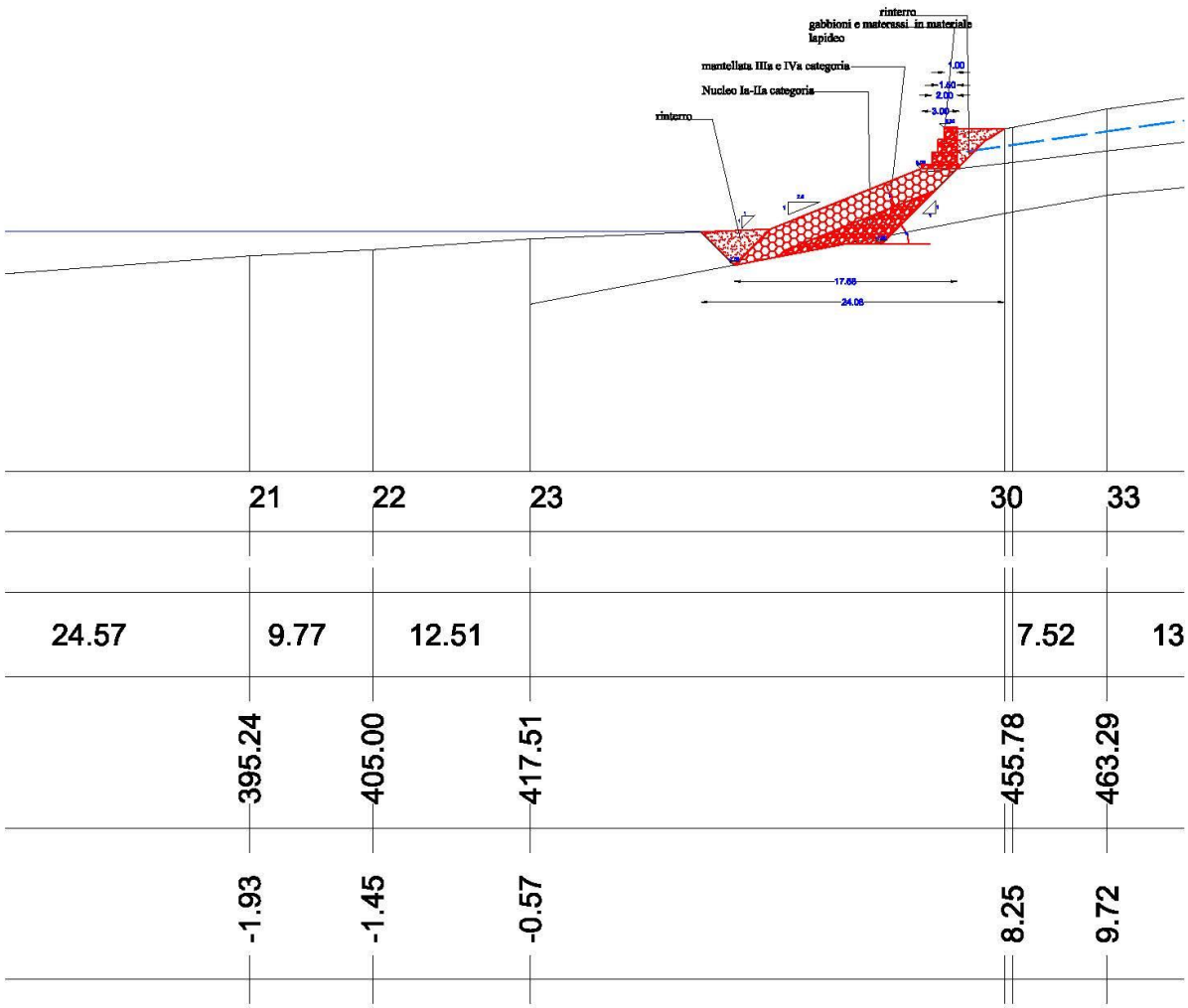
Hazard type and reason	Mean discharge q (l/s per m)	Max volume V_{max} (l per m)
Significant damage or sinking of larger yachts; H_{m0} > 5 m	>10	>5,000 – 30,000
Significant damage or sinking of larger yachts; H_{m0} = 3-5 m	>20	>5,000 – 30,000
Sinking small boats set 5-10 m from wall; H_{m0} = 3-5 m Damage to larger yachts	>5	>3,000-5,000
Safe for larger yachts; H_{m0} > 5 m	<5	<5,000
Safe for smaller boats set 5-10 m from wall; H_{m0} = 3-5 m	<1	<2,000
Building structure elements; H_{m0} = 1-3 m	≤1	<1,000
Damage to equipment set back 5-10m	≤1	<1,000

Nello stato di progetto le strutture sono sollecitate da un moto ondoso con altezza d'onda compresa tra 1 e 3 m. Tuttavia la portata di tracimazione risulta ben oltre il limite raccomandato pari ad 1 l/s.

2.3.2. Sezioni 02 e 03

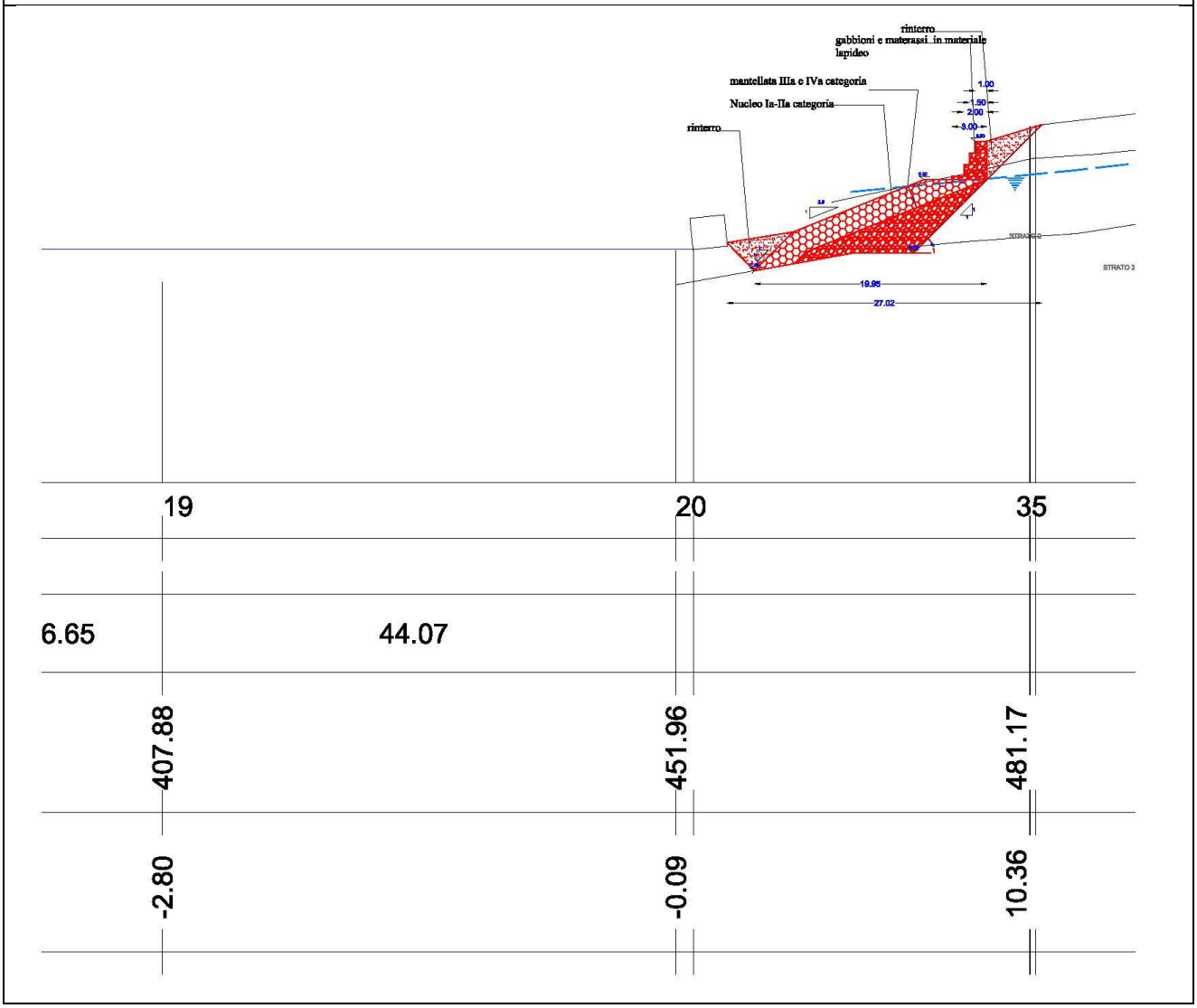
La sezione 02 si illustra di seguito:

FIGURA N°19: Sezione 02



La sezione 02 si illustra di seguito:

FIGURA N°20: Sezione 03

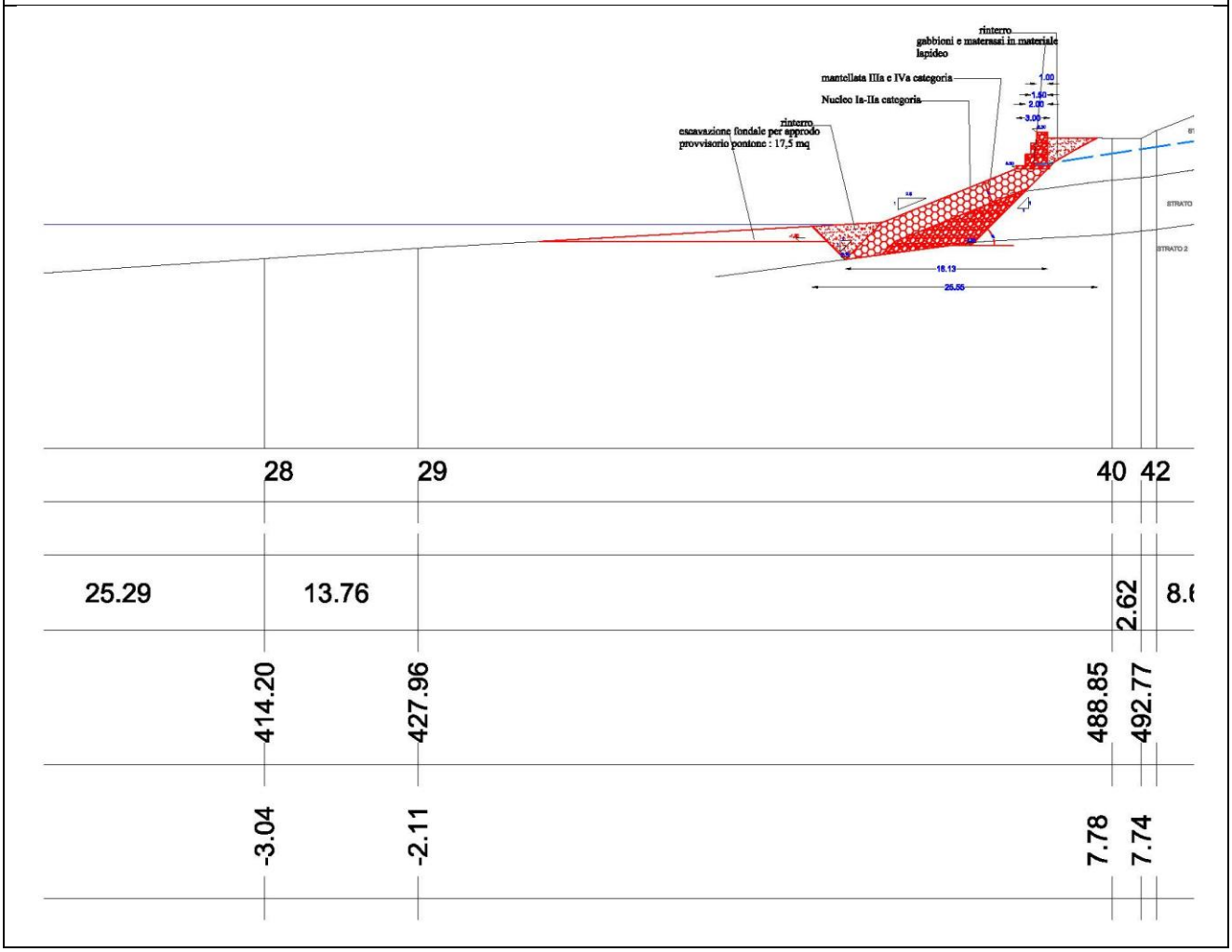


Tra le sezioni 2 e 3, e la sezione 1, non ci sono differenze rilevanti e dunque si rimanda ai risultati della simulazione effettuati per la sezione 1.

2.3.3. Sezioni 04 e 05

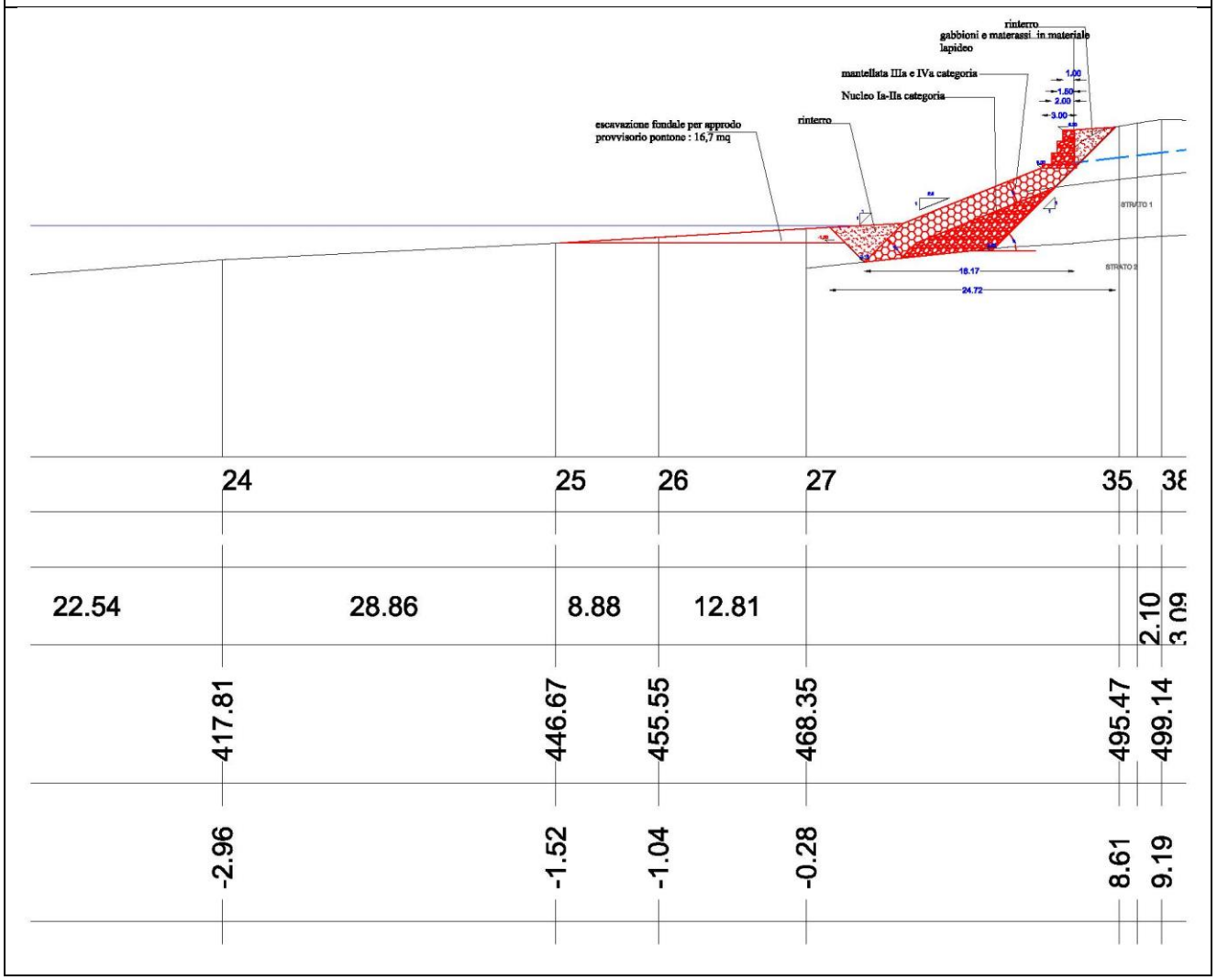
La sezione 04 si illustra di seguito:

FIGURA N°21: Sezione 04



La sezione 05 si illustra di seguito:

FIGURA N°22: Sezione 05



I parametri sopra indicati sono i seguenti:

a. $R_{u2\%}$= altezza di risalita dell'onda incidente con probabilità di superamento del 2% [m], calcolato considerando la sopraelevazione del livello medio del mare;
b. H_{m0}= altezza d'onda al piede della massicciata [m] supposta pari a circa 2 m;
c. Rc= altezza di cresta della struttura [m] pari a 8.3 m;
d. Rc^*= altezza di cresta della struttura [m] pari a 8.3 – 1.10 = 7.2 m;
e. q= portata di tracimazione [l/s/m]
f. $\zeta_{m-1,0}$ = surf similarity parameter;
g. Tan α= pendenza mantellata;
h. γ_b = parametro di influenza della berma posto pari ad 1;
i. γ_f = parametro di influenza della scabrosità posto pari ad 1 (a favore della sicurezza);
j. γ_β = parametro di influenza dell'angolo di attacco sulla diga posto pari ad 1 (a favore della sicurezza);
k. γ^* = parametro di influenza combinato moto ondoso-massicciata-muro posto pari a d 1;

Utilizzando gli stati di mare di progetto, per i vari periodi di ritorno, sulla base della formulazione indicata nelle figure sopra, la portata di tracimazione e l'altezza d'onda trasmessa oltre la diga sopraflutti, risultano pari a:

Periodo ritorno	Hs	Ru2%	Q	POW	V
	(m)	(m)	(l/s/m)	(%)	(l/m)
Sezioni 04-05	2	**7,0**	**<0.5**	**84**	**< 10**

I simboli indicati in tabella sono:

- Hs = altezza d'onda significativa al piede della diga frangiflutti (SEZIONE 4SP);
- Ru2% = run-up come sopraindicato;
- Q = portata di tracimazione;
- V = volume di tracimazione;

- POW=percentuale di onde che tracimano oltre il muro di difesa.

I valori di portata di tracimazione e di altezza d'onda trasmessa a tergo della diga sopraflutti, in corrispondenza delle sezioni di progetto, risultano compatibili con le assunzioni fatte per la determinazione dell'altezza d'onda di progetto in base al periodo di vita dell'opera.

La figura seguente mostra i livelli di rischio riferiti alla portata media di tracimazione:

FIGURA N°23: livelli di rischio riferiti alla portata media di tracimazione

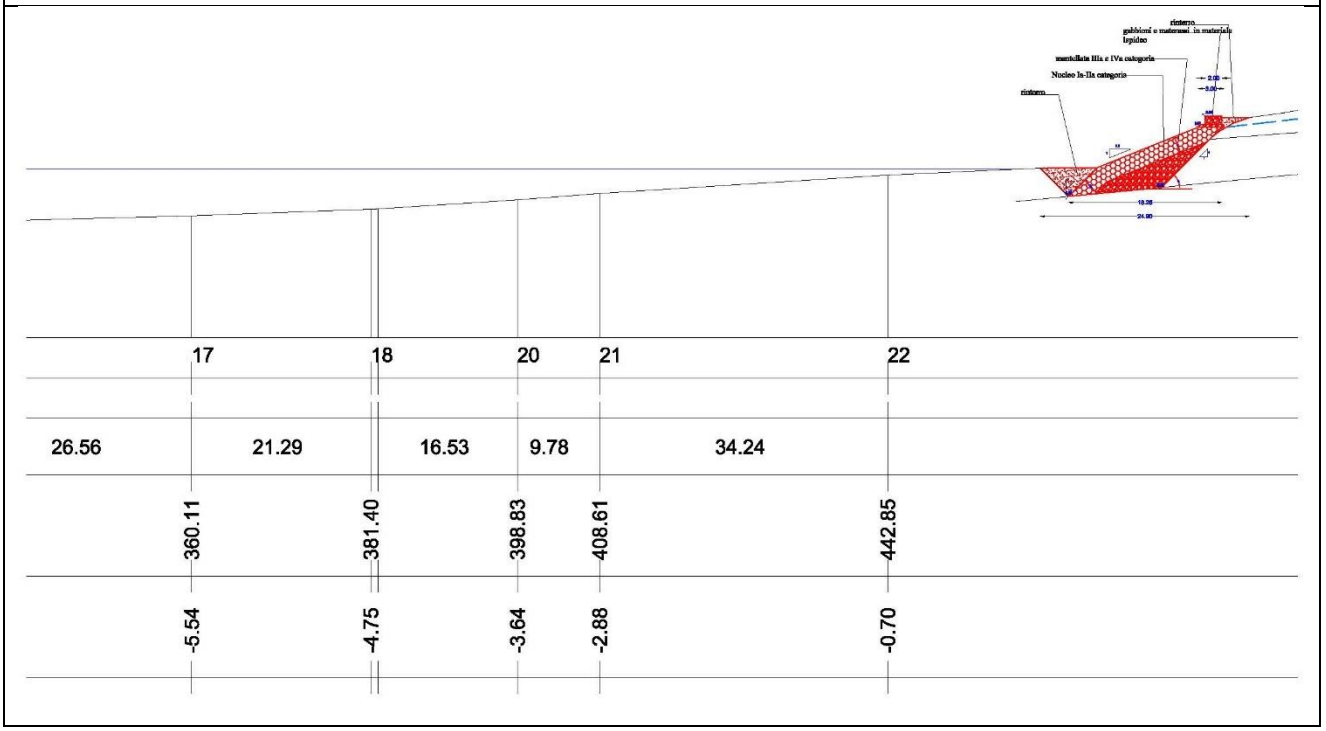
Hazard type and reason	Mean discharge q (l/s per m)	Max volume V_{max} (l per m)
Significant damage or sinking of larger yachts; H_{m0} > 5 m	>10	>5,000 – 30,000
Significant damage or sinking of larger yachts; H_{m0} = 3-5 m	>20	>5,000 – 30,000
Sinking small boats set 5-10 m from wall; H_{m0} = 3-5 m Damage to larger yachts	>5	>3,000-5,000
Safe for larger yachts; H_{m0} > 5 m	<5	<5,000
Safe for smaller boats set 5-10 m from wall; H_{m0} = 3-5 m	<1	<2,000
Building structure elements; H_{m0} = 1-3 m	≤1	<1,000
Damage to equipment set back 5-10m	≤1	<1,000

Nello stato di progetto le strutture sono sollecitate da un moto ondoso con altezza d'onda compresa tra 1 e 3 m. Tuttavia la portata di tracimazione risulta ben al disotto del limite raccomandato pari ad 1 l/s.

2.3.4. Sezione 06

La sezione 06 si illustra di seguito:

FIGURA N°24: Sezione 06



I parametri sopra indicati sono i seguenti:

a. $R_{u2\%}$= altezza di risalita dell'onda incidente con probabilità di superamento del 2% [m], calcolato considerando la sopraelevazione del livello medio del mare;

b. H_{m0}= altezza d'onda al piede della massicciata [m] supposta pari a circa 2 m;

c. Rc= altezza di cresta della struttura [m] pari a 6.3 m;

d. Rc^*= altezza di cresta della struttura [m] pari a 6.3 – 1.10 = 5.2 m;

e. q= portata di tracimazione [l/s/m]

f. $\zeta_{m-1,0}$ = surf similarity parameter;

g. Tan α= pendenza mantellata;

h. γ_b = parametro di influenza della berma posto pari ad 1;

i. γ_f = parametro di influenza della scabrosità posto pari ad 1 (a favore della sicurezza);

j. γ_β = parametro di influenza dell'angolo di attacco sulla diga posto pari ad 1 (a favore della sicurezza);

k. γ^* = parametro di influenza combinato moto ondoso-massicciata-muro posto pari a d 1;

Utilizzando gli stati di mare di progetto, per i vari periodi di ritorno, sulla base della formulazione indicata nelle figure sopra, la portata di tracimazione e l'altezza d'onda trasmessa oltre la diga sopraflutti, risultano pari a:

Periodo ritorno	Hs (m)	Ru2% (m)	Q (l/s/m)	POW (%)	V (l/m)
Sezione 06	2	**7,0**	**4,5**	**100**	**<10**

I simboli indicati in tabella sono:

- Hs = altezza d'onda significativa al piede della diga frangiflutti (SEZIONE 4SP);
- Ru2% = run-up come sopraindicato;
- Q = portata di tracimazione;
- V = volume di tracimazione;
- POW=percentuale di onde che tracimano oltre il muro di difesa.

I valori di portata di tracimazione e di altezza d'onda trasmessa a tergo della diga sopraflutti, in corrispondenza delle sezioni di progetto, risultano compatibili con le assunzioni fatte per la determinazione dell'altezza d'onda di progetto in base al periodo di vita dell'opera.

La figura seguente mostra i livelli di rischio riferiti alla portata media di tracimazione:

FIGURA N°25: livelli di rischio riferiti alla portata media di tracimazione

Hazard type and reason	Mean discharge q (l/s per m)	Max volume V_{max} (l per m)
Significant damage or sinking of larger yachts; H_{m0} > 5 m	>10	>5,000 – 30,000
Significant damage or sinking of larger yachts; H_{m0} = 3-5 m	>20	>5,000 – 30,000
Sinking small boats set 5-10 m from wall; H_{m0} = 3-5 m Damage to larger yachts	>5	>3,000-5,000
Safe for larger yachts; H_{m0} > 5 m	<5	<5,000
Safe for smaller boats set 5-10 m from wall; H_{m0} = 3-5 m	<1	<2,000
Building structure elements; H_{m0} = 1-3 m	≤1	<1,000
Damage to equipment set back 5-10m	≤1	<1,000

Nello stato di progetto le strutture sono sollecitate da un moto ondoso con altezza d'onda compresa tra 1 e 3 m. La portata di tracimazione risulta al di sopra del limite raccomandato pari ad 1 l/s.

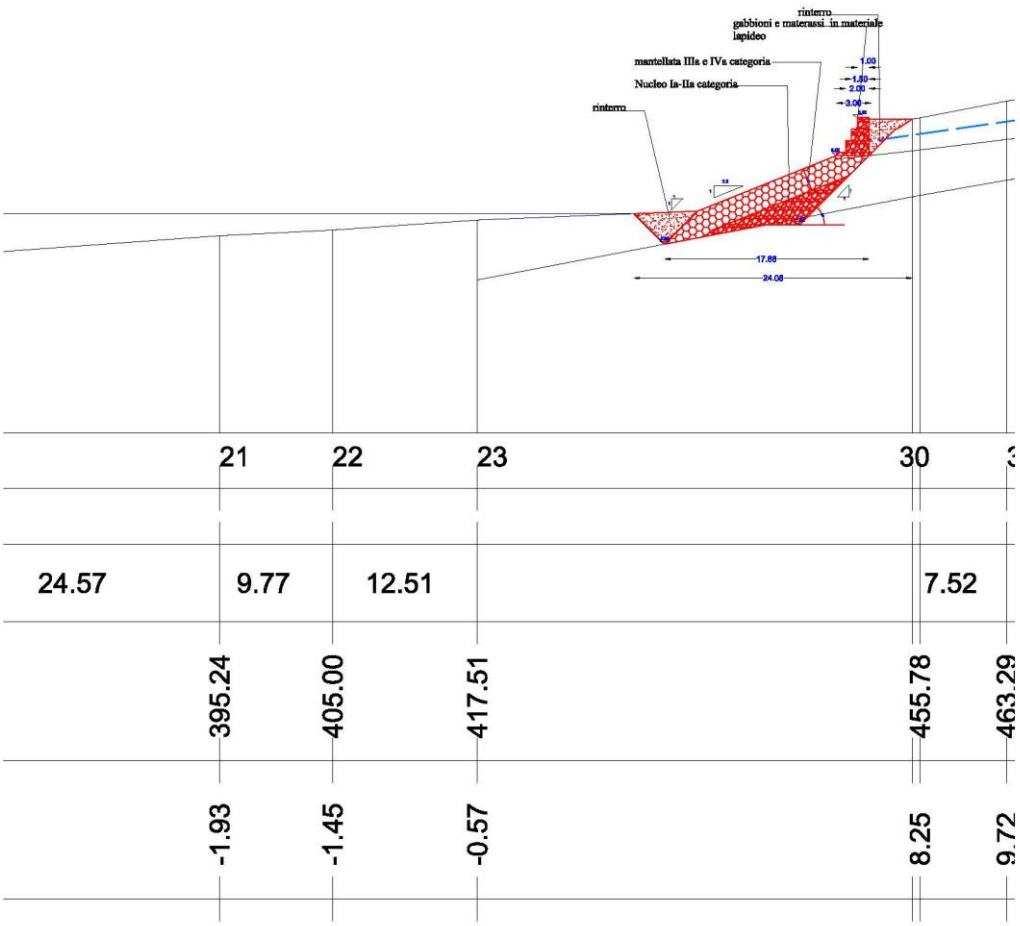
Tuttavia l'area a tergo dell'intervento in progetto si presenta con fitta vegetazione e presenta, a monte del muro di progetto, un rilevato di lunghezza maggiore di 30 con quota superiore pari a circa 14 m (pari al doppio del run-up calcolato sul muro di progetto).

La pista ciclabile a valle del rilevato, risulterebbe dunque piuttosto protetta dalla tracimazione oltre il muro in progetto.

2.3.5. Sezioni 07,08, e 09

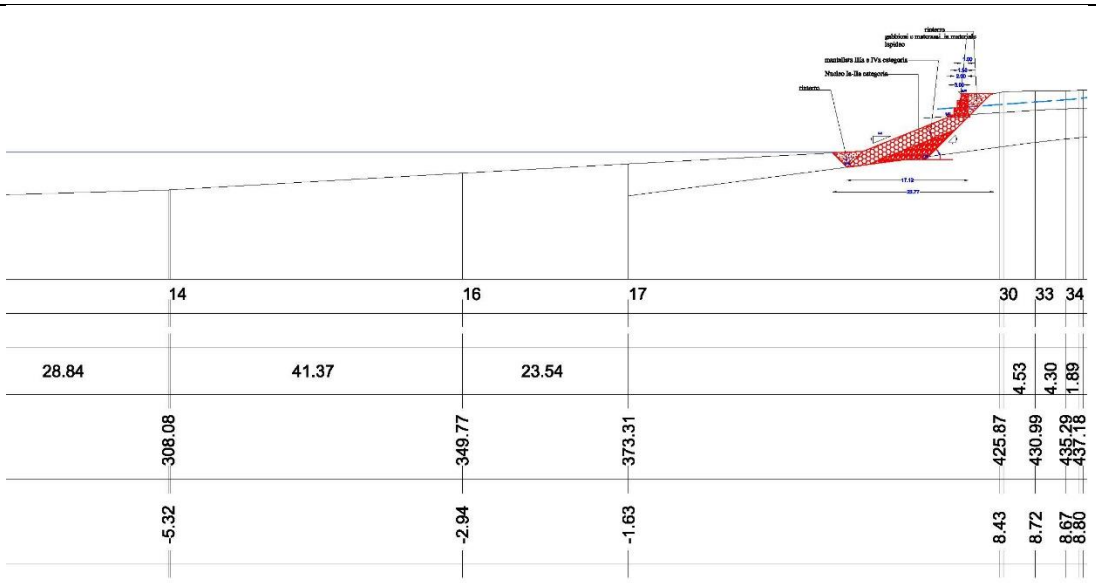
La sezione 07 si illustra di seguito:

FIGURA N°26: Sezione 07



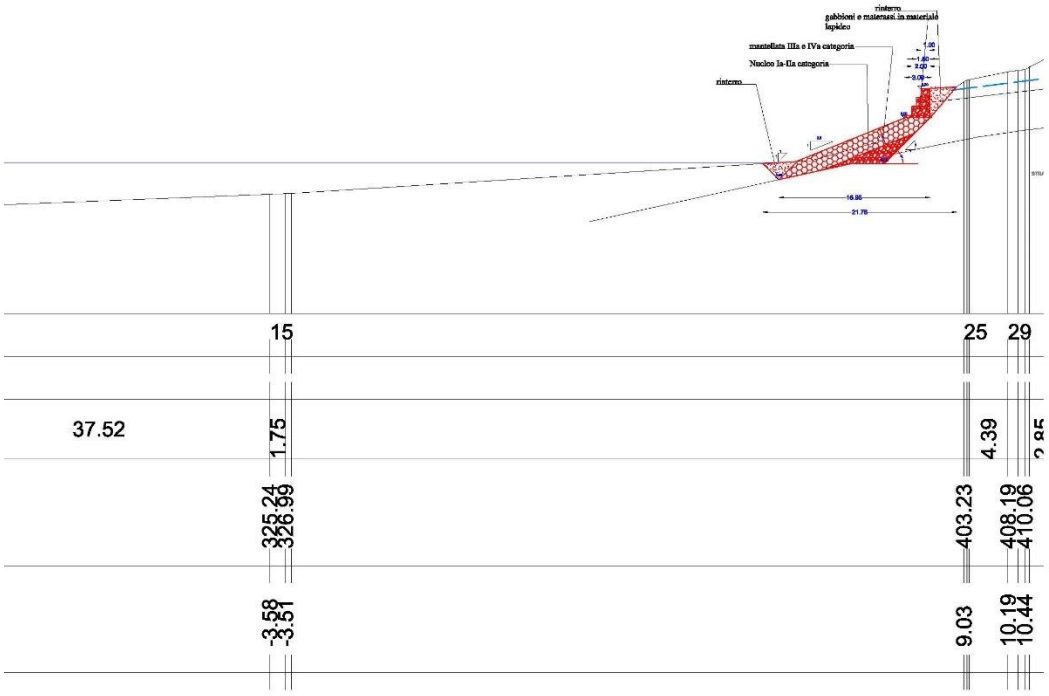
La sezione 08 si illustra di seguito:

FIGURA N°27: Sezione 08



La sezione 09 si illustra di seguito:

FIGURA N°28: Sezione 09



I parametri sopra indicati sono i seguenti:

a. $R_{u2\%}$= altezza di risalita dell'onda incidente con probabilità di superamento del 2% [m], calcolato considerando la sopraelevazione del livello medio del mare;
b. H_{m0}= altezza d'onda al piede della massicciata [m] supposta pari a circa 2 m;
c. Rc= altezza di cresta della struttura [m] pari a 8.3 m;
d. Rc^*= altezza di cresta della struttura [m] pari a 8.3 – 0.90 = 7.2 m;
e. q= portata di tracimazione [l/s/m]
f. $\zeta_{m-1,0}$ = surf similarity parameter;
g. Tan α= pendenza mantellata;
h. γ_b = parametro di influenza della berma posto pari ad 1;
i. γ_f = parametro di influenza della scabrosità posto pari ad 1 (a favore della sicurezza);
j. γ_β = parametro di influenza dell'angolo di attacco sulla diga posto pari ad 1 (a favore della sicurezza);
k. γ^* = parametro di influenza combinato moto ondoso-massicciata-muro posto pari a d 1;

Utilizzando gli stati di mare di progetto, per i vari periodi di ritorno, sulla base della formulazione indicata nelle figure sopra, la portata di tracimazione e l'altezza d'onda trasmessa oltre la diga sopraflutti, risultano pari a:

Periodo ritorno	**Hs** (m)	**Ru2%** (m)	**Q** (l/s/m)	**POW** (%)	**V** (l/m)
Sezioni 07,08,09	2	**7,0**	**<0.5**	**85**	**< 10**

I simboli indicati in tabella sono:

- Hs = altezza d'onda significativa al piede della diga frangiflutti (SEZIONE 4SP);
- Ru2% = run-up come sopraindicato;
- Q = portata di tracimazione;
- V = volume di tracimazione;

- POW=percentuale di onde che tracimano oltre il muro di difesa.

I valori di portata di tracimazione e di altezza d'onda trasmessa a tergo della diga sopraflutti, in corrispondenza delle sezioni di progetto, risultano compatibili con le assunzioni fatte per la determinazione dell'altezza d'onda di progetto in base al periodo di vita dell'opera.

La figura seguente mostra i livelli di rischio riferiti alla portata media di tracimazione:

FIGURA N°29: livelli di rischio riferiti alla portata media di tracimazione

Hazard type and reason	Mean discharge q (l/s per m)	Max volume V_{max} (l per m)
Significant damage or sinking of larger yachts; H_{m0} > 5 m	>10	>5,000 – 30,000
Significant damage or sinking of larger yachts; H_{m0} = 3-5 m	>20	>5,000 – 30,000
Sinking small boats set 5-10 m from wall; H_{m0} = 3-5 m Damage to larger yachts	>5	>3,000-5,000
Safe for larger yachts; H_{m0} > 5 m	<5	<5,000
Safe for smaller boats set 5-10 m from wall; H_{m0} = 3-5 m	<1	<2,000
Building structure elements; H_{m0} = 1-3 m	≤1	<1,000
Damage to equipment set back 5-10m	≤1	<1,000

Nello stato di progetto le strutture sono sollecitate da un moto ondoso con altezza d'onda compresa tra 1 e 3 m. Tuttavia la portata di tracimazione risulta ben al disotto del limite raccomandato pari ad 1 l/s.

2.3.6. Conclusioni

Nello stato attuale il valore di Run-Up sulla spiaggia, in corrispondenza degli eventi meteomarini con periodo di ritorno pari a 112 anni, supera la quota più alta della zona di spiaggia prospicente la battigia. La simulazione prodotta dunque, riproduce fedelmente gli eventi meteomarini che si abbattono sul litorale in oggetto.

Le risultanze delle simulazioni eseguite per le varie sezioni di progetto rientrano, per la maggior parte, nei valori limite raccomandati da Eurotop, considerando che le portate di tracimazione del muro in progetto si mantengono ben al di sotto di 1 l/s.

In corrispondenza della sezione 6, che presenta la quota della sommità del nuovo muro in progetto pari a 6,3 m s.l.m.m., la portata di tracimazione risulta inferiore a 4 l/s/m. Si consideri comunque che l'area a tergo dell'intervento in progetto si presenta con fitta vegetazione e presenta, a monte del muro in progetto, un rilevato di lunghezza maggiore di 30 con quota superiore pari a circa 14 m (pari al doppio del run-up calcolato sul muro di progetto).

La pista ciclabile a valle del rilevato, in corrispondenza della sezione 6, risulterebbe dunque piuttosto protetta dalla tracimazione oltre il muro in progetto, anche in occasione si tali eventi di progetto.

3. Alerts

Di seguito si illustrano gli alerts per le varie tematiche:

a. **Ottenimento autorizzazioni:** l'intervento in progetto non interferisce con la dinamica costiera e dunque non si interpone al trasporto dei sedimenti lungo la costa, che comunque risulta piuttosto limitato.

b. **Azioni delle mareggiate sul litorale costiero interessato dall'intervento:** l'altezza d'onda significativa di calcolo, si riferisce alla media del terzo delle onde più alte nella mareggiata di progetto avente periodo di ritorno pari a 112 anni. Si consideri dunque che durante gli eventi più intesi, le onde più alte potrebbero provocare il rotolamento dei massi della mantellata, od eventuali spostamenti fuori sede degli stessi. Si fa presente dunque, la necessità di eseguire interventi periodici di manutenzione ordinaria, al fine di mantenere l'assetto delle scarpate come da progetto.

4. Conclusioni

La presente relazione illustra l'analisi del litorale situato in località "La Vesca" nel Comune di Sanremo. La modellazione dello stato attuale, mostra una riproduzione piuttosto fedele del getto di riva che si manifesta durante gli eventi meteomarini più gravosi, che supera la quota più alta della zona di spiaggia prospicente la battigia.

La modellazione dello stato di progetto, mostra portate di tracimazione verso la pista ciclabile molto contenute, eccetto che in una sezione (centrale rispetto al litorale interessato dagli interventi di progetto), che tuttavia risulta piuttosto protetta sia dalla vegetazione in essere e sia dalla quota del rilevato a monte.

In tale sezione, se si portasse il muro alla quota delle sezioni adiacenti (+8,3 m s.l.m.m.) la portata di tracimazione si ridurrebbe sotto il valore di 1 l/m/s.