



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE
Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio



STUDIO SPERIMENTALE SU MODELLO FISICO DELL'OVERTOPPING LUNGO LA DIGA FORANEA IN PROGETTO PER IL PORTO TURISTICO DI CHIAVARI (GE)

Candidato: Andrea Ruggiero

Relatori: Ing. Lorenzo Cappiotti
Prof. Ing. Pier Luigi Aminti

Anno Accademico 2009/2010



CONTENUTI



1. OBIETTIVI
2. IL FENOMENO
3. GLI ESPERIMENTI
4. ANALISI E RISULTATI
5. CONCLUSIONI



OBIETTIVI



- Riprodurre su modello fisico lo stato attuale di un tratto di diga foranea del porto turistico di Chiavari (GE);
- Studiare il fenomeno dell'overtopping e testare alternative progettuali per un sistema di protezione più efficace.

Con il termine overtopping (tracimazione) si intende la portata d'acqua che scavalca la cresta della struttura per effetto del moto ondoso.

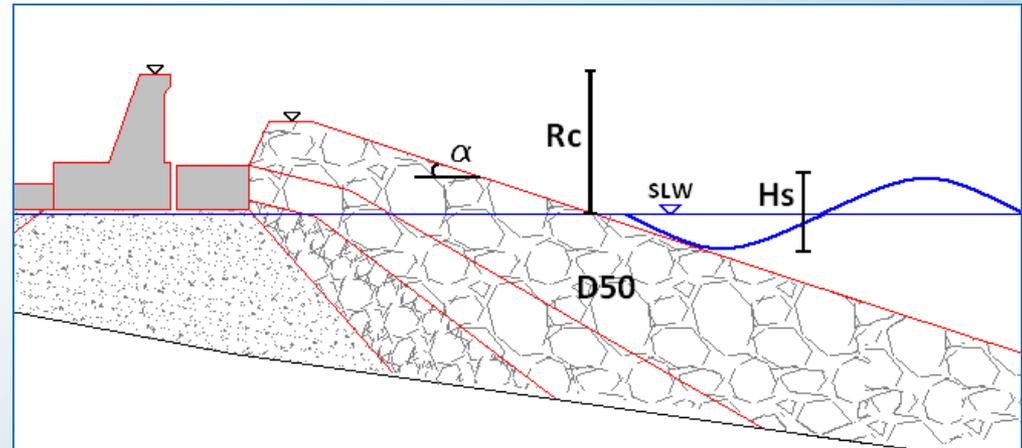
Principalmente esistono tre dinamiche che descrivono il fenomeno:

- Green water
- White water
- Spray



E' funzione di molti parametri:

- Altezza significativa dell'onda incidente H_s ,
- Periodo d'onda,
- Freeboard R_c ,
- Porosità della scogliera,
- Inclinazione della mantellata esterna.



E' un processo estremamente variabile nel tempo e nello spazio; infatti la portata di overtopping di una singola onda può arrivare a superare di 100 volte la portata media di una intera mareggiata.



OVERTOPPING - Definizione



La complessità del problema rende impensabile l'esistenza di una legge che riesca a descrivere in modo univoco il fenomeno dell'overtopping.

- Formule empiriche:
$$\frac{q}{\sqrt{gH_{m0}^3}} = a \exp\left(-b \frac{R_c}{H_{m0}}\right)$$

Legano la portata media di overtopping adimensionalizzata con il freeboard adimensionale attraverso i coefficienti sperimentali a e b che dipendono dalla geometria e dal tipo di struttura.

- Approccio statistico:
$$P_v = P(V^* \leq V) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{V}{a}\right)^{0.75}\right] \quad a = 0.84 T_m q \frac{N_w}{N_{ow}}$$

Si modella la probabilità che un singolo volume associato all'ondata tracimante sia superiore ad un volume dato.

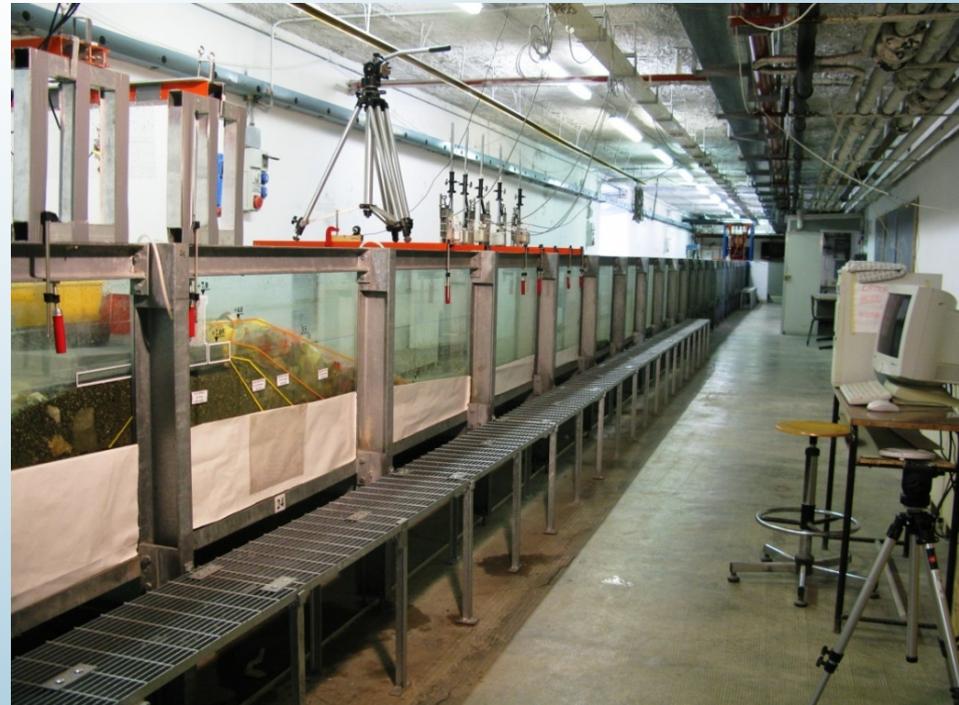
La fase sperimentale è stata svolta presso il Laboratorio Costiero del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICeA).

Canale per onde e correnti

- Dimensioni: 47m x 0.8m x 0.8m
- Sistema di ricircolo

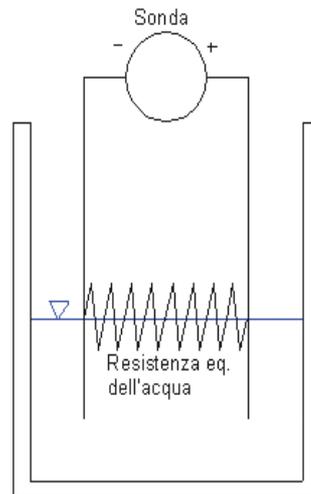
Generatore di moto ondoso

- Controllato da pc tramite software
- In grado di generare onde irregolari caratterizzate dalla stessa densità spettrale delle onde da vento



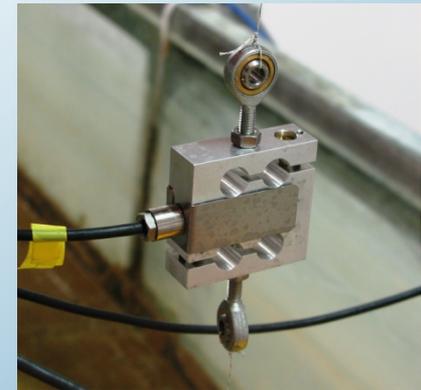
STRUMENTI PER L'ACQUISIZIONE DEI DATI

Sonde resistive lungo il canale



Per acquisire i livelli idrici durante la prova.

Celle di carico a tergo della struttura



Trasduttori in grado di convertire la forza peso in un segnale elettrico.

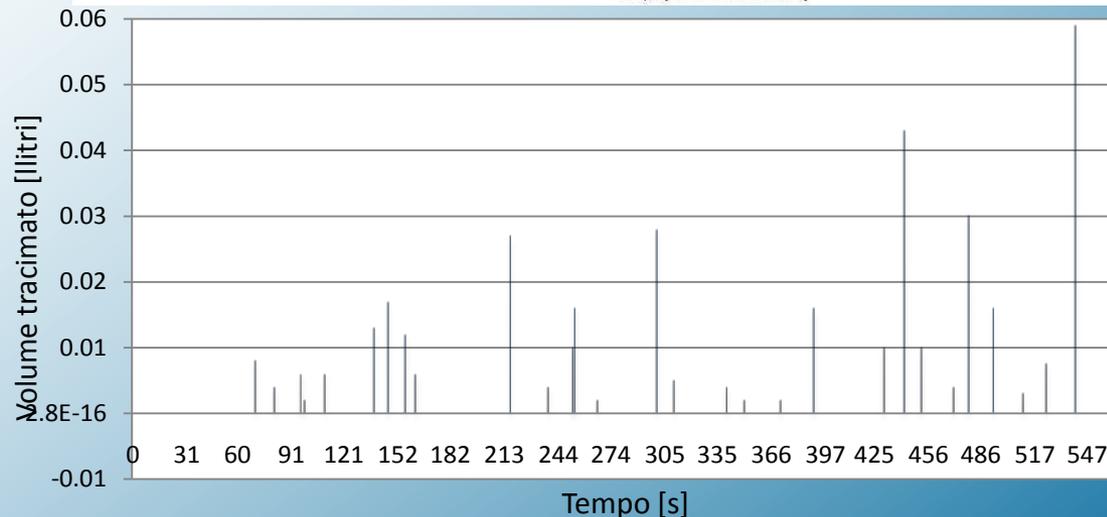
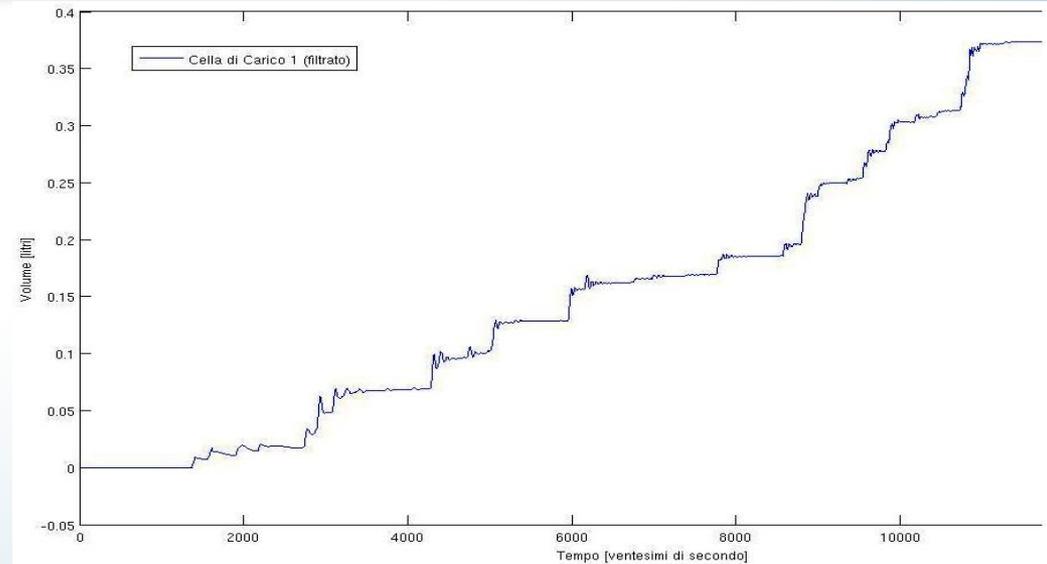
Grazie all'introduzione delle celle di carico tra gli strumenti di laboratorio, è stato possibile:

- misurare le portate senza dover ricorrere ad operazioni manuali;
- osservare come i singoli volumi di overtopping si sono susseguiti casualmente nel tempo.

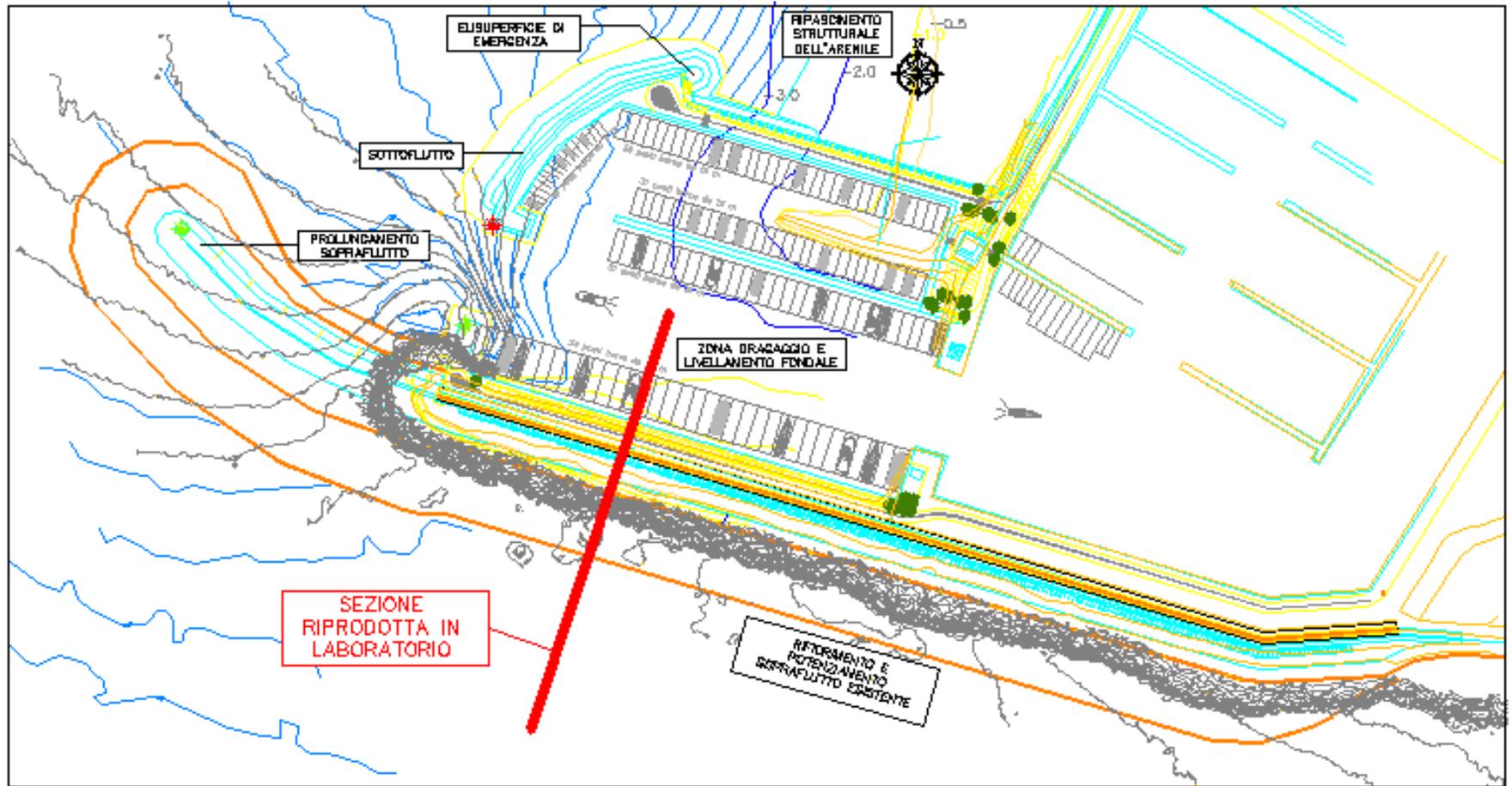
Ciascun volume d'acqua associato all'ondata tracimante infatti, sia del tipo green che del tipo white water, viene misurato come forza peso nel momento in cui oltrepassa la sommità della diga.



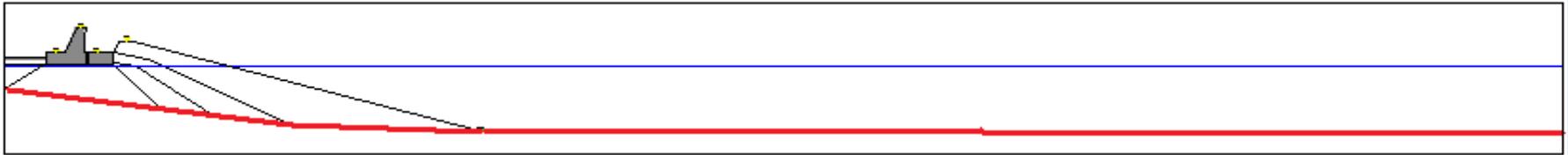
- Ogni “scalino” corrisponde ad un determinato volume d’acqua che ha oltrepassato il muro paraonde durante la mareggiata.
- Nell’istogramma invece viene messa in evidenza la distribuzione dei singoli impulsi e la loro intensità.
- Le celle di carico sono state in grado di registrare i volumi tracimati con ottima precisione, in confronto a quelli misurati manualmente con comuni misurini.



INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO

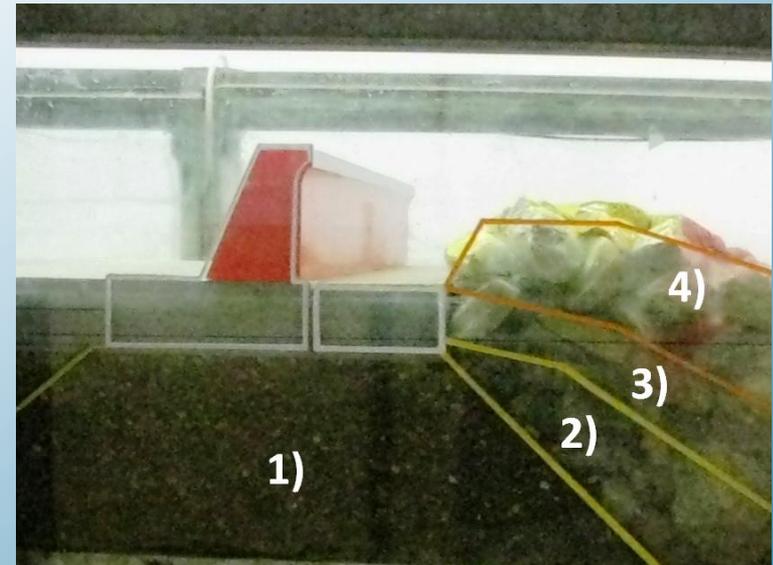


SEZIONE RIPRODOTTA IN CANALE

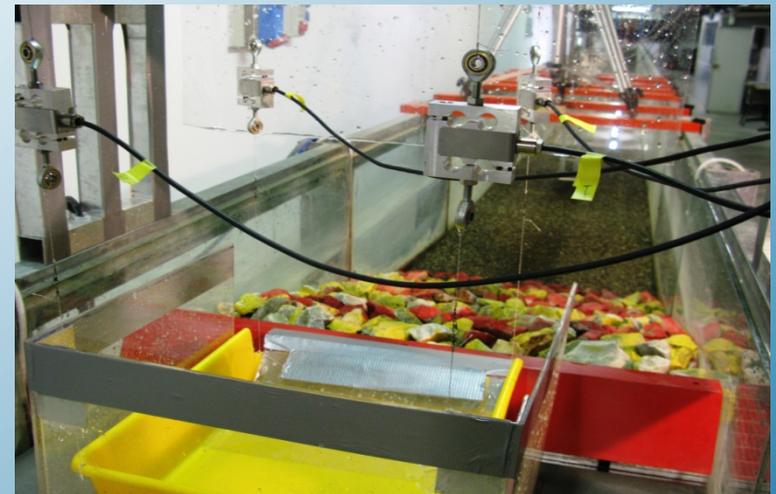
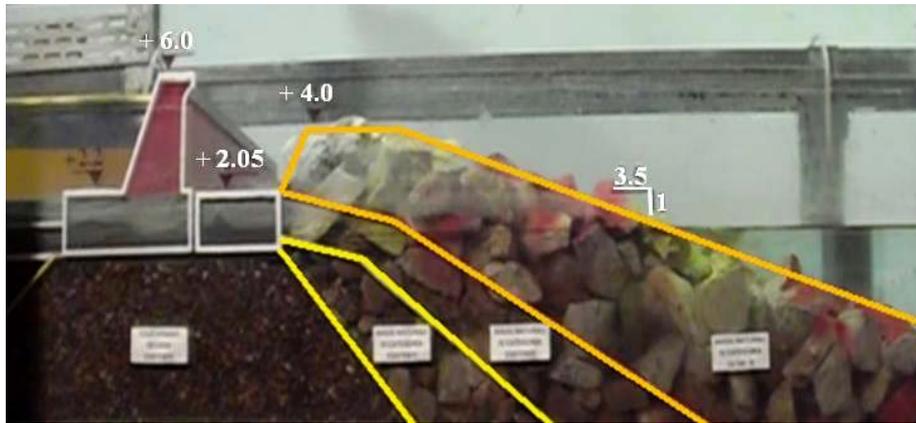


- Scelta della scala delle lunghezze (criterio di Froude): **1:36**
- Riproduzione del profilo batimetrico
- Costruzione modello.

Il muro paraonde è stato realizzato in plexiglass su basamento di marmo.
La diga è del tipo “a gettata”.



- Pezzatura
crescente ↓
- 1) Nucleo (sottostruttura)
 - 2) Filtro (< 4.5 t)
 - 3) Filtro (4.5-8 t)
 - 4) Mantellata esterna (8-11 t)



OBIETTIVI

FENOMENO

ESPERIMENTI

ANALISI

CONCLUSIONI



ESPERIMENTI - Le prove



Sono state eseguite prove per sette ipotesi progettuali (denominate Configurazione C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7) che differiscono tra loro per quei principali parametri tali che, dalle misure sperimentali, possano emergere chiaramente i relativi effetti sull'overtopping:

- Presenza della vasca di dissipazione,
- Quota del muro paraonde,
- Larghezza della berma della mantellata,
- Quota della berma della mantellata,
- Pendenza della mantellata.

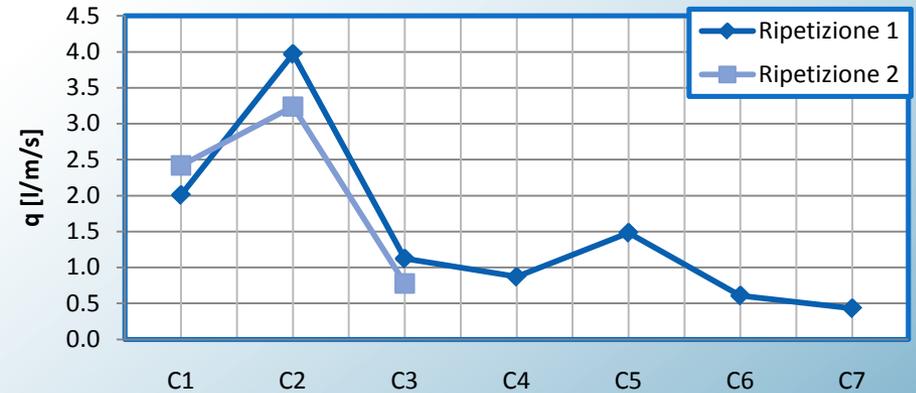
Lo studio meteo-marino ha indicato le caratteristiche di un totale di sei diversi attacchi ondosi (denominati H1, H2, H3, H4, H5, H6) della durata di 30 minuti come eventi estremi di mareggiate con tempi di ritorno cinquantennali.

Onda	H _s [m]	T _p [sec]	Spettro
H1	5.4	12	Largo
H2	5.4	12	Medio
H3	5.4	12	Stretto
H4	5.4	11	Largo
H5	5.4	13	Stretto
H6	6	13	Largo

PORTATE MEDIE DI OVERTOPPING q [l/m/s]

➤ Andamento della portata di overtopping q [l/m/s] al variare della configurazione per i diversi attacchi ondososi.

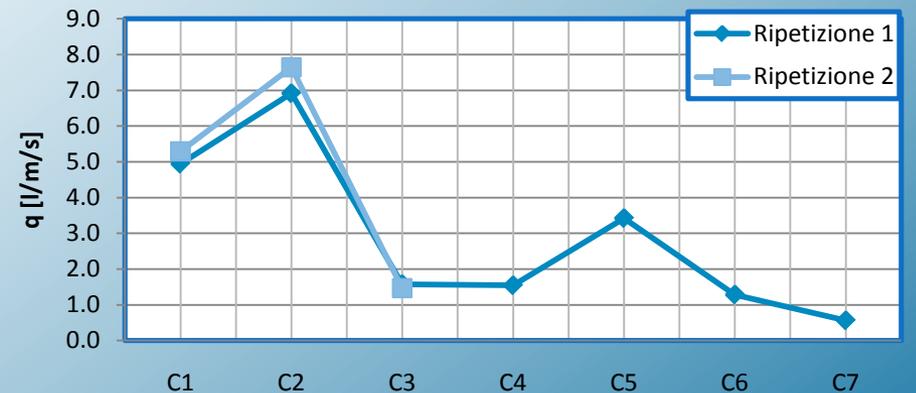
Onda H1



Onda H2

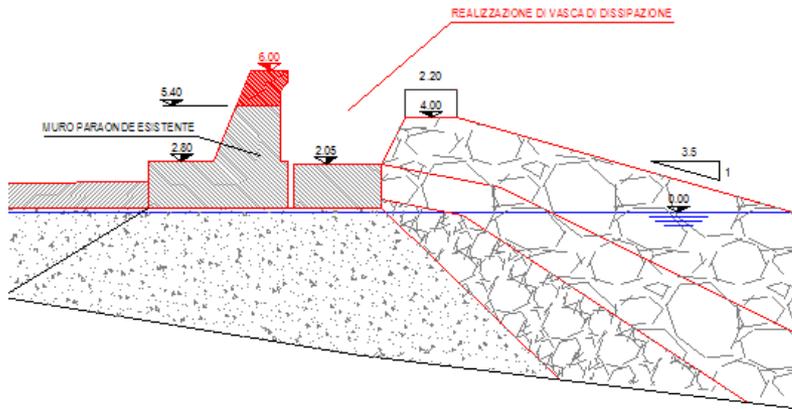


Onda H5

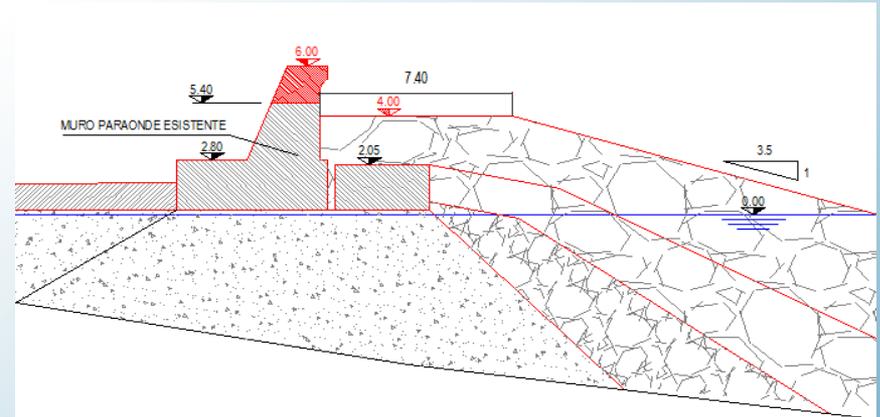


VASCA DI DISSIPAZIONE

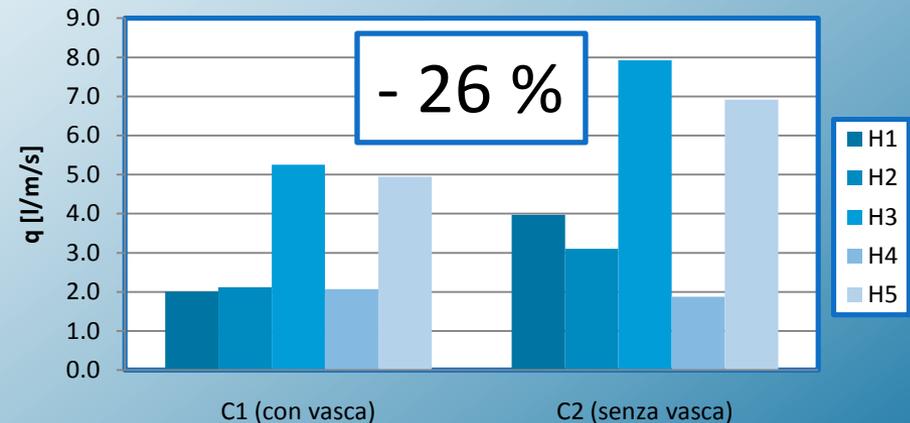
C1 - Con vasca



C2 - Senza vasca

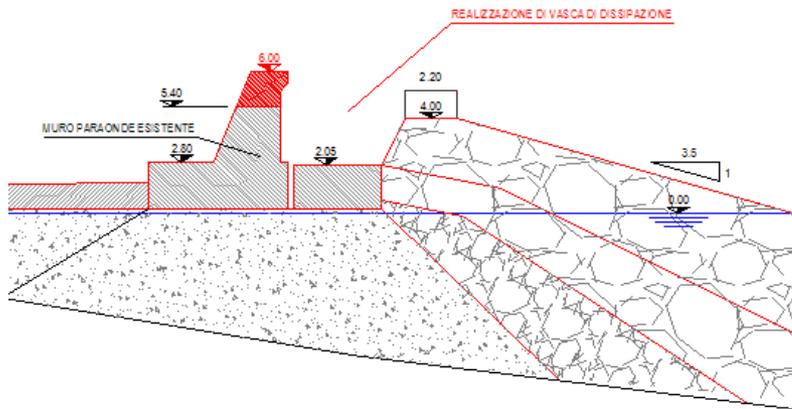


➤ La vasca di dissipazione porta le onde ad un frangimento controllato entro la zona antistante il muro paraonde



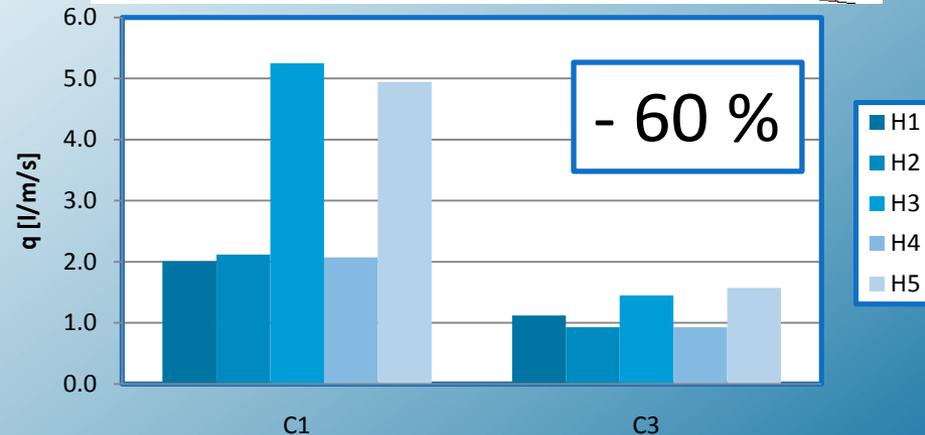
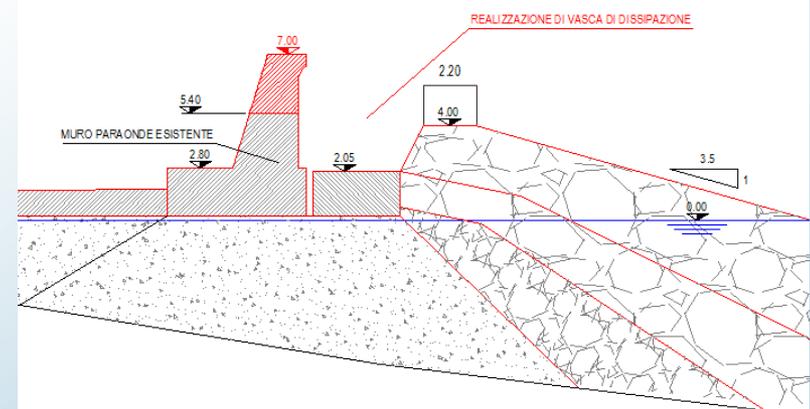
QUOTA DEL MURO PARAONDE

C1 - quota muro a + 6 m s.l.m.



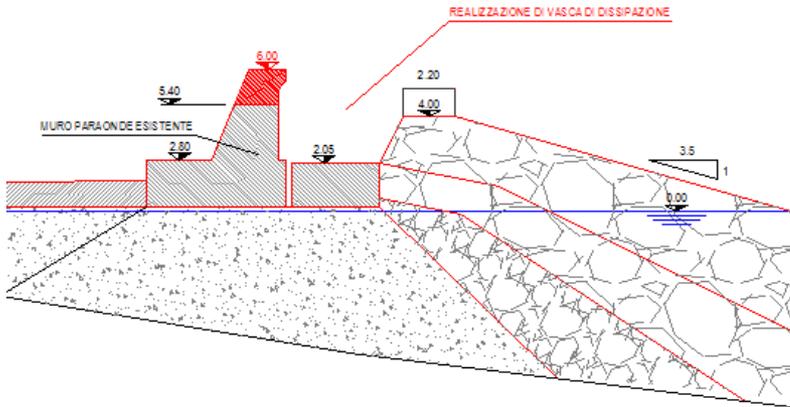
- Il muro paraonde rialzato è in grado di intercettare maggior volumi di overtopping, soprattutto del tipo green water.

C3 - quota muro a + 7 m s.l.m.

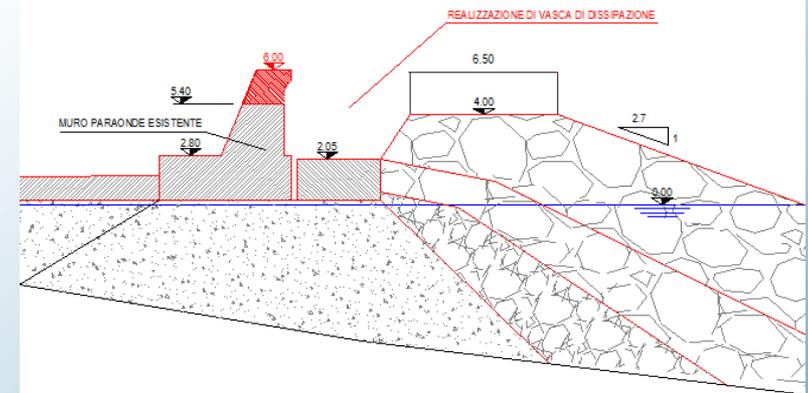


LARGHEZZA DELLA BERMA DELLA MANTELLATA

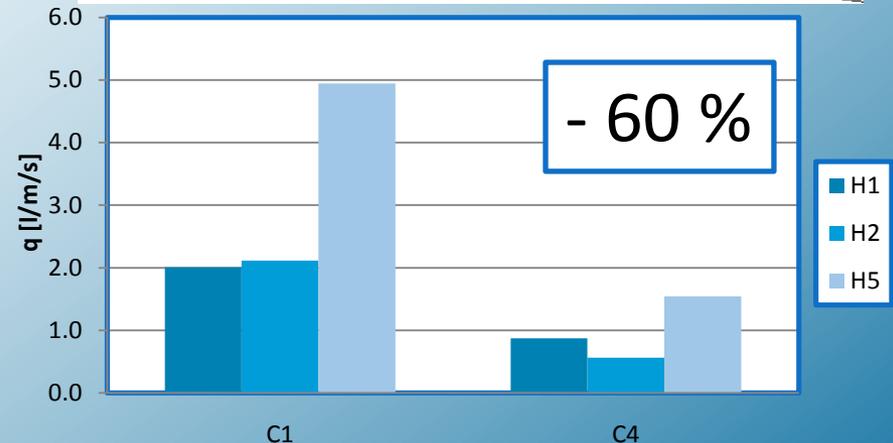
C1 - Berma larga 2.2 m



C4 - Berma larga 6.5 m



➤ Una berma più larga anticipa il frangimento delle onde che perciò dissipano parte dell'energia prima dell'impatto con il muro.

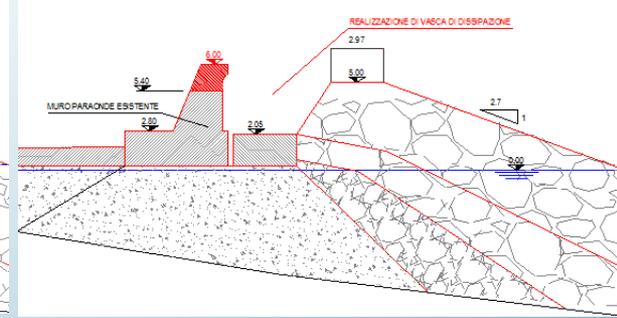
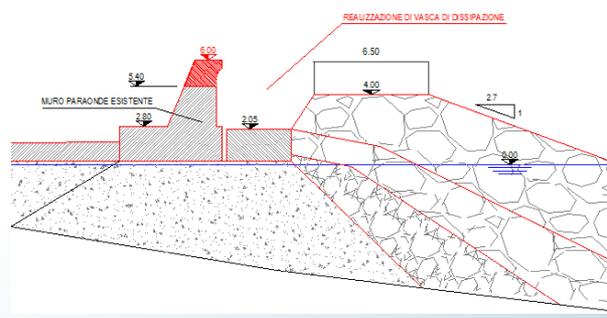
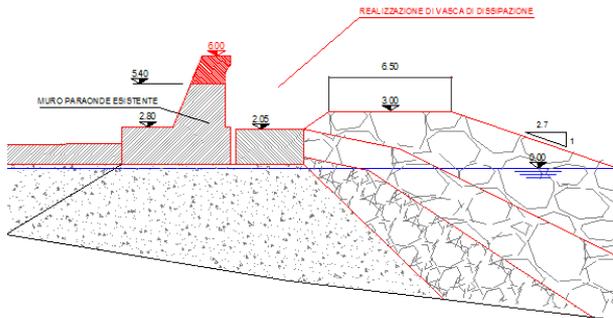


QUOTA DELLA BERMA DELLA MANTELLATA

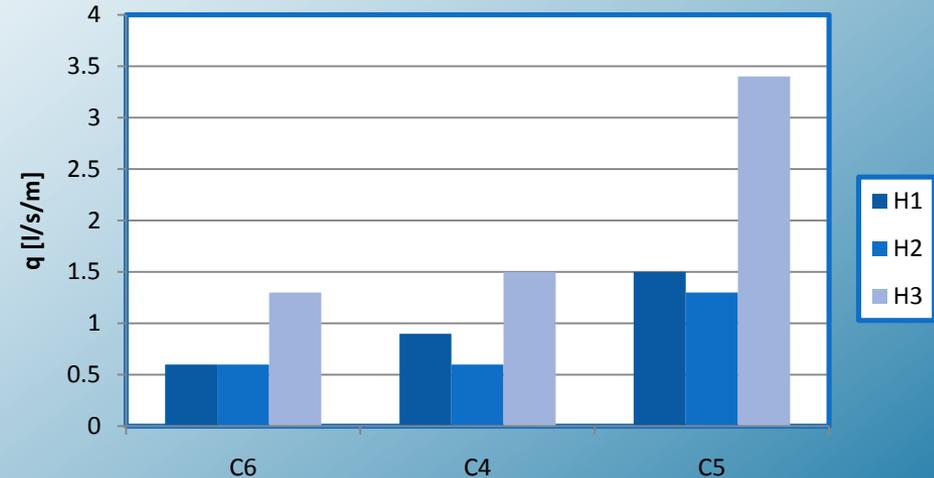
C6 (berma a +3 m s.l.m.)

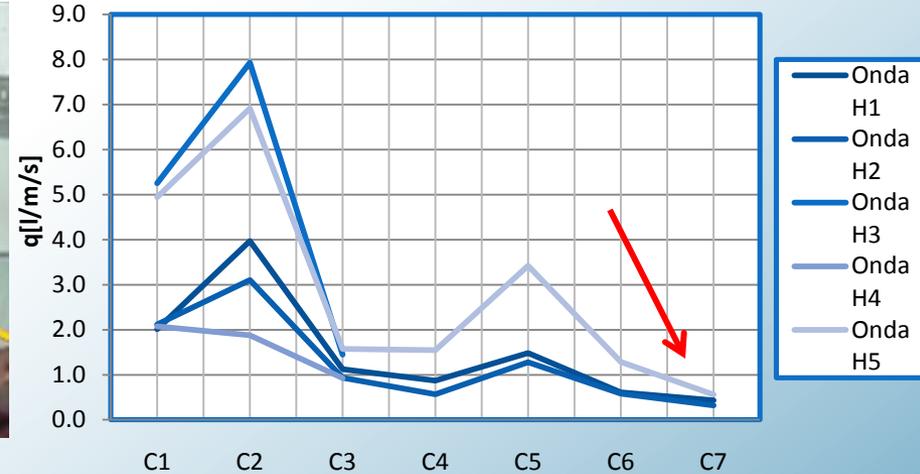
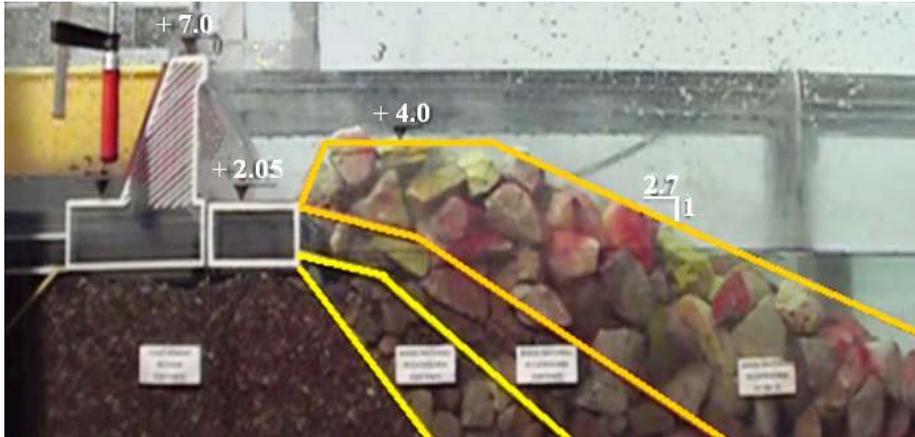
C4 (berma a +4 m s.l.m.)

C5 (berma a +5 m s.l.m.)



- Incremento delle portate di overtopping all'aumentare della quota della berma
- In C5 la lamina d'acqua che si muove per run-up sulla mantellata, si distacca e viene proiettata in avanti senza essere intercettata dal muro.





Configurazione C7	
Vasca di dissipazione	Si
Quota muro	+ 7 m s.l.m.
Larghezza berma	6.50 m
Quota berma	+ 4 m s.l.m.
Pendenza mantellata	1/2.7

La configurazione C7 è l'unica che ha fatto registrare portate tracimanti inferiori a 1 l/m/s per tutti gli attacchi ondosì ed è perciò l'ipotesi progettuale più sicura a fronte di eventi estremi di mareggiate.



CONCLUSIONI



Un'alternativa a questa configurazione nasce dal problema dell'impatto visivo del muro paraonde che impedisce parzialmente la visuale del mare da costa.

Abbassando e allargando la cresta della berma (come confermato dai risultati ottenuti dalla configurazione C4 e C6) si ottiene un livello di protezione adeguato mantenendo la quota del muro paraonde a + 6 m s.l.m..

E' stato osservato inoltre un beneficio dovuto al verificarsi di minori fenomeni di riflessione; l'onda riflessa infatti, soprattutto nella zona adiacente la struttura, può in certi casi sommarsi all'altezza d'onda incidente e portare più facilmente all'overtopping.



Grazie dell'attenzione