

SEZIONE DEL GENIO MILITARE PER LA MARINA DI CAGLIARI

Stazione VLF - Isola di Tavolara (OT)

RESTAURATION OF HEALTH AND SAFETY CONDITIONS TO
OPERATE THE STATION - STAZIONE VLF - ISOLA DI
TAVOLARA (OT)

006

PROGETTO DEFINITIVO

STUDIO TRACIMAZIONE ONDOSA DELLA DIGA SOPRAFLUTTO

21

018

DR

006

0

MAR

Committente

SEZIONE DEL GENIO MILITARE
PER LA MARINA DI CAGLIARI

P.zza Marinai d'Italia snc

Progettazione opere marittime:



MODIMAR s.r.l. Via Monte Zebio 40 - 00195 ROMA
06.3269461 - www.modimar.it

Progettazione:

Ing. Mauro MARINI

Ing. Davide SALTARI

Ing. Leonardo FARINA

Dott. Arch. Alessandro BARTOLESCHI

Studi ambientali

Dott.ssa Scrimieri Sara

Dott. De Pirro Maurizio

| | | | | | |
|-----------------------|------|---|------------|-------------|------------|
| | | | | | |
| Febbraio 2022 | 0 | 0 | L.F. | D.S. | M.M. |
| Data | Rev. | DESCRIZIONE | Disegnato: | Verificato: | Approvato: |
| Dimensioni foglio: A1 | | La MODIMAR s.r.l. si riserva la proprietà di questo documento con la proibizione di riprodurlo o trasferirlo a terzi senza autorizzazione scritta. This document is property of MODIMAR s.r.l. Reproduction and divulgation forbidden without written permission | | | |

Indice

| | | |
|-----------|--|----------|
| 1. | Generalità..... | 1 |
| 2. | Descrizione del modello di rete neurale..... | 2 |
| 3. | Utilizzo della rete neurale per la stima della portata | 3 |
| | 3.1 Portata di tracimazione per la sezione corrente tipo della diga frangiflutto | 3 |
| | 3.2 Portata di tracimazione per la sezione di testata..... | 5 |
| | 3.3 Portata di tracimazione per la sezione con berma L=6.50 m | 6 |
| 4. | Conclusioni | 6 |

1. Generalità

Nella presente relazione sono riportati i risultati ottenuti nei calcoli effettuati per la determinazione dei valori della portata di tracimazione della diga foranea posta a protezione dell'area portuale della "Cala di Ponente" ubicato in località Spalmatore di Fuori sull'isola di Tavolara, a servizio della stazione VLF della Marina Militare.

Per la progettazione, la valutazione della sicurezza ed il ripristino della funzionalità delle opere di difesa portuali sono necessarie delle previsioni affidabili della portata di tracimazione (determinata dai fenomeni cosiddetti di "overtopping"). Esistono diverse formule semplificate utilizzate per la progettazione di dighe, frangiflutti in massi naturali o artificiali e muri verticali.

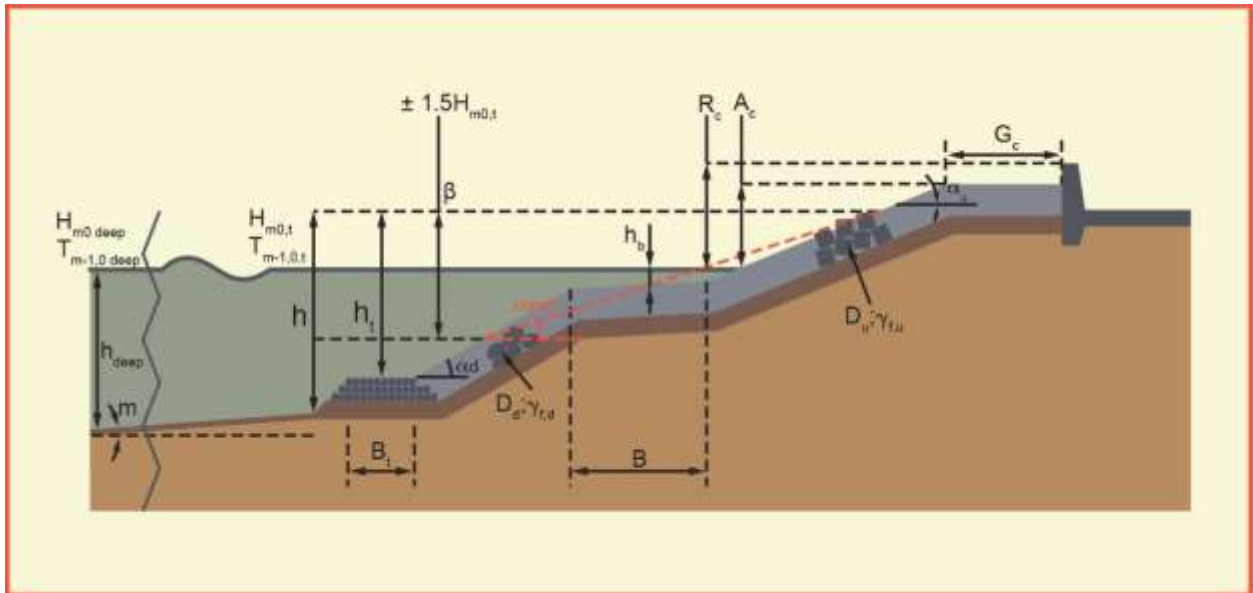
Nel presente studio si è optato per un metodo di previsione per il calcolo della tracimazione della diga foranea denominato "EurOtop", o anche delle reti neurali, già utilizzato nel progetto preliminare dell'opera e sviluppato in collaborazione in collaborazione con centri di ricerca internazionali, da un professore socio della Modimar s.r.l. negli anni 2007. Tutti i risultati ottenuti nel presente studio sono finalizzati alla ottimizzazione delle opere inserite nel progetto definitivo degli interventi relativi a "Restaurazione of health and safety conditions to operate the station - Stazione VLF - Isola di Tavolara (OT)" finalizzati alla riqualificazione dell'opera foranea e dei retrostanti piazzali fortemente degradati da un evento burrascoso avvenuto il 05.03.2015 che ha determinato ingenti danneggiamenti sia alla diga foranea che alle aree portuali retrostanti (piazzali) di competenza della Marina Militare Italiana.

Si mette in evidenza che in parallelo al presente studio sono state effettuate delle prove su modello fisico in canaletta per determinare le portate di tracimazione per determinati stati di moto ondoso. I risultati del modello fisico confermano (vedi elaborato allegato al presente progetto "Studio su Modello fisico 2D della Tracimazione e Stabilità della scogliera"), la validità del modello di rete neurale per determinare il sormonto nelle dighe a scogliera senza vasche di dissipazione. Nel modello fisico si sono approfonditi in particolare i calcoli delle portate di tracimazione in presenza di vasca di dissipazione tracimazione che **il modello neurale non può simulare.**

2. Descrizione del modello di rete neurale

Il modello attraverso 15 parametri di input dimensionanti computa automaticamente un range di valori simili a quelli inseriti per estrapolare una previsione della portata di tracimazione.

I dati di input richiesti caratterizzano le condizioni idrauliche e la geometria di scenario. Nel dettaglio sono stati inseriti i seguenti valori dimensionanti:



- H_{m0} = altezza significativa dell'onda (spettrale) al piede della struttura (m);
- $T_{m-1,0}$ = periodo medio (spettrale) al piede della struttura = $T_p/1.1$ (s);
- β = direzione di incidenza principale rispetto alla normale della struttura ($^\circ$);
- h_t = tirante idrico al piede della struttura (m);
- B_t = larghezza della berma al piede (m);
- y_f = rugosità / porosità della struttura;
- $\cot(\alpha)$ = pendenza della mantellata a largo della berma;
- $\cot(\alpha_u)$ = pendenza della mantellata oltre la berma;
- B = larghezza della berma (m);
- h_b = tirante idrico in corrispondenza della berma (m);
- $\tan(\alpha_b)$ = pendenza della berma;
- R_c = sommità del coronamento (m);
- A_c = quota del coronamento (m);
- G_c = larghezza del coronamento (m);
- D_d e D_u = spessore degli strati della mantellata (m).

Il database utilizza i valori dei parametri appena inseriti per elaborare la previsione della stima dei coefficienti di riflessione, trasmissione e portata della tracimazione, che è il parametro necessario per la nostra progettazione. L'inserimento di un elevato numero di parametri inoltre permette di non utilizzare l'intero database, che risulterebbe molto oneroso dal punto di vista computazionale, ma solamente la porzione correlata ai dati appena inseriti. Il risultato finale è la quantità fisica del coefficiente di trasmissione K_t , il coefficiente di riflessione K_r e la portata di tracimazione q .

3. Utilizzo della rete neurale per la stima della portata

Nel nostro caso di progettazione le opere a gettata hanno lo scopo di assorbire e riflettere parzialmente l'energia associata alle onde incidenti, proteggendo in maniera efficace le strutture portuali retrostanti e garantendo la sicurezza delle strutture retrostanti e delle imbarcazioni all'ormeggio.

Generalmente le scogliere sono costituite da una mantellata che rappresenta lo strato superiore di un'opera di difesa a gettata costituita da un doppio strato di massi (naturali o artificiali) e da un sottostante strato filtro posto a protezione del nucleo.

Inoltre, la mantellata deve essere caratterizzata da una buona porosità per assorbire il maggior volume d'acqua possibile e limitare la trasmissione delle onde a tergo della scogliera stessa.

L'opera "a gettata" esistente è costituita da un insieme eterogeneo di massi naturali di I, II e III categoria (ovvero di peso compreso tra $500 \div 1250$ kg, $1 \div 3$ t e $3 \div 7$ t) e da numerosi ed eterogenei elementi artificiali (costituiti da cubi, antifer e tetrapodi) collocati in opera, presumibilmente in tempi successivi, per contrastare il progressivo degrado subito dalla diga foranea a causa di successivi ed estremi eventi di moto ondoso. Dovendo perseguire l'obiettivo di garantire un elevato grado di sicurezza e di ridurre gli interventi di manutenzione (rifornimento della mantellata, riposizionamento di eventuali massi spostati a seguito di eventi di moto ondoso intensi, ecc...) si è deciso di strutturare gli interventi eseguendo un salpamento parziale (con conseguente risagomatura) della parte emersa della scogliera esistente che verrà poi completata realizzando preliminarmente lo strato filtro con elementi lapidei naturali di peso compreso tra $500 \div 1250$ kg) ed infine collocando in opera, sopra lo strato filtro, il doppio strato di massi naturali della nuova mantellata esterna, aventi peso compreso tra $7 \div 12$ t. Per i suddetti elementi lapidei naturali è stato effettuato il dimensionamento e la verifica del peso medio, adottando i minori livelli di danneggiamento, come meglio specificato nei calcoli di dimensionamento e verifica delle opere marittime, riportati nell'apposita relazione.

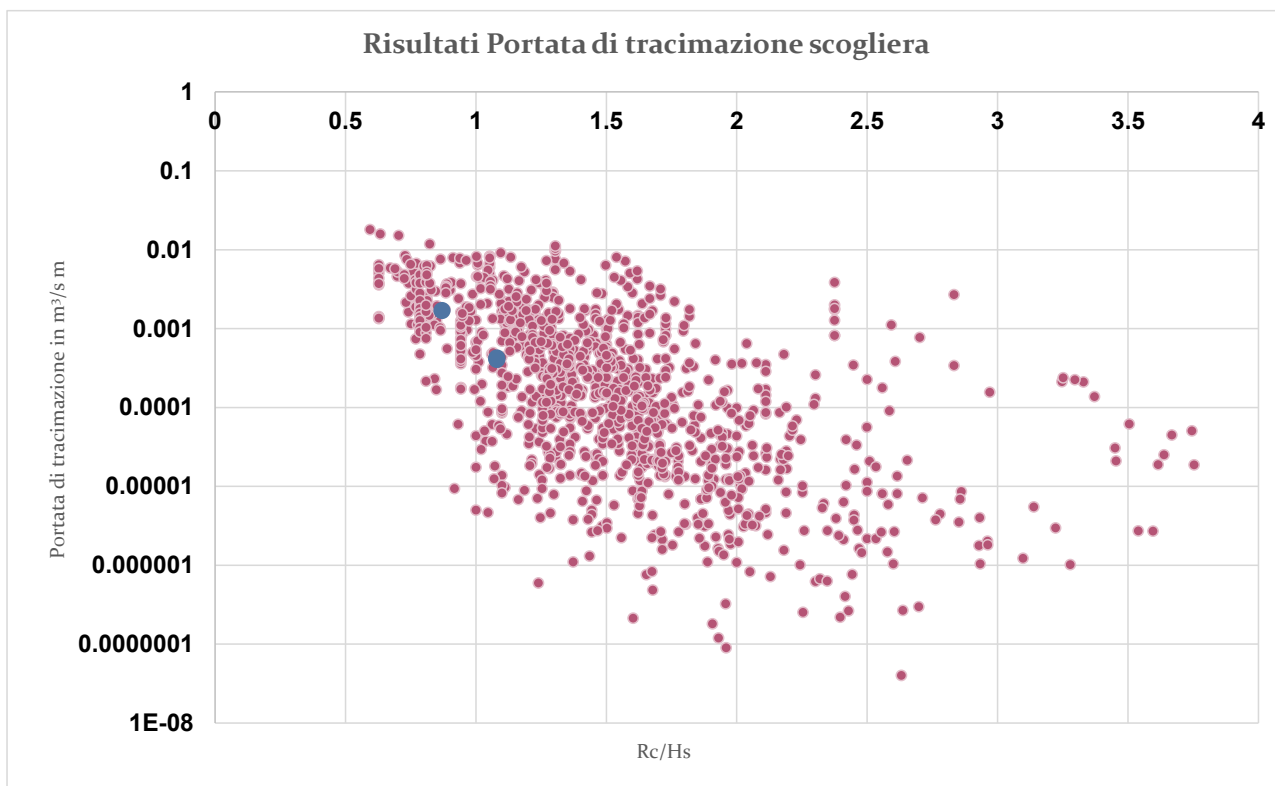
3.1 Portata di tracimazione per la sezione corrente tipo della diga frangiflutto

In accordo con quanto appena descritto sono stati inseriti nella rete neurale i valori (riportati in allegato) per tre diverse tipologie di scenario, corrispondenti a tre differenti condizioni di moto ondoso incidente, come da prove effettuate con modello fisico (vedi "Studio su modello fisico 2D della tracimazione ondosa e della stabilità della scogliera frangiflutti di Tavolara" allegato al presente progetto) di cui si riportano i risultati ottenuti in laboratorio nella stessa tabella per le stesse condizioni:

| Scenario n. | ID | Hm0 (altezza d'onda) | Tp | Tm | Rc/Hs | q (l/s/m) EurOtop | q (l/s/m) Lab |
|-------------|----|-------------------------|------|------|-------|----------------------|------------------|
| 1 | 4 | 3,90 | 9,12 | 8,20 | 1,08 | 0,407 | 0,259 |
| 2 | 4 | 3,93 | 9,12 | 8,23 | 1,08 | 0,424 | 0,414 |
| 3 | 5 | 4,84 | 9,34 | 9,13 | 0,87 | 1,69 | 3,019 |

Il modello di previsione, analizzato il database a sua disposizione, ha prodotto i risultati riportati nella successiva raffigurazione, dove vengono evidenziate in rosso i valori nel database utilizzati

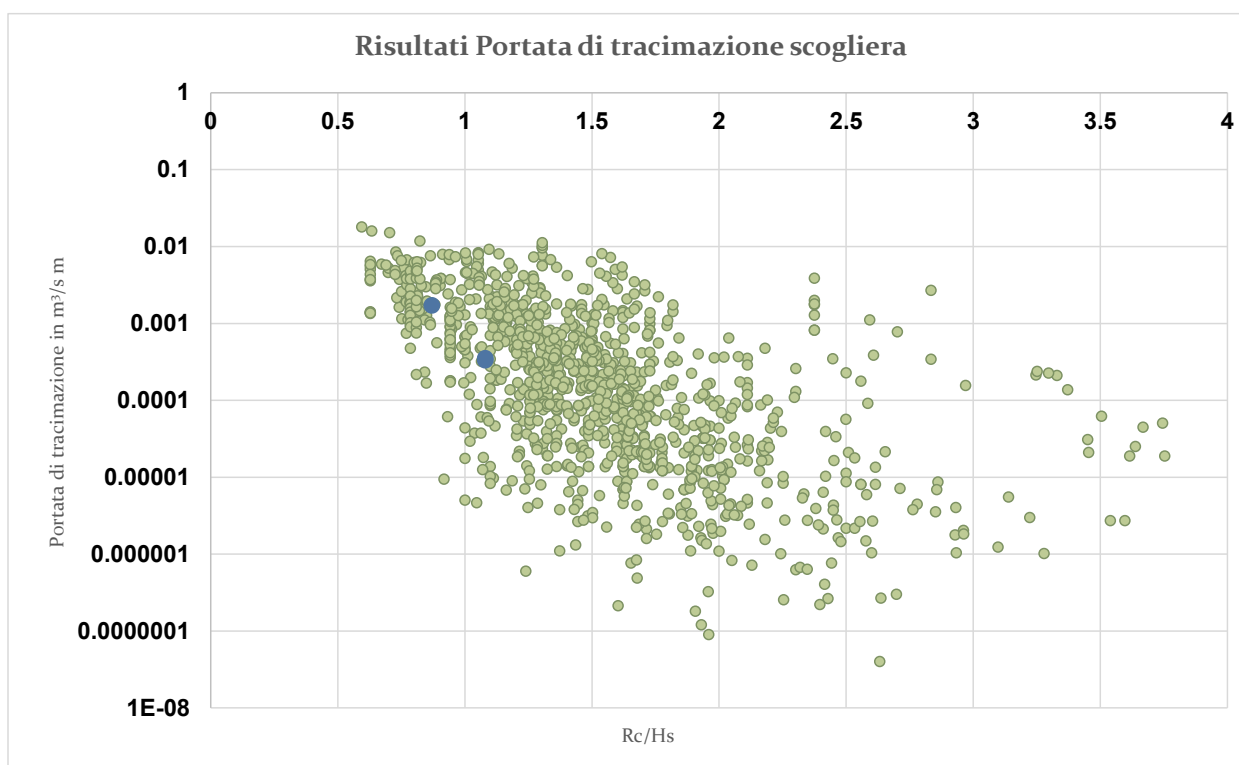
per l'estrapolazione dei quantitativi di portata tracimanti, in blu i risultati ottenuti (vengono evidenziati solamente due scenari in quanto lo scenario 1 e scenario 2 risultano pressoché equivalenti):



3.2 Portata di tracimazione per la sezione di testata

Una seconda serie di simulazioni è stata effettuata per il calcolo della portata di tracimazione che possono verificarsi nella sezione di testata, i parametri di INPUT (in allegato) differiscono dalla precedente elaborazione sostanzialmente solo per la differente profondità del piede delle opere pari a circa 17 m), vengono di seguito riportati i risultati ottenuti per le simulazioni della sezione tipologica della testata.

| Scenario n. | ID | Hm0 (altezza d'onda) | Tp | Tm | Rc/Hs | q (l/s/m) EurOtop |
|-------------|----|-------------------------|------|------|-------|----------------------|
| 1 | 4 | 3,90 | 9,12 | 8,20 | 1,08 | 0,33 |
| 2 | 4 | 3,93 | 9,12 | 8,23 | 1,08 | 0,35 |
| 3 | 5 | 4,84 | 9,34 | 9,13 | 0,87 | 1,71 |



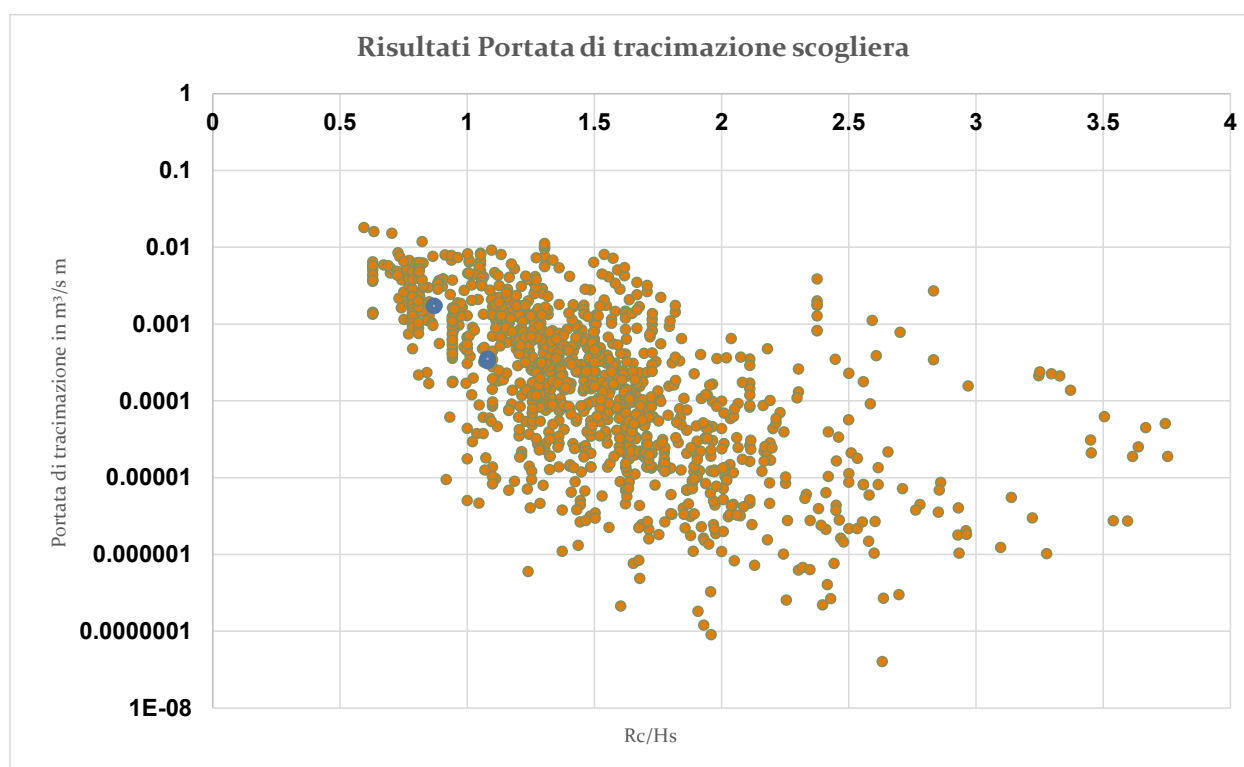
3.3 Portata di tracimazione per la sezione con berma L=6.50 m

Un'ultima serie di simulazioni sia con modello neurale che fisico è stata effettuata per il calcolo della portata di tracimazione che possono verificarsi nella sezione tipologica con una berma di sommità di larghezza pari a 6.50 m, i parametri di INPUT sono riportati in allegato.

Vengono di seguito riportati i risultati ottenuti per le simulazioni della sezione corrente con berma orizzontale ridotta.

| Scenario n. | ID | Hm0 (altezza d'onda) | Tp | Tm | Rc/Hs | q (l/s/m) EurOtop | q (l/s/m) Lab |
|-------------|----|-------------------------|------|------|-------|----------------------|------------------|
| 1 | 4 | 3,90 | 9,12 | 8,20 | 1,08 | 0,67 | 2,331 |
| 3 | 5 | 4,84 | 9,34 | 9,13 | 0,87 | 3,68 | 17,3539 |

I valori calcolati sia nel modello neurale che nel modello fisico sono risultati elevati e non compatibili con il corretto esercizio della struttura marittima, si è quindi conservato nel progetto definitivo, le dimensioni della berma utilizzata nel progetto preliminare (larghezza orizzontale non minore di 10 m).



4. Conclusioni

Il calcolo delle portate di tracimazione determinate nel presente documento con il modello neurale "Eurotop" ha confermato la validità dei valori già individuati sia nel progetto di fattibilità che i risultati ottenuti con il modello fisico che ha simulato la diga sia in assenza che in presenza della vasca di dissipazione delle tracimazioni.

I risultati ottenuti con il modello fisico hanno caratterizzato le scelte progettuali per le sezioni tipologiche, i problemi di instabilità della mantellata con la presenza di una vasca di laminazione a ridosso del muro paraonde, ha suggerito, visto anche l'utilizzo attuale del massiccio di coronamento, l'eliminazione della stessa, riempiendo lo spazio della vasca con massi naturali delle stesse caratteristiche della mantellata.

Si ottiene in questo modo una berma orizzontale di sommità continua e di larghezza pari a 10 m. Questa scelta progettuale ha comportato delle nuove simulazioni mediante la rete neurale che hanno prodotto i seguenti risultati:

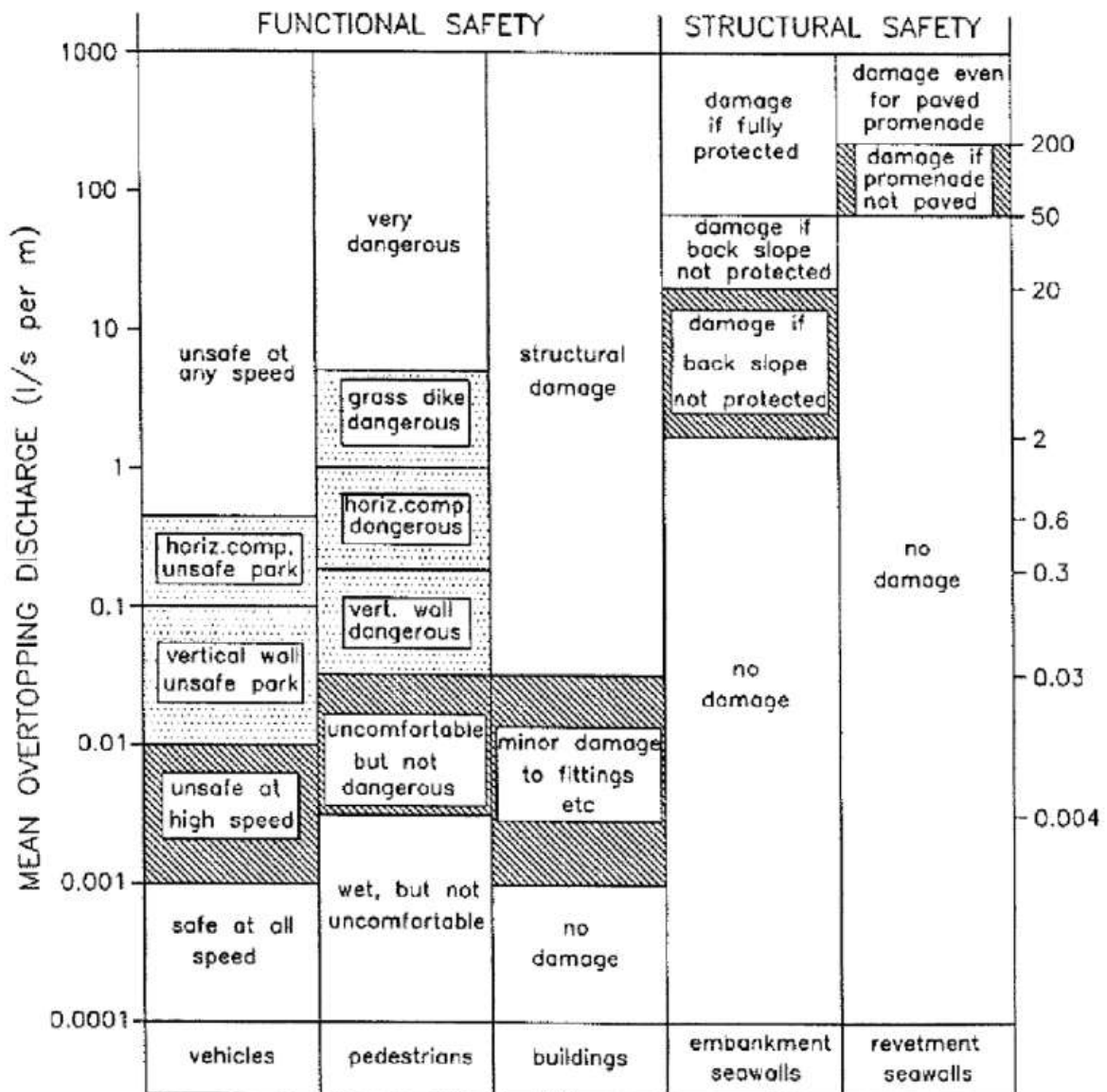
| OUTPUT SEZIONE TIPO | | |
|---------------------|-------|-----------|
| Scenario | Rc/Hs | q (l/s m) |
| 1 | 1.08 | 0.407 |
| 2 | 1.08 | 0.424 |
| 3 | 0.87 | 1.69 |

| OUTPUT SEZIONE TESTATA | | |
|------------------------|-------|-----------|
| Scenario | Rc/Hs | q (l/s m) |
| 1 | 1.08 | 0.33 |
| 2 | 1.08 | 0.35 |
| 3 | 0.87 | 1.71 |

I risultati ottenuti evidenziano delle portate di tracimazione accettabili, in linea con la tipologia d'utilizzo della scogliera e dei piazzali difesi dall'opera marittima ed un conseguente corretto esercizio portuale.

In accordo con quanto descritto dal grafico seguente (Franco et al,1994), con i suddetti valori di portata la sicurezza della struttura è verificata. Con la massima onda di progetto la funzionalità risulta moderatamente compromessa, appare quindi evidente che durante le mareggiate estreme (tempi di ritorno maggiori di 50 anni), il passaggio di personale e autoveicoli debba essere interdetto.

Durante le manutenzioni che avverranno solamente in condizioni meteo-marine ottimali, il livello di sicurezza è sempre ampiamente verificato.



Limiti della portata di tracimazione per il transito di veicoli e pedoni sulle barriere frangiflutti.
 Il valore 0,03 rappresenta il limite di sicurezza per il transito di pedoni e veicoli (fonte: Franco et altri, 1994).

Allegato 1 - Dati di input utilizzati nelle verifiche con Modello neurale EurOtop

Sezione corrente berma L=10.00 m

| DATI INPUT | | | |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|
| Test ID5 | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3 |
| m | 2.63 | 2.63 | 2.63 |
| h | 5.77 | 5.77 | 5.77 |
| Hm0,t | 3.90 | 3.93 | 4.84 |
| Tm-1,0,t | 8.20 | 8.23 | 9.13 |
| beta | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| ht | 3.77 | 3.77 | 3.77 |
| Bt | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| hb | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| B | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| cot(a_d) | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| cot(a_u) | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| gammaf_d | 0.44 | 0.44 | 0.44 |
| gammaf_u | 0.44 | 0.44 | 0.44 |
| Dd | 3.20 | 3.20 | 3.20 |
| Du | 3.20 | 3.20 | 3.20 |
| Ac | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| Rc | 4.23 | 4.23 | 4.23 |
| Gc | 10.00 | 10.00 | 10.00 |

Sezione corrente berma L=6,50 m

| DATI INPUT | | | |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|
| Test ID5 | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3 |
| m | 2.63 | 2.63 | 2.63 |
| h | 5.77 | 5.77 | 5.77 |
| Hm0,t | 3.90 | 3.93 | 4.84 |
| Tm-1,0,t | 8.20 | 8.23 | 9.13 |
| beta | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| ht | 3.77 | 3.77 | 3.77 |
| Bt | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| hb | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| B | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| cot(a_d) | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| cot(a_u) | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| gammaf_d | 0.44 | 0.44 | 0.44 |
| gammaf_u | 0.44 | 0.44 | 0.44 |
| Dd | 3.20 | 3.20 | 3.20 |
| Du | 3.20 | 3.20 | 3.20 |
| Ac | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| Rc | 4.23 | 4.23 | 4.23 |
| Gc | 6.50 | 6.50 | 6.50 |

Sezione di Testata berma L=10.00 m

| DATI INPUT | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|
| Test ID5 | A1 | A2 | A3 |
| m | 2.63 | 2.63 | 2.63 |
| h | 19.77 | 19.77 | 19.77 |
| Hm0,t | 3.90 | 3.93 | 4.84 |
| Tm-1,0,t | 8.20 | 8.23 | 9.13 |
| beta | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| ht | 17.27 | 17.27 | 17.27 |
| Bt | 3.75 | 3.75 | 3.75 |
| hb | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| B | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| cot(a_d) | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| cot(a_u) | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| gammaf_d | 0.44 | 0.44 | 0.44 |
| gammaf_u | 0.44 | 0.44 | 0.44 |
| Dd | 3.20 | 3.20 | 3.20 |
| Du | 3.20 | 3.20 | 3.20 |
| Ac | 5.00 | 5.00 | 5.00 |
| Rc | 4.23 | 4.23 | 4.23 |
| Gc | 10.00 | 10.00 | 10.00 |