

PORTO S. AMPELIO S.r.l.

(PROVINCIA DI IMPERIA)

**Progetto di realizzazione di un approdo turistico per
nautica da diporto in ampliamento dell'esistente porto di Bordighera**

RELAZIONE N°6: Dimensionamenti preliminari delle opere marittime

INDICE DEGLI ARGOMENTI TRATTATI


0. Premessa

1. Dimensionamento dei massi delle nuove dighe

2. Studio del ricambio idrico all'interno del porto nello stato attuale

3. Studio del ricambio idrico all'interno del porto nello stato di progetto

4. Conclusioni

Studio di Ingegneria Marittima <i>Ing. Giovanni SPISSU</i> Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		WaveTransportEvolutionProgramm 
Giugno 2021	<i>Eseguito da:</i>	
Pagina 1/24	Ing. Giovanni SPISSU	


Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>

0. Premessa

Il presente studio è volto ai dimensionamenti preliminari delle opere marittime porto di S.Ampelio.

La presente relazione tratta i seguenti argomenti:

- a. **Paragrafo 1: dimensionamento dei massi delle nuove dighe.** Si calcolano i massi delle due dighe in progetto;
- b. **Paragrafo 2: Studio del ricambio idrico all'interno del porto nello stato attuale.** Il paragrafo effettua lo studio preliminare del ricambio idrico del porto nello stato attuale;
- c. **Paragrafo 3: Studio del ricambio idrico all'interno del porto nello stato di progetto.** Il paragrafo effettua lo studio preliminare del ricambio idrico del porto, inserendo appositi sistemi elettromeccanici che migliorano sensibilmente l'assetto del ricambio idrico portuale;
- d. **Paragrafo 4: Conclusioni.**

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 2/24	<i>Eseguito da:</i> Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>


1. Dimensionamento dei massi delle nuove dighe

1.0 Premessa

Come indicato nella relazione n.3, gli stati di mare (Studio meteomarinario del litorale su acqua bassa) in corrispondenza delle nuove dighe in progetto, alla profondità di riferimento di 10 m si riassumono nella tabella seguente:

Modello dello spettro di energia					
Stati del mare eventi estremi – Profondità 10 m (diga in progetto)					
Traversia di Libeccio [195°N]			Traversia di Scirocco [Dir. Media 225°N]		
Periodo Ritorno	H _{mo} (m)	T _{mo} (s)	Periodo Ritorno	H _{mo} (m)	T _{mo} (s)
1/70 anni	4,6	11,4	1/70 anni	2,2	7,4

In tutti e due casi l'onda non si trova in condizioni di frangimento.

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it	Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 3/24	<i>Eseguito da:</i> Ing. Giovanni SPISSU


Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>

La figura seguente mostra in particolare i piani d'onda da libeccio per il periodo di ritorno pari a 70 anni:

FIGURA N°1: piani d'onda rappresentazione traversia di Libeccio per Tr =70 y



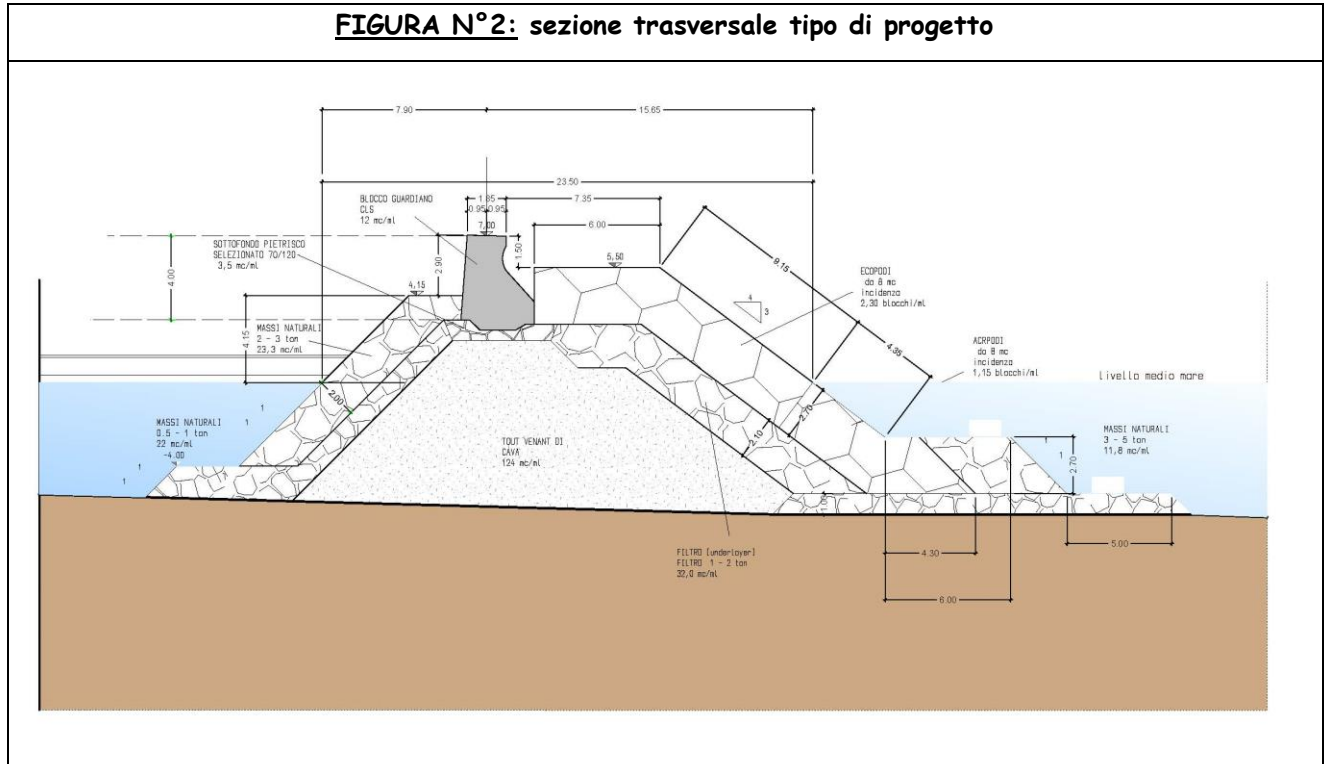
Le ortogonali d'onda tendono ad attaccare ortogonalmente la nuova diga a sud, ed con angolo acuto la nuova diga a nord.

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 4/24	Eseguito da: Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:

1.1 Sezione di calcolo

La sezione di calcolo si illustra nella figura seguente:



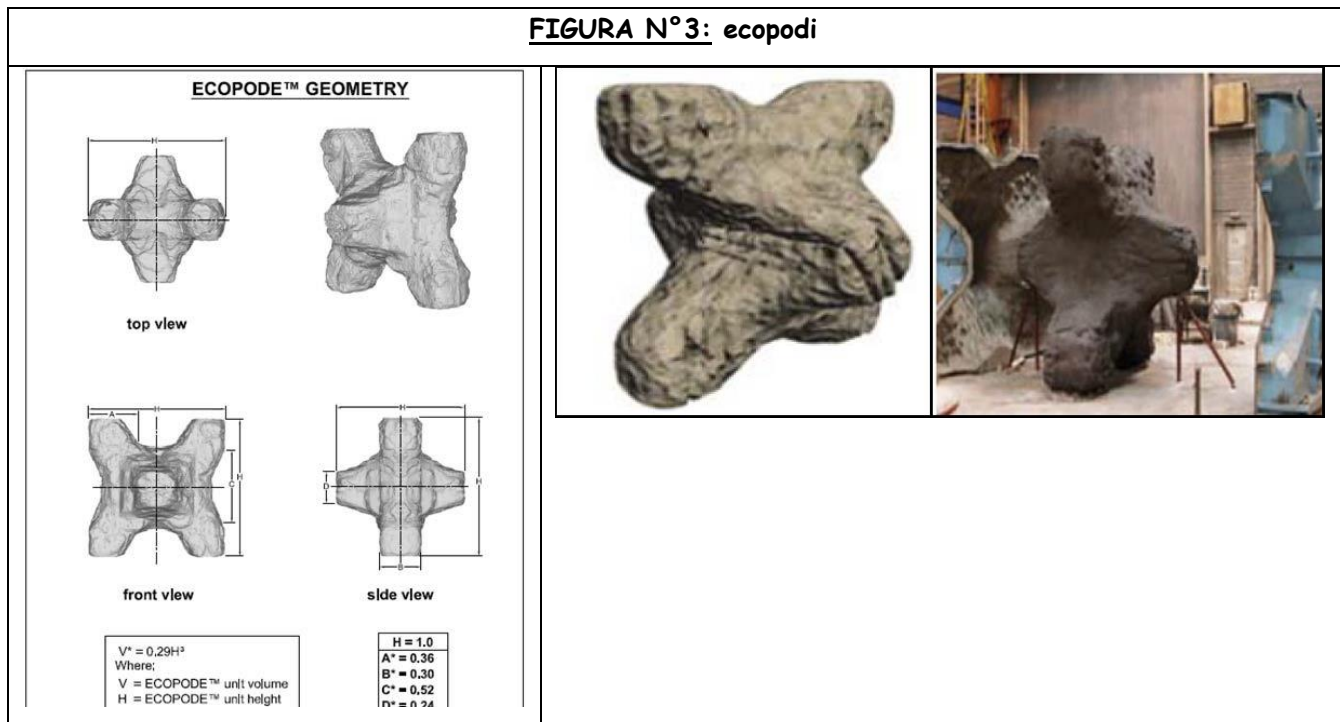
Si noti che la sezione della diga presenta i seguenti parametri:

- Pendenza pari a 4:3;
- massi artificiali ecopodi da 8 mc sulla parte emersa;
- massi artificiali accropodi da 8 mc sulla parte sommersa;
- Piede dalla diga in massi artificiali accropodi da 8 mc con pendenza pari a 1:1;

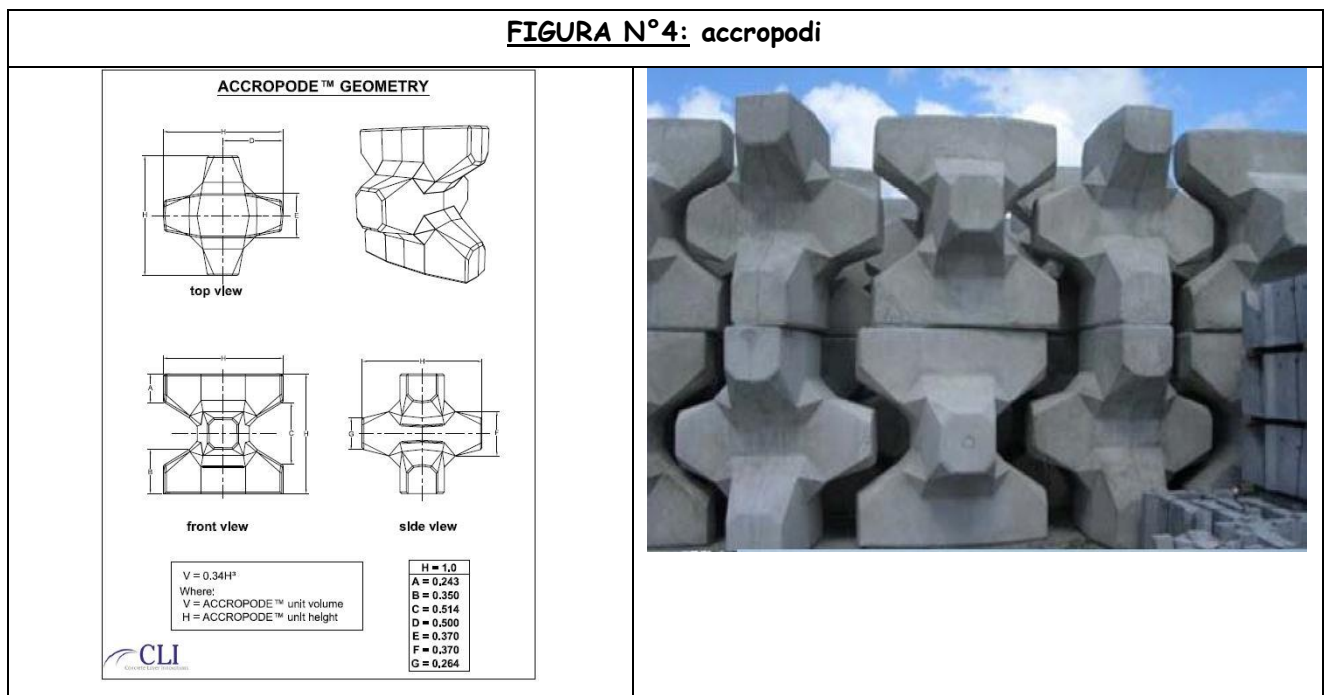
Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it	Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 5/24	Eseguito da: Ing. Giovanni SPISSU


Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:

La figura seguente mostra gli ecopodi:



La figura seguente mostra gli accropodi:



Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it	Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 6/24	Eseguito da: Ing. Giovanni SPISSU

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:

1.2 Calcoli di dimensionamento

Si utilizza la seguente tabella del costruttore (Sogreah):

FIGURA N°5: dimensionamento tabellare

ACCROPODE™ II Design Table

Unit volume V (m³)	$V = 0.2926 H^3$	1.0	2.0	3.0	4.0	6.0	8.0	11.0	15.0	20.0	26.0
Unit height H (m)	$H = (V/0.2926)^{1/3}$	1.51	1.90	2.17	2.39	2.74	3.01	3.35	3.71	4.09	4.46
Armour thickness T (m)	$T = 0.9 H$	1.36	1.71	1.96	2.15	2.46	2.71	3.01	3.34	3.68	4.02

Armour concrete consumption and coverage	Concrete consumption (m³/m²)	0.630	0.786	0.890	0.975	1.112	1.212	1.341	1.477	1.608	1.754
	N° of units / 100 m²	62.99	39.28	29.68	24.37	18.54	15.15	12.19	9.85	8.04	6.75

Filter stone under layer $d_s = 2.65 \text{ tons/m}^3$	Wmin (tons)	0.2	0.3	0.5	0.6	1.0	1.3	1.8	2.5	3.0	3.0
	Wmax (tons)	0.3	0.7	1.0	1.4	2.0	2.7	3.8	5.0	6.0	6.0
	Thickness (m)	1.1	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	2.4	2.6	2.8	2.8

Design wave Hs (m) (Hudson's Formulae) S = 1.33	Design K_D value*											
	Concrete density, d_c (tons/m³)											
	2.35	3.55	4.48	5.13	5.64	6.46	7.11	7.90	8.77	9.65	10.53	
	Trunk section (mild seabed slope b)	2.40	3.69	4.65	5.32	5.86	6.70	7.38	8.20	9.10	10.01	10.93
12.3 Roundhead (mild seabed slope b)	2.35	3.26	4.10	4.70	5.17	5.92	6.51	7.24	8.03	8.84	9.65	
	2.40	3.38	4.26	4.87	5.36	6.14	6.76	7.52	8.33	9.17	10.01	

b = seabed slope (%)
 d_c = concrete density (tons/m³)
S = armour slope $\tan \alpha$ 4/3 = 1.33
 d_s = seawater density (tons/m³) = 1.030
This table is also applicable with $\tan \alpha = 3/2$ (S = 1.50)

*For breaking waves and if the seabed slope (b) is greater than 1%, lower K_D values shall apply.

This proprietary information of CLI is provided for guidance only.
Hence, it is not a substitute for analysis by an experienced registered Engineer.

Example: Trunk section


$d_c = 2.35 \text{ t/m}^3$
 $H_s = 6.30 \text{ m}$
 $b = 2\%$
no breaking waves

V = 6 m³

La tabella mostra che:

- un ecopodo da 6 mc è stabile per un'altezza significativa di 6.46 m;
- un ecopodo da 8 mc è stabile per un'altezza significativa di 7.11 m.

Considerato che l'altezza significativa incidente sulla diga è pari a 4,6 m, il coefficiente di sicurezza adottato per il dimensionamento dei massi è pari a $4.6/7.11=1,5$ circa

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it	Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 7/24	Eseguito da: Ing. Giovanni SPISSU

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:

Per un'ulteriore verifica si utilizza la seguente formulazione di Hudson

FIGURA N°6: dimensionamento con la formula di Hudson

$$N_S = (K_D \cdot \text{ctg } \alpha)^{1/3}$$

dove N_S è il numero di stabilità definito come:

$$N_S = H_S / \Delta D_n \text{ in cui:}$$

- H_s è l'altezza d'onda significativa di progetto
- $\Delta = (\rho_s / \rho_w) - 1$
- D_n è il diametro nominale dell'unità

I parametri sono i seguenti:

- $H_s = 4.6$ m;
- $\Delta = 1.35$;
- $\text{cotg } (\alpha) = 3/4$

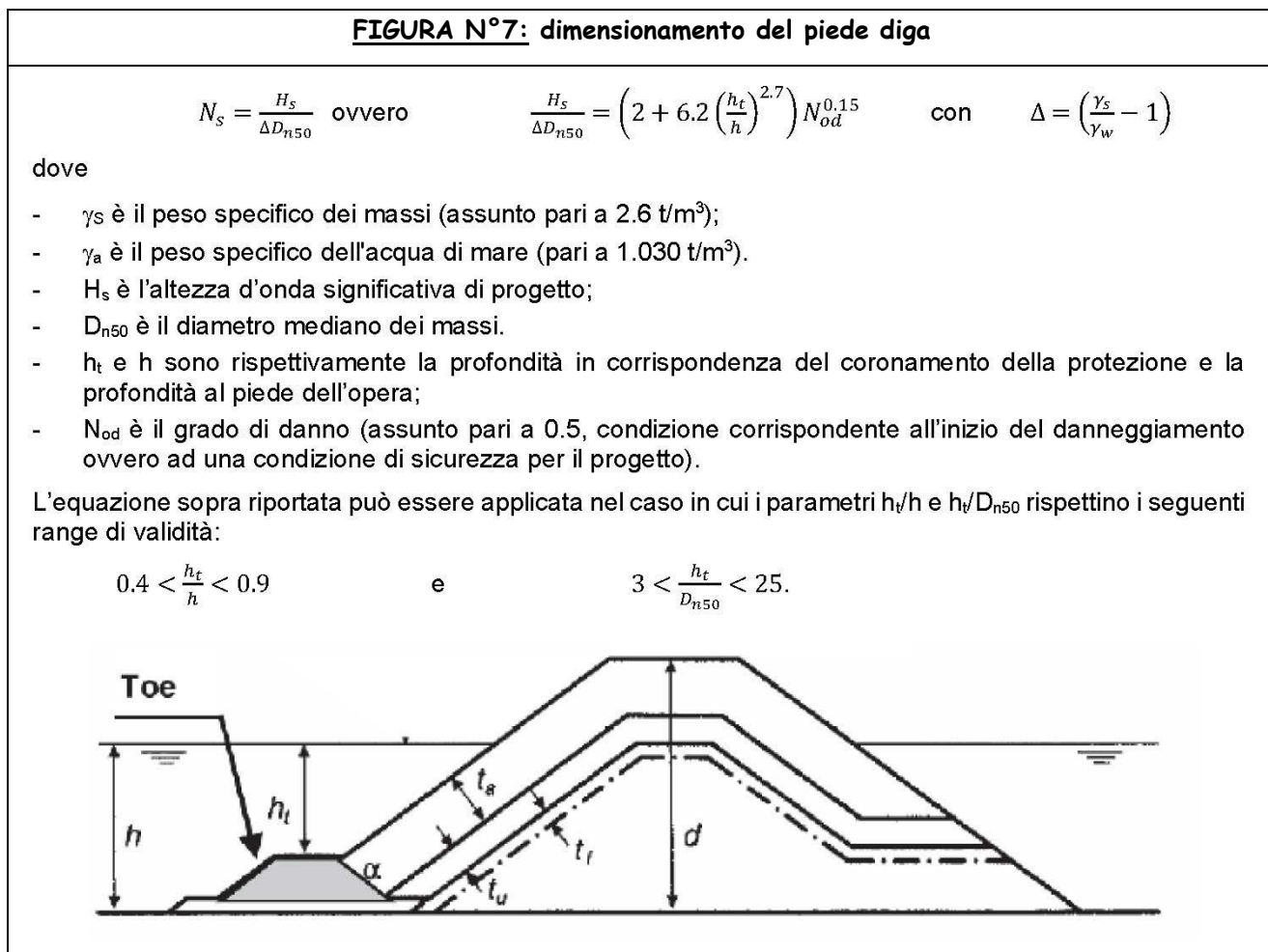
Imponendo un valore molto cautelativo di $K_D = 6.6$ si ottiene un Volume pari ad 8 mc. La verifica risulta soddisfatta.

Per quanto riguarda gli accropodi, della sezione sommersa, si confermano gli stessi dimensionamenti di cui sopra, in quanto gli accropodi funzionano allo stesso modo degli ecopodi.

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 8/24	Eseguito da: Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:

La seguente figura mostra il dimensionamento del piede della diga:




Considerando di adottare sulla profondità di 10 m, un valore $h_t/h=9/10$, lo spessore minimo del piede risulta pari ad 1m.

Utilizzando la formula di Van Der Meer, il diametro dei massi corrispondente ad un'altezza d'onda significativa al piede della diga pari a 4,6 m risulta pari ad 1 m.

Si adottano massi di diametro $D_{n50}=1,5$ m.

Anche l'altra condizione risulta verificata in quanto $h_t/D_{n50}=9/1.5=6$ (<25 e >3).

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Transport Evolution Programm 
Giugno 2021	Eseguito da:	
Pagina 9/24	Ing. Giovanni SPISSU	


Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>

1.3 Posa in opera

L'Accropode è il primo masso "monostrato" introdotto dalla Sogreah nel 1980. L'idea di base dell'Accropode è quella di fornire un punto di equilibrio tra il grado di interconnessione e la stabilità strutturale ed infatti esso possiede una forma relativamente tozza e resistente. Un ampio numero di test di laboratorio hanno evidenziato le ottime performances di queste unità per quel che riguarda la loro stabilità idraulica.

Il masso Ecopode, ideato e brevettato dalla Sogreah nel 1996, rappresenta la variante "eco-compatibile" del masso Accropode TM. È dunque anche esso un masso monostrato e presenta una superficie esterna che richiama, per colore e forma, le superfici dei massi naturali. Lo scopo principale è quello di migliorare l'impatto visivo, infatti viene usato nel presente progetto nella parte emersa della scogliera. La superficie irregolare garantisce, poi, un elevato grado di attrito tra le unità, con effetti benefici sulla stabilità idraulica, che è comunque affidata prevalentemente al grado di mutuo incastro tra gli elementi (interlocking). La posa in opera di tali unità artificiali è un aspetto fondamentale, si evidenzia la necessità di raggiungere il grado di impacchettamento (packing density) di progetto, necessario affinché la mantellata costruita possieda una sufficiente stabilità idraulica.

Per tale aspetto, considerando che nel paraggio in esame la direzione delle onde incidenti potrebbe essere relativamente variabile da causare un attacco obliquo sulla mantellata, nelle successive fasi di progettazione, si effettueranno specifiche prove su modello fisico bidimensionale per valutare la stabilità della mantellata in progetto, ed in particolare per la verifica dell'efficacia del mutuo incastro dei massi artificiali.

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 10/24	<i>Eseguito da:</i> Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>

2. Studio del ricambio idrico all'interno del porto

2.1 Premessa

La valutazione della qualità delle acque del bacino portuale implica, in generale, l'interazione degli inquinanti potenzialmente presenti, con le condizioni meteorologiche locali (temperatura, insolazione, etc.), e comprende gli eventuali impatti sull'ambiente e dallo stesso ricambio idrico.

Il ricambio idrico di un bacino è governato da una serie di fenomeni fisici di cui il più importante e frequente è senz'altro la marea astronomica semidiurna.

Esistono alcuni metodi disponibili che consentono la previsione dei fenomeni idrodinamici e dei processi biochimici, dal semplice calcolo del tempo di ricambio idrico di un bacino ai complessi modelli previsionali della qualità delle acque.

Nella scelta dell'approccio utilizzato, si è tenuto conto di una molteplicità di fattori:

- qualità delle acque esternamente al porto;
- presenza o meno di scarichi censiti;
- caratteristiche generali del ricambio idrico;
- limiti imposti dal sistema normativo vigente

Le valutazioni si effettueranno in riferimento alla pubblicazione AIPCN-PIANC: Report n.98 del 2008.

2.2 Considerazioni procedurali

2.2.1 Premessa

Di seguito si illustrano i parametri utilizzati per effettuare la simulazione:

- tempo di ricambio;
- Coefficiente di scambio idrico
- Rapporto di forma del bacino;
- Influenza della superficie della sezione di imboccatura;
- Rapporto di escursione di marea;

Il ricambio idrico del bacino verrà stimato prendendo in considerazione, a favore della sicurezza, la sola presenza della marea astronomica semidiurna.

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 11/24	<i>Eseguito da:</i> Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:

2.2.2 Tempo di ricambio

Nella configurazione progettuale di bacino semichiuso il tempo di ricambio si calcola come il tempo necessario per ridurre la concentrazione iniziale di inquinante ad un certo valore prescritto, secondo la seguente relazione:

FIGURA N°8: calcolo del tempo di ricambio

$$T_f(\text{tidal cycles}) = \frac{\ln D}{\ln \left(\frac{V_t - V_m + 2V_m(1 - \varepsilon)}{V_t + V_m} \right)}$$

where

D = the dilution factor

$V_t - V_m$ = the low-tide volume

$V_t + V_m$ = the high-tide volume

$2V_m$ = the tidal prism

V_t = the product of the mean water depth, h , and the basin surface area, A

ε = the fraction of new water added in each tidal cycle, so that $(1 - \varepsilon)$ represents the amount of "return flow" (DiLorenzo et al. 1991).

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 12/24	Eseguito da: Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:

2.2.3 E-folding time

L'*E-folding time* per un bacino chiuso, rappresenta il tempo necessario affinché un contaminante introdotto in un corpo idrico, uniformemente miscelato, raggiunga un fissato livello di diluizione

L'equazione di base del processo si identifica con la seguente relazione approssimata:

$$dP/dT \approx -QP/V$$

ove:

- P la concentrazione in un dato istante;
- V è il volume del bacino;
- Q è la quantità di acqua di scambio;

La risoluzione della precedente equazione conduce alla seguente espressione:

$$P(t) = P(0) e^{-(Qt/V)}$$

Ove

- $P(0)$ è la concentrazione iniziale.

Se si pone il tempo di residenza $t = V/Q$ (per un perfetto ricambio), allora il valore della concentrazione d'inquinante risulta pari a $1/e$ della concentrazione iniziale, ovvero con una dispersione del 63% (*de Kreeke, 1983*).

Per una marea semidiurna, l'*E-folding* può essere stimato analiticamente (*Marine Science Laboratories, 1992*) con la seguente espressione:

FIGURA N°9: calcolo del E-folding time

$$t_{e-fold} = \frac{V_L + \frac{v}{2}}{v} t_{m_2}$$

ove:

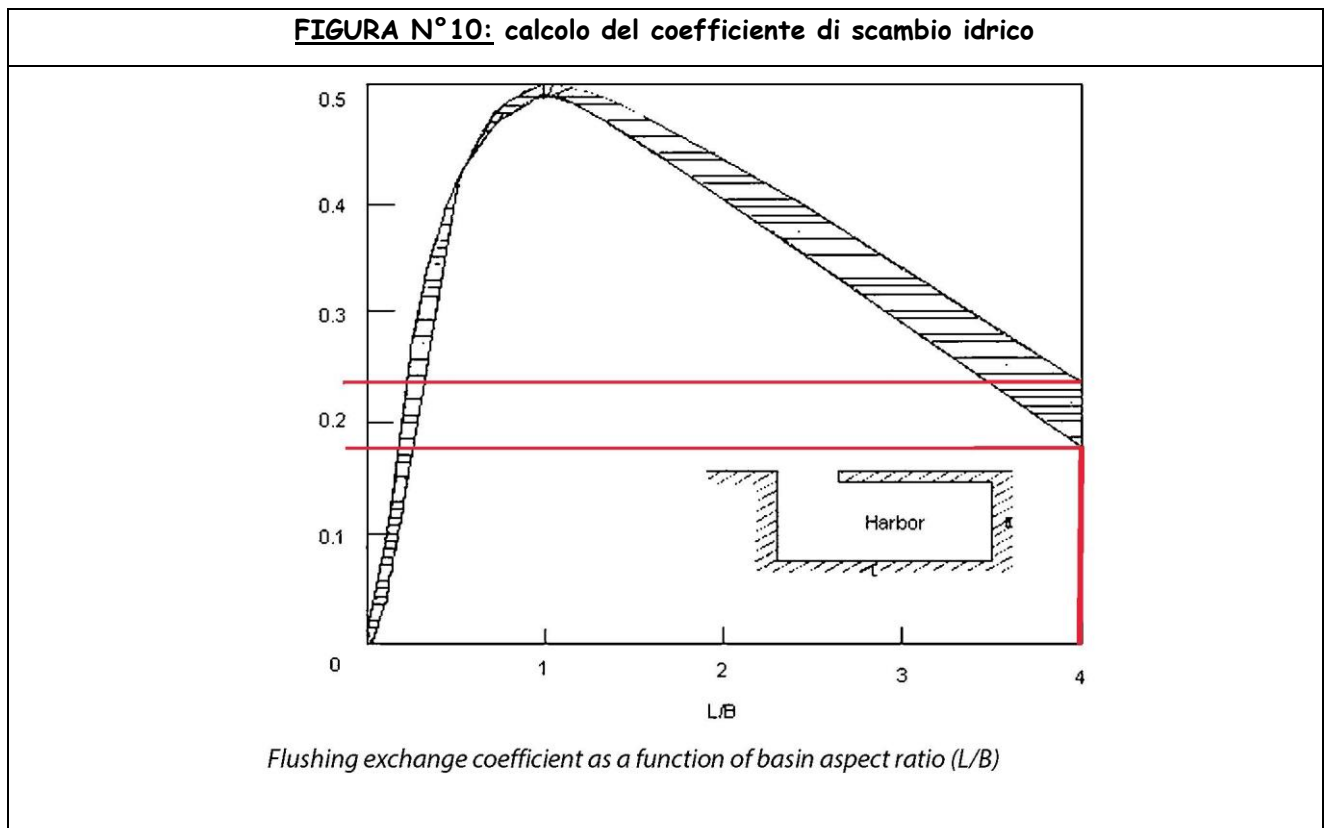
- V_L : volume del bacino con bassa marea;
- v : volume della marea media;
- t_{m_2} : periodo della componente di marea m_2 in ore.

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Transport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 13/24	Eseguito da: Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:

2.2.4 Coefficiente di scambio idrico

Nece *et al.* (1979) hanno condotto diverse prove su modello fisico, allo scopo di determinare le geometrie di bacino e le disposizioni dell'imboccatura maggiormente efficienti ai fini del ricambio idrico. Nella figura seguente è riportato l'andamento della funzione efficienza di ricambio in funzione di differenti bacini rettangolari, rappresentati dal rapporto L/B tra le dimensioni dei lati.



Gli autori hanno definito il *coefficiente di scambio idrico E* (Flushing Exchange coefficient) come:

$$E = 1 - (C_i / C_0)^{1/n}$$

in cui:

- E : coefficiente medio di scambio;
- C_0 : concentrazione iniziale;
- n : numero dei cicli di marea (usualmente almeno 4);
- C_i : concentrazione del componente in questione alla locazione i .

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021	<i>Eseguito da:</i>	
Pagina 14/24	Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:

2.2.5 Fattore di forma del bacino

Il *fattore di forma* (Planform Factor) simile al raggio idraulico, viene calcolato con la seguente espressione:

$$PF = 4\pi \frac{A}{P^2}$$

ove:

- *A*: superficie del bacino al livello medio di marea;
- *P*: perimetro del bacino al livello medio di marea.

Per un bacino circolare, il fattore di forma *PF* è pari ad 1; bacini dotati di molte insenature sono tipicamente contraddistinti da valori di coefficiente di forma bassi.

Per massimizzare il fattore di forma occorre, quindi, avere la maggiore superficie di bacino possibile in funzione del minore perimetro

Per quanto riguarda la forma, il minor valore raccomandato di *PF* è pari a 0,67. Per un bacino di forma rettangolare tale raccomandazione comporta di limitare il rapporto di forma a 2/1.

Se il rapporto di forma risulta superiore a 2/1m il flusso di ricambio non penetra completamente e l'efficienza del ricambio decade velocemente, giacché il bacino è interessato dalla formazione di molteplici vortici di circolazione, non permettendo lo scambio di acqua attraverso l'imboccatura.

FIGURA N°11: calcolo del coefficiente di scambio idrico



Planform definition

Studio di Ingegneria Marittima
Ing. Giovanni SPISSU
 Via Puggia 23B - 16131 Genova
 Tel./Fax 010/8366648
 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it

Mild-Slope Equation Programm
 Wave Trasport Evolution Programm



Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>

2.2.6 Influenza della superficie della sezione di imboccatura

Indicando con:

- "a" la superficie della sezione dell'imboccatura;
- "A" l'area del bacino soggetto al ricambio idrico.

il rapporto A/a definisce un rapporto dal quale si può valutare l'uniformità dello scambio idrico.

Il rapporto A/a deve essere superiore 200, ed almeno pari a 400. Da rilevare che lo scambio idrico in bacini con ampie imboccature è meno uniforme, al contrario di quanto accade per imboccature strette.

2.2.7 Rapporto di escursione di marea

Il rapporto di escursione di marea si definisce mediante il parametro TPR (Tidal Prism Ratio). I parametri ad esso associati sono pari a:

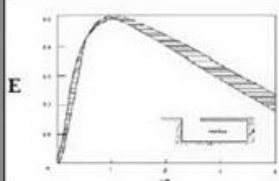
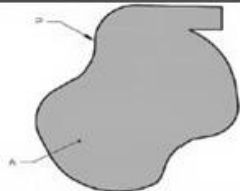
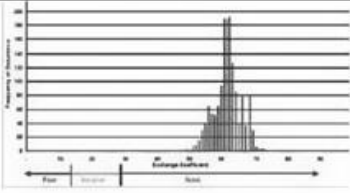
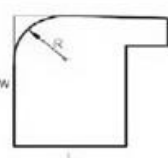
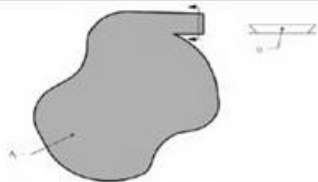
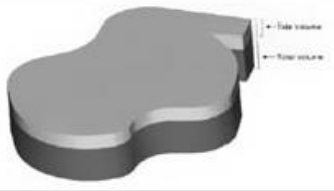
- volume di acqua entrante/uscente nel bacino durante il flusso di marea;
- volume complessivo del bacino durante il livello di alta marea;


Per un buon ricambio idrico il parametro TPR deve essere almeno a pari a 0,25/0,35.

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 16/24	<i>Eseguito da:</i> Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:

2.2.8 Riepilogo valori consigliati

FIGURA N°12: valori consigliati	
$T_f \text{ (tidal cycles)} = \frac{\ln D}{\ln \left[\frac{V_t - V_m + 2V_m(1-\epsilon)}{V_t + V_m} \right]}$	Basin Flushing Time <ul style="list-style-type: none"> EPA Recommended Residence Time <ul style="list-style-type: none"> < 4 days - good < 10 days - acceptable > 10 days - unacceptable
 $E = 1 - (C_i / C_o)^{1/I}$ <p> C_o = initial concentration C_i = Concentration after "i" tidal cycles </p>	Basin Aspect Ratio <ul style="list-style-type: none"> < 2 - Good > 3 - Poor
	Planform Factor $PF = 4\pi A/P^2$ <ul style="list-style-type: none"> < 0.4 = Poor > 0.7 = Good
	Flushing Deviation (E-S) $E-S < 0.1 = \text{Poor}$ $E-S > 0.1 = \text{Good}$ where S is standard deviation of E
	Rounding Features <ul style="list-style-type: none"> Minimum (L,W) > 8R = Poor Minimum (L,W) < 4R = Good
	Entrance Area Ratio $AR = A/a$ <ul style="list-style-type: none"> < 200 = Poor > 400 = Good
	Tidal Prism (TPR) $TPR = \frac{V_{\text{tide}}}{V_{\text{harbor high tide}}}$ <ul style="list-style-type: none"> < 0.25 = Poor > 0.35 = Good

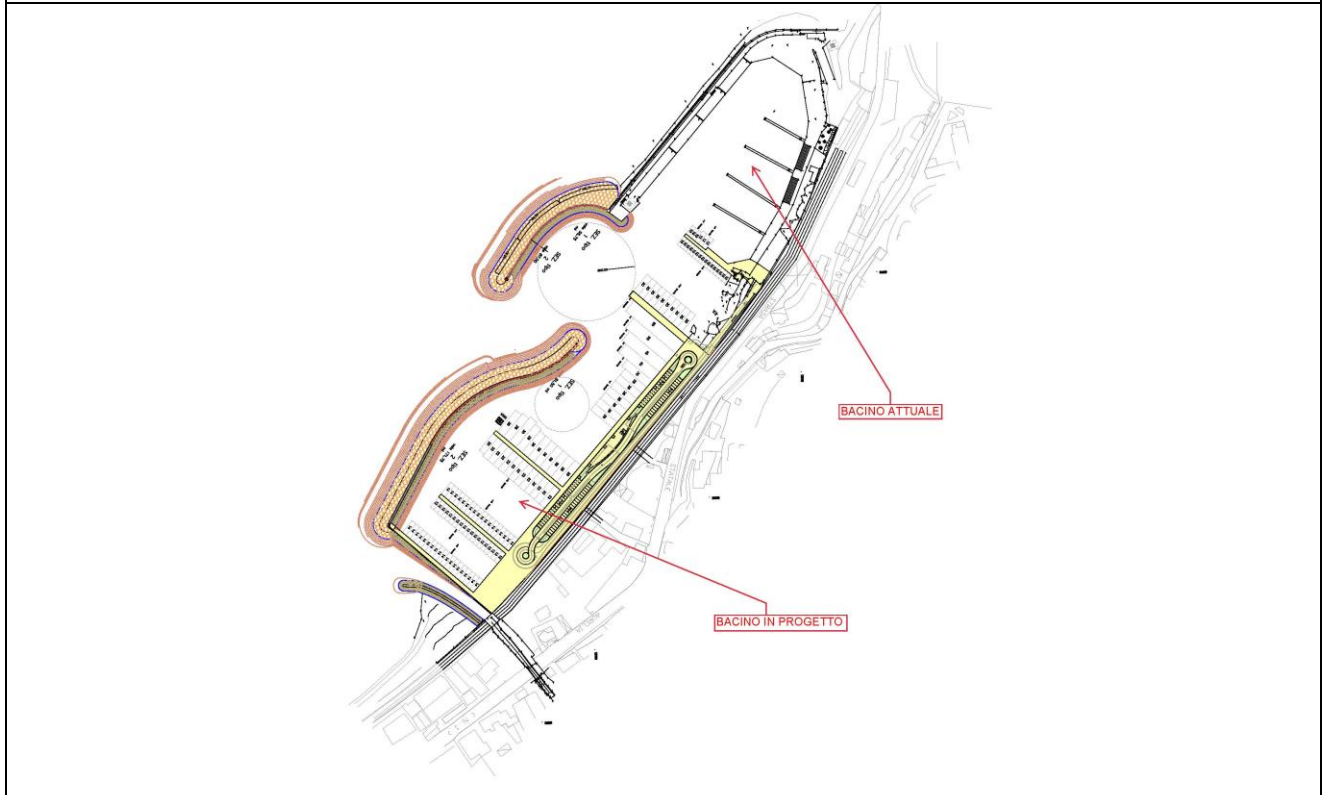
Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Transport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 17/24	Eseguito da: Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>


2.3 Risultati

Il bacino comprendente il porto attuale ed il porto di progetto presenta forma rettangolare allungata con apertura centrale, come mostrato nella figura seguente:

FIGURA N°13: layout bacino portuale per ricambio idrico - stato attuale



- La superficie complessiva è pari a circa 72000 mq
- La profondità si imposta pari a 5 m (prof. media);
- Livello medio di marea pari a 30 cm;
- Il volume medio di acqua del bacino $V_t = 360.000$ mc;
- Il volume medio di marea pari a $2V_m = 43.200$ mc;

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 18/24	Eseguito da: Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>

I risultati più significativi sono riportati di seguito:

- E-Folding time= 9 ore circa pari a circa 4 cicli di marea. Tale valore è classificabile con un buono/discreto valore di ricambio completo delle acque del bacino portuale;
- Coefficiente di scambio idrico pari compreso tra 0.18 e 0.22. Tali valori sono da ritenersi medi per l'intero specchio acqueo e mostrano un discreto scambio idrico;
- Fattore di forma pari a $PF=0.4$. Il valore ricavato conduce ad un giudizio medio-buono della capacità di flusso all'interno del bacino;
- Rapporto $a/A=320$. Tale rapporto è superiore al valore minimo raccomandato (pari a 200).
- Fattore di escursione di marea $TPR=0.06$. Tale valore è inferiore al valore minimo raccomandato (pari a 0.25)

I valori degli indici calcolati si collocano all'interno del range dei valori consigliati, pertanto, la geometria delle nuove infrastrutture è favorevole al ricambio idrico naturale del porto.

Tuttavia, il rapporto di escursione di marea TPR risulta abbastanza basso ed inferiore al valore ideale per un buon ricambio idrico. Tale aspetto è anche dovuto al fatto che si è preso come riferimento per il calcolo l'intero bacino portuale, composto dal bacino attuale e dal bacino di progetto (maggior volume di ricambio) e che non si è considerato a favore della sicurezza l'effetto delle correnti e del vento.

Tale situazione implica che in caso di bassa escursione di marea, il processo di ricambio idrico potrebbe essere più lento di quello ottimale.

In conseguenza del basso valore del parametro TPR, si introduce nel porto un impianto in grado di forzarne la circolazione idrica naturale, come esposto al paragrafo seguente.

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 19/24	<i>Eseguito da:</i> Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>

3. Studio del ricambio idrico all'interno del porto nello stato di progetto

3.1 Premessa

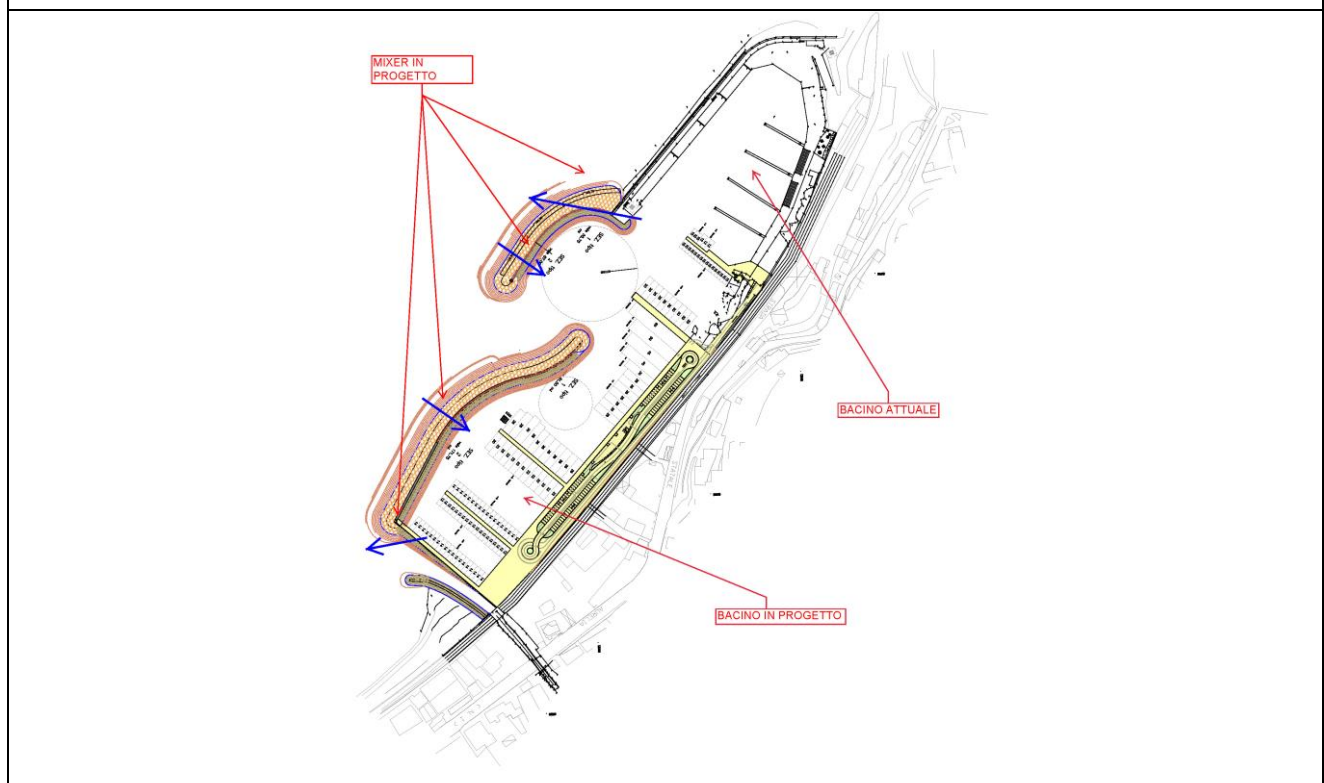
In base alle valutazioni del paragrafo precedente, si introduce nel porto un impianto che genera una circolazione idrica forzata che migliora la capacità di ricambio idrico dell'intero specchio acqueo.

Nei paragrafi seguenti si illustra la descrizione tecnica dell'impianto utilizzato ed i calcoli di verifica dello stesso.

3.2 Impianto di circolazione forzata

In base alle valutazioni del paragrafo precedente, si introduce nel porto un impianto che genera una circolazione idrica forzata, dotato di un sistema di pompaggio che immette acqua proveniente dall'esterno, e preleva acqua dall'interno. I mixer in progetto vengono posti nei punti indicati nella figura seguente, in modo da permettere un'adeguata circolazione all'interno del porto:

FIGURA N°14: layout bacino portuale per ricambio idrico - stato di progetto



Studio di Ingegneria Marittima
Ing. Giovanni SPISSU
 Via Puggia 23B - 16131 Genova
 Tel./Fax 010/8366648
 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it

Mild-Slope Equation Programm
 Wave Trasport Evolution Programm



Giugno 2021

Eseguito da:

Pagina 20/24

Ing. Giovanni SPISSU


Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>

La figura sopra mostra la posizione di 4 mixer posti lungo le dighe del nuovo porto costituiti ognuno da n.1 pompa con portata pari a 2000 l/s.

Le caratteristiche dei mixer sono mostrate nella figura seguente:

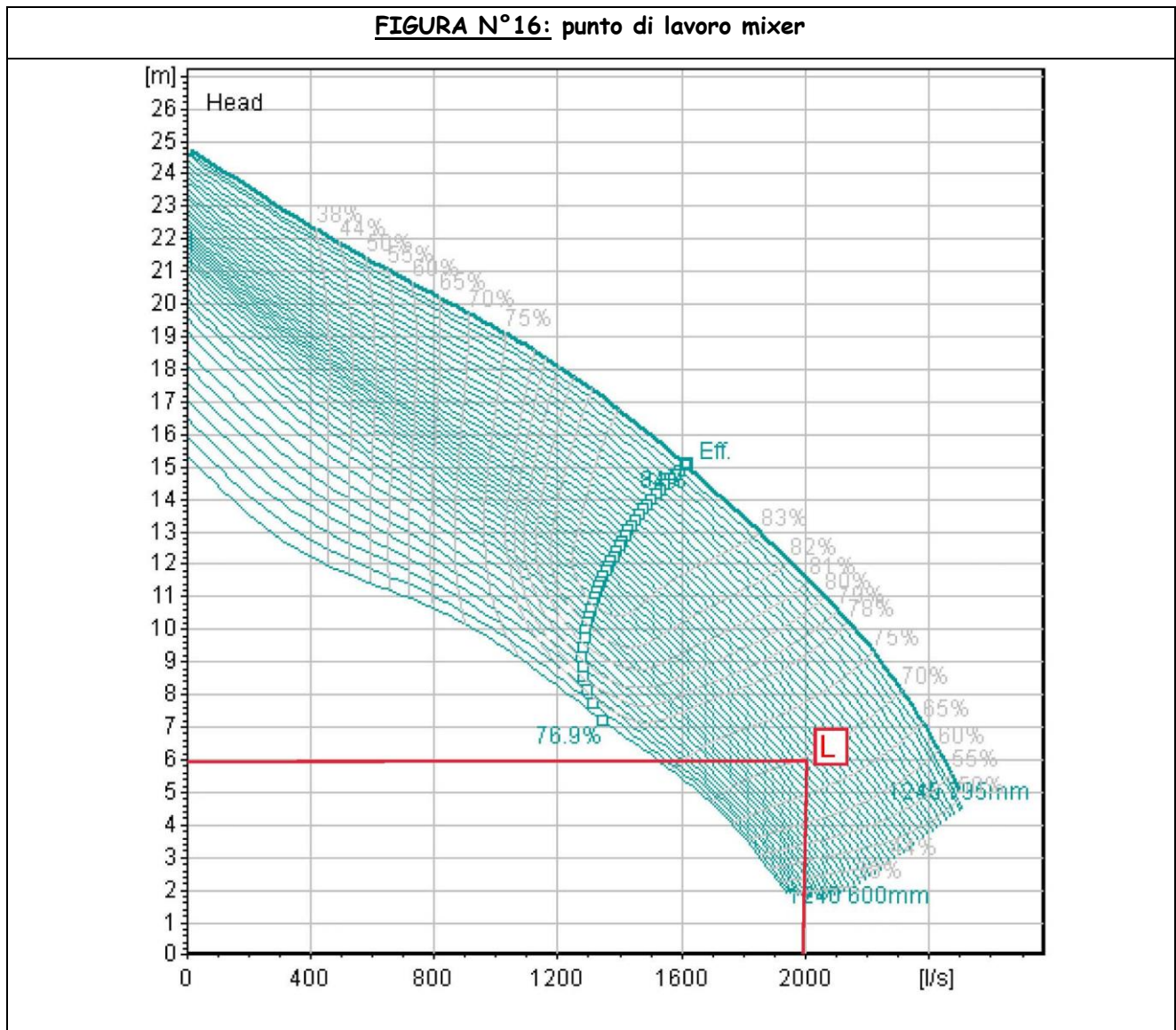
FIGURA N°15: pompe per ricambio idrico




Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 21/24	Eseguito da: Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:

Le caratteristiche dei mixer sono mostrate nella figura seguente:



La figura sopra mostra la pompa in progetto il cui punto di lavoro L, è costituito da una portata pari a 2000 l/s ed una prevalenza di 6 m (maggiore delle perdite di carico concentrate e delle perdite di carico massime dell'impianto)

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Trasport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 22/24	Eseguito da: Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>

L'impianto sarà costituito da:

- a. una presa a mare nel punto indicato in figura;
- b. una condotta che trasporta la portata di progetto in pressione dal pozzetto di presa a quello di immissione;
- c. il punto di immissione della portata di progetto per la circolazione idrica forzata costituito da un pozzetto nel quale viene convogliata la portata di progetto viene immessa nel bacino. Tale pozzetto, che verrà realizzato in adiacenza alla banchina interna, sarà di fatto costituito da una camera di alloggiamento della pompa. Tale soluzione permette di evitare l'interazione della pompa con il fondale marino, preservando l'eventuale ri-sospensione del materiale di fondo mentre le pompe entrano in funzione.

L'impianto consentirà di immettere e prelevare acqua dal porto e lavorerà con un intervallo minimo di 1 h al giorno (eventualmente incrementabile in base ai monitoraggi che si effettueranno sulla qualità delle acque interne al porto).

Si consideri che:

- n.2 pompe sono di estrazione/prelievo (verso di orientamento dall'interno all'esterno);
- n.2 pompe sono di immissione (verso di orientamento dall'esterno all'interno);

La portata in circolazione in tutto il porto durante il funzionamento può essere considerata pari a $4 \times 2000 = 8000$ l/s.

Valutando un periodo di funzionamento dell'impianto pari a 5 h al giorno, durante le condizioni di bassa marea e di bonaccia, il volume movimentato dall'intero impianto risulta pari a:

$$8000 \text{ l/s} \times 3600 \text{ s} / 1000 \text{ l/mc} \times 5 \text{ h} = 144.000 \text{ mc}$$

Il fattore TPR nello stato di progetto, e durante le condizioni di bassa marea e di bonaccia (quando l'impianto è in azione) si ricava nel seguente modo:

- volume medio di acqua del bacino $V_t = 360.000$ mc;
- volume movimentato dall'impianto in progetto pari a $V_p = 144.000$ mc;
- $TPR = 144.000 / 360.000 \text{ mc} = 0.38 > 0.35$

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Transport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 23/24	<i>Eseguito da:</i> Ing. Giovanni SPISSU	

Provincia:	BORDIGHERA (IM)	ARGOMENTO Studio METEOMARINO
Ubicazione:	S. Ampelio	<i>Progetto Idraulico-Marittimo e studi su modello:</i>

Il valore ricavato consente di raggiungere condizioni ottime di ricambio idrico dello specchio acqueo, grazie all'azionamento giornaliero dell'impianto. Tale valore consente di garantire, nelle condizioni più sfavorevoli un'adeguata riossigenazione dello specchio acqueo interno.


In fase di progettazione definitiva, potranno essere studiate in dettaglio le migliori posizioni dei mixer al fine di consentire un ricambio idrico ottimale in tutte le zone del lo specchio acqueo interno portuale (sia attuale e sia di progetto).

4. Conclusioni

Il presente studio è volto al dimensionamento preliminare degli interventi di progetto di realizzazione del porto di S.Ampelio.

Le conclusioni dello studio sono illustrate di seguito:

- a. **Dimensionamento delle dighe:** la relazione illustra il dimensionamento dei massi artificiali delle due nuove dighe e rimanda a specifiche prove su modello fisico bidimensionale da attuarsi nella fase di progettazione definitiva;
- b. **Ricambio idrico all'interno del nuovo porto:** In conclusione, in base alle analisi effettuate, si afferma che la configurazione del nuovo porto, risulta essere caratterizzata da geometrie tali da garantire teoricamente un adeguato livello di ricambio idrico, durante periodi ove sussistono le naturali condizioni di maree e di correnti (le verifiche effettuate nelle sole condizioni di marea astronomica, conducono a risultati soddisfacenti). Nei periodi di bonaccia e bassa marea, si prevede l'azionamento di un impianto a circolazione forzata che consente un ottimo ricambio idrico ed un'adeguata riossigenazione delle acque interne. Per evitare qualsiasi interazione tra le pompe adottate per la circolazione idrica forzata del bacino portuale, ed il fondale dello stesso, le pompe vengono inserite in pozzetti contigui alle banchine portuali interne. Tale soluzione, permette in particolare di evitare l'eventuale ri-sospensione di materiale di fondo, che potrebbe instaurarsi durante il funzionamento delle pompe.

Studio di Ingegneria Marittima Ing. Giovanni SPISSU Via Puggia 23B - 16131 Genova Tel./Fax 010/8366648 e-mail giovaspissu@tiscalinet.it		Mild-Slope Equation Programm Wave Transport Evolution Programm 
Giugno 2021 Pagina 24/24	<i>Eseguito da:</i> Ing. Giovanni SPISSU	