COMMITTENTE:

RODRIQUEZ
CANTIERI NAVALI S.P.A.
VIA S. RAINERI 22
95122 MESSINA
Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento di IMMSI S.p.A.

PROGETTO URBANISTICO
E ARCHITETTONICO:

ING. MICHELE MINISTERI
ARCH. VITTORIO GRATTAROLA
ARCH. PAOLO BANDINI

PROGETTO IDRAULICO
MARITTIMO:

ACQUA
TECNO
ING. PAOLO TURBOLENTE

Dott. Ing. PAOLO TURBOLENTE
ORDINE INGEGNERI ROMA N° 16715

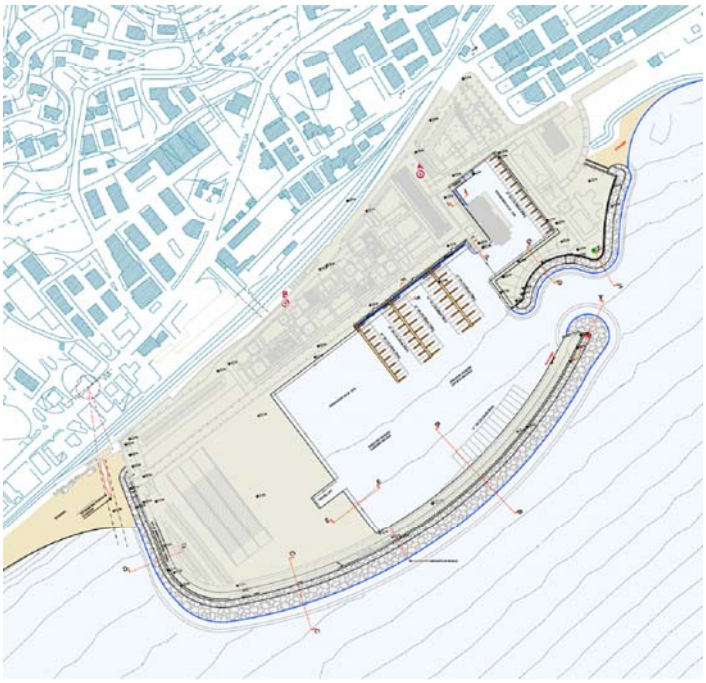
Rodriquez Cantieri Navali SpA
Amministratore Delegato
Livio Corghi

Regione Liguria
Provincia di Savona
Comune di Pietra Ligure

S.U.A. Strumento urbanistico attuativo di approvazione regionale L. 24 / 87

D.P.R. 509/97
Decr. Min. Trasporti e Navigazione 14.04.98
Conf. Servizi L. 241/90 e s.m.i.

PROGETTO PER LA TRASFORMAZIONE URBANISTICA DEI CANTIERI NAVALI RODRIQUEZ IN UN PORTO TURISTICO CON ANNESSE STRUTTURE PUBBLICHE, RICETTIVE, RESIDENZIALI E PRODUTTIVE



PROGETTO DEFINITIVO OO.MM.

Relazione di studio su modello fisico 2D

COMMESSA	OPERA	FASE	SETTORE	TAVOLA N°	REV	FILE
A21650 09	OA	PD	OM	DB 1	0	

	GIUGNO 2012	0		1:2.000
Rif. Dis.	Data	Rev.	DESCRIZIONE	SCALA

Università degli Studi di Firenze
Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale
DICeA

Via di Santa Marta, 3 - 50139 Firenze - Tel. (+39)055 4796.212/432 - Fax. (+39)055 4796494 - www.dicea.unifi.it

ACQUA TECNO

STUDIO SU MODELLO PER IL PORTO DI PIETRA LIGURE

PROGETTO, COSTRUZIONE E STRUMENTAZIONE DEL MODELLO IN SCALA

Laboratorio di Ingegneria Marittima

Via S. Marta, 3 – 50139, Firenze

Tel. 05547962312 – Fax 0554796321

www.unifi.it/labima

Firenze, 16/02/2012	Prodotto:	Verificato:	Approvato:
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE – DIPARTIMENTO INGEGNERIA CIVILE e AMBIENTALE	Ing. L. Cappietti, PhD Dott.ssa I. Crema Dott. A. Esposito	Ing. L. Cappietti, PhD Prof. Ing. P.L. Aminti	Il Direttore Dott. F. Sacerdote

Indice

Premessa 4

1. Caratteristiche delle due dighe da riprodurre in modello 5

1.1 Sezione della diga foranea 5

1.2 Sezione della diga di sottoflutto 6

2. Strumentazione del Laboratorio di Idraulica Marittima 7

3. Scelta del fattore di scala 10

4. Procedura per garantire la similitudine con il prototipo nel decadimento delle sovrappressioni indotte dal moto ondoso incidente nella propagazione attraverso il nucleo 11

5. Selezione dei massi naturali costituenti la diga foranea e quella di sottoflutto 15

5.1 Mantellata della diga foranea 15

5.2 Filtro della diga foranea 15

5.3 Nucleo della diga foranea 16

5.4 Mantellata della diga di sottoflutto 16

5.5 Filtro e nucleo della diga di sottoflutto 17

6. Costruzione del modello della sezione della diga foranea 18

7. Costruzione del modello della sezione di sottoflutto 20

8. Strumentazione del modello 22

8.1 Strumentazione del modello della Diga Foranea 22

8.2 Strumentazione del modello della Diga di Sottoflutto 24

9. Condizioni di prova 25

10. Metodologia, risultati ed analisi dei dati 26

10.1 Misure di Overtopping a tergo della Diga Foranea 26

10.2 Misura delle pressioni sul muro paraonde della Diga Foranea 27

10.3 Misura della stabilità dei massi della mantellata della Diga Foranea 29

10.4 Misure di Overtopping a tergo della Diga di Sottoflutto 30

10.5 Misura della stabilità dei massi della mantellata della Diga di Sottoflutto 30

11. Conclusioni 32

Allegato A: Esempio di Check-list sperimentale seguita per la conduzione dei test per la diga foranea .. 34

Allegato B: Report giornaliero delle prove 37

Allegato C: Misure sperimentali 56

Indice delle Figure

Figura 1: Sezione della diga di sopraflutto in progetto. 5
Figura 2: Muro paraonde della diga di sopraflutto. 5
Figura 3: Sezione della diga di sottoflutto in progetto (C1). 6
Figura 4: Sezione della diga di sottoflutto in progetto (C2). 6
Figura 5: Il canale del CoastLab, il Laboratorio di Ingegneria Marittima del Dipartimento. 7
Figura 6: Prospetto frontale della parte meccanica del generatore di moto ondoso. 7
Figura 7: Sonda resistiva. 8
Figura 8: Cella di carico 8
Figura 9: Trasduttore di pressione. 9
Figura 10: Localizzazione dei punti della velocità di filtrazione nel nucleo. 11
Figura 11: Analisi granulometrica per il materiale costituente la mantellata. 15
Figura 12: Analisi granulometrica per il materiale costituente il filtro. 15
Figura 13: Analisi granulometrica per il materiale costituente il nucleo. 16
Figura 14: Analisi granulometrica per il materiale costituente la mantellata della diga di sottoflutto. 16
Figura 15: Fasi della costruzione in canale della diga di sopraflutto. 18
Figura 16: Diga foranea di sopraflutto realizzata in laboratorio. 19
Figura 17: Fasi della costruzione in canale della diga di sottoflutto. 20
Figura 18: Configurazione C2 caratterizzata dall'elevazione di 1 m del coronamento 21
Figura 19: Disposizione delle sonde resistive e della punta idrometrica con nonio. 22
Figura 20: Disposizione delle celle di carico per la misura dell'overtopping. 22
Figura 21: Disposizione dei trasduttori di pressione sul muro paraonde della diga foranea. 23
Figura 22: Particolare del posizionamento dei cinque trasduttori utilizzati per la misura delle pressioni. 23
Figura 23: Disposizione delle sonde resistive e della punta idrometrica con nonio per le configurazioni C1 e C2. 24
Figura 24: Serie temporale delle tracimazioni cumulate e frequenza di accadimento dei singoli volumi di overtopping (scala prototipo). 27
Figura 25: Pressione registrata e frequenza delle pressioni misurate dal trasduttore 1 (scala prototipo). 28
Figura 26: Documentazione della stabilità dei massi della mantellata. 29
Figura 27: Documentazione della stabilità dei massi della mantellata di sottoflutto (C1). 31
Figura 28: Documentazione della stabilità dei massi della mantellata di sottoflutto (C2). 31

Indice delle Tabelle

Tabella 1: Scale di riduzione utilizzate nel modello. 10
Tabella 2: Parametri caratteristici registrati per l'attacco ondoso H1G2 (scala prototipo). 26
Tabella 3: Misure di overtopping per l'attacco ondoso H1G2 (scala prototipo) 27
Tabella 4: Misure delle pressioni agenti frontalmente (scala prototipo). 28
Tabella 5: Misure delle pressioni agenti a tergo del muro paraonde (scala prototipo). 28
Tabella 6: Parametri caratteristici registrati per l'attacco ondoso H1G2 (scala prototipo). 30
Tabella 7: Misure di overtopping per l'attacco ondoso H1G2 (scala prototipo). 30

Premessa

Il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze è stato incaricato, dalla ACQUATECNO s. r. l., di eseguire uno studio su modello fisico finalizzato alla misura delle portate tracimanti la diga foranea e quella di sottoflutto in progetto per il porto di Pietra Ligure (SV), di verificare la stabilità dei massi della mantellata e di misurare le pressioni agenti su alcuni punti del muro paraonde della diga foranea.

Nella seguente relazione si riportano le fasi relative alla progettazione e costruzione dei due modelli, la descrizione della conduzione dei test, l'analisi delle misure sperimentali e le conclusioni.

L'impostazione metodologica dello studio è sinteticamente riassunta nelle fasi seguenti:

1. approvvigionamento dei materiali, costruzione delle strutture costituenti le sezioni da testare, quali principalmente: nucleo, strato filtro, massi costituenti la mantellata, sovrastruttura e muro paraonde;
2. costruzione del modello delle dighe e posizionamento nel canale marittimo (fondali e sezione della diga);
3. strumentazione dei modelli per la misura di tutti i parametri di interesse;
4. prove preliminari per la verifica dell'apparecchiatura sperimentale e per la redazione della *check-list* sperimentale definitiva (Allegato A);
5. conduzione delle misure sperimentali relative alla ricerca del moto ondoso con le caratteristiche richieste dal committente;
6. conduzione delle misure sperimentali relative all'attacco ondoso definitivo propagato su un mare con sovralzo di progetto per tutte le ipotesi progettuali;
7. elaborazione dei dati sperimentali e scrittura del rapporto delle prove.

Lo studio consegnato con la presente relazione è costituito dai seguenti elaborati:

1. la presente relazione tecnica, in due copie cartacee e in versione PDF;
2. i rapporti di laboratorio relativi a tutte le prove condotte, in versione PDF;
3. le riprese video per tutte le prove condotte, in formato digitale.

1. Caratteristiche delle due dighe da riprodurre in modello

1.1 Sezione della diga foranea

La sezione della diga foranea fornita dal Committente (Figura 1) presenta un muro paraonde in calcestruzzo con quota del coronamento di +6.70 m s.l.m. e una pendenza del paramento lato mare pari a 2:1. La mantellata è costituita da massi naturali di IV[a] categoria, con variazione di peso da 7 a 12 tonnellate, disposti su due strati con porosità del 37%. I massi più piccoli, di dimensione equivalente pari a 1.4 m, sono disposti nello strato sottostante, mentre i massi più grandi, di dimensione equivalente pari a 1.7 m, sono disposti sullo strato più esterno. Il piede della scogliera è imbasato alla profondità di 5.2 m s.l.m. ed è costituito dal risvolto dello strato di filtro soggiacente la mantellata di protezione. Lo strato filtro è costituito da due strati di massi di II[a] categoria, con peso compreso tra 1 e 3 tonnellate e con dimensioni equivalenti comprese tra 0.7 e 1.0 m. Il fondale nei 540 m davanti alla sezione passa da una profondità di -5.25 m a una di circa -20.50 m, pertanto risulta caratterizzato da una pendenza media di circa 1:35.

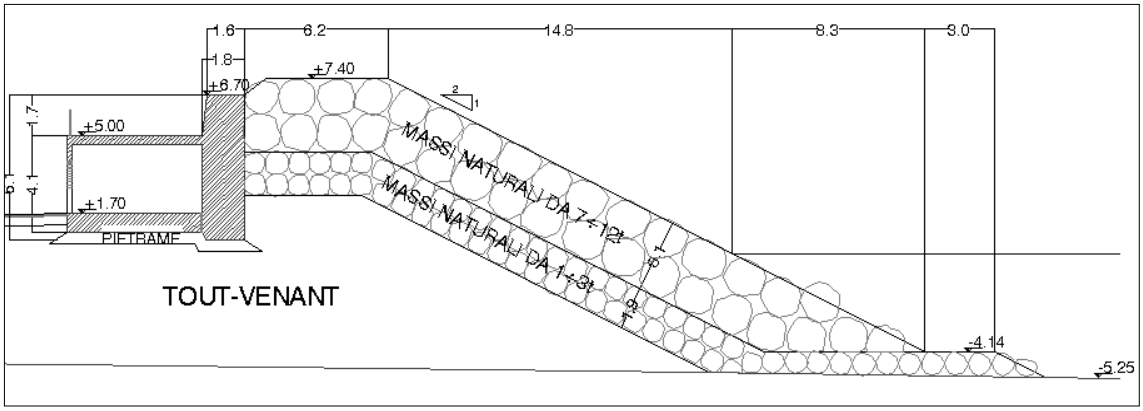


Figura 1: Sezione della diga di sopraflutto in progetto.

Inoltre il Committente ha richiesto la verifica di due diverse quote sommitali del muro paraonde, rispettivamente pari a +6.7m e +7.7m s.l.m., e la misura delle pressioni agenti lungo i contorni della diga nei punti disposti come nella Figura 2, previa verifica dell'effettiva possibilità di istallazione delle celle di pressione sul modello in scala.

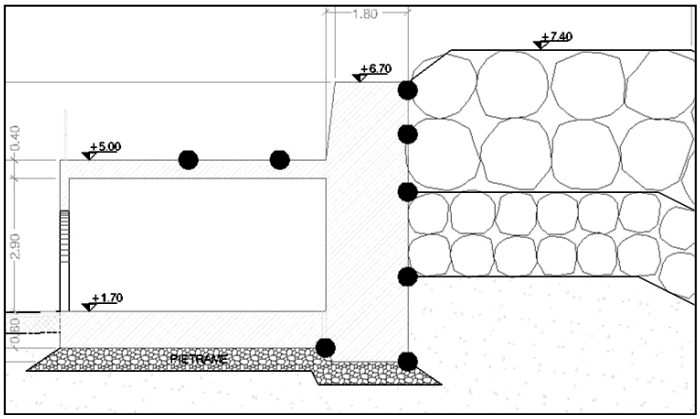


Figura 2: Muro paraonde della diga di sopraflutto.

1.2 Sezione della diga di sottoflutto

La sezione della diga di sottoflutto (Figura 3) presenta invece un muro paraonde in calcestruzzo con quota del coronamento di +4.50 m s.l.m. e una pendenza del paramento lato mare pari a 3:4. La mantellata ha cresta a quota 4.00m ed è costituita da massi naturali di III[a] categoria, con variazione di peso da 3 a 7 tonnellate, disposti su due strati con porosità del 37%. I massi più piccoli, di dimensione equivalente pari a 1 m, sono disposti nello strato sottostante, mentre i massi più grandi, di dimensione equivalente pari a 1.4 m, sono disposti sullo strato più esterno. Il piede della scogliera è imbasato alla profondità di 3.3 m s.l.m. ed è costituito dal risvolto dello strato di filtro soggiacente la mantellata di protezione. Lo strato filtro è costituito da due strati di massi di I[a] categoria, con peso compreso tra 0.1 e 1 tonnellata, con dimensioni equivalenti comprese tra 0.33 e 0.7 m. Il fondale nei 664 m davanti alla sezione passa da una profondità di -3.3 m a una di circa -21.50 m, pertanto risulta caratterizzato da una pendenza di circa 1:36.

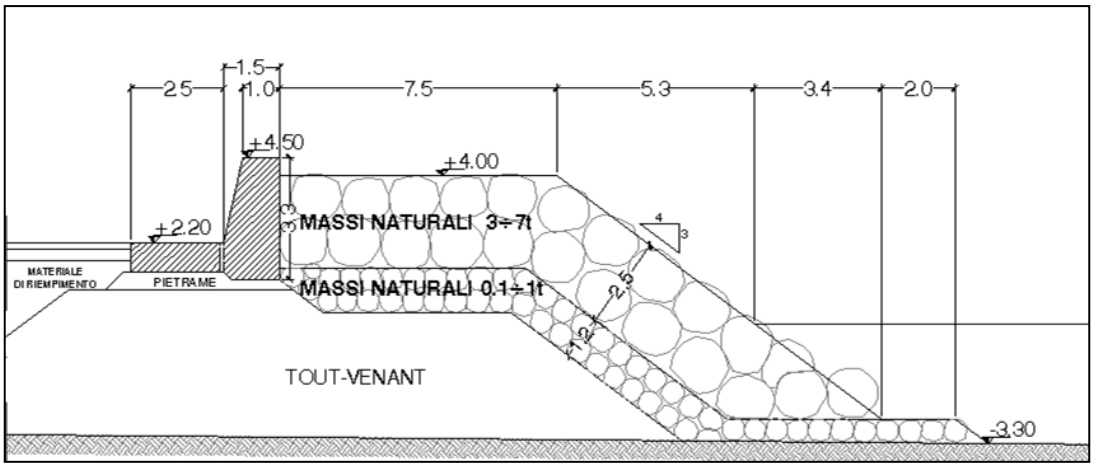


Figura 3: Sezione della diga di sottoflutto in progetto (C1).

In alternativa alla configurazione C1 della diga di sottoflutto viene proposta la configurazione C2 (Figura 4), che rispetto alla precedente è caratterizzata da muro paraonde con quota del coronamento di +5.50 m s.l.m. e cresta della berma emersa è a quota +5.00 m s.l.m.

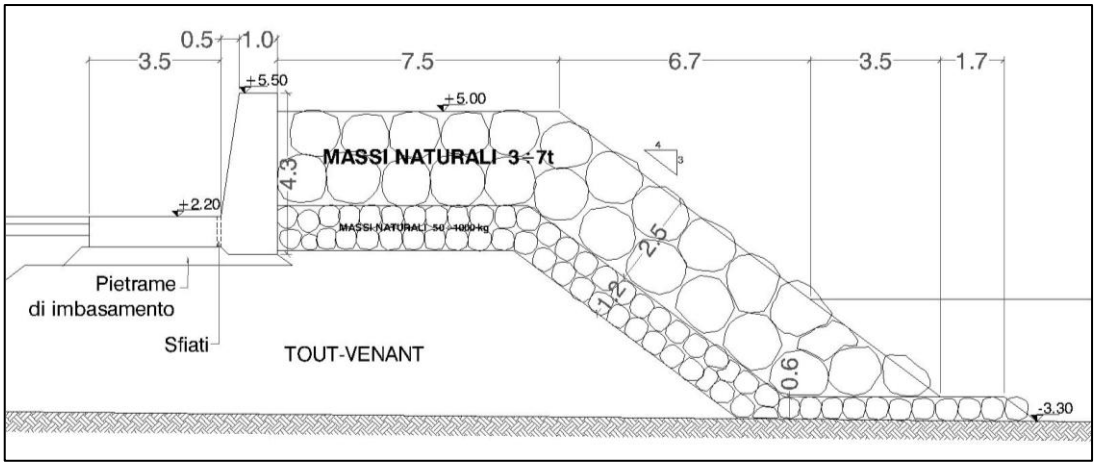


Figura 4: Sezione della diga di sottoflutto in progetto (C2).

2. Strumentazione del Laboratorio di Idraulica Marittima

Le prove sono state effettuate presso il CoastLab - Laboratorio di Ingegneria Marittima del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze (Figura 5). I modelli sono stati testati in un canale marittimo lungo 50 m, largo 0.80 m e profondo 0.80 m.



Figura 5: Il canale del CoastLab, il Laboratorio di Ingegneria Marittima del Dipartimento.

Il sistema di generazione del moto ondoso è composto da una pala azionata da un sistema oleodinamico comandato da un computer (Figura 6).



Figura 6: Prospetto frontale della parte meccanica del generatore di moto ondoso.

La generazione del segnale di guida del battionda, in grado di riprodurre in canale i moti ondosi aventi caratteristiche spettrali volute, avviene mediante un software sviluppato presso il laboratorio e basato sulla tecnica spettrale detta *deteministic amplitudes and random phases (Huges 2006).* Tramite una conversione digitale-analogica, il segnale viene inviato al sistema di controllo della pala e attraverso il posizionamento di sonde resistive lungo il canale, viene eseguita l'acquisizione in tempo reale del livello della superficie libera. Il sistema permette la generazione sia onde sinusoidali, con periodo e altezza assegnata, che di stati di mare *random* con spettro di energia uguale alle onde reali (e.g. Jonswap, Pierson-Moskowitz, Scott, Neuman, Bretschneider, Ochi-Hubble). Il segnale *random* generato può essere memorizzato e riutilizzato

per riprodurre più di una volta lo stesso stato di mare; una volta acquisito il segnale viene analizzato sia nel dominio della frequenza (analisi spettrale) che nel dominio del tempo (analisi *zero-crossing*) per ottenere tutti i parametri caratteristici d'onda tra i quali: H_{m0}, $H_{1/3}$, $H_{1/10}$, H_{max}, H_{rms}, T_m, $T_{1/3}$, T_p, $T_{m0,-1}$, $T_{m-1,0}$.

Le sonde di livello utilizzate per le misure del moto ondoso sono del tipo resistivo (vedi Figura 7) e forniscono una misura in Volt da convertire in unità metriche, tramite una relazione lineare del tipo:

$$\eta = V_0 + kV$$

dove η è la misura dell'oscillazione della superficie libera [cm]; V è la misura dell'oscillazione della superficie libera [Volt]. La calibrazione delle sonde è verificata quotidianamente prima dell'inizio delle prove, tramite taratura delle stesse. Gli strumenti acquisiscono il livello della superficie libera con risoluzione nominale di 0.1mm.



Figura 7: Sonda resistiva.

La portata media e i singoli volumi di tracimazione a tergo della diga verranno misurati raccogliendo l'acqua in un apposito contenitore collegato a 4 celle di carico, che acquisiscono il peso delle tracimazioni oltre il muro paraonde con risoluzione nominale di 1 g (Figura 8).



Figura 8: Cella di carico

La misura delle sollecitazioni agenti lungo i contorni del muro paraonde della diga foranea sarà effettuata mediante 5 trasduttori di pressione posizionati all'interno della diga in modello (Figura 9). Questi sensori permettono di acquisire le pressioni con risoluzione nominale di 10 g/cmq nel prototipo.



Figura 9: Trasduttore di pressione.

Per quanto riguarda le prove da effettuare sul modello della diga di sottoflutto (configurazioni C1 e C2), queste sono condotte senza l'ausilio delle celle di carico e dei trasduttori di pressione. La misura della portata media di tracimazione è determinata raccogliendo l'acqua in un apposito contenitore posto a tergo del muro paraonde e mediandola per il tempo della prova. Non sono richieste misure delle sollecitazioni agenti lungo i contorni del muro paraonde della diga.

3. Scelta del fattore di scala

Il modello fisico bidimensionale ricostruito in canale è stato realizzato in similitudine di Froude. La scelta del fattore di scala è stata effettuata tenendo conto anche dei vincoli di laboratorio, ed in particolare di quelli riguardanti la generazione del moto ondoso, infatti:

- il livello idrico massimo nel settore antistante il generatore è di circa 50 - 60 cm;
- l'altezza d'onda significativa massima che si può generare al battionde è di 15 cm, con periodo pari a 1-2 sec (massima assoluta circa 30 cm).

Inoltre sono stati fissati dal Committente alcuni vincoli di progetto:

- l'onda significativa massima in acque alte che deve essere simulata presenta un'altezza pari a circa 7.2m e un periodo di circa 11.6 s (dati in scala prototipo);
- La diga deve essere localizzata su fondali di -5.2 m (dati in scala prototipo);

Per ottenere nel modello una trasformazione d'onda, durante l'avvicinamento alla diga, che sia in similitudine con il prototipo, è stata riprodotta la sezione in esame fino alla batimetrica dei -18 m distante circa 500 m dal piede dell'opera.

Considerando quindi i vincoli di laboratorio e di progetto, il fattore di scala ottimale per la costruzione del modello è stato individuato in 1:50. Tale valore rientra nel *range* delle linee guida date a livello internazionale per garantire misure tecnicamente ben rappresentative degli effettivi valori che si verificherebbero nel relativo prototipo.

Per il modello è stata adottata una scala geometrica non distorta n_L ($n_L=\lambda_m/\lambda_p$, dove λ_m e λ_p sono rispettivamente le dimensioni lineari del modello e del prototipo) pari a:

$$n_L = \frac{\lambda_m}{\lambda_p} = \frac{1}{50}.$$

Di conseguenza la scala dei tempi, secondo Froude, $n_T = \frac{T_m}{T_p}$ e delle velocità $n_V = \frac{V_m}{V_p}$ risultano pari a:

$$n_T = n_V = \sqrt{n_L} = \sqrt{\frac{1}{50}} = \frac{1}{7.07}.$$

In base all'analisi dimensionale, assumendo valida la similitudine di Froude, si deducono le relazioni di scala valide per le altre grandezze, che intervengono nel fenomeno studiato. Nella Tabella 1 vengono riportate le varie scale di riduzione adottate nel modello fisico.

Tabella 1: Scale di riduzione utilizzate nel modello.

Grandezza	Dimensione	Scala di riduzione
Lunghezza	L	N_L
Altezza d'onda	L	$n_H = n_L$
Periodo	T	$n_T = n_L^{1/2}$
Velocità	L/T	$n_V = n_L^{1/2}$
Portata	L^3/LT	$n_Q = n_L^{3/2}$
Forza (peso)	F	$n_P = n_L^3$

4. Procedura per garantire la similitudine con il prototipo nel decadimento delle sovrappressioni indotte dal moto ondoso incidente nella propagazione attraverso il nucleo

Per le prove sulla sezione delle diga foranea, tenuto conto della necessita di misurare le sottopressioni agenti sulla sovrastruttura, il diametro caratteristico (d_{50}) del materiale costituente il nucleo è stato scelto in modo tale da riprodurre la velocità caratteristica di filtrazione in similitudine di Froude, al fine di evitare gli effetti di scala. Secondo il criterio utilizzato da H. Burcharth et al. (1999)[1] tale velocità può essere scelta come la velocità media in 6 punti (vedi Figura 10). È importante notare che la velocità caratteristica di filtrazione è mediata rispetto al tempo (un periodo d'onda) e allo spazio (6 punti).

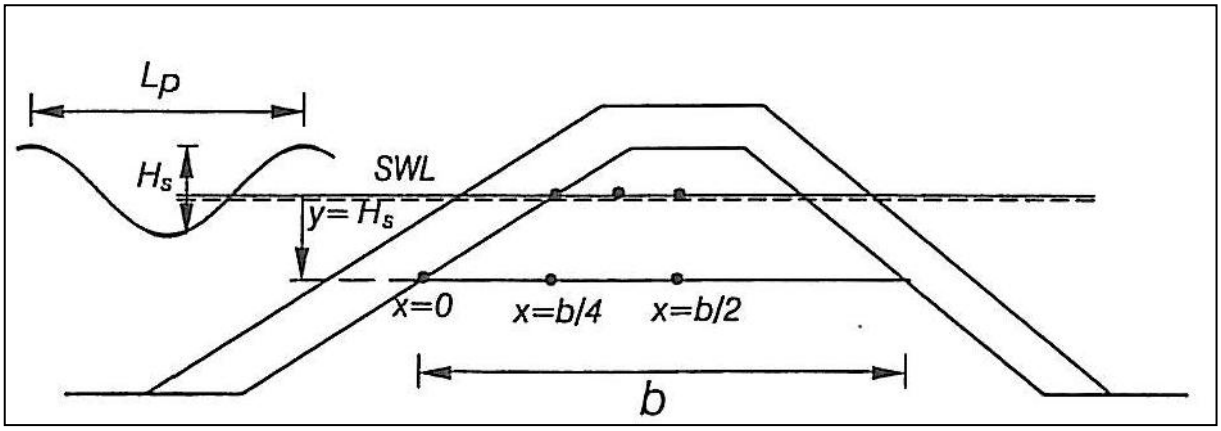


Figura 10: Localizzazione dei punti della velocità di filtrazione nel nucleo.

Per la scelta del diametro medio del materiale costituente il nucleo nel modello, con scala 1:50, abbiamo calcolato la velocità caratteristica di filtrazione nel prototipo a partire dai dati seguenti:

NEL PROTOTIPO
H_s=3.6 m massima altezza significativa sui fondali antistanti il porto (circa 6 m)
T_p=11.6 s periodo
L_p=81 m lunghezza onda incidente
d_{50}=0.58 m diametro nominale del nucleo nel prototipo
n=0.36 porosità del nucleo nel prototipo

[1] Burcharth, H. F., Z. Liu, and P. Troch. 1999. Scaling of core material in rubble mound breakwater model tests. Proceedings of the 5th International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries (COPEDEC V), Cape Town, South Africa, pp. *1518-1528.*

Attraverso le equazioni (1) e (2) sono state calcolate rispettivamente la pressione di riferimento $P_{0,max}$ all'interfaccia filtro-nucleo e il coefficiente di smorzamento δ.

$$p_{0,max} = \rho_w g \frac{H_s}{2} \quad (1)$$

$$\delta = 0.0141 \frac{n^{1/2} L_p^2}{H_s b} \quad (2)$$

Dove n è la porosità del materiale del nucleo, L_p è la lunghezza d'onda in prossimità della struttura e ρ_w è la densità dell'acqua di mare, inoltre la distanza verticale al di sotto del livello medio del mare è indicata con y.

y (m)	b (m)	$P_{0,max}$ (kPa)	δ
0	25	18.24	0.61
3.6	36	18.24	0.43

Per il prototipo della diga di Pietra Ligure sono stati utilizzati i coefficienti α=0 e β=3.6 secondo Burchart et al. (1995). La lunghezza d'onda all'interno del nucleo è $L' = L_p / \sqrt{1.45}$ = 67.3 m. Il gradiente di pressione e la velocità di filtrazione in punti differenti e in tempi differenti sono stati calcolati attraverso le equazioni (3) e (4).

$$I_x = \frac{1}{\rho g} \frac{\mathrm{d}p\,(x,t)}{\mathrm{d}x} = -\frac{\pi H_s}{L'} e^{-\delta \frac{2\pi}{L'} x} \left[\delta \cos\left(\frac{2\pi}{L'}x + \frac{2\pi}{T_p}t\right) + \sin\left(\frac{2\pi}{L'}x + \frac{2\pi}{T_p}t\right)\right] \quad (3)$$

$$I_x = \alpha \left(\frac{1-n}{n}\right)^2 \frac{\nu}{g\, d_{50}^2} \left(\frac{U}{n}\right) + \beta \frac{1-n}{n} \frac{1}{g\, d_{50}} \left(\frac{U}{n}\right)^2 \quad (4)$$

La velocità di filtrazione mediata nel tempo è data da:

y(m)	0			3.6		
b(m)	25			36		
x	0	b/4	b/2	0	b/4	b/2
I_x	-0.103	0.125	-0.095	0.071	-0.121	0.078
U[m/s]	0.109	0.120	0.105	0.091	0.118	0.095

Nel punto x=0, y=0 è stato ottenuto:

t	0	0,1*Tp	0,2*Tp	0,3*Tp	0,4*Tp	0,5*Tp
I_x	-0.103	-0.182	-0.192	-0.128	-0.016	0.103
|U|[m/s]	0.109	0.145	0.149	0.122	0.043	0.109

Nel punto x=6.25, y=0 è stato ottenuto:

t	0	0,1*Tp	0,2*Tp	0,3*Tp	0,4*Tp	0,5*Tp
I_x	-0.125	-0.135	-0.094	-0.017	0.066	0.125
|U|[m/s]	0.120	0.125	0.104	0.044	0.088	0.120

Nel punto x=12.50, y=0 è stato ottenuto:

t	0	0,1*Tp	0,2*Tp	0,3*Tp	0,4*Tp	0,5*Tp
I_x	-0.095	-0.069	-0.016	0.043	0.085	0.095
|U|[m/s]	0.105	0.089	0.043	0.070	0.099	0.105

Nel punto x=0, y=3.6 è stato ottenuto:

t	0	0,1*Tp	0,2*Tp	0,3*Tp	0,4*Tp	0,5*Tp
I_x	-0.071	-0.157	-0.182	-0.138	-0.041	0.071
|U|[m/s]	0.091	0.134	0.145	0.126	0.069	0.091

Nel punto x=9.0, y=3.6 è stato ottenuto:

t	0	0,1*Tp	0,2*Tp	0,3*Tp	0,4*Tp	0,5*Tp
I_x	-0.121	-0.122	-0.077	-0.002	0.073	0.121
|U|[m/s]	0.118	0.119	0.094	0.015	0.092	0.118

Nel punto x=18.0, y=3.6 è stato ottenuto:

t	0	0,1*Tp	0,2*Tp	0,3*Tp	0,4*Tp	0,5*Tp
I_x	-0.078	-0.037	0.017	0.066	0.089	0.078
|U|[m/s]	0.095	0.066	0.045	0.087	0.101	0.095

Quindi la velocità di filtrazione caratteristica nel prototipo sarà: $\overline{U}^{p}$ = 0.106 m/s ed il numero di Reynolds , che è dato da Re^{p} =($\overline{U}^{p}$ *d_{50}) / v, sarà pari a 55993 giustificando così la scelta dei

coefficienti α e β. In accordo con la legge di scala di Froude, la velocità caratteristica di filtrazione nel modello sarà data da:

$$\overline{U}^{m} = \overline{U}^{p}/\sqrt{50} = 0.015 \text{ m/s}$$

Provando ad utilizzare un d_{50} = 0.03 m, per il materiale costituente il nucleo nel modello, eseguendo gli stessi calcoli effettuati per il prototipo, ed utilizzando i corretti coefficienti α e β stimati tramite Burchart et al. (1995), la velocità di filtrazione è risultata $\overline{U}^{m}$ = 0.025 m/s, che risulta maggiore rispetto al target ottenuto precedentemente utilizzando la similitudine di Froude, i.e. 0.015 m/s.

Infine con il metodo iterativo è stato ricavato il valore del diametro caratteristico dei massi componenti il nucleo, che rispetta la similitudine di Froude, e tale valore risulta essere pari ad un diametro di d_{50} = 0.016 m, ovvero elementi da circa 11g. Quindi il rapporto di scala da utilizzare per il materiale del nucleo sarà dato da: d_{50}^{m}/ d_{50}^{p} = 0.016/0.580= 1:36.3, che risulta essere più grande rispetto al rapporto 1:50 utilizzato per la scala delle lunghezze nel modello.

5. Selezione dei massi naturali costituenti la diga foranea e quella di sottoflutto

I materiali utilizzati per la riproduzione dei diversi strati costituenti la diga foranea di sopraflutto e di sottoflutto sono stati selezionati in funzione dei rispettivi fattori di scala utilizzati.

5.1 Mantellata della diga foranea

Fattore di scala 1:50 → il materiale selezionato è compreso nel range 60 ÷ 100 gr, corrispondente a massi caratterizzati da D compreso tra 27 ÷ 34 mm.

Di seguito si riportano i grafici relativi all'analisi granulometrica effettuata su un campione di circa 1000 massi presi a caso tra quelli utilizzati.

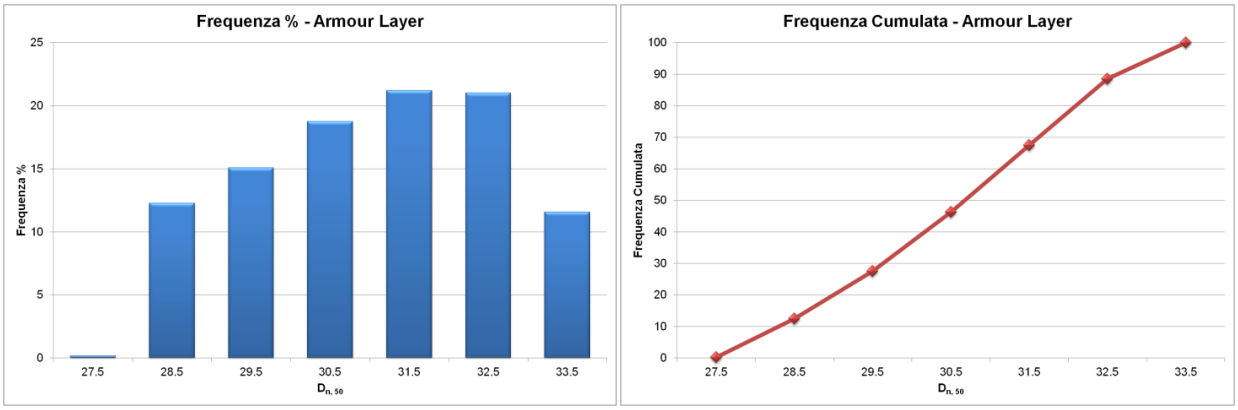


Figura 11: Analisi granulometrica per il materiale costituente la mantellata [mm in scala modello].

5.2 Filtro della diga foranea

Fattore di scala 1:50 → il materiale selezionato è compreso nel range 14 ÷ 25 gr, corrispondenti a massi caratterizzati da D compreso tra 14 ÷ 22 mm.

Di seguito si riportano i grafici relativi all'analisi granulometrica effettuata su un campione di circa 1000 massi presi a caso tra quelli utilizzati.

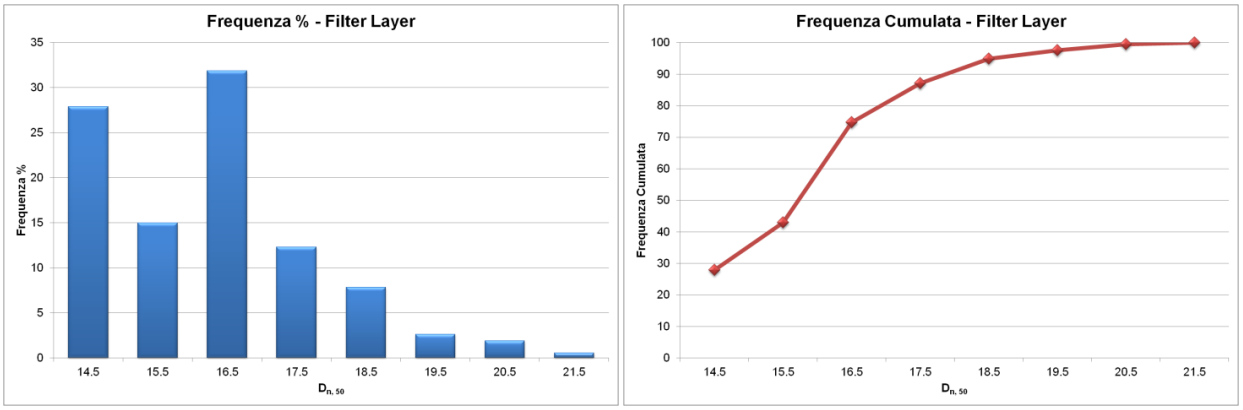


Figura 12: Analisi granulometrica per il materiale costituente il filtro [mm in scala modello].

5.3 Nucleo della diga foranea

Fattore di scala 1:36.3 → il materiale selezionato è compreso nel range 9 ÷ 13 gr, corrispondenti a massi caratterizzati da D compreso tra 15 ÷ 17 mm.

Di seguito si riportano i grafici relativi all'analisi granulometrica effettuata su un campione di circa 1000 massi presi a caso tra quelli utilizzati.

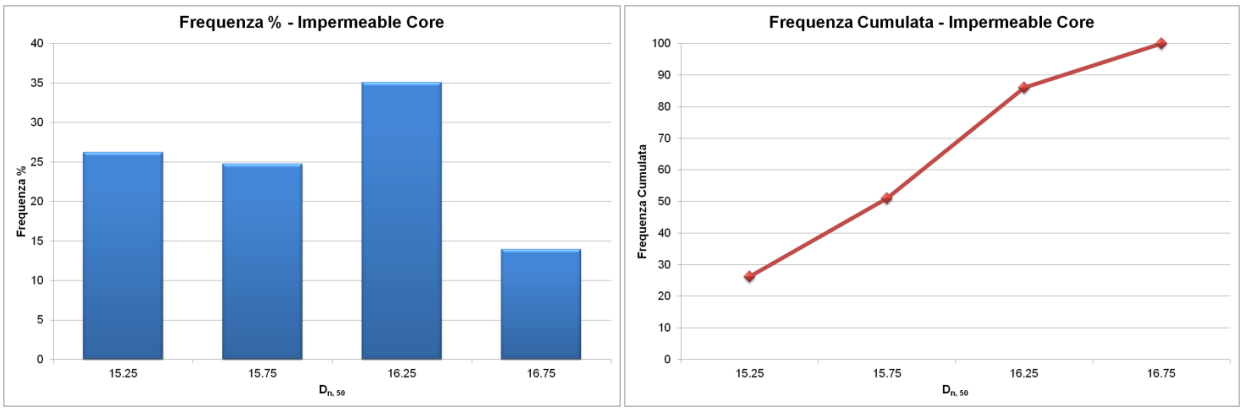


Figura 13: Analisi granulometrica per il materiale costituente il nucleo [mm in scala modello].

5.4 Mantellata della diga di sottoflutto

Fattore di scala 1:50 → il materiale selezionato è compreso nel range 25 ÷ 60 gr, corrispondenti a massi caratterizzati da D compreso tra 21 ÷ 28 mm.

Di seguito si riportano i grafici relativi all'analisi granulometrica effettuata su un campione di circa 600 massi presi a caso tra quelli utilizzati.

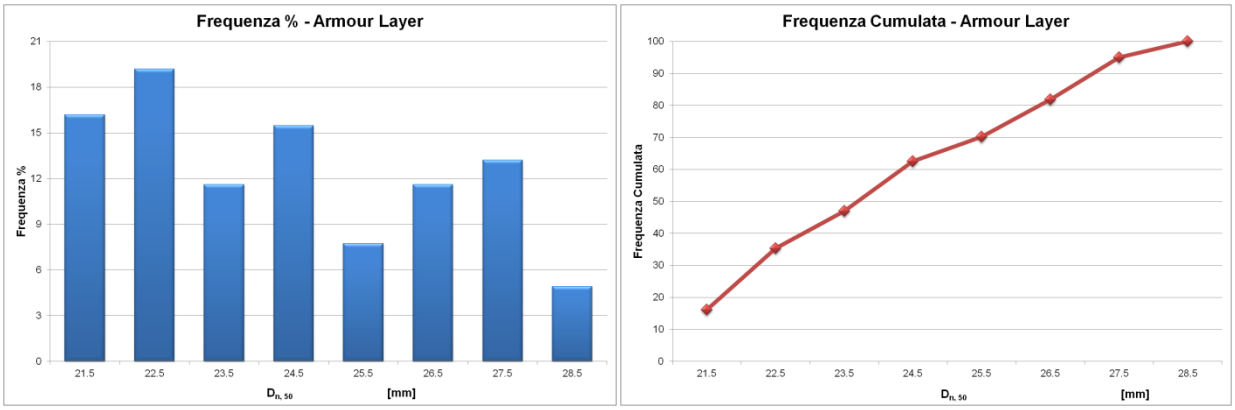


Figura 14: Analisi granulometrica per il materiale costituente la mantellata della diga di sottoflutto [mm in scala modello].

5.5 Filtro e nucleo della diga di sottoflutto

Lo strato filtro e nucleo della diga di sottolutto è stato costruito utilizzano la frazione più piccola del materiale impiegato per il nucleo della sezione della diga foranea.

6. Costruzione del modello della sezione della diga foranea

Stabilito il fattore di scala e selezionato il materiale, si è proceduto alla costruzione del modello fisico in canale. Particolare attenzione è stata posta nella costruzione del modello della sezione portuale in esame al fine di garantire la massima precisione possibile, soprattutto per il posizionamento del coronamento del muro paraonde, dal quale dipendono in modo determinante le portate tracimanti.

In Figura 15 è riportata la documentazione fotografica relativa a tutte le fasi di costruzione del modello della diga foranea nel canale.

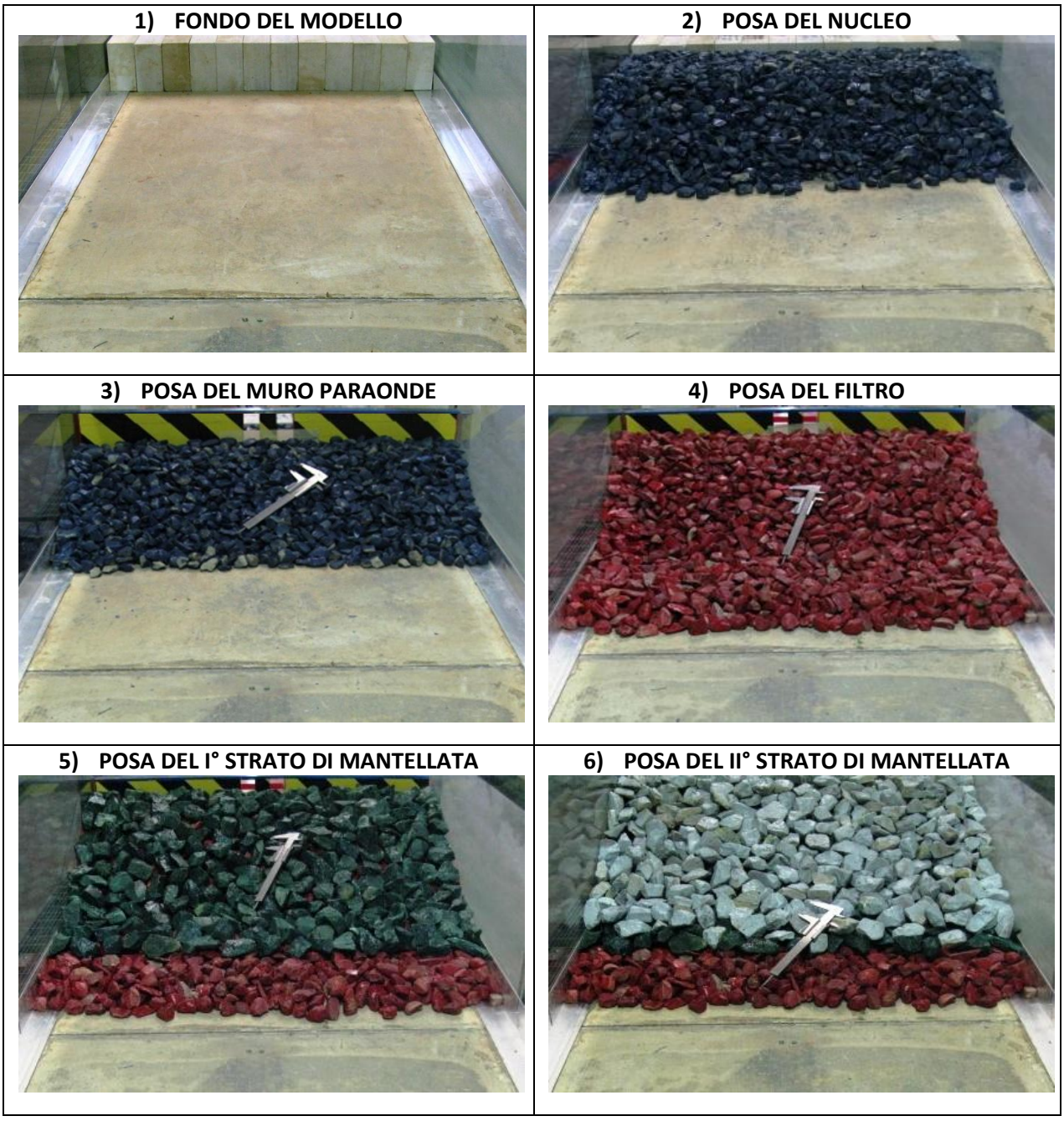


Figura 15: Fasi della costruzione in canale della diga di sopraflutto.

Le quote del coronamento del muro paraonde, della berma emersa, della berma sommersa e del piede della diga sono state misurate portando la superficie d'acqua in canale tangente ai quattro punti e misurandola tramite punta idrometrica dotata di nonio con accuratezza 0.05 mm. Dalle misure risulta che il modello costruito è effettivamente caratterizzato dai seguenti valori rilevati (in scala prototipo):

1) coronamento del muro paraonde a quota +6.75m s.l.m.;
2) da berma emersa a quota 7.55m s.l.m.;
3) berma sommersa della diga a quota -4.30m s.l.m.;
4) piede lato mare della diga – 5.30m s.l.m.

Da notare che in merito ai punti 2 e 3 la precisione della misura in modello, così come nel prototipo, risente della forte irregolarità della superficie composta da massi naturali.

Di seguito sono riportate alcune immagini del modello della diga foranea di sopraflutto realizzata in canale e denominata nelle prove con il termine C0.



Figura 16: Diga foranea di sopraflutto realizzata in laboratorio.

7. Costruzione del modello della sezione di sottoflutto

In Figura 17 è riportata la documentazione fotografica relativa a tutte le fasi di costruzione del modello della diga di sottoflutto nel canale.



Figura 17: Fasi della costruzione in canale della diga di sottoflutto.

Anche per questa sezione le quote del coronamento del muro paraonde, della berma emersa, della berma sommersa e del piede della diga sono state rilevate portando la superficie d'acqua in canale tangente ai quattro punti e misurandola tramite punta idrometrica dotata di nonio con accuratezza 0.05 mm. Dalle misure risulta che il modello costruito è caratterizzato dalle effettive misure (riportate in scala prototipo):

1) coronamento del muro paraonde a quota +4.50m s.l.m.;
2) da berma emersa a quota +4.00m s.l.m.;
3) berma sommersa della diga a quota – 2.65m s.l.m.;
4) piede lato mare della diga – 3.25m s.l.m.

Oltre a questa configurazione denominata con il termine C1. È stata testata la variante denominata C2 (Figura 18), caratterizzata dalle seguenti misure effettive (riportate in scala prototipo):

1) coronamento del muro paraonde a quota +5.50m s.l.m.;
2) da berma emersa a quota +5.00m s.l.m.;
3) berma sommersa della diga a quota -2.65m s.l.m.;
4) piede lato mare della diga -3.25m s.l.m.



Figura 18: Configurazione C2 caratterizzata dall'elevazione di 1 m del coronamento del muro paraonde e della cresta di berma rispetto alla configurazione C1.

8. Strumentazione del modello

Durante ogni attacco ondoso simulato in canale, è stata effettuata la registrazione dei livelli idrici, utilizzando in totale cinque sonde resistive (Figura 19), denominate WG (Wave Gauges) e impostate con una frequenza di campionamento a 20 Hz. La lettura e il controllo dei livelli idrici è effettuata con la punta idrometrica con nonio (accuratezza nominale 0.05mm). La portata tracimante il muro paraonde è stata misurata raccogliendo l'acqua a tergo in un apposito contenitore, nel quale l'acqua viene convogliata mediante uno scivolo caratterizzato da un'apertura di 30cm (15 m in scala prototipo).

8.1 Strumentazione del modello della Diga Foranea

La prima sonda di livello (WG 1) è stata posizionata alla distanza di circa 8 m dal generatore, su un fondale di 52 cm (26 m in scala Prototipo) ed ha permesso l'acquisizione dei parametri caratteristici dell'onda alla generazione, mentre le restanti quattro (WG 2,3,4 e 5) sono state posizionate a partire da una distanza di 3.7m dalla diga foranea su un fondale di circa 19.0cm (185m di distanza dalla diga nel prototipo, dove il fondale è -9.5m), per la registrazione dei parametri caratteristici delle onde incidenti e riflesse.

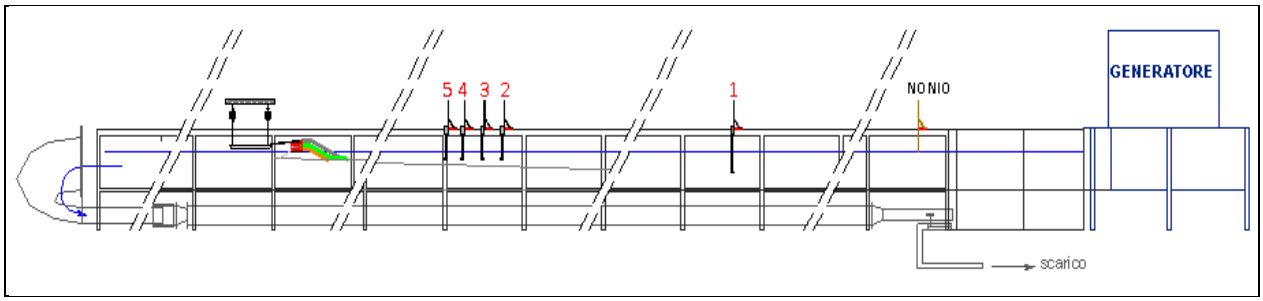


Figura 19: Disposizione delle sonde resistive e della punta idrometrica con nonio.

Il contenitore di raccolta dell'acqua di overtopping è sospeso a 4 celle di carico, che acquisiscono il peso dei singoli volumi di tracimazione, con una risoluzione di complessiva di 4 g (500 kg nel prototipo), vedi Figura 20.

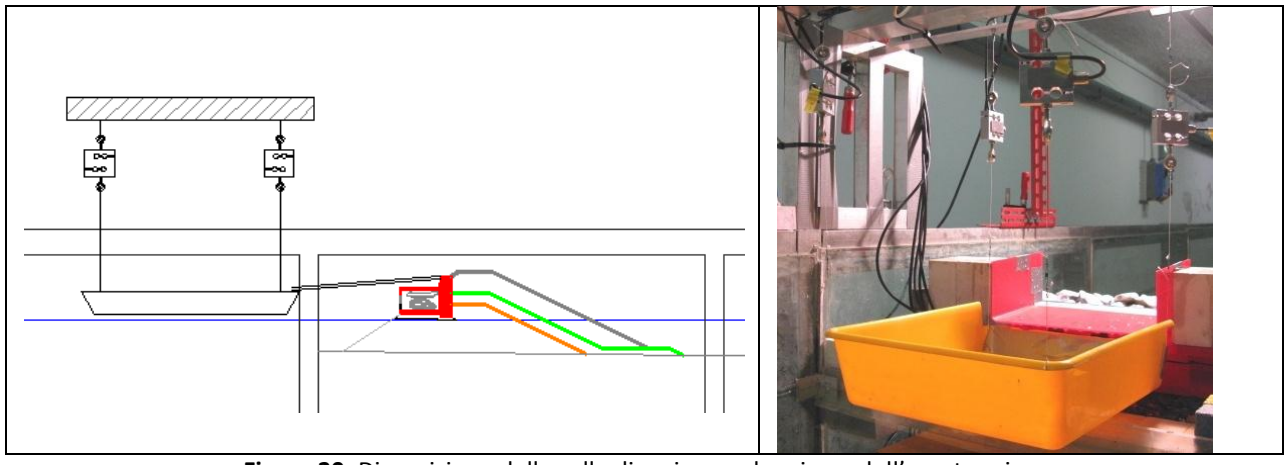


Figura 20: Disposizione delle celle di carico per la misura dell'overtopping.

Le pressioni agenti lungo il contorno della diga foranea sono state misurate tramite l'utilizzo di 5 trasduttori di pressione che acquisiscono con un'accuratezza nominale di 0.2 g/cmq (0.01 kg/cmq nel prototipo), vedi Figura 21 e Figura 22.

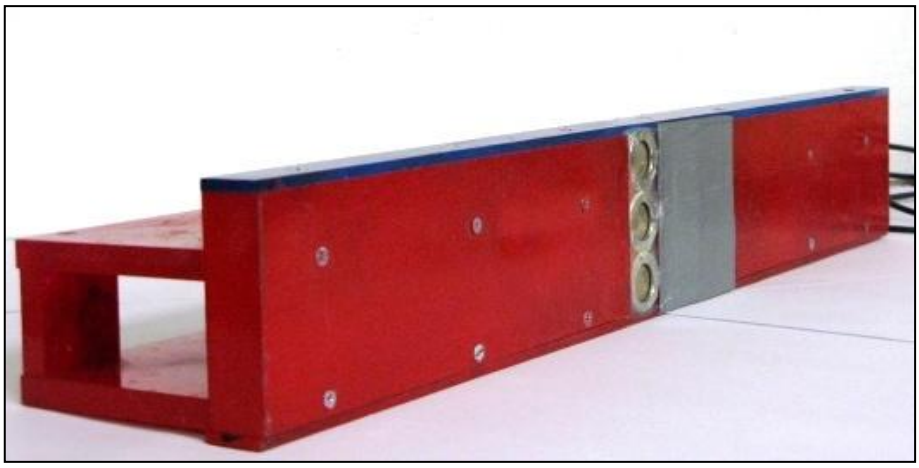


Figura 21: Disposizione dei trasduttori di pressione sul muro paraonde della diga foranea.

- 3 trasduttori di pressione sono disposti lungo la sezione mezzeria del muro paraonde per la misura delle sollecitazioni agenti frontalmente;

- 2 trasduttori di pressione sono posizionati a tergo del muro paraonde, nella sezione di mezzeria, il primo rivolto verso l'alto per la misura delle sollecitazioni di impatto associate ai possibili overtopping, ed il secondo rivolto verso il basso, in corrispondenza della base dl muro paraonde, per la misura delle sottopressioni.

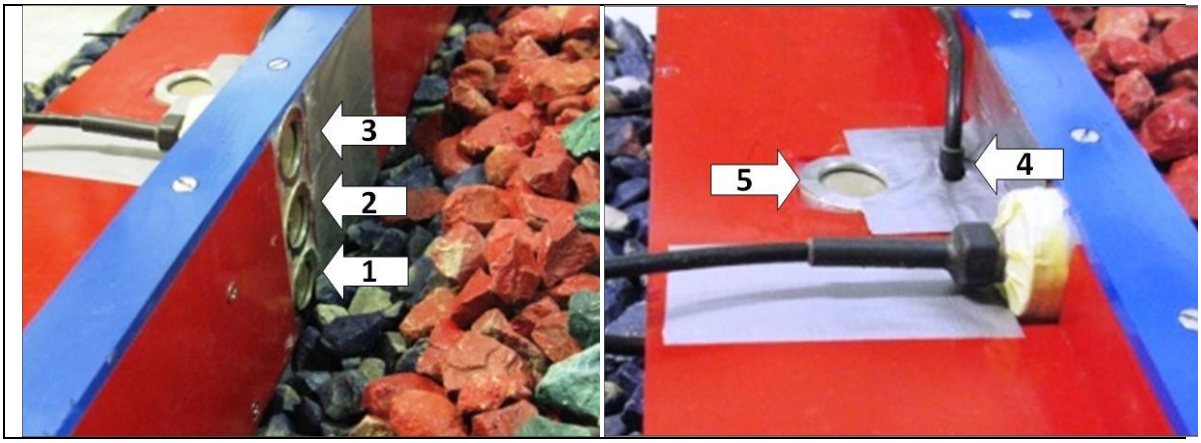


Figura 22: Particolare del posizionamento dei cinque trasduttori utilizzati per la misura delle pressioni.

8.2 Strumentazione del modello della Diga di Sottoflutto

In questo caso il livello idrico in canale è stato abbassato leggermente (da 52cm del modello della diga foranea a 46cm in questo caso), la prima sonda di livello (WG 1) è stata posizionata alla distanza di circa 8 m dal generatore, su un fondale di 46 cm (23 m in scala Prototipo) ed ha permesso l'acquisizione dei parametri caratteristici dell'onda alla generazione, mentre le restanti quattro (WG 2,3,4 e 5) sono state posizionate a partire da una distanza di 2.5m dalla diga su un fondale di circa 14.0cm (185m di distanza dalla diga nel prototipo, dove il fondale è -7.0m), per la registrazione dei parametri caratteristici delle onde incidenti e riflesse (figura 23).

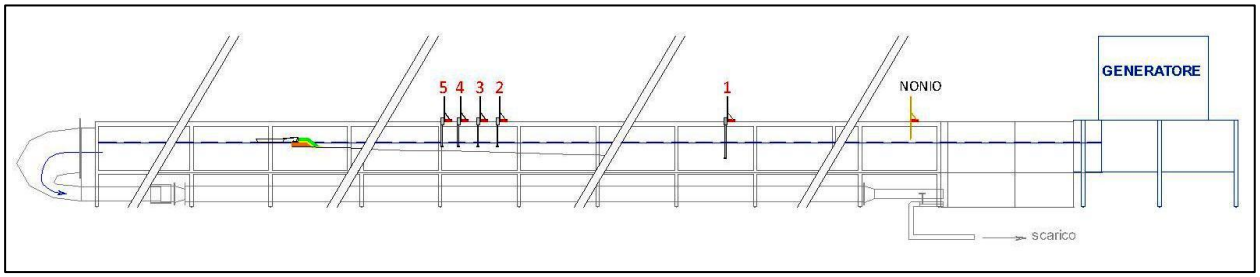


Figura 23: Disposizione delle sonde resistive e della punta idrometrica con nonio per le configurazioni C1 e C2.

9. Condizioni di prova

Le condizioni di prova definite dal Committente sono caratterizzate da un moto ondoso irregolare, rappresentativo degli stati di mare cinquantennali, che deve essere riprodotto per un unico valore del livello del mare caratterizzato da sovralzo pari a +0.60 rispetto al livello di quiete. I principali parametri del moto ondoso da simulare sono:

- Spettro JONSWAP
- γ =2.02
- H_{m0} = 7.2 m;
- T_p = 11.6 s;

Considerato che il livello idrico antistante il battionda è di circa 50 cm (circa 25 m in scala del prototipo) e che la stima della trasformazione dell'altezza d'onda, effettuata con i criteri di Goda specifici per onde irregolari, da largo alla profondità di 25 m, comporta un abbattimento di circa 5%, il moto ondoso da riprodurre in canale ha altezza significativa davanti al battionda di circa 6.8m (in scala prototipo).

10. Metodologia, risultati ed analisi dei dati

Al fine di pervenire a misure statisticamente significative delle portata e dei singoli volumi di tracimazione, è stato necessario condurre prove relativamente lunghe. Nel caso in esame le configurazioni sono state assoggettate ad un attacco ondoso, denominato H1G2, della durata complessiva di 1 ora nel modello, corrispondente a circa 7 ore nel prototipo, per un totale di circa 2000 periodi di picco. Sono stati condotti test di ripetibilità delle misure di overtopping dai quali è risultato che le portate di tracimazione sono da considerarsi accurate con margine pari a circa il 30%.

Per praticità operativa, l'attacco ondoso è stato spezzato in 3 sottointervalli (A, B e C) da 20 minuti ciascuno (circa 140 minuti nel prototipo) e caratterizzati dagli stessi parametri significativi d'onda e dalla stessa distribuzione spettrale, ma da una differente serie temporale, essendo una realizzazione specifica dello stesso processo random. Per ciascun intervallo è stata poi eseguita un'analisi zero-crossing e spettrale, per la misura dei parametri caratteristici delle onde alla generazione e delle onde incidenti e riflesse, vedi Allegato C. Per l'analisi di riflessione, che fornisce le componenti delle altezze d'onda riflesse ed incidenti, è stato utilizzato il metodo di Goda e Suzuki (1976) basato sulle misure condotte alle sonde in posizione 2, 3, 4, 5, vedi Allegato C.

10.1 Misure di Overtopping a tergo della Diga Foranea

In Tabella 2 sono riportati i principali parametri caratteristici del moto ondoso ottenuti come media delle misure nei tre sottointervalli A, B e C. In Tabella 3 sono invece riportate le misure della portata media di overtopping e in Figura 24 dati relativi alla serie temporale delle tracimazioni cumulate e la frequenza di accadimento dei singoli volumi di overtopping. L'analisi spettrale è stata condotta con il metodo della media di misure spettrali su 21 campioni di 1024 elementi quindi con una risoluzione in frequenza pari a 0.0010 Hz.

Tabella 2: Parametri caratteristici registrati per l'attacco ondoso H1G2 (scala prototipo).

		Parametri di derivazione spettrale				**Parametri di derivazione zero-crossing**		
Struttura	**Livello di prova F1 s.l.m. [m]**	**H_{m0} Fondale -26 m [m]**	**H_{m0} Fondale -9.5 m [m]**	**H_{m0i} Fondale -9.5 m [m]**	**Tp [s]**	**$H_{1/3}$ Fondale -9.5 m [m]**	**H_{max} Fondale -9.5 m [m]**	**N° Onde incidenti ricavate con analisi zero-crossing**
DIGA FORANEA	0.60	6.8	5.2	5.0	12	5.5	8.3	2564

Tabella 3: Misure di overtopping per l'attacco ondoso H1G2 (scala prototipo)

Struttura	Portate di overtopping [l/s/m]	Numero di overtopping	Massimo overtopping [l/m]
DIGA FORANEA	0.29±0.09	90	1250

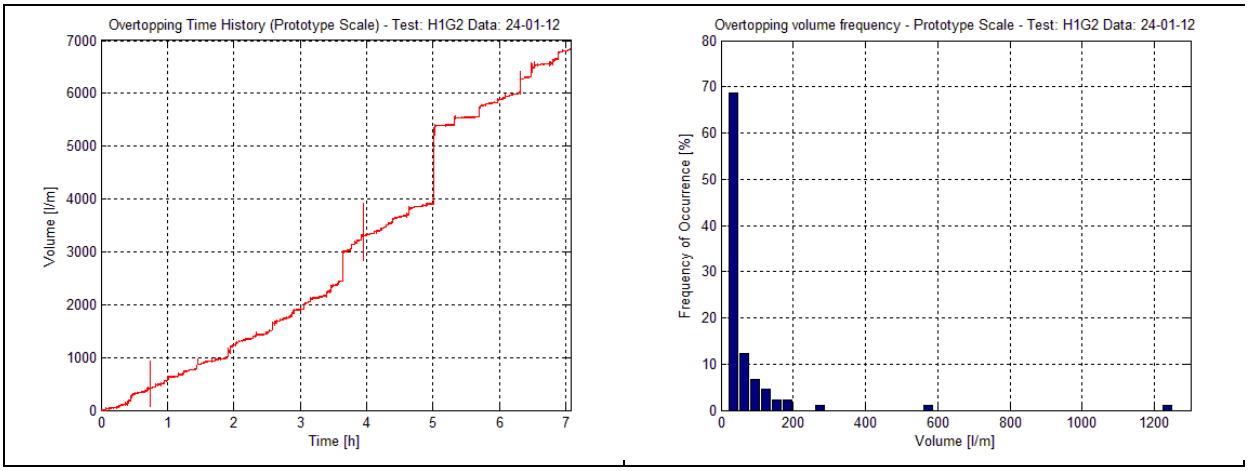


Figura 24: Serie temporale delle tracimazioni cumulate e frequenza di accadimento dei singoli volumi di overtopping (scala prototipo).

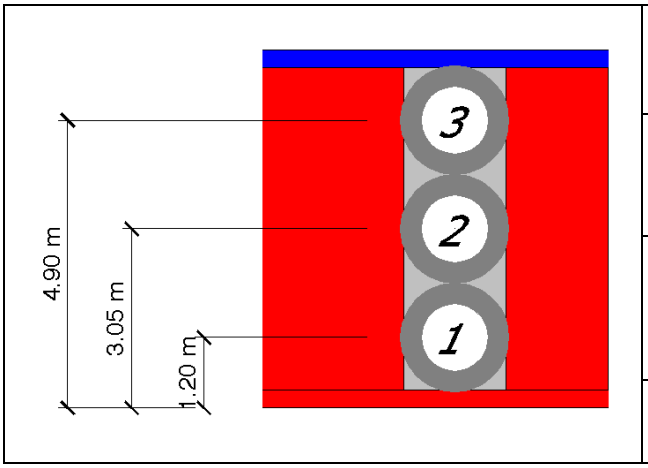
10.2 Misura delle pressioni sul muro paraonde della Diga Foranea

Le pressioni agenti lungo i contorni del muro paraonde sono state misurate mediante 5 trasduttori che hanno una risoluzione di 0.2 g/cmq (10 g/cmq nel prototipo) su un area di impatto di 4.5 cmq (1.13 mq nel prototipo).

Per la determinazione della frequenza di acquisizione idonea alla misura delle pressioni di impatto, sono state effettuate due diverse prove: la prima con frequenza di acquisizione pari a 1 kHz ed una seconda prova con frequenza di acquisizione pari a 10 kHz. Dall'analisi dei risultati ottenuti dalle due diverse prove, non sono state riscontrate differenze sulle misure delle pressioni. La frequenza di acquisizione è stata quindi impostata per tutte le prove sperimentali pari a 1 kHz.

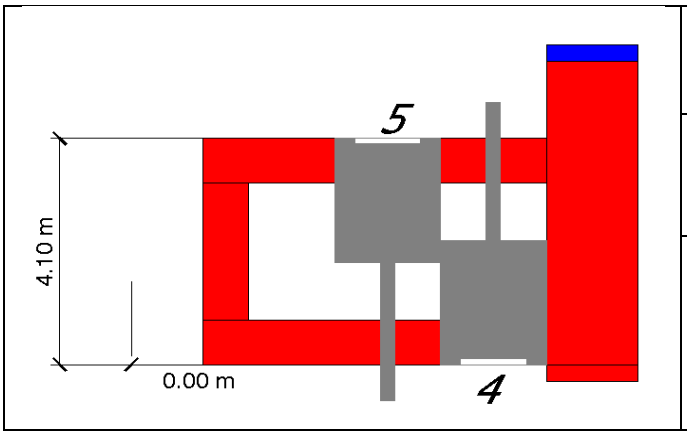
Nelle Tabella 4 e Tabella **5** sono riportate le misure delle sollecitazioni registrate ai trasduttori di pressione nelle posizioni indicate e in Figura 25 i dati relativi alle serie temporali delle pressioni registrate e la frequenza di accadimento dei singoli picchi di pressione.

Tabella 4: Misure delle pressioni agenti frontalmente (scala prototipo).



	Pressione Media [Kg/cmq]	Pressione Max [Kg/cmq]
Trasduttore 3	0.01	0.04
Trasduttore 2	0.01	0.04
Trasduttore 1	0.03	0.17

Tabella 5: Misure delle pressioni agenti a tergo del muro paraonde (scala prototipo).



	Pressione Media [Kg/cmq]	Pressione Max [Kg/cmq]
Trasduttore 5	0.01	0.01
Trasduttore 4	0.04	0.16

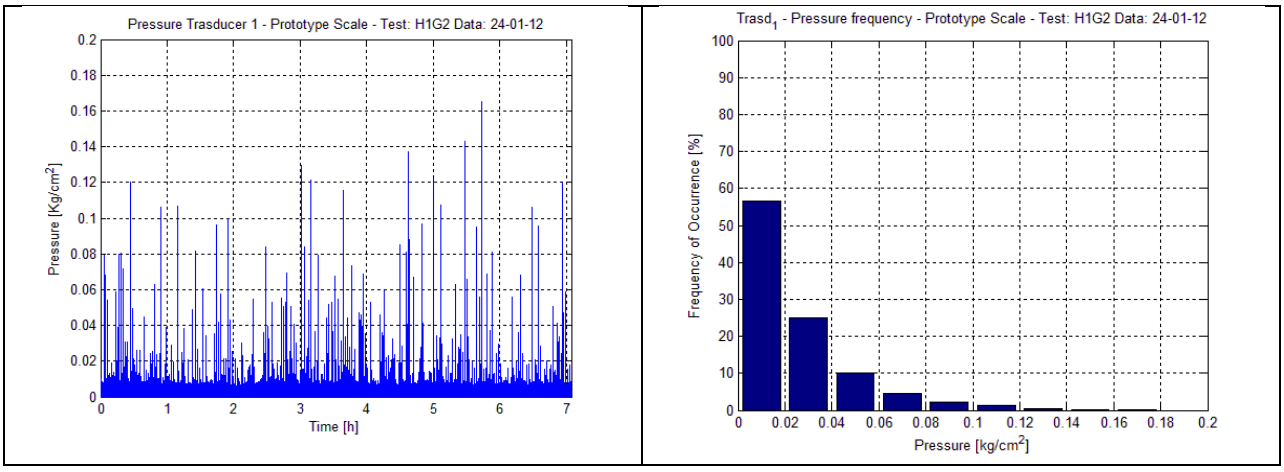


Figura 25: Pressione registrata e frequenza delle pressioni misurate dal trasduttore 1 (scala prototipo).

10.3 Misura della stabilità dei massi della mantellata della Diga Foranea

Dall'analisi del repertorio fotografico riportato in Figura 26 è possibile effettuare una stima della stabilità dei massi costituenti la mantellata e il piede della struttura.

Lo strato superiore della mantellata risulta stabile a meno di 2 massi di IV categoria (circa 20 t in scala prototipo) posti in prossimità del piede della struttura, i quali appaiono in posizioni diverse rispetto alla configurazione precedente all'evento di mareggiata.

Il piede della scogliera è contraddistinto da spostamenti di 3 massi di II categoria (circa 8 t in scala prototipo) a seguito dell'evento di mareggiata. Le immagini si riferiscono all'azione di uno stato di mare di durata, in termini di numero di periodi di picco, pari a circa 2000 periodi di picco.

Prima dell'attacco ondoso H1G2F1C0	Dopo l'attacco ondoso H1G2F1C0
	

Figura 26: Documentazione della stabilità dei massi della mantellata.

10.4 Misure di Overtopping a tergo della Diga di Sottoflutto

In

Tabella **6** sono riportati i principali parametri caratteristici del moto ondoso ottenuti come media delle misure nei tre sottointervalli A, B e C. In

Tabella **7** sono invece riportate le misure della portata media di overtopping.

Tabella 6: Parametri caratteristici registrati per l'attacco ondoso H1G2 (scala prototipo).

		Parametri di derivazione spettrale				**Parametri di derivazione zero-crossing**		
Struttura	**Livello di prova F1 s.l.m. [m]**	**H_{m0} Fondale -22.5 m [m]**	**H_{m0} Fondale -7 m [m]**	**H_{m0i} Fondale -7 m [m]**	**Tp [s]**	**$H_{1/3}$ Fondale -7 m [m]**	**H_{max} Fondale -7 m [m]**	**N° Onde incidenti ricavate con analisi zero-crossing**
C1 - DIGA DI SOTTOFLUTTO	0.60	6.95	4.45	4.35	12	4.55	7.15	2721
C2 - DIGA DI SOTTOFLUTTO	0.60	7.00	4.50	4.40	12	4.65	7.4	2641

Tabella 7: Misure di overtopping per l'attacco ondoso H1G2 (scala prototipo).

Struttura	**Portate di overtopping [l/s/m]**
C1 - DIGA DI SOTTOFLUTTO	1.73 ± 0.52
C2 - DIGA DI SOTTOFLUTTO	0.34 ± 0.10

10.5 Misura della stabilità dei massi della mantellata della Diga di Sottoflutto

- Configurazione C1

Dall'analisi del repertorio fotografico riportato in Figura 27 è possibile effettuare una stima della stabilità dei massi costituenti la mantellata e il piede della struttura nella configurazione C1.

Lo strato superiore della mantellata risulta stabile a meno di 1 massi di III categoria (circa 7 t in scala prototipo) posto in prossimità del piede della struttura, il quale appare in posizione diversa rispetto alla configurazione precedente all'evento di mareggiata.

Il piede della scogliera è contraddistinto dallo spostamento di 1 masso di I[a] categoria (circa 1 t in scala prototipo). Le immagini si riferiscono all'azione di uno stato di mare di durata, in termini di numero di periodi di picco, pari a circa 2000 periodi di picco.

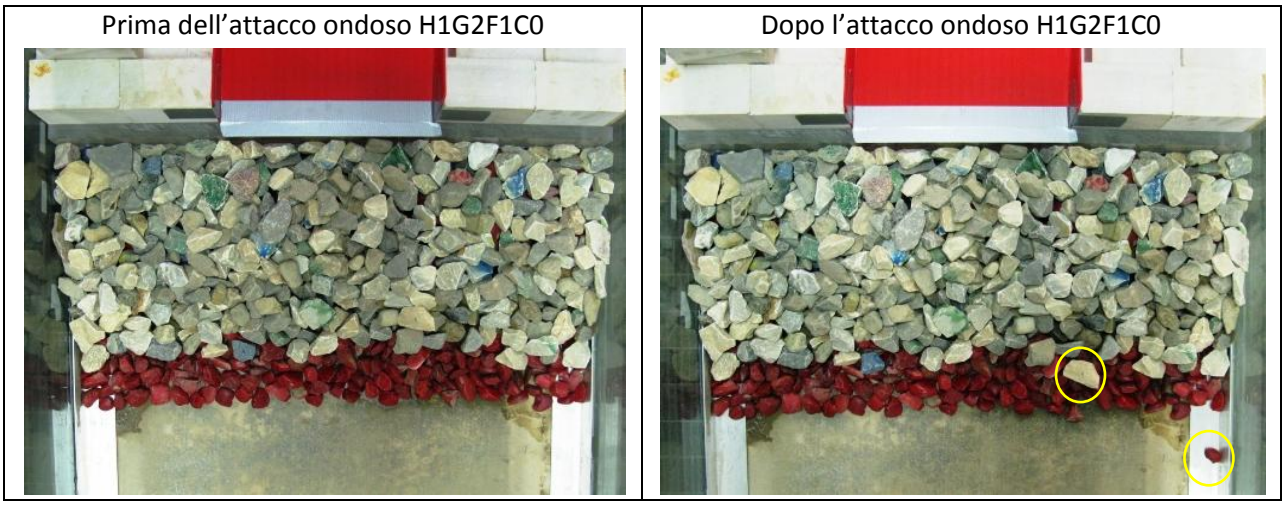


Figura 27: Documentazione della stabilità dei massi della mantellata di sottoflutto (C1).

- <u>Configurazione C2</u>

Lo strato superiore della mantellata risulta stabile a meno di 3 massi di III[a] categoria (circa 20 t in scala prototipo) posti in prossimità del piede della struttura, i quali appaiono in posizione diversa rispetto alla configurazione precedente all'evento di mareggiata (Figura 28).

Il piede della scogliera risulta prevalentemente stabile, senza spostamenti significativi dei massi costituenti. Le immagini si riferiscono all'azione di uno stato di mare di durata, in termini di numero di periodi di picco, pari a circa 2000 periodi di picco.

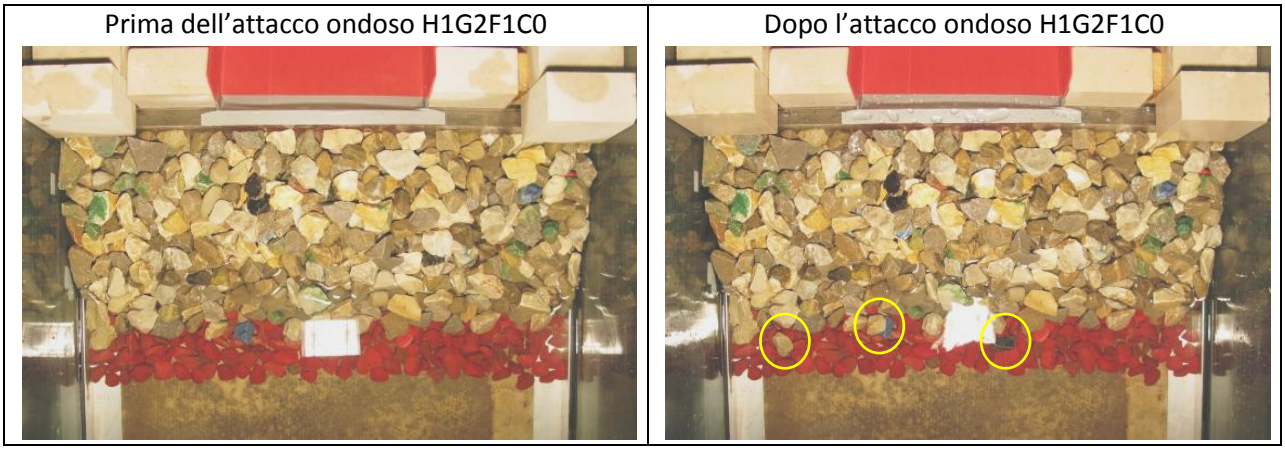


Figura 28: Documentazione della stabilità dei massi della mantellata di sottoflutto (C2).

11. Conclusioni

Questo studio su modello fisico è stato finalizzato alla misura delle portate tracimanti la diga foranea e quella di sottoflutto in progetto per il porto di Pietra Ligure (SV), alla verifica della stabilità dei massi delle relative mantellate e alla misura delle pressioni indotte dal moto ondoso e agenti su alcuni punti del muro paraonde della sola diga foranea.

Le condizioni di prova sono state caratterizzate da un moto ondoso irregolare, rappresentativo degli stati di mare cinquantennali, in presenza di sovralzo del mare pari a +0.60m. I principali parametri del moto ondoso sono:

- Spettro JONSWAP con γ =2.02
- Hm0 = 7.2 m;
- Tp = 11.6 s;

La diga foranea in esame ha quota del muro paraonde a 6.7m s.l.m, mantellata con berma emersa a quota 7.5 m s.l.m., pendenza del paramento lato mare pari a 2:1 ed è costituta da massi naturali di IV^{a} categoria, con variazione di peso da 7t a 12t, disposti su due strati con porosità del 37%. I massi più piccoli, di dimensione equivalente pari a 1.4m, sono disposti nello strato sottostante, mentre i massi più grandi, di dimensione equivalente pari a 1.7m, sono disposti sullo strato più esterno. Il piede della scogliera è imbasato alla profondità di 5.2m s.l.m. ed è costituito dal risvolto dello strato di filtro soggiacente la mantellata di protezione. Lo strato filtro è costituito da due strati di massi di II^{a} categoria, con peso compreso tra 1t e 3t e con dimensioni equivalenti comprese tra 0.7m e 1.0m. Il fondale nei 540m davanti alla sezione passa da una profondità di -5.25m a una di circa -20.50m, pertanto risulta caratterizzato da una pendenza media di circa 1:35. Le misure sperimentali hanno fornito valori di tracimazione media pari a 0.29±0.09 l/s/m (scala prototipo). Il massimo volume di *overtopping* indotto da una singola onda è risultato pari a 1250 l/m (scala prototipo). Le misure di pressione agenti sul muro paraonde hanno evidenziato che i massimi valori sono localizzati al piede dell'opera (trasduttore 1 e trasduttore 4 in tabella 4 e 5) e risultano pari a circa 0.17 kg/cmq (scala prototipo). La mantellata dell'opera è risultata stabile ed è classificabile come *hardly* (*no damage*) secondo i *British Standard*.

La diga di sottoflutto presenta una pendenza del paramento lato mare pari a 3:4. La mantellata è costituita da massi naturali di III^{a} categoria, con variazione di peso da 3t a 7t, disposti su due strati con porosità del 37%. I massi più piccoli, di dimensione equivalente pari a 1m, sono disposti nello strato sottostante, mentre i massi più grandi, di dimensione equivalente pari a 1.4m, sono disposti sullo strato più esterno. Il piede della scogliera è imbasato alla profondità di 3.3m s.l.m. ed è costituito dal risvolto dello strato di filtro soggiacente la mantellata di protezione. Lo strato filtro è costituito da due strati di massi di I^{a} categoria, con peso compreso tra 0.1t e 1t, con dimensioni equivalenti comprese tra 0.33m e 0.70m. Il fondale nei 664m davanti alla sezione passa da una profondità di -3.3m a una di circa -21.50m, pertanto risulta caratterizzato da una pendenza di circa 1:36. Sono state verificate due configurazioni, la prima detta C1 è caratterizzata da muro paraonde a quota +4.50m s.l.m. e cresta della berma emersa a quota +4.00m s.l.m e la seconda detta C2 è caratterizzata da muro paraonde a quota +5.50 m s.l.m. e cresta della berma emersa è a quota +5.00 m s.l.m.

Le misure di tracimazione hanno fornito i valori di tracimazione pari a 1.73 ± 0.52 l/s/m per la configurazione C1 e 0.34 ± 0.10 l/s/m per la configurazione C2. Anche per questa sezione, la mantellata è risultata stabile ed è classificabile come *hardly (no damage)* secondo i *British Standard*.

Allegato A: Esempio di Check-list sperimentale seguita per la conduzione dei test per la diga foranea

CHECK-LIST 2012 Pietra Ligure	**Operatore:**	**Data:**

Test effettuati:

Step	Operazioni giornaliere:	Note
1	Accendere le sonde resistive (interruttore n°8 del quadro elettrico), e interruttore generale del battionda (n°7 del quadro elettrico).	
2	Accendere i PC GENERATORE, GANIMEDE e accendere l'alimentatore delle celle di carico e dei trasduttori di pressione.	
3	Controllare spazio di memoria sul PC GENERATORE(**E**:) e GANIMEDE(**F**:).	
4	Creare la cartella del giorno nel formato gg-mm-aa in GANIMEDE in **F:\ModelliFisiciInConduzione \2012PietraLigure\Esperimenti** e creare sempre in GANIMEDE le cartelle Figure e DatiCalibrati nel PC GENERATORE invece creare in **E:\2012PietraLigure** solo la cartella del giorno nel formato gg-mm-aa.	
5	Creare nella cartella del giorno in Ganimede un file di testo (es. **c180112F10_livelli.cal**). Con il seguente contenuto: **WG CANALE CAVO CRESTA ZERO** 1 9 -10 10 0 2 2 -5 5 0 3 3 -5 5 0 4 4 -5 5 0 5 10 -5 5 0 Copiare in Ganimede nella cartella del giorno in "DatiCalibrati" il file **IstogrammaVolumiOvertopping.m** e aggiornare le voci "nome" e "saveas"	
6	Posizionare la punta idrometrica nella posizione del livello di prova a pompa spenta **F1: 20.0 cm**	*nota bene: **F1:** Pompa accesa al nonio **19.3 cm.**
7	Controllare che la superficie libera nel canale sia tangente alla punta, attendere **10 minuti**. Se il livello è inferiore al richiesto, immettere acqua in canale e attendere che il livello sia tangente alla punta del nonio.	
8	Avviare la procedura di **Calibrazione** (vedi check-list calibrazione sonde).	
9	Avviare la pompa di retropala ed attendere circa 20 minuti.	
10	Collegare il campionatore di overtopping alle celle di carico, mettere 500 ml di acqua all'interno e attendere il tempo necessario per la stabilizzazione	
11	Effettuare la **Calibrazione delle celle di carico:** dal PC GANIMEDE in F:\ModelliFisiciInConduzione\2012PietraLigure\Esperimenti avviare il programma delle celle di carico e dei trasduttori di pressione	

	PietraLigure.seproj	
12	Prima della prova annotare il livello davanti alla pala nel retro della check-list.	
13	Fare una **foto** della mantellata (all'inizio della ripetizione A!)	
14	Lanciare il primo attacco ondoso da 20 min dal PC-GENERATORE (avviare dalla barra del menù di Labview il modulo di "esecuzione" es. **H1G2A*.pre**), avviare da **PietraLigure.seproj** digitando "RUN" l'acquisizione delle celle di carico e dei trasduttori di pressione, accendere i due faretti ed avviare la **ripresa video**.	***nota bene!!!** Le ripetizioni da eseguire sono tre A, B, C da 20 min ciascuna.
15	Alla fine di **ogni ripetizione:** - terminare la ripresa video; - svuotare la vasca per la raccolta delle tracimazioni ed annotare il **volume** nella check-list; - terminare la registrazione delle celle di carico e dei trasduttori di pressione, tagliare il file Celle.txt e Trasd.txt dalla cartella Esperimenti e metterli nella cartella del giorno con il nome della prova eseguita **H1G2A1F1C0_Celle.dat** e **H1G2A1F1C0_Trasd.dat ;** - Alla fine della **ripetizione C** fare una **foto** della mantellata.	
16	Trasformare il file appena acquisito sul PC-GENERATORE (**H1G2A.a01**) da binario ad ASCII (avviare dalla barra del menù di Labview il modulo di "trasformazione").	
17	Trasferire il file appena acquisito (**binario.a01**) nella cartella del giorno del PC-GENERATORE.	
18	Tagliare il file trasformato sul PC-GENERATORE (**ASCII.t01**) e copiarlo in GANIMEDE (nella cartella del giorno!) e rinominarlo nella forma **H1G2A1F1C0.dat**	
19	Analizzare il file appena acquisito e rinominato, tramite software Matlab 7.1 con il programma "Main".	
20	Analizzare l'immagine relativa ai volumi di overtopping (**H2G1A1F1C0-Overtopping.bmp**) e creare un file di testo costituito da 2 colonne, una riportante il numero progressivo degli eventi di overtopping e l'altra relativa al volume cumulato corrispondente; salvare nella forma **H1G2A1F1C0_VolumiOvertopping.dat**	
21	Analizzare il file appena creato tramite software Matlab7.1 con il programma "IstogrammaVolumiOvertopping.m".	
22	Attendere 10 minuti perché si stabilizzi l'acqua all'interno del canale e compilare il **database** e il **report** giornaliero.	
23	Ripetere le operazioni dallo **step 9** fino al termine delle prove giornaliere. **IN CASO DI VARIAZIONI NEL LIVELLO DI STUDIO RIPETERE LA CALIBRAZIONE!!!!**	
24	Al termine delle prove giornaliere spengere i computer, le sonde, le celle di carico, l'alimentazione dei trasduttori di pressione e delle celle.	

CHECK-LIST Calibrazione sonde	**Operatore:**	**Data:**

Step	Fasi della procedura di calibrazione sonde resistive	note
1	Avviare la procedura di calibrazione aprendo la cartella **2012PietraLigure** dal desktop del PC GENERATORE.	
2	Lanciare il file idra11.vi.	
3	Avviare dalla barra del menù il modulo di "predisposizione", quindi il modulo di "taratura".	
4	Selezionare i canali delle sonde da tarare: sonde 1-10.	
5	Immissione del range di taratura per ogni sonda [mm].	
6	Immissione del valore della distanza di ogni sonda dalla pala generatrice [mm].	
7	Immissione del valore della profondità di ogni sonda [mm].	
8	Portare le sonde al **livello massimo**, fissare bene il nonio, attendere che il livello d'acqua si sia stabilizzato ed acquisire i dati da GENERATORE (selezionare taratura).	
9	Portare le sonde al **livello minimo**, fissare bene il nonio, attendere che il livello d'acqua si sia stabilizzato ed acquisire i dati da GENERATORE (selezionare taratura).	
10	**Centrare** le sonde, fissare bene il nonio, attendere che il livello d'acqua si sia stabilizzato ed acquisire i dati da GENERATORE(selezionare taratura).	
11	Copiare il file idra11.son nella cartella del giorno di GENERATORE e collegarsi in rete da Ganimede a GENERATORE e copiarlo in **F:**\ModelliFisiciInConduzione\2012PietraLigure \Esperimenti\gg-mm-aa e rinominare in cggmmaazzx.cal (giorno mese anno livello numero di calibrazione (es. **c040507F00.cal**).	
12	Analizzare il file di calibrazione tramite software Matlab con il programma "VerificaCalibrazione" inserendo l'istruzione calibrazione ('data', 'livello', numero di calibrazione).	
13	Annotare sugli appunti e sul diario eventuali anomalie riscontrate nel corso della calibrazione.	
Appunti:		

Codice onda	Rip.	Config.	Livello Prima della prova (lettura al nonio)	Volume di overtopping (litri)
H1G2	**A1**	**C0**		
H1G2	**B1**	**C0**		
H1G2	**C1**	**C0**		

Allegato B: Report giornaliero delle prove

(si riporta a titolo di esempio il report di laboratorio del giorno 24 gennaio 2012
(I report di tutta l'attività sperimentale sono consegnati in formato PDF nel CD allegato)

Livello F1 Configurazione C0

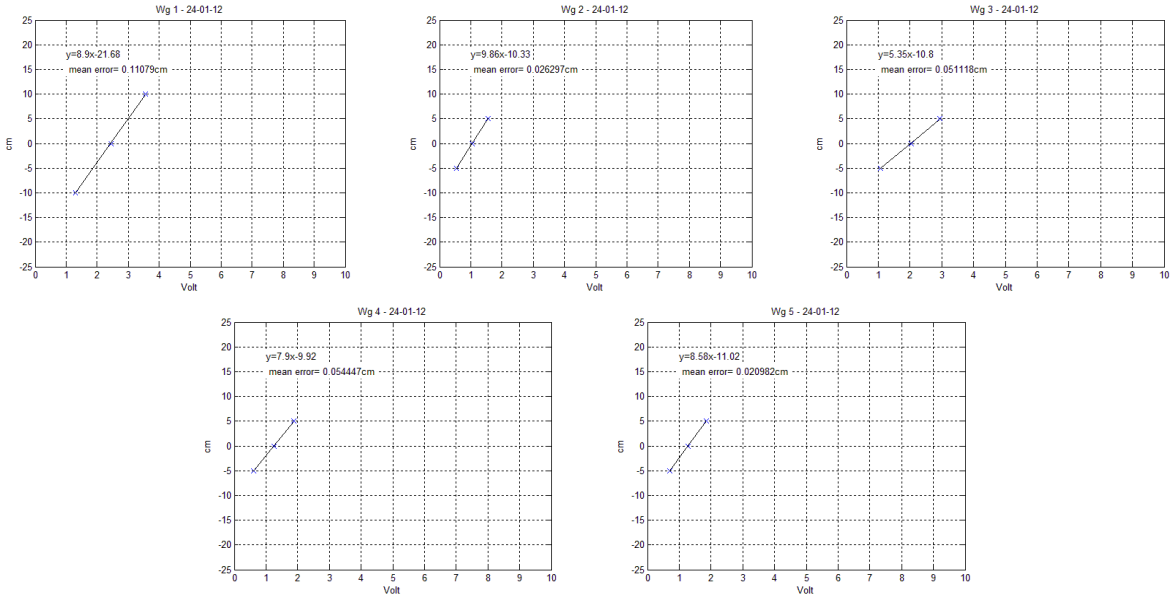
Profondità alla pala a pompa spenta: 50.50 cm (20.00 cm al nonio)

Si riportano i coefficienti delle rette di calibrazione per le cinque sonde utilizzate in canale:

Tabella1:Parametri delle rette di calibrazione per ogni sonda

Posizione	A [cm/volt]	B [cm]	Errore [cm]
1	8.9029	-21.68	0.11
2	9.8615	-10.33	0.03
3	5.3495	-10.8	0.05
4	7.9036	-9.92	0.05
5	8.5834	-11.02	0.02

Si riportano i grafici relativi alla calibrazione effettuata in data odierna per le nuove prove da effettuare:



Livelli idrici in canale

CODICE ONDA	RIPETIZIONE	LIVELLO	CONFIG.	LETTURA PUNTA IDROMETRICA ALLA PALA [cm]	VOLUME OVERTOPPING [litri]
H2G1	A1	F1	C0	19.3	0.175
H2G1	B1	F1	C0	19.3	0.275
H2G1	C1	F1	C0	19.3	0.360

Acquisizione con pompa di retropala e generatore accesi per l'onda H1G2A1

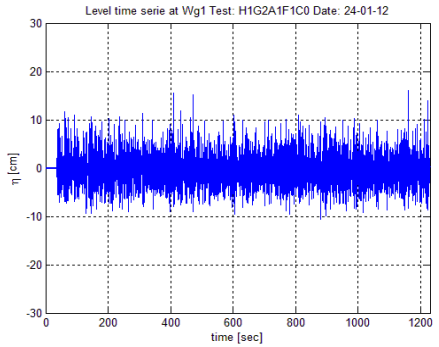
H_{m0}= 16.5 cm T_p = 1.7 s γ=2.02 (durata 20 min)

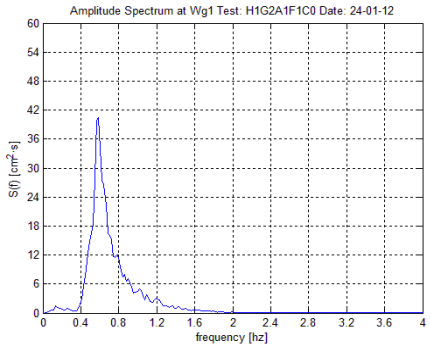
Tabella 3: Parametri Caratteristici rilevati da ogni sonda relativi all'attacco ondoso

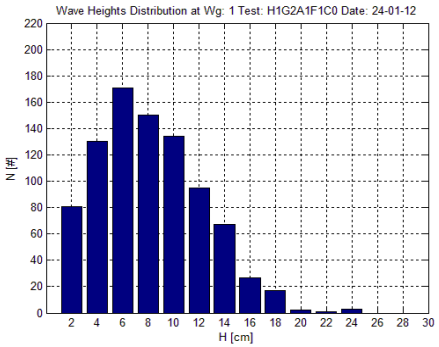
Data	Onda	Rip.	Livello	Struttura	WG	Livelli di Zero [cm]	Dev. Stand. [cm]	Hmo [cm]	Tp [sec]	Tm_10 [sec]	Tm01 [sec]	Livello Medio [cm]	H1_3 [cm]	Hmax [cm]	Hm [cm]	T1_3 [s]	Tm [s]	N
24/01/2012	H1G2	A1	F1	C0	1	0.39	0.02	12.52	1.7	1.6	1.4	-0.77	12.80	24.32	8.21	1.6	1.4	879
24/01/2012	H1G2	A1	F1	C0	2	0.78	0.02	10.87	1.7	1.9	1.2	-0.60	11.60	16.80	7.67	1.6	1.4	838
24/01/2012	H1G2	A1	F1	C0	3	0.82	0.01	10.42	1.6	1.9	1.1	-0.59	11.10	17.33	7.46	1.6	1.4	836
24/01/2012	H1G2	A1	F1	C0	4	0.87	0.03	10.24	1.7	1.9	1.1	-0.53	10.90	16.73	7.32	1.6	1.4	840
24/01/2012	H1G2	A1	F1	C0	5	0.77	0.02	10.25	1.7	1.8	1.1	-0.52	10.90	15.88	7.45	1.6	1.4	833

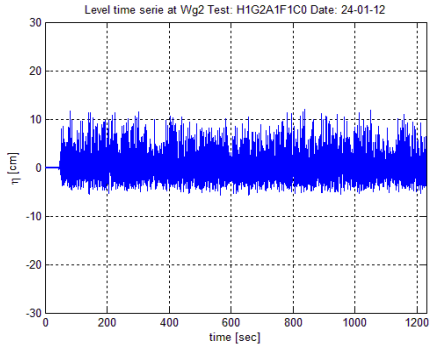
Tabella 4: Parametri caratteristici relativi all'attacco ondoso

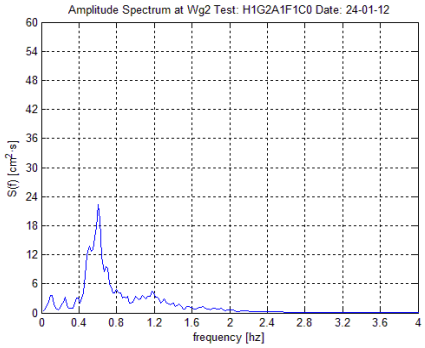
Hi (2-3) [cm]	Hr (2-3) [cm]	Kr (2-3) [cm]	Hi (3-4) [cm]	Hr (3-4) [cm]	Kr (3-4) [cm]	Hi (4-5) [cm]	Hr (4-5) [cm]	Kr (4-5) [cm]
10.22	2.26	0.22	9.97	2.28	0.23	9.95	2.20	0.22

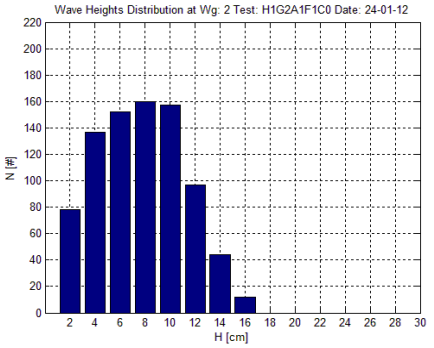

Level time serie at Wg1 Test: H1G2A1F1C0 Date: 24-01-12
η [cm]
time [sec]

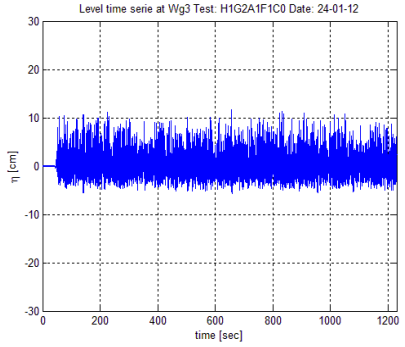

Amplitude Spectrum at Wg1 Test: H1G2A1F1C0 Date: 24-01-12
S(f) [cm² s]
frequency [hz]

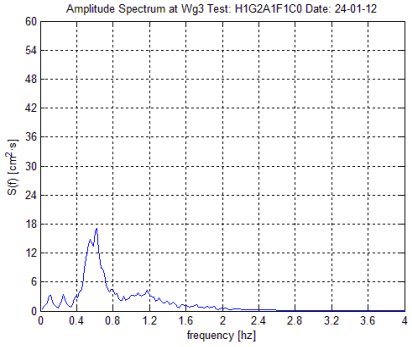

Wave Heights Distribution at Wg: 1 Test: H1G2A1F1C0 Date: 24-01-12
N [#]
H [cm]

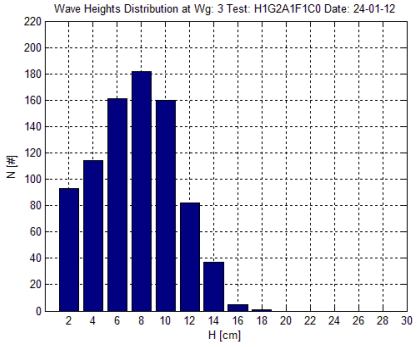

Level time serie at Wg2 Test: H1G2A1F1C0 Date: 24-01-12
η [cm]
time [sec]

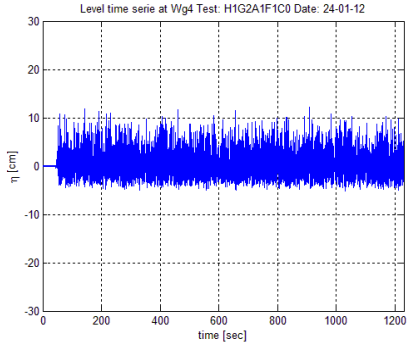

Amplitude Spectrum at Wg2 Test: H1G2A1F1C0 Date: 24-01-12
S(f) [cm² s]
frequency [hz]

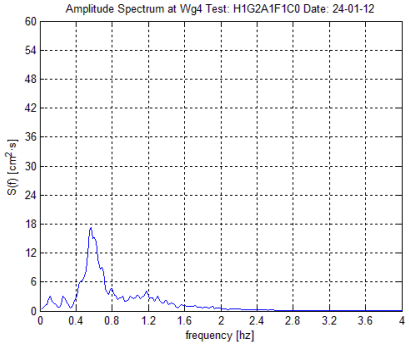

Wave Heights Distribution at Wg: 2 Test: H1G2A1F1C0 Date: 24-01-12
N [#]
H [cm]

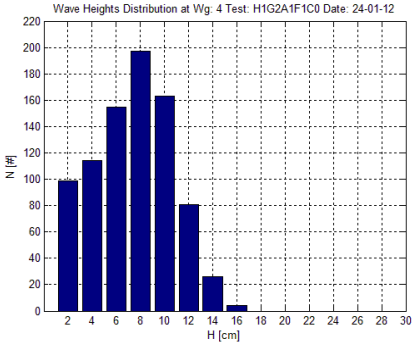

Level time serie at Wg3 Test: H1G2A1F1C0 Date: 24-01-12
η [cm]
time [sec]

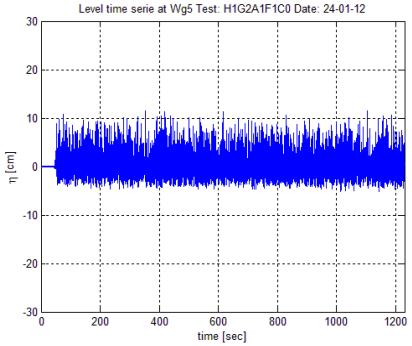

Amplitude Spectrum at Wg3 Test: H1G2A1F1C0 Date: 24-01-12
S(f) [cm² s]
frequency [hz]

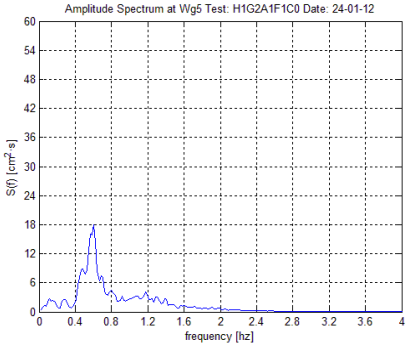

Wave Heights Distribution at Wg: 3 Test: H1G2A1F1C0 Date: 24-01-12
N [#]
H [cm]

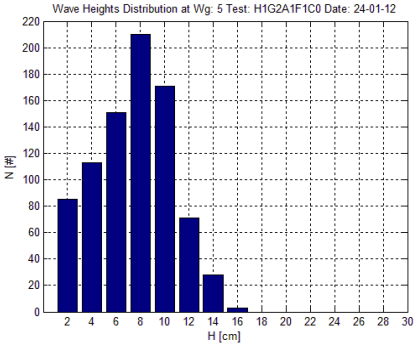

Level time serie at Wg4 Test: H1G2A1F1C0 Date: 24-01-12
η [cm]
time [sec]

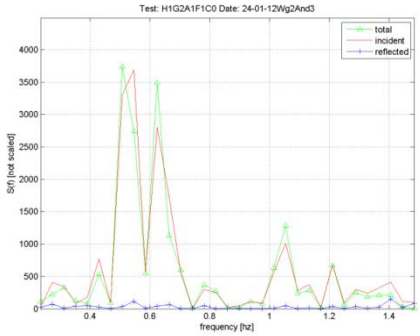

Amplitude Spectrum at Wg4 Test: H1G2A1F1C0 Date: 24-01-12
S(f) [cm² s]
frequency [hz]

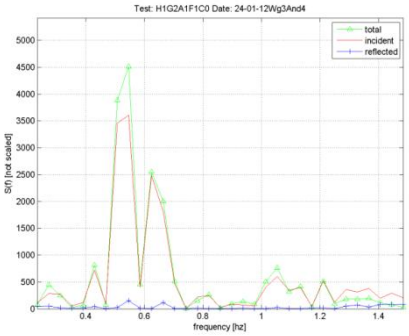

Wave Heights Distribution at Wg: 4 Test: H1G2A1F1C0 Date: 24-01-12
N [#]
H [cm]

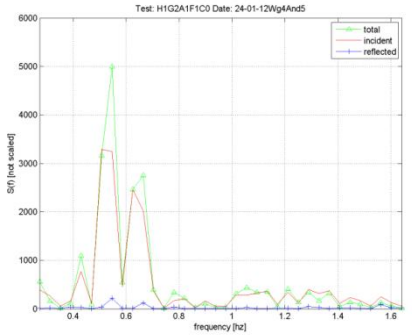

Level time serie at Wg5 Test: H1G2A1F1C0 Date: 24-01-12
η [cm]
time [sec]


Amplitude Spectrum at Wg5 Test: H1G2A1F1C0 Date: 24-01-12
S(f) [cm² s]
frequency [hz]

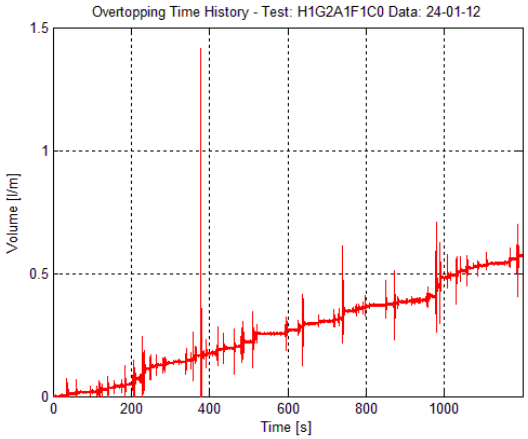

Wave Heights Distribution at Wg: 5 Test: H1G2A1F1C0 Date: 24-01-12
N [#]
H [cm]

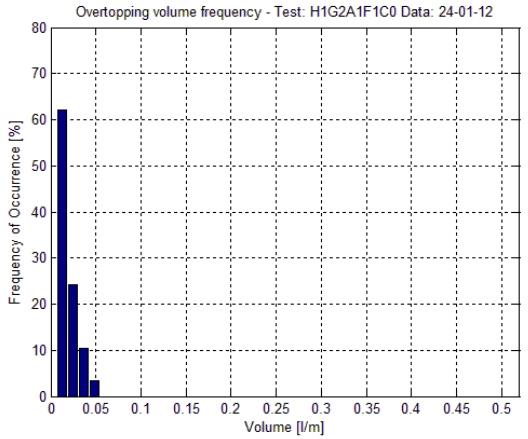

Test: H1G2A1F1C0 Date: 24-01-12Wg2And3
total
incident
reflected
S(f) [not scaled]
frequency [hz]


Test: H1G2A1F1C0 Date: 24-01-12Wg3And4
total
incident
reflected
S(f) [not scaled]
frequency [hz]

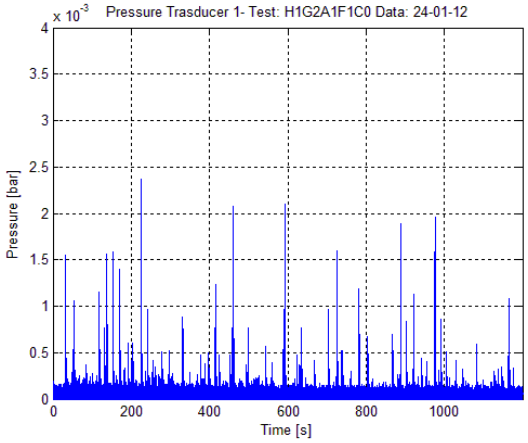

Test: H1G2A1F1C0 Date: 24-01-12Wg4And5
total
incident
reflected
S(f) [not scaled]
frequency [hz]

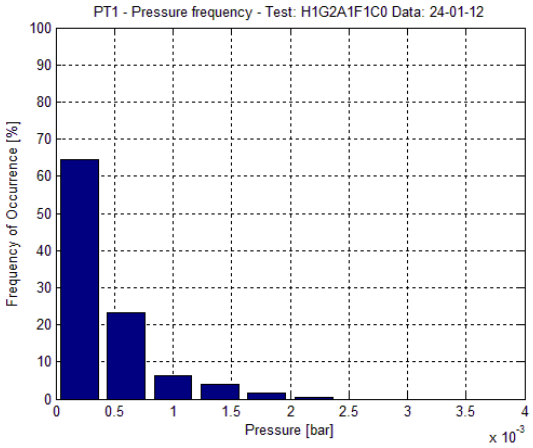
Di seguito si riporta l'analisi eseguita sulla misura delle tracimazioni, ottenuta dalle quattro celle di carico poste a tergo della diga.

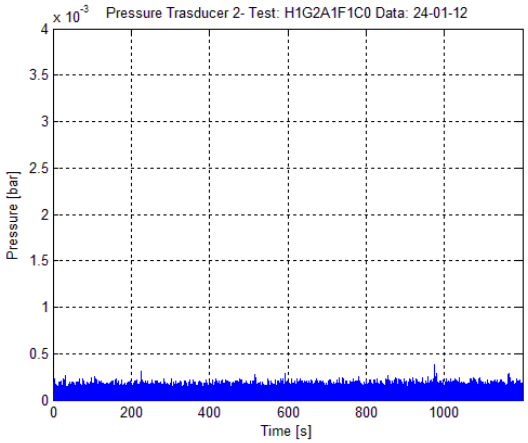


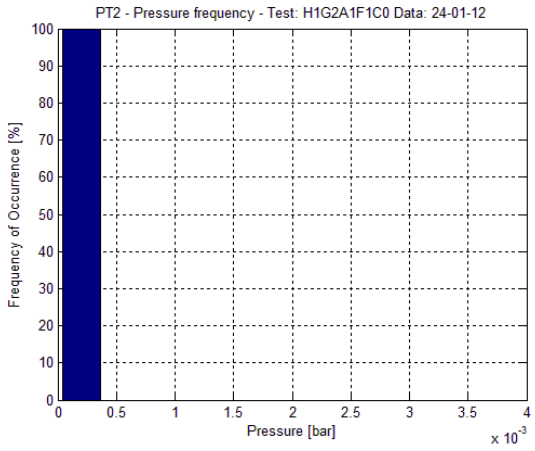


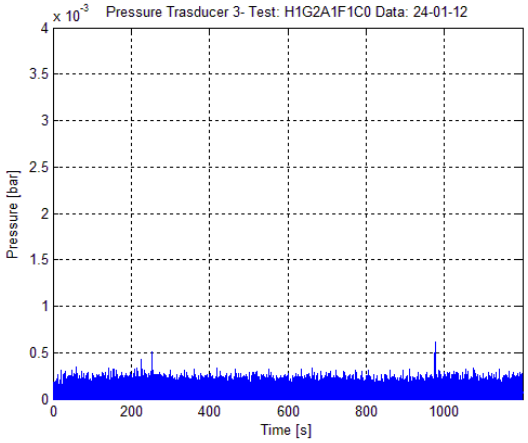
Di seguito si riporta l'analisi eseguita sulla misura delle pressioni, ottenuta dai cinque trasduttori di pressione.

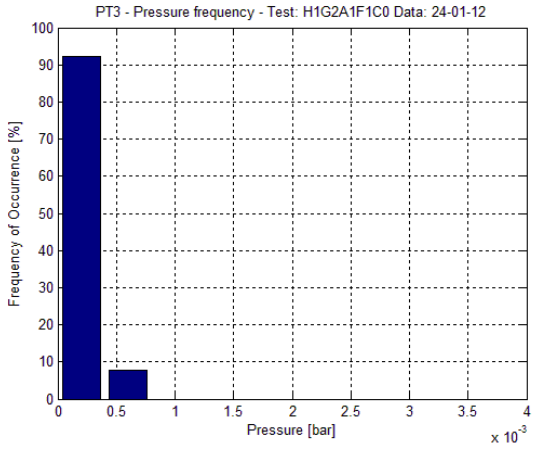


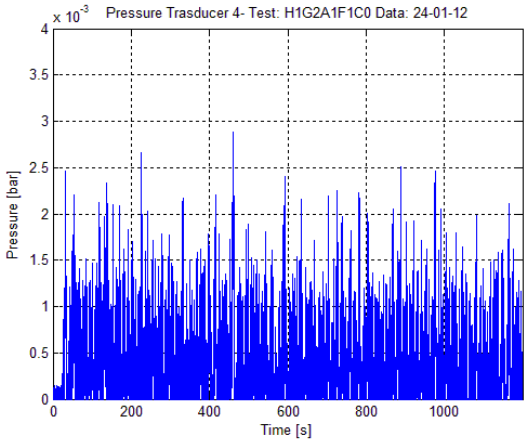


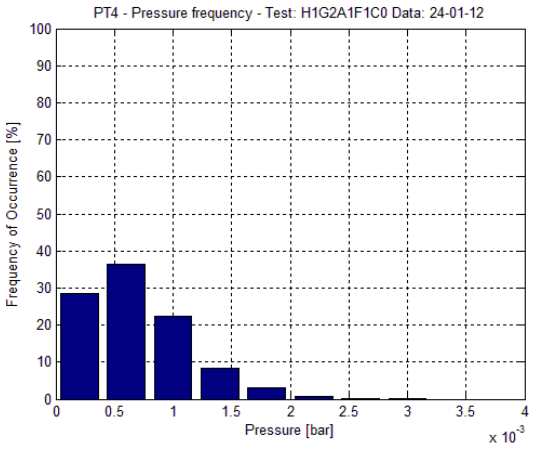

x 10^-3
Pressure Trasducer 2- Test: H1G2A1F1C0 Data: 24-01-12
Pressure [bar]
Time [s]

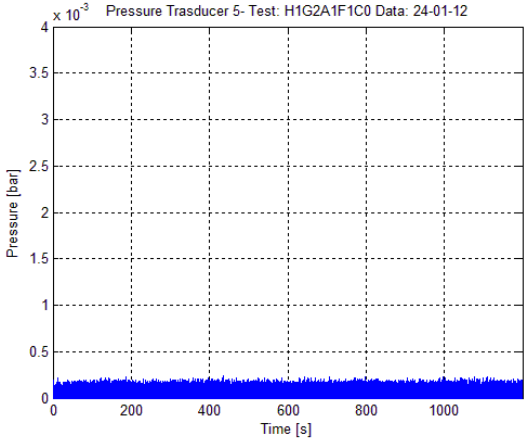

PT2 - Pressure frequency - Test: H1G2A1F1C0 Data: 24-01-12
Frequency of Occurrence [%]
Pressure [bar]
x 10^-3

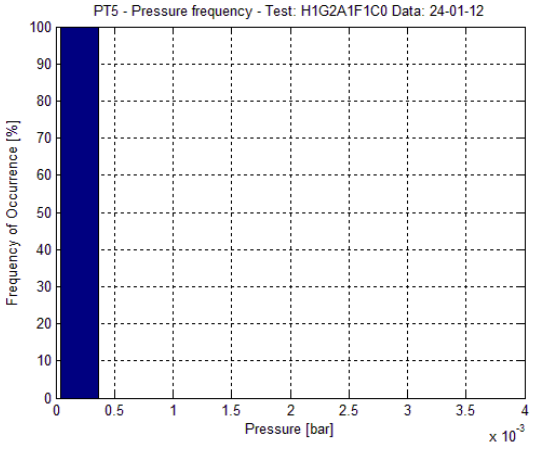

x 10^-3
Pressure Trasducer 3- Test: H1G2A1F1C0 Data: 24-01-12
Pressure [bar]
Time [s]


PT3 - Pressure frequency - Test: H1G2A1F1C0 Data: 24-01-12
Frequency of Occurrence [%]
Pressure [bar]
x 10^-3


x 10^-3
Pressure Trasducer 4- Test: H1G2A1F1C0 Data: 24-01-12
Pressure [bar]
Time [s]


PT4 - Pressure frequency - Test: H1G2A1F1C0 Data: 24-01-12
Frequency of Occurrence [%]
Pressure [bar]
x 10^-3


x 10^-3
Pressure Trasducer 5- Test: H1G2A1F1C0 Data: 24-01-12
Pressure [bar]
Time [s]


PT5 - Pressure frequency - Test: H1G2A1F1C0 Data: 24-01-12
Frequency of Occurrence [%]
Pressure [bar]
x 10^-3

Acquisizione con pompa di retropala e generatore accesi per l'onda H1G2B1

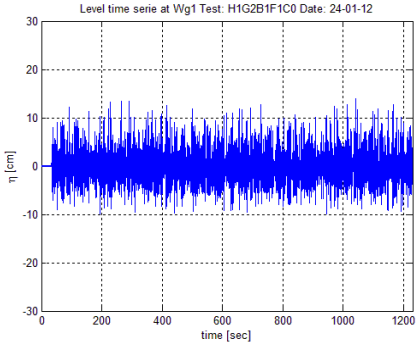
H_{m0}= 16.5 cm T_p = 1.7 s γ=2.02 (durata 20 min)

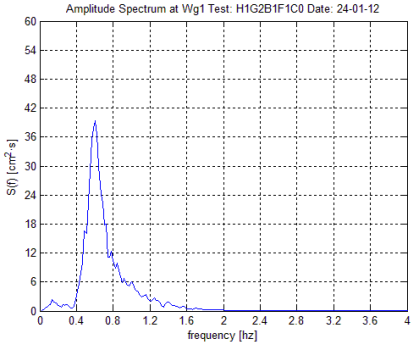
Tabella 3: Parametri Caratteristici rilevati da ogni sonda relativi all'attacco ondoso

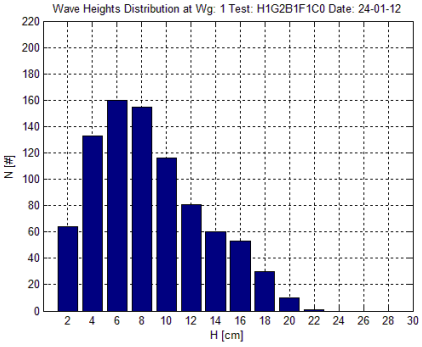
Data	Onda	Rip.	Livello	Struttura	WG	Livelli di Zero [cm]	Dev. Stand. [cm]	Hmo [cm]	Tp [sec]	Tm_10 [sec]	Tm01 [sec]	Livello Medio [cm]	H1_3 [cm]	Hmax [cm]	Hm [cm]	T1_3 [s]	Tm [s]	N
24/01/2012	H1G2	B1	F1	C0	1	0.10	0.02	13.94	1.7	1.7	1.4	-0.46	13.80	21.23	8.61	1.6	1.4	864
24/01/2012	H1G2	B1	F1	C0	2	0.31	0.02	10.98	1.6	2.0	1.2	-0.21	11.60	17.44	7.79	1.6	1.4	842
24/01/2012	H1G2	B1	F1	C0	3	0.34	0.01	10.56	1.6	2.0	1.2	-0.19	11.00	15.97	7.54	1.6	1.4	842
24/01/2012	H1G2	B1	F1	C0	4	0.38	0.03	10.44	1.6	2.0	1.2	-0.13	10.80	16.77	7.40	1.6	1.4	851
24/01/2012	H1G2	B1	F1	C0	5	0.28	0.02	10.31	1.7	2.0	1.1	-0.12	10.80	16.05	7.48	1.6	1.4	840

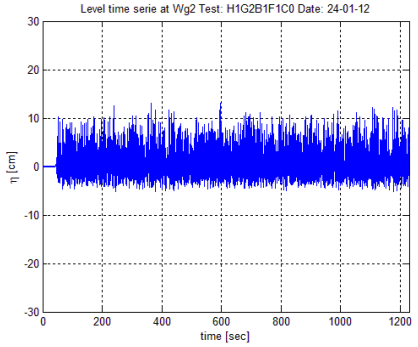
Tabella 4: Parametri caratteristici relativi all'attacco ondoso

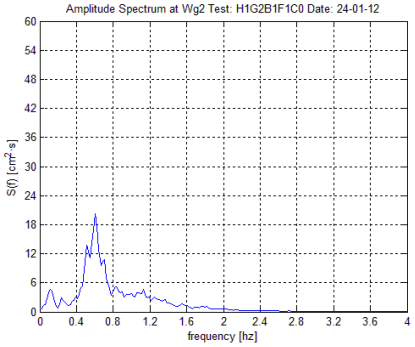
Hi (2-3) [cm]	Hr (2-3) [cm]	Kr (2-3) [cm]	Hi (3-4) [cm]	Hr (3-4) [cm]	Kr (3-4) [cm]	Hi (4-5) [cm]	Hr (4-5) [cm]	Kr (4-5) [cm]
10.52	3.04	0.29	10.27	2.95	0.29	10.18	2.99	0.29

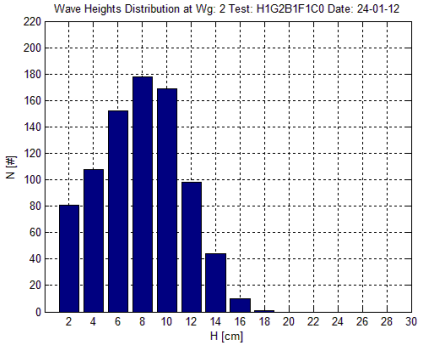

Level time serie at Wg1 Test: H1G2B1F1C0 Date: 24-01-12
η [cm]
time [sec]

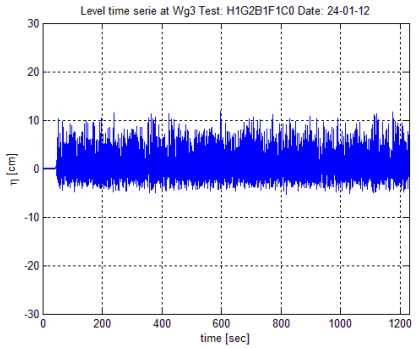

Amplitude Spectrum at Wg1 Test: H1G2B1F1C0 Date: 24-01-12
S(f) [cm² s]
frequency [hz]

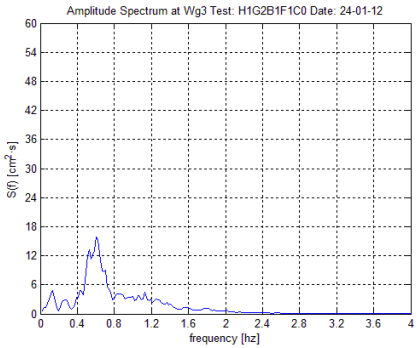

Wave Heights Distribution at Wg: 1 Test: H1G2B1F1C0 Date: 24-01-12
N [#]
H [cm]

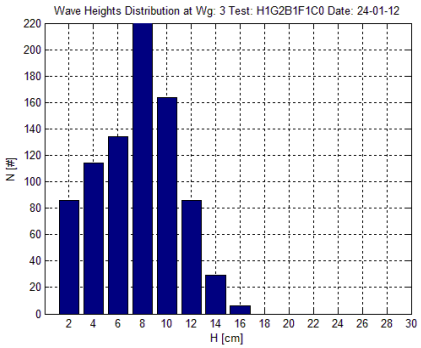

Level time serie at Wg2 Test: H1G2B1F1C0 Date: 24-01-12
η [cm]
time [sec]

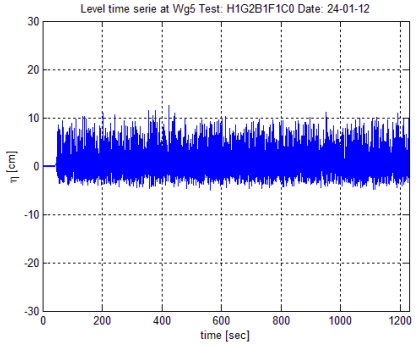

Amplitude Spectrum at Wg2 Test: H1G2B1F1C0 Date: 24-01-12
S(f) [cm² s]
frequency [hz]

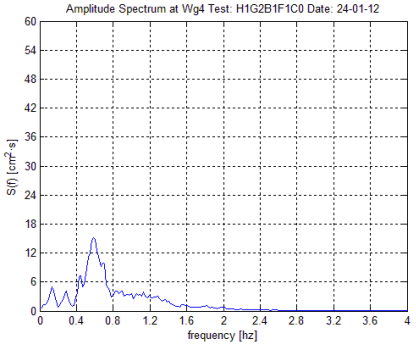

Wave Heights Distribution at Wg: 2 Test: H1G2B1F1C0 Date: 24-01-12
N [#]
H [cm]

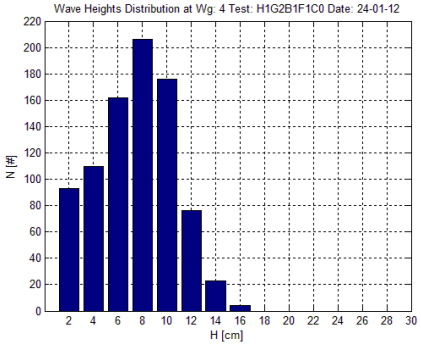

Level time serie at Wg3 Test: H1G2B1F1C0 Date: 24-01-12
η [cm]
time [sec]

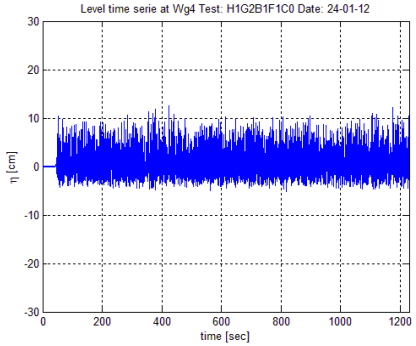

Amplitude Spectrum at Wg3 Test: H1G2B1F1C0 Date: 24-01-12
S(f) [cm² s]
frequency [hz]

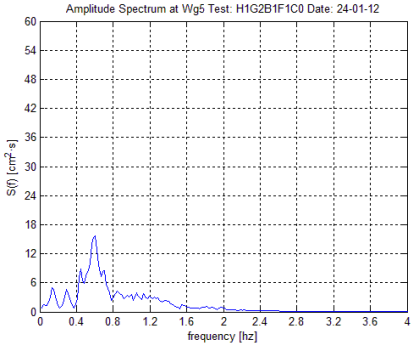

Wave Heights Distribution at Wg: 3 Test: H1G2B1F1C0 Date: 24-01-12
N [#]
H [cm]

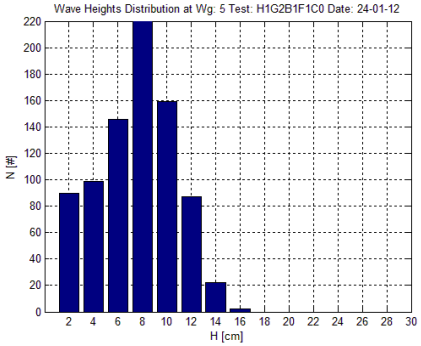

Level time serie at Wg5 Test: H1G2B1F1C0 Date: 24-01-12
η [cm]
time [sec]

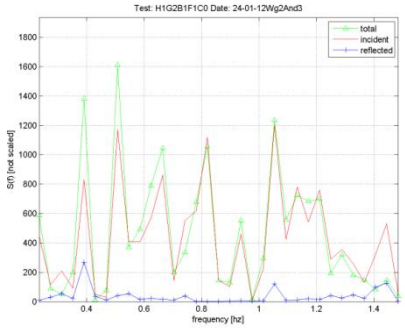

Amplitude Spectrum at Wg4 Test: H1G2B1F1C0 Date: 24-01-12
S(f) [cm²·s]
frequency [hz]

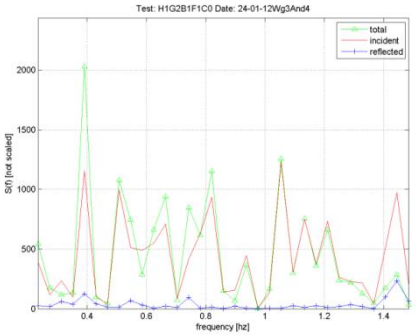

Wave Heights Distribution at Wg: 4 Test: H1G2B1F1C0 Date: 24-01-12
N [#]
H [cm]

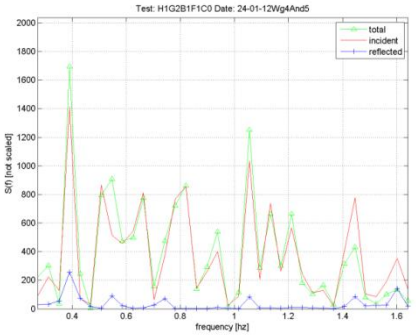

Level time serie at Wg4 Test: H1G2B1F1C0 Date: 24-01-12
η [cm]
time [sec]


Amplitude Spectrum at Wg5 Test: H1G2B1F1C0 Date: 24-01-12
S(f) [cm²·s]
frequency [hz]

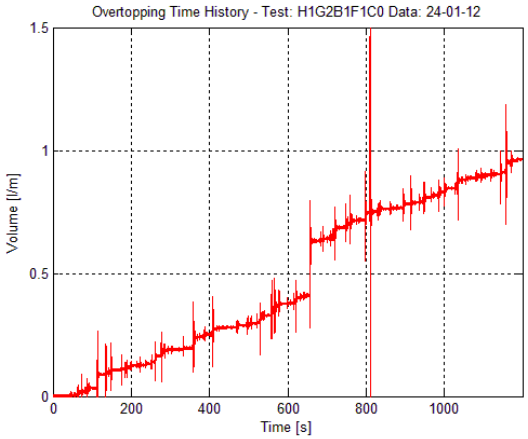

Wave Heights Distribution at Wg: 5 Test: H1G2B1F1C0 Date: 24-01-12
N [#]
H [cm]

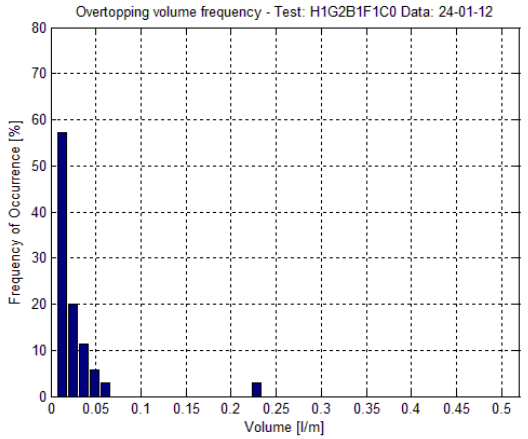

Test: H1G2B1F1C0 Date: 24-01-12Wg2And3
total
incident
reflected
S(f) [not scaled]
frequency [hz]


Test: H1G2B1F1C0 Date: 24-01-12Wg3And4
total
incident
reflected
S(f) [not scaled]
frequency [hz]

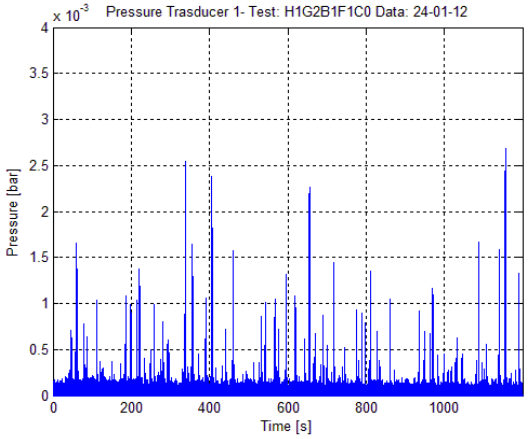

Test: H1G2B1F1C0 Date: 24-01-12Wg4And5
total
incident
reflected
S(f) [not scaled]
frequency [hz]

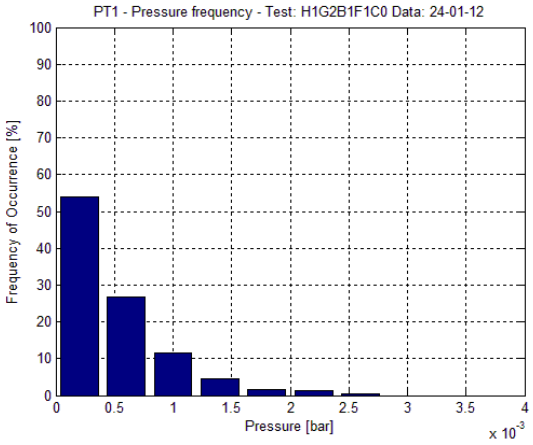
Di seguito si riporta l'analisi eseguita sulla misura delle tracimazioni, ottenuta dalle quattro celle di carico poste a tergo della diga.

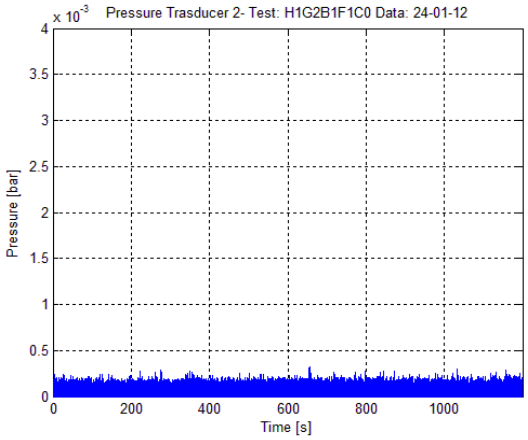


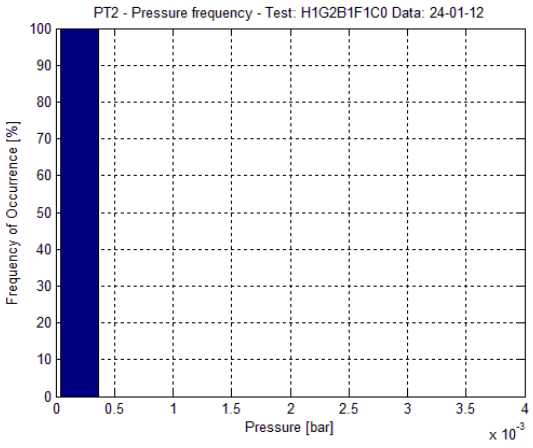


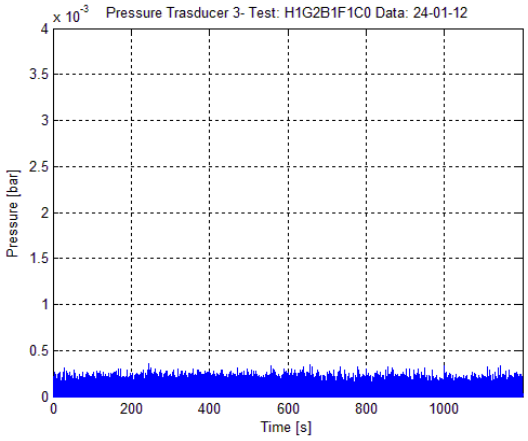
Di seguito si riporta l'analisi eseguita sulla misura delle pressioni, ottenuta dai quattro trasduttori di pressione.

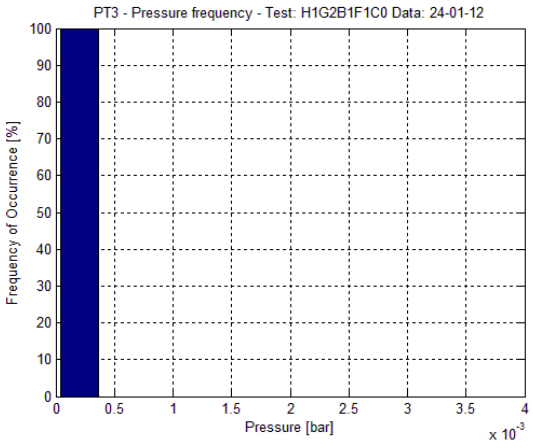


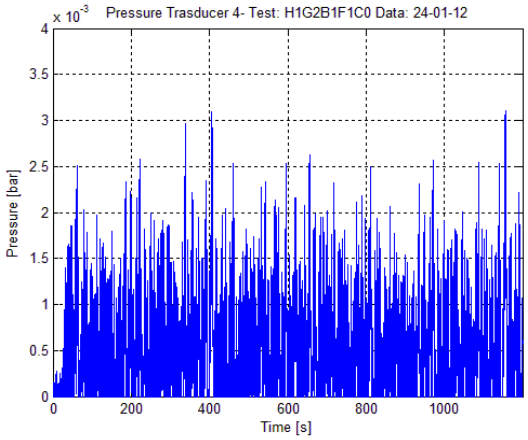


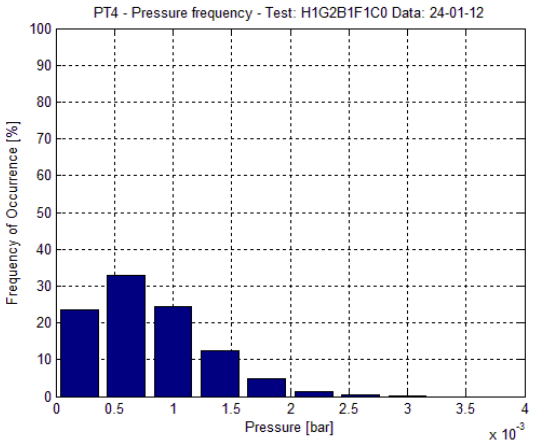

x 10^-3
Pressure Trasducer 2- Test: H1G2B1F1C0 Data: 24-01-12
Pressure [bar]
Time [s]

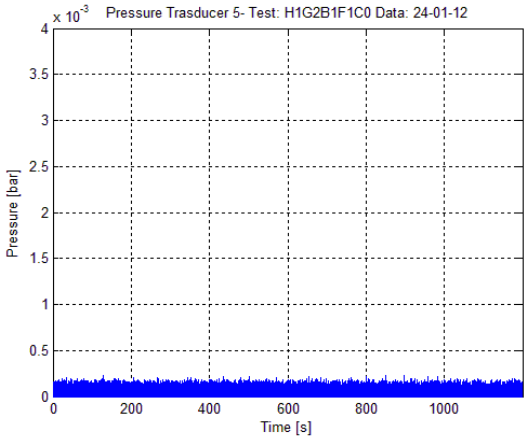

PT2 - Pressure frequency - Test: H1G2B1F1C0 Data: 24-01-12
Frequency of Occurrence [%]
Pressure [bar]
x 10^-3

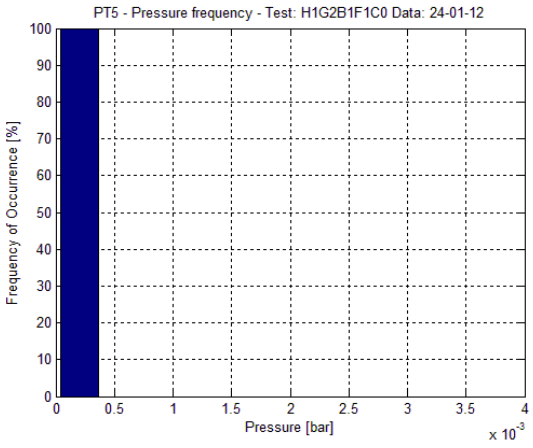

x 10^-3
Pressure Trasducer 3- Test: H1G2B1F1C0 Data: 24-01-12
Pressure [bar]
Time [s]


PT3 - Pressure frequency - Test: H1G2B1F1C0 Data: 24-01-12
Frequency of Occurrence [%]
Pressure [bar]
x 10^-3


x 10^-3
Pressure Trasducer 4- Test: H1G2B1F1C0 Data: 24-01-12
Pressure [bar]
Time [s]


PT4 - Pressure frequency - Test: H1G2B1F1C0 Data: 24-01-12
Frequency of Occurrence [%]
Pressure [bar]
x 10^-3


x 10^-3
Pressure Trasducer 5- Test: H1G2B1F1C0 Data: 24-01-12
Pressure [bar]
Time [s]


PT5 - Pressure frequency - Test: H1G2B1F1C0 Data: 24-01-12
Frequency of Occurrence [%]
Pressure [bar]
x 10^-3

Acquisizione con pompa di retropala e generatore accesi per l'onda H1G2C1

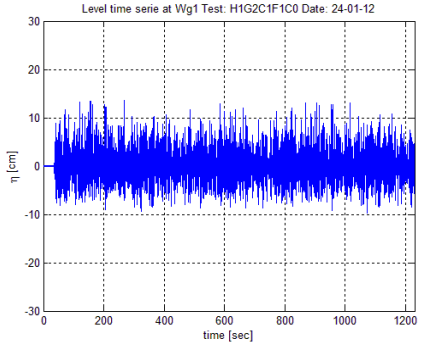
H_{m0}= 16.5 cm T_p = 1.7 s γ=2.02 (durata 20 min)

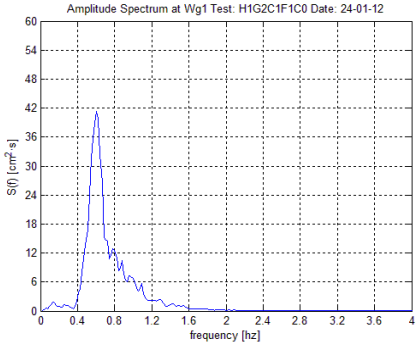
Tabella 3: Parametri Caratteristici rilevati da ogni sonda relativi all'attacco ondoso

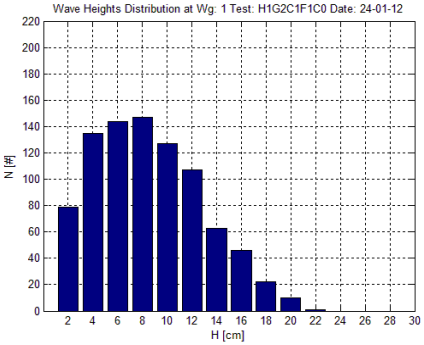
Data	Onda	Rip.	Livello	Struttura	WG	Livelli di Zero [cm]	Dev. Stand. [cm]	Hmo [cm]	Tp [sec]	Tm_10 [sec]	Tm01 [sec]	Livello Medio [cm]	H1_3 [cm]	Hmax [cm]	Hm [cm]	T1_3 [s]	Tm [s]	N
24/01/2012	H1G2	C1	F1	C0	1	-0.21	0.02	14.04	1.7	1.6	1.4	-0.26	13.60	21.02	8.52	1.5	1.4	882
24/01/2012	H1G2	C1	F1	C0	2	0.16	0.02	10.85	1.7	1.9	1.2	-0.09	11.60	16.93	7.66	1.6	1.4	844
24/01/2012	H1G2	C1	F1	C0	3	0.18	0.01	10.41	1.8	1.9	1.2	-0.09	11.10	16.31	7.45	1.6	1.4	836
24/01/2012	H1G2	C1	F1	C0	4	0.23	0.02	10.29	1.8	1.9	1.2	-0.03	10.60	16.48	6.69	1.6	1.3	925
24/01/2012	H1G2	C1	F1	C0	5	0.11	0.02	10.22	1.7	1.9	1.1	-0.02	10.50	15.41	6.75	1.6	1.3	920

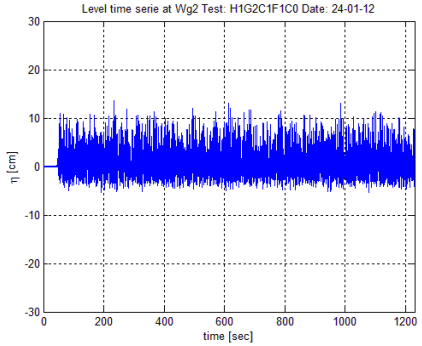
Tabella 4: Parametri caratteristici relativi all'attacco ondoso

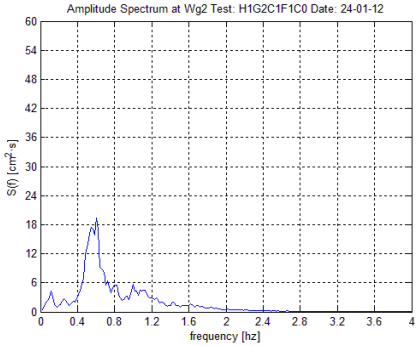
Hi (2-3) [cm]	Hr (2-3) [cm]	Kr (2-3) [cm]	Hi (3-4) [cm]	Hr (3-4) [cm]	Kr (3-4) [cm]	Hi (4-5) [cm]	Hr (4-5) [cm]	Kr (4-5) [cm]
10.17	2.78	0.27	9.91	2.82	0.28	9.80	2.83	0.29

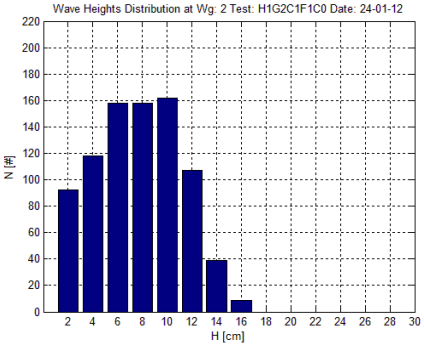

Level time serie at Wg1 Test: H1G2C1F1C0 Date: 24-01-12
η [cm]
time [sec]

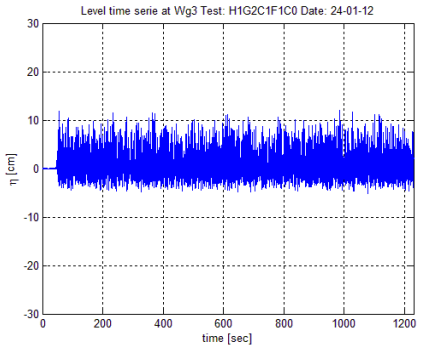

Amplitude Spectrum at Wg1 Test: H1G2C1F1C0 Date: 24-01-12
S(f) [cm² s]
frequency [hz]

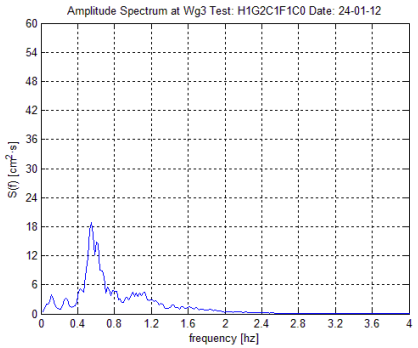

Wave Heights Distribution at Wg: 1 Test: H1G2C1F1C0 Date: 24-01-12
N [#]
H [cm]

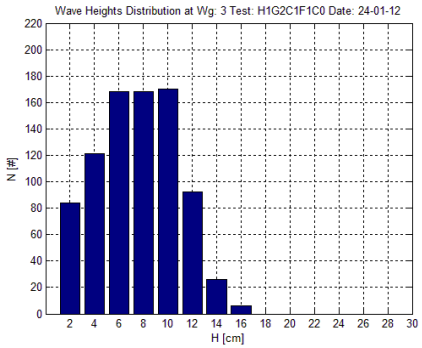

Level time serie at Wg2 Test: H1G2C1F1C0 Date: 24-01-12
η [cm]
time [sec]

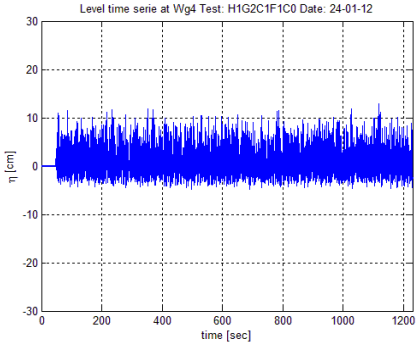

Amplitude Spectrum at Wg2 Test: H1G2C1F1C0 Date: 24-01-12
S(f) [cm² s]
frequency [hz]

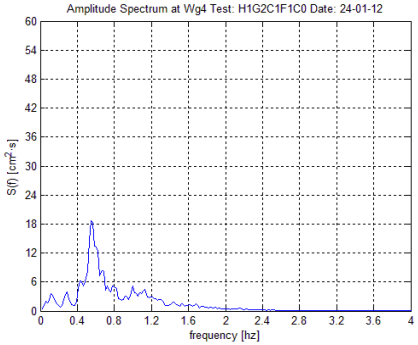

Wave Heights Distribution at Wg: 2 Test: H1G2C1F1C0 Date: 24-01-12
N [#]
H [cm]

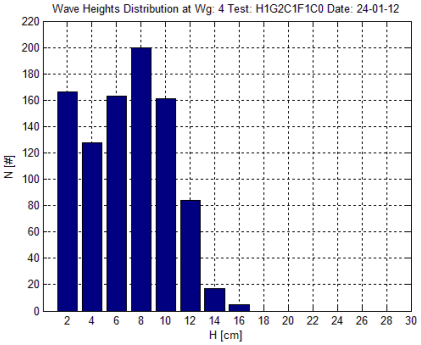

Level time serie at Wg3 Test: H1G2C1F1C0 Date: 24-01-12
η [cm]
time [sec]

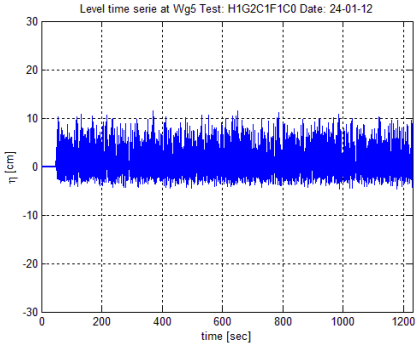

Amplitude Spectrum at Wg3 Test: H1G2C1F1C0 Date: 24-01-12
S(f) [cm² s]
frequency [hz]

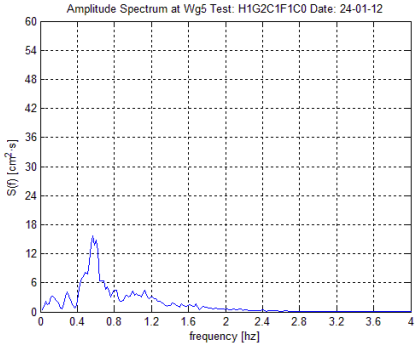

Wave Heights Distribution at Wg: 3 Test: H1G2C1F1C0 Date: 24-01-12
N [#]
H [cm]

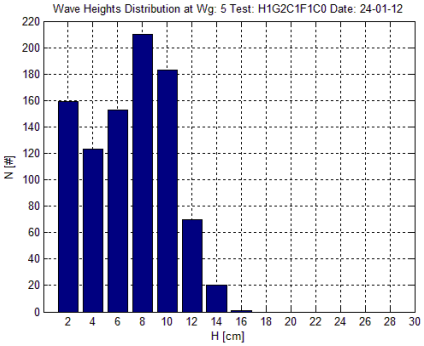

Level time serie at Wg4 Test: H1G2C1F1C0 Date: 24-01-12
η [cm]
time [sec]

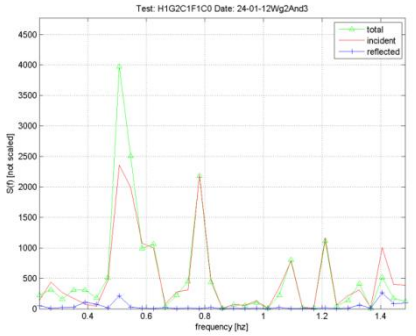

Amplitude Spectrum at Wg4 Test: H1G2C1F1C0 Date: 24-01-12
S(f) [cm² s]
frequency [hz]

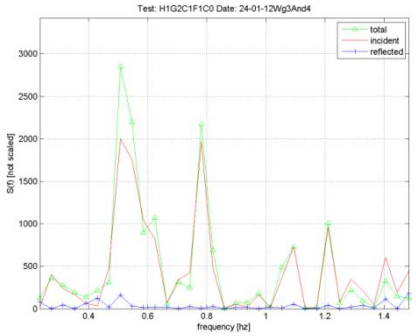

Wave Heights Distribution at Wg: 4 Test: H1G2C1F1C0 Date: 24-01-12
N [#]
H [cm]

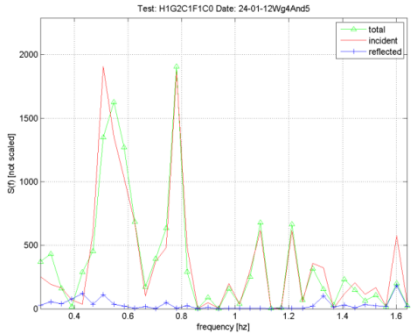

Level time serie at Wg5 Test: H1G2C1F1C0 Date: 24-01-12
η [cm]
time [sec]


Amplitude Spectrum at Wg5 Test: H1G2C1F1C0 Date: 24-01-12
S(f) [cm² s]
frequency [hz]

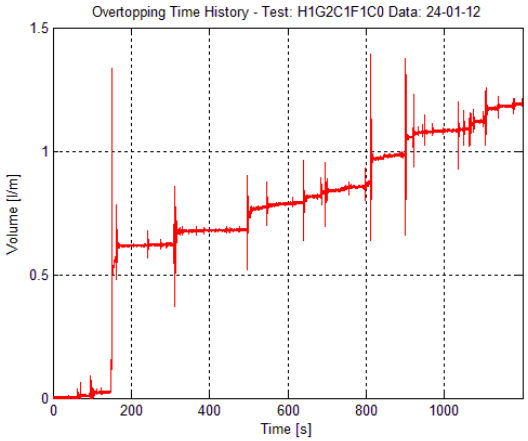

Wave Heights Distribution at Wg: 5 Test: H1G2C1F1C0 Date: 24-01-12
N [#]
H [cm]

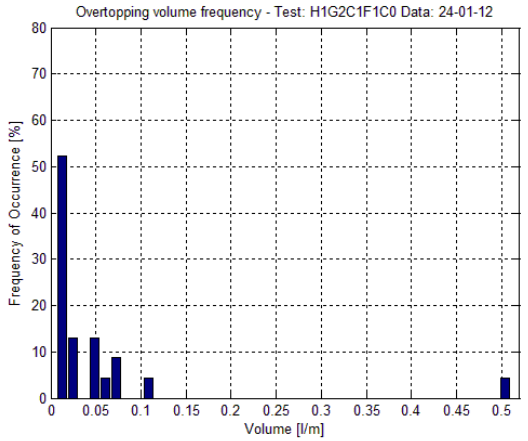

Test: H1G2C1F1C0 Date: 24-01-12Wg2And3
total
incident
reflected
S(f) [not scaled]
frequency [hz]


Test: H1G2C1F1C0 Date: 24-01-12Wg3And4
total
incident
reflected
S(f) [not scaled]
frequency [hz]

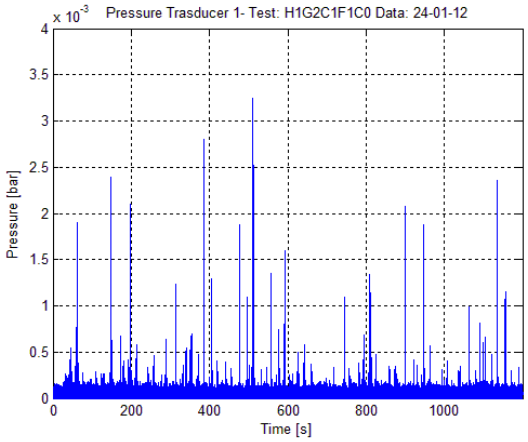

Test: H1G2C1F1C0 Date: 24-01-12Wg4And5
total
incident
reflected
S(f) [not scaled]
frequency [hz]

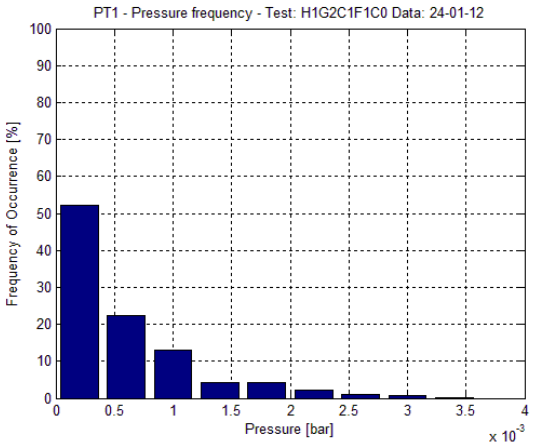
Di seguito si riporta l'analisi eseguita sulla misura delle tracimazioni, ottenuta dalle quattro celle di carico poste a tergo della diga.

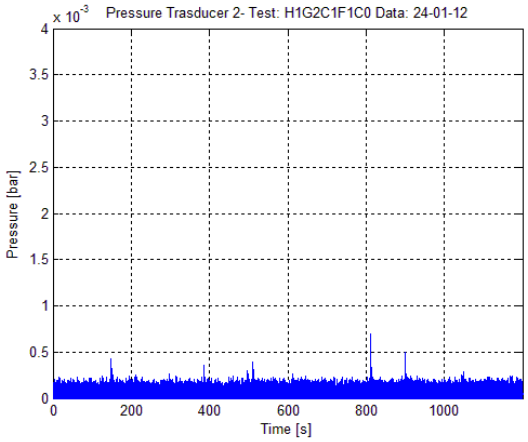


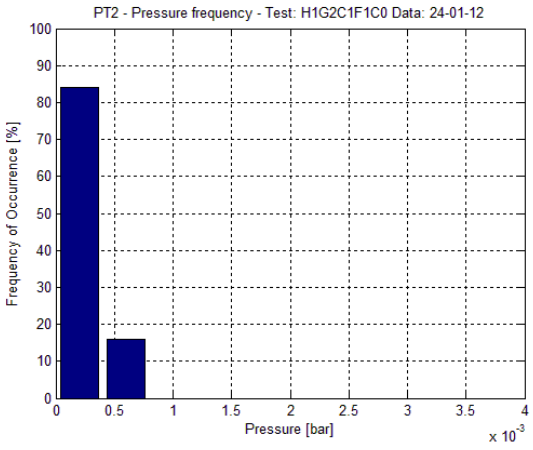


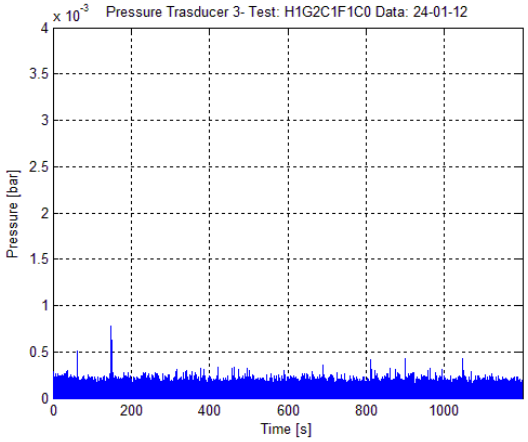
Di seguito si riporta l'analisi eseguita sulla misura delle pressioni, ottenuta dai quattro trasduttori di pressione.

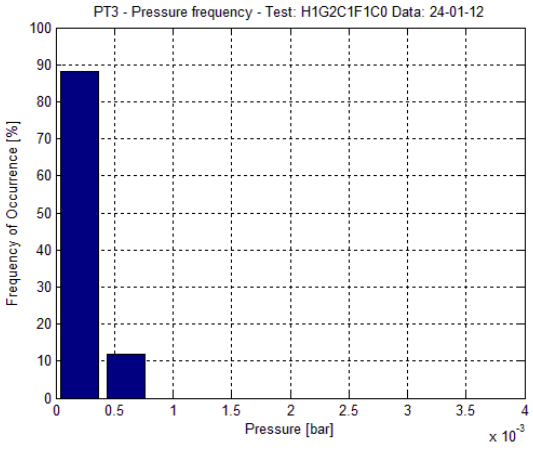


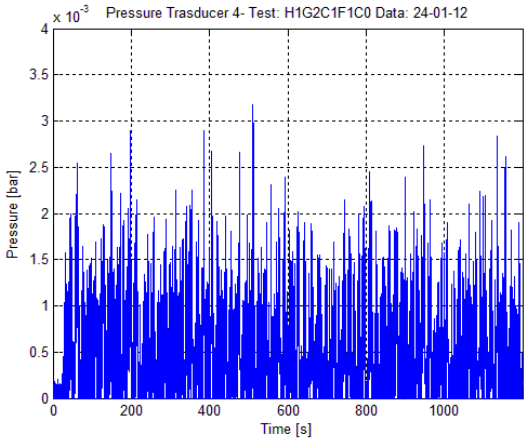


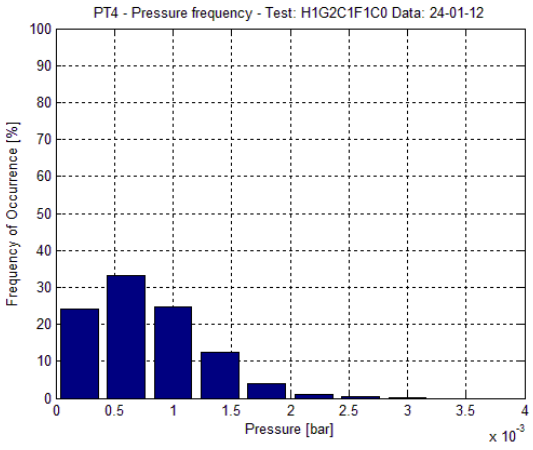

x 10^-3
Pressure Trasducer 2- Test: H1G2C1F1C0 Data: 24-01-12
Pressure [bar]
Time [s]

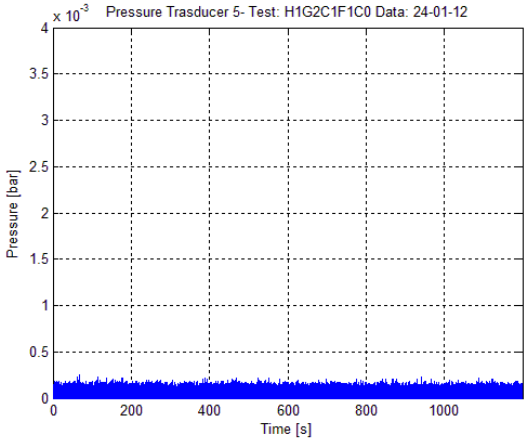

PT2 - Pressure frequency - Test: H1G2C1F1C0 Data: 24-01-12
Frequency of Occurrence [%]
Pressure [bar]
x 10^-3

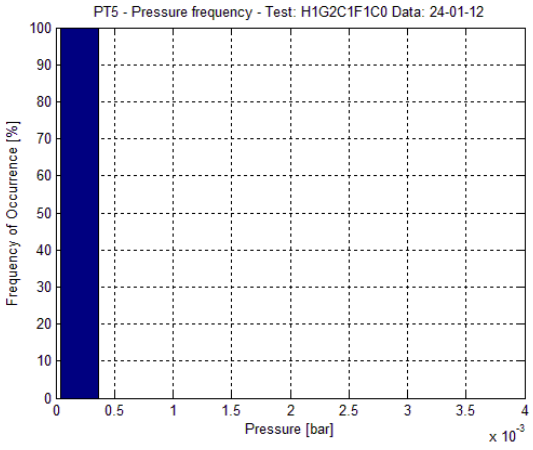

x 10^-3
Pressure Trasducer 3- Test: H1G2C1F1C0 Data: 24-01-12
Pressure [bar]
Time [s]


PT3 - Pressure frequency - Test: H1G2C1F1C0 Data: 24-01-12
Frequency of Occurrence [%]
Pressure [bar]
x 10^-3


x 10^-3
Pressure Trasducer 4- Test: H1G2C1F1C0 Data: 24-01-12
Pressure [bar]
Time [s]


PT4 - Pressure frequency - Test: H1G2C1F1C0 Data: 24-01-12
Frequency of Occurrence [%]
Pressure [bar]
x 10^-3


x 10^-3
Pressure Trasducer 5- Test: H1G2C1F1C0 Data: 24-01-12
Pressure [bar]
Time [s]


PT5 - Pressure frequency - Test: H1G2C1F1C0 Data: 24-01-12
Frequency of Occurrence [%]
Pressure [bar]
x 10^-3

Allegato C: Misure sperimentali

Parametri Caratteristici del moto ondoso registrati ad ogni sonda – Configurazione C0

Codice ONDA	Rip.	Sovralzo +0.60 m s.l.m. [m]	Config.	γ	WG	Livelli di Zero [m]	Dev. Stand. [m]	H_{m0} [m]	T_p [s]	T_{m_10} [s]	T_{m01} [s]	Livello Medio [m]	H_{1_3} [m]	H_{max} [m]	H_m [m]	T_{1_3} [s]	T_m [s]	N
H1G2	A	F1	C0	2,02	1	0,20	0,010	6,3	12,0	11	10	-0,39	6,4	12,2	4,1	11	10	879
H1G2	A	F1	C0	2,02	2	0,39	0,010	5,4	12,0	13	8	-0,30	5,8	8,4	3,8	11	10	838
H1G2	A	F1	C0	2,02	3	0,41	0,005	5,2	11,3	13	8	-0,30	5,6	8,7	3,7	11	10	836
H1G2	A	F1	C0	2,02	4	0,44	0,015	5,1	12,0	13	8	-0,27	5,5	8,4	3,7	11	10	840
H1G2	A	F1	C0	2,02	5	0,39	0,010	5,1	12,0	13	8	-0,26	5,5	7,9	3,7	11	10	833
H1G2	B	F1	C0	2,02	1	0,05	0,010	7,0	12,0	12	10	-0,23	6,9	10,6	4,3	11	10	864
H1G2	B	F1	C0	2,02	2	0,16	0,010	5,5	11,3	14	8	-0,11	5,8	8,7	3,9	11	10	842
H1G2	B	F1	C0	2,02	3	0,17	0,005	5,3	11,3	14	8	-0,10	5,5	8,0	3,8	11	10	842
H1G2	B	F1	C0	2,02	4	0,19	0,015	5,2	11,3	14	8	-0,07	5,4	8,4	3,7	11	10	851
H1G2	B	F1	C0	2,02	5	0,14	0,010	5,2	12,0	14	8	-0,06	5,4	8,0	3,7	11	10	840
H1G2	C	F1	C0	2,02	1	-0,11	0,010	7,0	12,0	11	10	-0,13	6,8	10,5	4,3	11	10	882
H1G2	C	F1	C0	2,02	2	0,08	0,010	5,4	12,0	13	8	-0,05	5,8	8,5	3,8	12	10	844
H1G2	C	F1	C0	2,02	3	0,09	0,005	5,2	12,7	13	8	-0,05	5,6	8,2	3,7	11	10	836
H1G2	C	F1	C0	2,02	4	0,12	0,010	5,1	12,7	13	8	-0,02	5,3	8,2	3,3	11	9	925
H1G2	C	F1	C0	2,02	5	0,06	0,010	5,1	12,0	13	8	-0,01	5,3	7,7	3,4	11	9	920

Parametri Caratteristici del moto ondoso incidente e riflesso registrati alle sonde 2,3,4 e 5 e volumi di overtopping (C0)

					profondità -9.8m s.l.m.			profondità -9.5 m s.l.m.			profondità -9.2 m s.l.m.			
Codice ONDA	Rip.	Sovralzo +0.60 m s.l.m. [m]	Config.	γ	Hi WG 2-3 [m]	Hr WG 2-3 [m]	kr WG 2-3	Hi WG 3-4 [m]	Hr WG 3-4 [m]	kr WG 3-4	Hi WG 4-5 [m]	Hr WG 4-5 [m]	kr_45	Portata di overtopping [l/s/m]
H1G2	A1	F1	C0	2,02	5,11	1,13	0,22	4,99	1,14	0,23	4,98	1,10	0,22	**0,19**
H1G2	B1	F1	C0	2,02	5,26	1,52	0,29	5,14	1,48	0,29	5,09	1,50	0,29	**0,30**
H1G2	C1	F1	C0	2,02	5,09	1,39	0,27	4,96	1,41	0,28	4,90	1,42	0,29	**0,39**

Parametri Caratteristici del moto ondoso registrati ad ogni sonda – Configurazione C1

Codice ONDA	Rip.	Sovralzo +0.60 m s.l.m. [m]	Config.	γ	WG	Livelli di Zero [m]	Dev. Stand. [m]	H_{m0} [m]	T_p [s]	T_{m_10} [s]	T_{m01} [s]	Livello Medio [m]	H_{1_3} [m]	H_{max} [m]	H_m [m]	T_{1_3} [s]	T_m [s]	N
H1G2	A	F1	C1	2,02	1	0.58	0.010	6.86	12.0	11	10	-0.26	6.8	10.2	4.4	11	10	882
H1G2	A	F1	C1	2,02	2	0.48	0.010	4.94	12.7	15	8	-0.05	5.1	8.8	3.5	10	9	900
H1G2	A	F1	C1	2,02	3	0.58	0.010	4.54	12.7	15	8	0.01	4.7	7.7	3.2	11	10	898
H1G2	A	F1	C1	2,02	4	0.61	0.015	4.56	14.1	16	8	0.05	4.7	7.6	3.3	11	10	855
H1G2	A	F1	C1	2,02	5	0.53	0.010	4.23	12.7	16	8	0.04	4.4	7.6	3.0	11	9	893
H1G2	B	F1	C1	2,02	1	0.42	0.005	6.96	12.0	11	10	-0.24	6.8	10.4	4.4	11	10	873
H1G2	B	F1	C1	2,02	2	0.33	0.010	4.87	12.7	16	8	-0.06	5.1	7.7	3.5	11	10	854
H1G2	B	F1	C1	2,02	3	0.48	0.010	4.49	12.7	16	8	-0.05	4.6	6.9	3.2	11	9	883
H1G2	B	F1	C1	2,02	4	0.49	0.010	4.41	14.1	17	8	0.00	4.3	7.0	2.6	11	8	1047
H1G2	B	F1	C1	2,02	5	0.39	0.010	4.21	14.1	17	8	0.02	4.3	7.3	2.9	11	10	910
H1G2	C	F1	C1	2,02	1	0.52	0.005	6.97	12.0	12	10	-0.15	6.9	11.1	4.4	11	10	880
H1G2	C	F1	C1	2,02	2	0.33	0.010	4.92	12.0	15	8	0.02	5.1	8.4	3.4	11	10	890
H1G2	C	F1	C1	2,02	3	0.47	0.010	4.39	12.0	16	8	0.03	4.6	6.6	3.2	11	10	872
H1G2	C	F1	C1	2,02	4	0.47	0.010	4.38	12.0	16	8	0.09	4.5	7.2	3.1	11	9	888
H1G2	C	F1	C1	2,02	5	0.38	0.010	4.17	13.4	16	8	0.10	4.2	7.4	3.0	10	9	889

Parametri Caratteristici del moto ondoso incidente e riflesso registrati alle sonde 2,3,4 e 5 e volumi di overtopping (C1)

					profondità -6.8m s.l.m.			profondità -6.4 m s.l.m.			profondità -6.0 m s.l.m.			
Codice ONDA	Rip.	Sovralzo +0.60 m s.l.m. [m]	Config.	γ	Hi WG 2-3 [m]	Hr WG 2-3 [m]	kr WG 2-3	Hi WG 3-4 [m]	Hr WG 3-4 [m]	kr WG 3-4	Hi WG 4-5 [m]	Hr WG 4-5 [m]	kr_45	Portata di overtopping [l/s/m]
H1G2	A	F1	C1	2,02	4.58	1.32	0.29	4.39	1.23	0.28	4.20	1.32	0.31	**1.64**
H1G2	B	F1	C1	2,02	4.49	1.35	0.30	4.29	1.18	0.28	4.15	1.23	0.30	**1.25**
H1G2	C	F1	C1	2,02	4.51	1.25	0.28	4.30	1.11	0.26	4.14	1.16	0.28	**2.29**

Parametri Caratteristici del moto ondoso registrati ad ogni sonda – Configurazione C2

Codice ONDA	Rip.	Sovralzo +0.60 m s.l.m. [m]	Config.	γ	WG	Livelli di Zero [m]	Dev. Stand. [m]	H_{m0} [m]	T_p [s]	T_{m_10} [s]	T_{m01} [s]	Livello Medio [m]	H_{1_3} [m]	H_{max} [m]	H_m [m]	T_{1_3} [s]	T_m [s]	N
H1G2	A	F1	C2	2,02	1	0.60	0.01	7.06	12.0	11	10	-0.22	7.00	10.55	4.54	11	10	879
H1G2	A	F1	C2	2,02	2	0.38	0.01	4.92	12.7	15	8	-0.03	5.05	7.88	3.43	10	9	915
H1G2	A	F1	C2	2,02	3	0.53	0.01	4.53	12.7	16	8	-0.01	4.60	7.74	3.13	10	9	917
H1G2	A	F1	C2	2,02	4	0.52	0.01	4.55	14.1	16	8	0.06	4.70	7.26	3.29	11	10	847
H1G2	A	F1	C2	2,02	5	0.42	0.01	4.22	12.7	16	8	0.06	4.30	6.58	3.00	10	9	903
H1G2	B	F1	C2	2,02	1	0.54	0.01	7.07	12.0	11	10	-0.07	6.95	11.18	4.47	11	10	875
H1G2	B	F1	C2	2,02	2	0.32	0.01	5.00	12.7	16	8	0.10	5.20	7.96	3.61	11	10	857
H1G2	B	F1	C2	2,02	3	0.48	0.01	4.56	12.7	16	8	0.10	4.75	7.24	3.30	11	10	855
H1G2	B	F1	C2	2,02	4	0.48	0.01	4.52	14.1	17	8	0.15	4.55	7.57	3.16	11	9	879
H1G2	B	F1	C2	2,02	5	0.38	0.01	4.34	14.1	17	8	0.16	4.45	7.95	3.09	11	10	878
H1G2	C	F1	C2	2,02	1	0.69	0.01	7.09	12.0	12	10	-0.16	7.00	11.10	4.48	11	10	877
H1G2	C	F1	C2	2,02	2	0.47	0.01	4.99	12.0	15	8	-0.01	5.15	8.09	3.28	11	9	937
H1G2	C	F1	C2	2,02	3	0.61	0.01	4.47	12.0	16	8	0.01	4.60	6.95	3.07	11	10	907
H1G2	C	F1	C2	2,02	4	0.62	0.02	4.47	12.0	16	8	0.06	4.60	7.47	3.14	11	9	878
H1G2	C	F1	C2	2,02	5	0.52	0.02	4.24	13.4	16	8	0.07	4.35	7.00	3.05	11	10	874

Parametri Caratteristici del moto ondoso incidente e riflesso registrati alle sonde 2,3,4 e 5 e volumi di overtopping (C2)

					profondità -6.8m s.l.m.			profondità -6.4 m s.l.m.			profondità -6.0 m s.l.m.			
Codice ONDA	Rip.	Sovralzo +0.60 m s.l.m. [m]	Config.	γ	Hi WG 2-3 [m]	Hr WG 2-3 [m]	kr WG 2-3	Hi WG 3-4 [m]	Hr WG 3-4 [m]	kr WG 3-4	Hi WG 4-5 [m]	Hr WG 4-5 [m]	kr_45	Portata di overtopping [l/s/m]
H1G2	A	F1	C1	2,02	4.58	1.32	0.29	4.39	1.30	0.30	4.20	1.30	0.31	**0.27**
H1G2	B	F1	C1	2,02	4.63	1.26	0.27	4.44	1.10	0.25	4.28	1.22	0.28	**0.27**
H1G2	C	F1	C1	2,02	4.58	1.24	0.27	4.35	1.14	0.26	4.17	1.21	0.29	**0.46**