A G E N Z I A D E L D E M A N I O

DIREZIONE REGIONALE LIGURIA

SERVIZI TECNICI

SPOTORNO
TERRAPIENO IN LOCALITA' SERRA

LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DEL TERRAPIENO EX DISCARICA SITA NEL COMUNE DI SPOTORNO, LOC. SERRA (SV), IDENTIFICATA AL C.T. DEL COMUNE DI SPOTORNO, AL FOGLIO 10, PART. 1441/PARTE



PROGETTO DEFINITIVO

Rev. 27 dicembre 2019

El. O

27/09/2019

RELAZIONE IDRAULICO MARITTIMA

Committente: Agenzia del Demanio - Direzione Regionale Liguria

Dirigente: dott. Mario Parlagreco

Responsabile del Procedimento: arch. Riccardo Blanco

RTP: Ing. Paolo GAGGERO - Geol. Alberto DRESSINO - Ing. Luc[illegible]

BLANCO RICCA
2020.01.14 10:52:54
CN=BLANCO RICCARDO
C=IT
O=AGENZIA DEL DEMANI
2.5.4.12=Non Definito
RSA/2048 bits

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI SAVONA
PAOLO GAGGERO
INGEGNERE
N° 463

Elaborato O

RELAZIONE IDRAULICO MARITTIMA

Rev. 27 dicembre 2019

RTP		
Dott. Ing. PAOLO GAGGERO Via Pia 130 r – 17100 Savona **ing.gaggero@libero.it** **paolo.gaggero21@ingpec.eu**	*Dott. Geol. ALBERTO DRESSINO* Vico Ferri 1 – 17024 Finale Ligure albertodressino@tin.it albertodressino@comune.pec.it	Dott. Ing LUCA ROSSI Via Bertolotti 79/B – 17014 Cairo M.tte luca87.rossi@hotmail.com luca87.rossi@ingpec.eu

INDICE

1. PREMESSE 2
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 3
3. ANALISI METEOMARINA 5
4. DETERMINAZIONE DELL'ONDA DI PROGETTO 13
4.1 VITA DI PROGETTO DELL'OPERA E RISCHIO DELL'EVENTO 13
4.2 METODOLOGIA DI STUDIO DELL'ONDA VERSO RIVA 15
4.3 ALTEZZE D'ONDA SPETTRALI A PROFONDITA' LOCALE 16
5. VALUTAZIONE DEL RUN UP 19

RTP		
Dott. Ing. PAOLO GAGGERO Via Pia 130 r – 17100 Savona **ing.gaggero@libero.it** **paolo.gaggero21@ingpec.eu**	*Dott. Geol. ALBERTO DRESSINO* Vico Ferri 1 – 17024 Finale Ligure albertodressino@tin.it albertodressino@comune.pec.it	Dott. Ing LUCA ROSSI Via Bertolotti 79/B – 17014 Cairo M.tte luca87.rossi@hotmail.com luca87.rossi@ingpec.eu

1. PREMESSE

Il terrapieno in località Serra a Spotorno risulta in forte erosione, in esito alle mareggiate invernali ed ancor più dall'eccezionale evento meteomarino intercorso nelle giornate del 29/30 ottobre 2018.

L'assenza di una protezione lato mare del terrapieno ne provoca il sistematico impoverimento con conseguente perdita di materiale e sversamento dello stesso a mare. Ne conseguono gravi effetti in esito alla natura dello stesso (ex discarica) ed alla destinazione d'uso ludico ricreativa che ne caratterizza i periodi estivi.

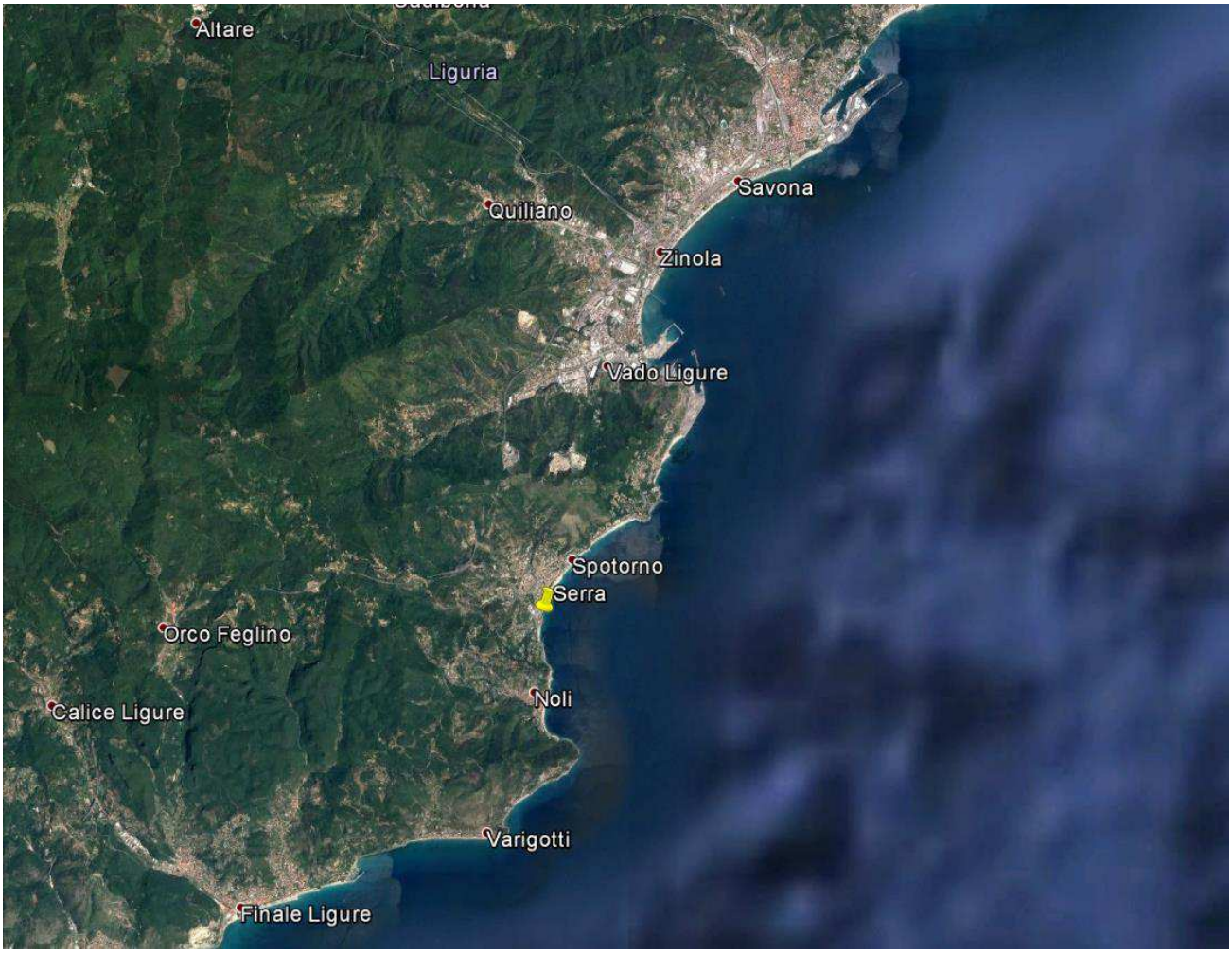
Pertanto, nei successivi paragrafi, verranno analizzate le principali caratteristiche meteomarine, idrologiche ed idrografiche generatrici dell'azione ondosa incidente al fine di delineare una corretta e duratura soluzione progettuale.

L'analisi è stata condotta sulla base delle misure ondametriche registrate dalla boa di La Spezia, appartenente alla Rete Ondometrica Nazionale (R.O.N.); si è optato per tale sito in quanto comparabile e compatibile, sia dal punto di vista dei venti dominanti sia per quanto concerne le caratteristiche geografiche, con il sito di intervento.

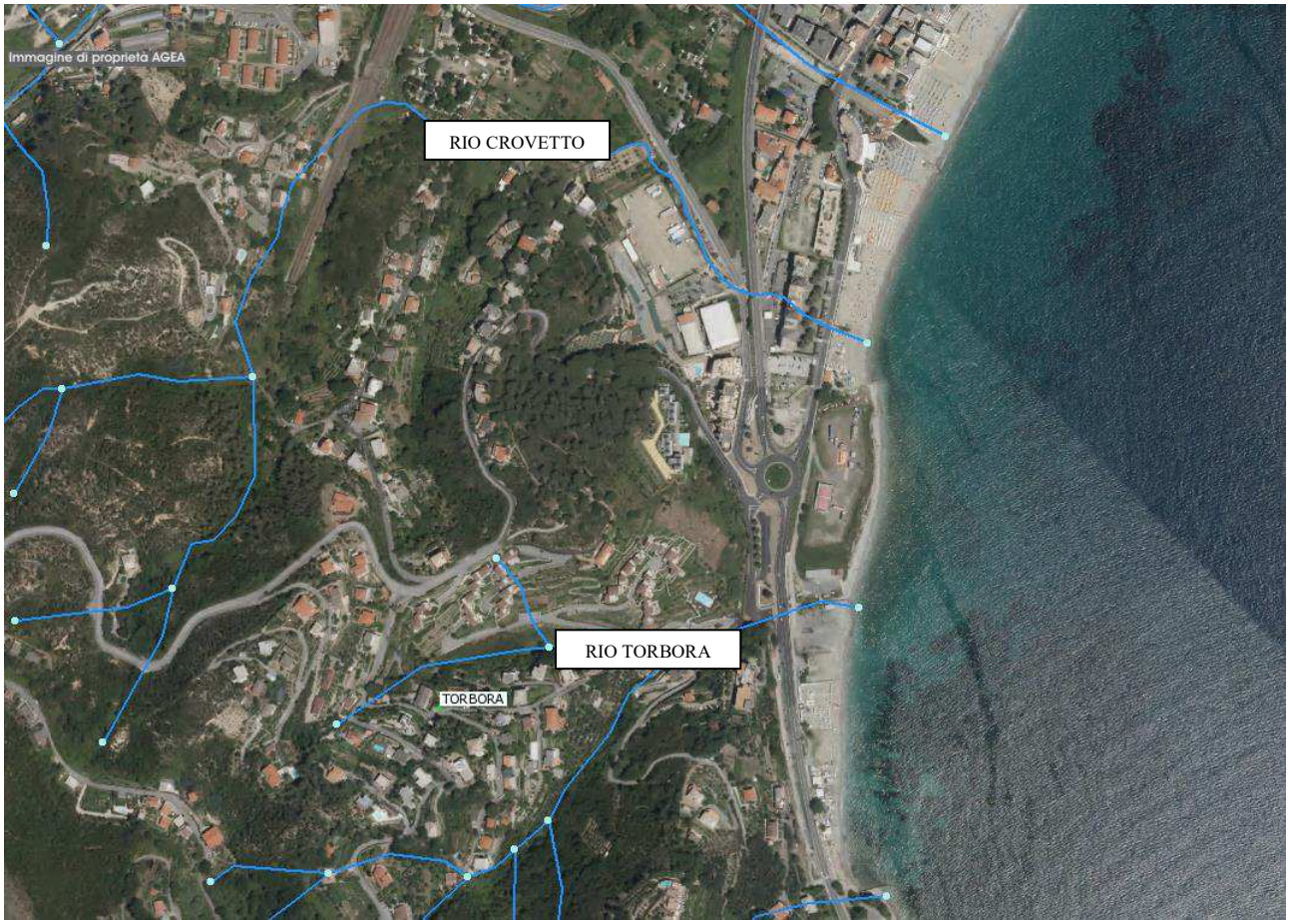
RTP		
Dott. Ing. PAOLO GAGGERO Via Pia 130 r – 17100 Savona **ing.gaggero@libero.it** **paolo.gaggero21@ingpec.eu**	*Dott. Geol. ALBERTO DRESSINO* Vico Ferri 1 – 17024 Finale Ligure albertodressino@tin.it albertodressino@comune.pec.it	Dott. Ing LUCA ROSSI Via Bertolotti 79/B – 17014 Cairo M.tte luca87.rossi@hotmail.com luca87.rossi@ingpec.eu

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il tratto di litorale oggetto di studio è situato sulla costa occidentale della Regione Liguria, in provincia di Savona, ed è compreso tra la foce del rio Tobora, a Sud, e la foce del rio Crovetto, a Nord.

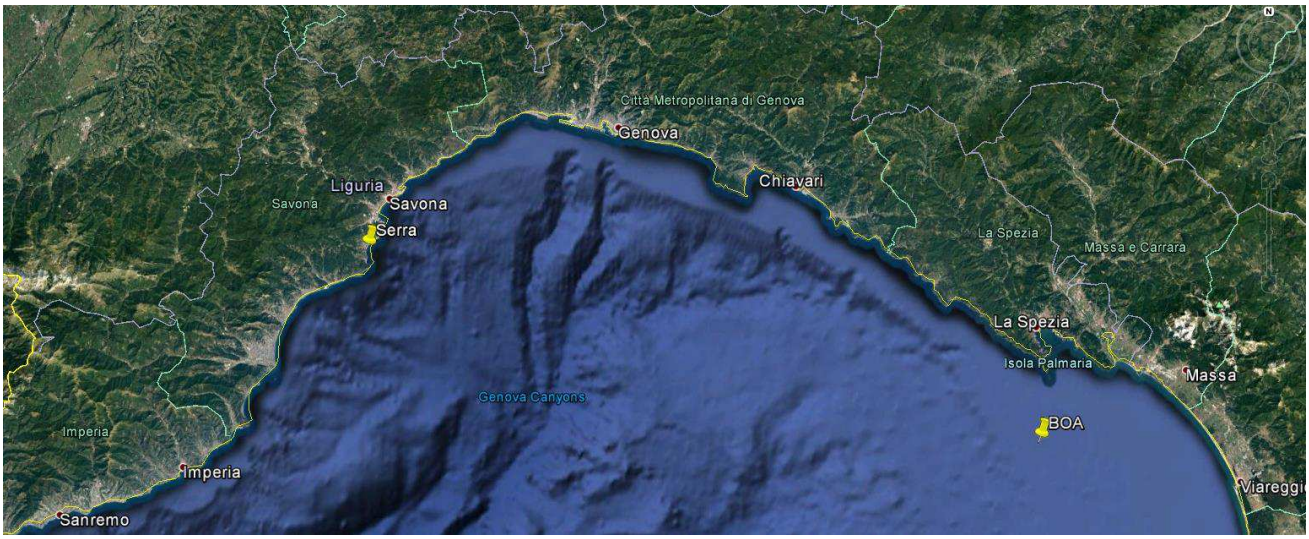


RTP		
Dott. Ing. PAOLO GAGGERO Via Pia 130 r – 17100 Savona **ing.gaggero@libero.it** **paolo.gaggero21@ingpec.eu**	*Dott. Geol. ALBERTO DRESSINO* Vico Ferri 1 – 17024 Finale Ligure albertodressino@tin.it albertodressino@comune.pec.it	Dott. Ing LUCA ROSSI Via Bertolotti 79/B – 17014 Cairo M.tte luca87.rossi@hotmail.com luca87.rossi@ingpec.eu



3. ANALISI METEOMARINA

La boa di riferimento utilizzata, data la prossimità e l'appartenenza alla rete ondametrica nazionale (R.O.N.), è situata al largo di La Spezia, come individuato nel seguente fotogramma satellitare.



Ubicazione boa La Spezia – rete ondametrica nazionale

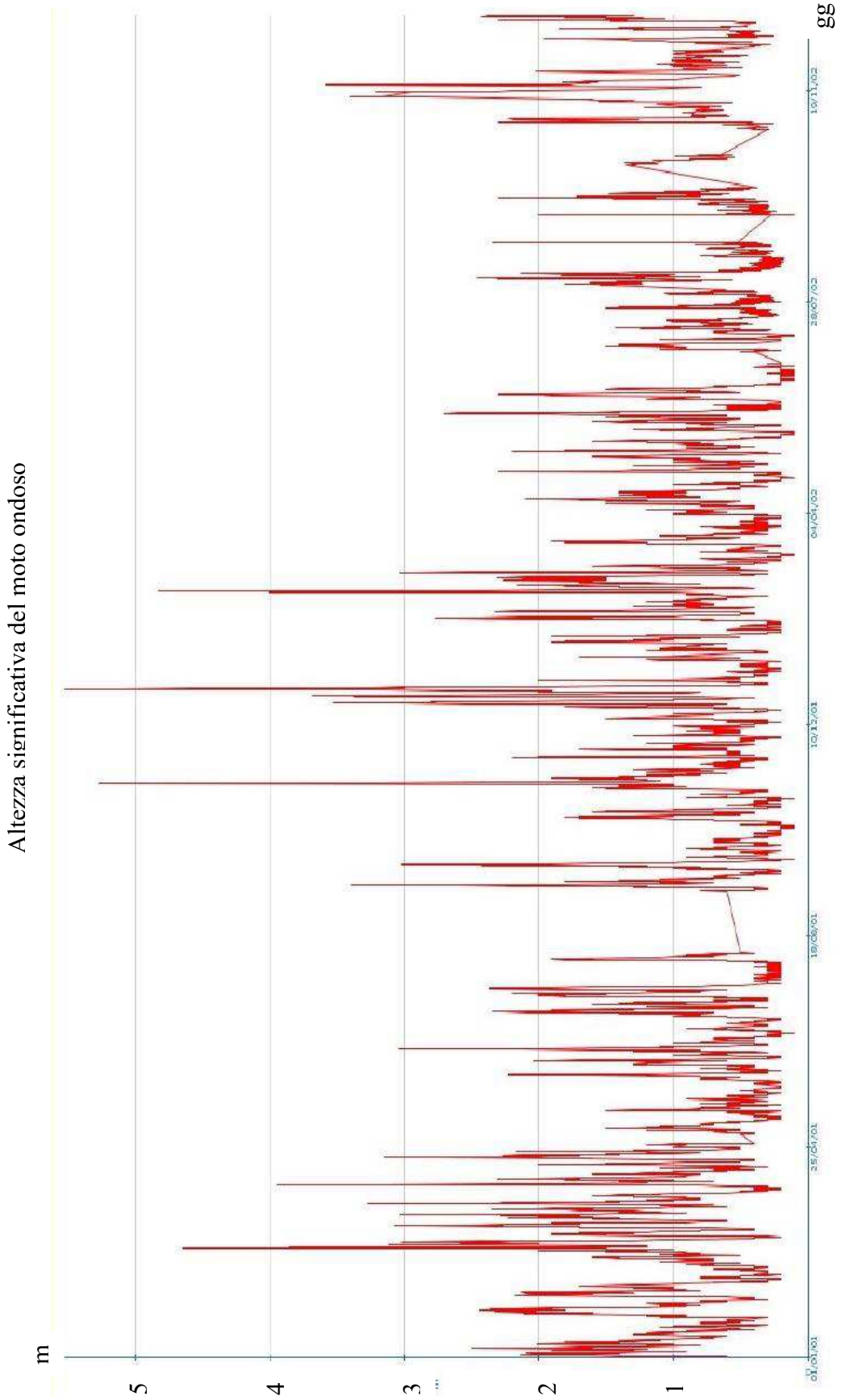
I dati riportati alla base delle elaborazioni prodotte sono consultabili dall'antologia online presente sul sito del R.O.N.; su tale sito risulta altresì possibile l'analisi dei dati grezzi registrati dall'ondometro.

Nelle pagine successive sono riportate:

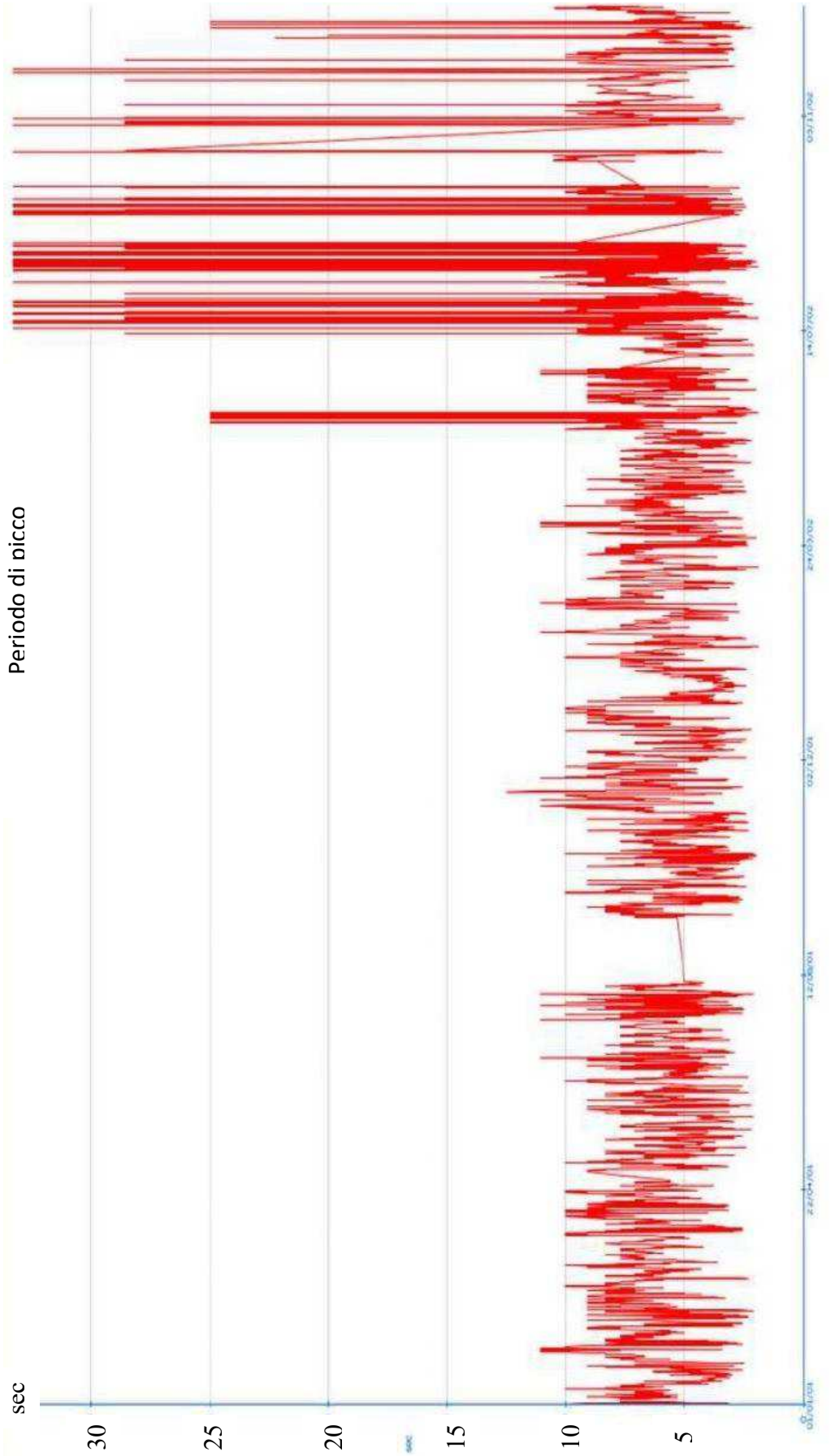
- l'altezza significativa del moto ondoso, misurata in m (H_s)
- il periodo di picco, misurato in secondi (T_p)
- il periodo medio, misurato in secondi (T_m)
- direzione media di provenienza del moto ondoso, misurata in °N (D_m)

registrati dall'ondametro al largo di La Spezia nel periodo compreso tra il 01/01/2001 e il 31/12/2002.

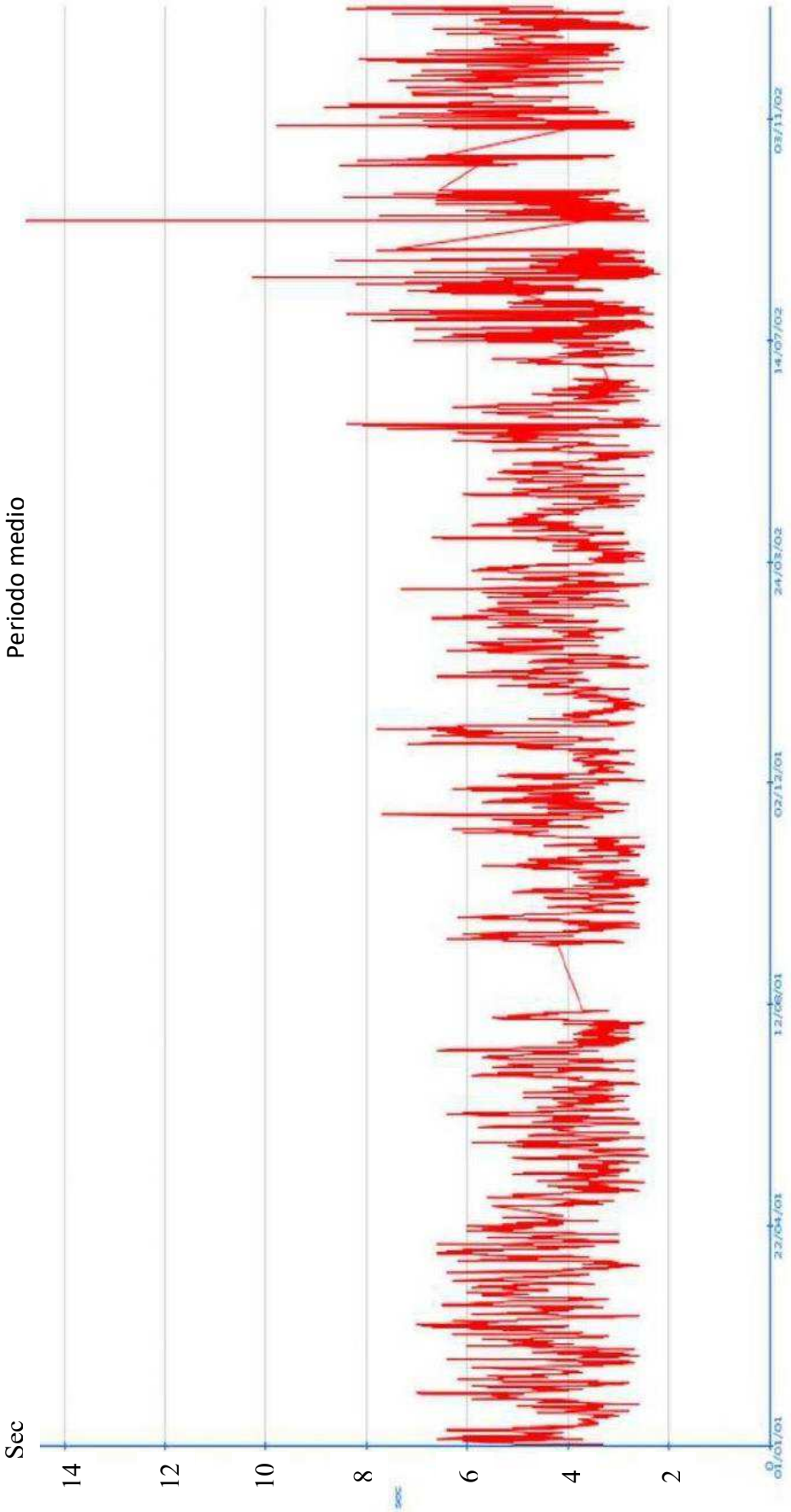
RTP		
Dott. Ing. PAOLO GAGGERO Via Pia 130 r – 17100 Savona **ing.gaggero@libero.it** **paolo.gaggero21@ingpec.eu**	*Dott. Geol. ALBERTO DRESSINO* Vico Ferri 1 – 17024 Finale Ligure albertodressino@tin.it albertodressino@comune.pec.it	Dott. Ing LUCA ROSSI Via Bertolotti 79/B – 17014 Cairo M.tte luca87.rossi@hotmail.com luca87.rossi@ingpec.eu



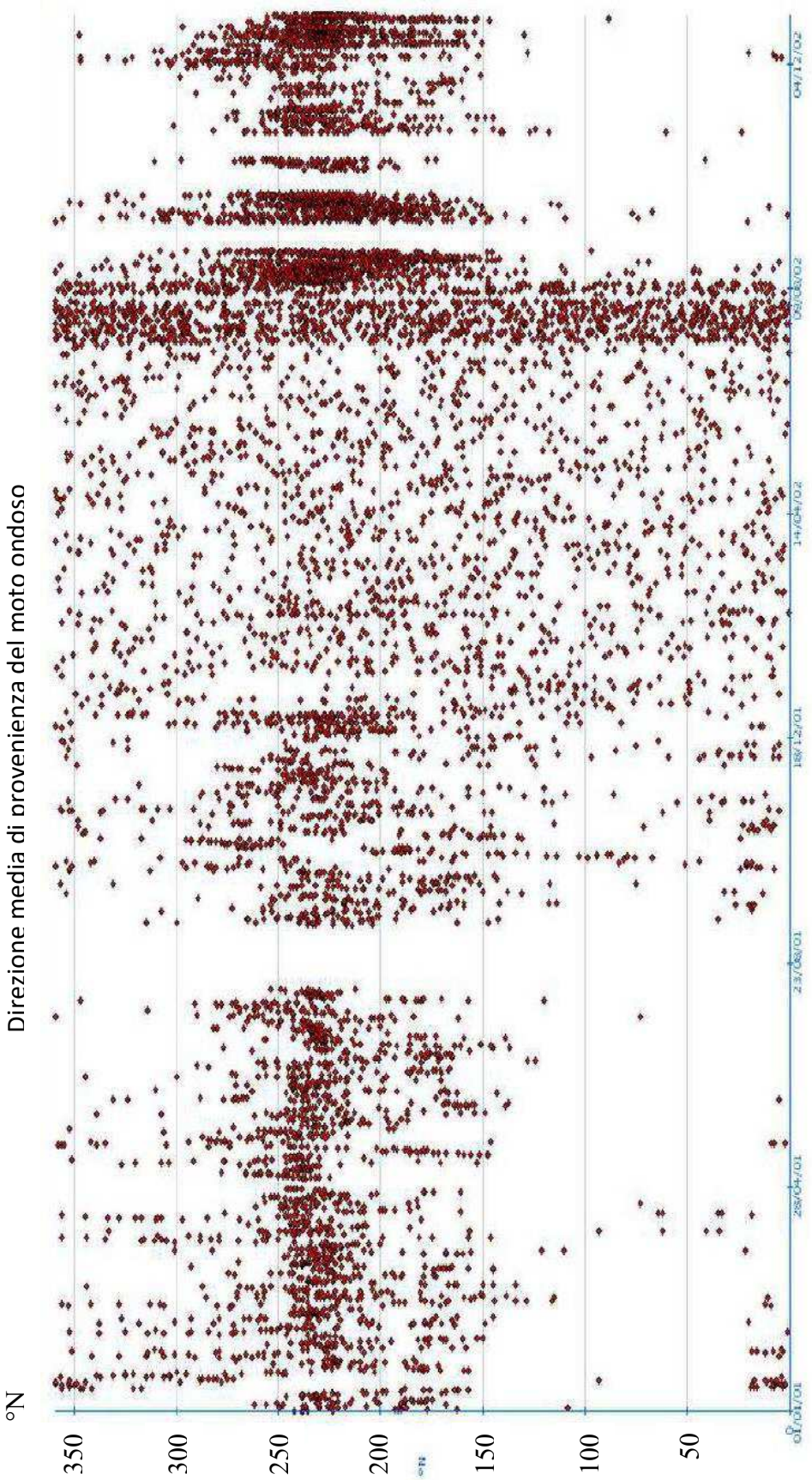
RTP		
Dott. Ing. PAOLO GAGGERO Via Pia 130 r – 17100 Savona **ing.gaggero@libero.it** **paolo.gaggero21@ingpec.eu**	*Dott. Geol. ALBERTO DRESSINO* Vico Ferri 1 – 17024 Finale Ligure albertodressino@tin.it albertodressino@comune.pec.it	Dott. Ing LUCA ROSSI Via Bertolotti 79/B – 17014 Cairo M.tte luca87.rossi@hotmail.com luca87.rossi@ingpec.eu



RTP		
Dott. Ing. PAOLO GAGGERO Via Pia 130 r – 17100 Savona **ing.gaggero@libero.it** **paolo.gaggero21@ingpec.eu**	*Dott. Geol. ALBERTO DRESSINO* Vico Ferri 1 – 17024 Finale Ligure albertodressino@tin.it albertodressino@comune.pec.it	Dott. Ing LUCA ROSSI Via Bertolotti 79/B – 17014 Cairo M.tte luca87.rossi@hotmail.com luca87.rossi@ingpec.eu



RTP		
Dott. Ing. PAOLO GAGGERO Via Pia 130 r – 17100 Savona **ing.gaggero@libero.it** **paolo.gaggero21@ingpec.eu**	*Dott. Geol. ALBERTO DRESSINO* Vico Ferri 1 – 17024 Finale Ligure albertodressino@tin.it albertodressino@comune.pec.it	Dott. Ing LUCA ROSSI Via Bertolotti 79/B – 17014 Cairo M.tte luca87.rossi@hotmail.com luca87.rossi@ingpec.eu



RTP		
Dott. Ing. PAOLO GAGGERO Via Pia 130 r – 17100 Savona **ing.gaggero@libero.it** **paolo.gaggero21@ingpec.eu**	*Dott. Geol. ALBERTO DRESSINO* Vico Ferri 1 – 17024 Finale Ligure albertodressino@tin.it albertodressino@comune.pec.it	Dott. Ing LUCA ROSSI Via Bertolotti 79/B – 17014 Cairo M.tte luca87.rossi@hotmail.com luca87.rossi@ingpec.eu

Ai fini dell'elaborazione risulta significativo diagrammare i valori di altezza significativa del moto ondoso (H_s) rapportati al periodo di picco (T_p), compresi nel periodo di rilevazione individuato.

sec m	<=1.5	<=3	<=4.5	<=6	<=7.5	<=9	<=10.5	<=12	<=13.5	<=15	<=16.5	<=18	>18	TOT
>9.5														
<=9.5														0
<=9														0
<=8.5														0
<=8														0
<=7.5														0
<=7														0
<=6.5														0
<=6														0
<=5.5							2							2
<=5							4							4
<=4.5							1							1
<=4						2	4	1						7
<=3.5					1	17	9							27
<=3					3	37	16							56
<=2.5				2	74		27	1					2	233
<=2			1	38				7					1	595
<=1.5			67					26	1					1214
<=1		58						10						2999
<=0.5								18	1					2917
TOT	0	330	1647	1721	1655	1378	772	63	2	0	0	0	487	8055

Informazioni sui rilevamenti:
Attesi 5832
Mancanti -2223 (-28% attesi)
Calme totali 2917 (36% effettivi)

RTP		
Dott. Ing. PAOLO GAGGERO Via Pia 130 r – 17100 Savona **ing.gaggero@libero.it** **paolo.gaggero21@ingpec.eu**	*Dott. Geol. ALBERTO DRESSINO* Vico Ferri 1 – 17024 Finale Ligure albertodressino@tin.it albertodressino@comune.pec.it	Dott. Ing LUCA ROSSI Via Bertolotti 79/B – 17014 Cairo M.tte luca87.rossi@hotmail.com luca87.rossi@ingpec.eu

Risulta altresì significativo diagrammare i valori di altezza significativa del moto ondoso (H_s) rapportati al periodo medio (T_m), compresi nel periodo di rilevazione individuato

.	<=0.5	<=1	<=1.5	<=2	<=2.5	<=3	<=3.5	<=4	<=4.5	<=5	<=5.5	<=6	<=6.5	<=7	<=7.5	<=8	<=8.5	<=9	<=9.5	<=10	<=10.5	<=11	<=11.5	<=12	<=12.5	<=13	>13	TOT
>9.5																												
<=9.5																												0
<=9																												0
<=8.5																												0
<=8																												0
<=7.5																												0
<=7																												0
<=6.5																												0
<=6																												0
<=5.5														1		1												2
<=5													1	1	2													4
<=4.5													1															1
<=4												1	2	3	1													7
<=3.5												2	14	4	6	1												27
<=3											1	20	22	9	4													56
<=2.5										7	63	95	38	24	2	3				1								233
<=2								1	26				40	18	14	2	5										1	595
<=1.5							7						67	18	14	12	3	1										1214
<=1												78	54	24	30	19	8	1										2999
<=0.5					53					93	39	9	5	9	4	3	1	2		1	1							2917
TOT	0	0	0	0	53	1090	1769	1468	1012	927	755	483	244	111	77	41	17	4	0	2	1	0	0	0	0	0	1	8055

Informazioni sui rilevamenti:

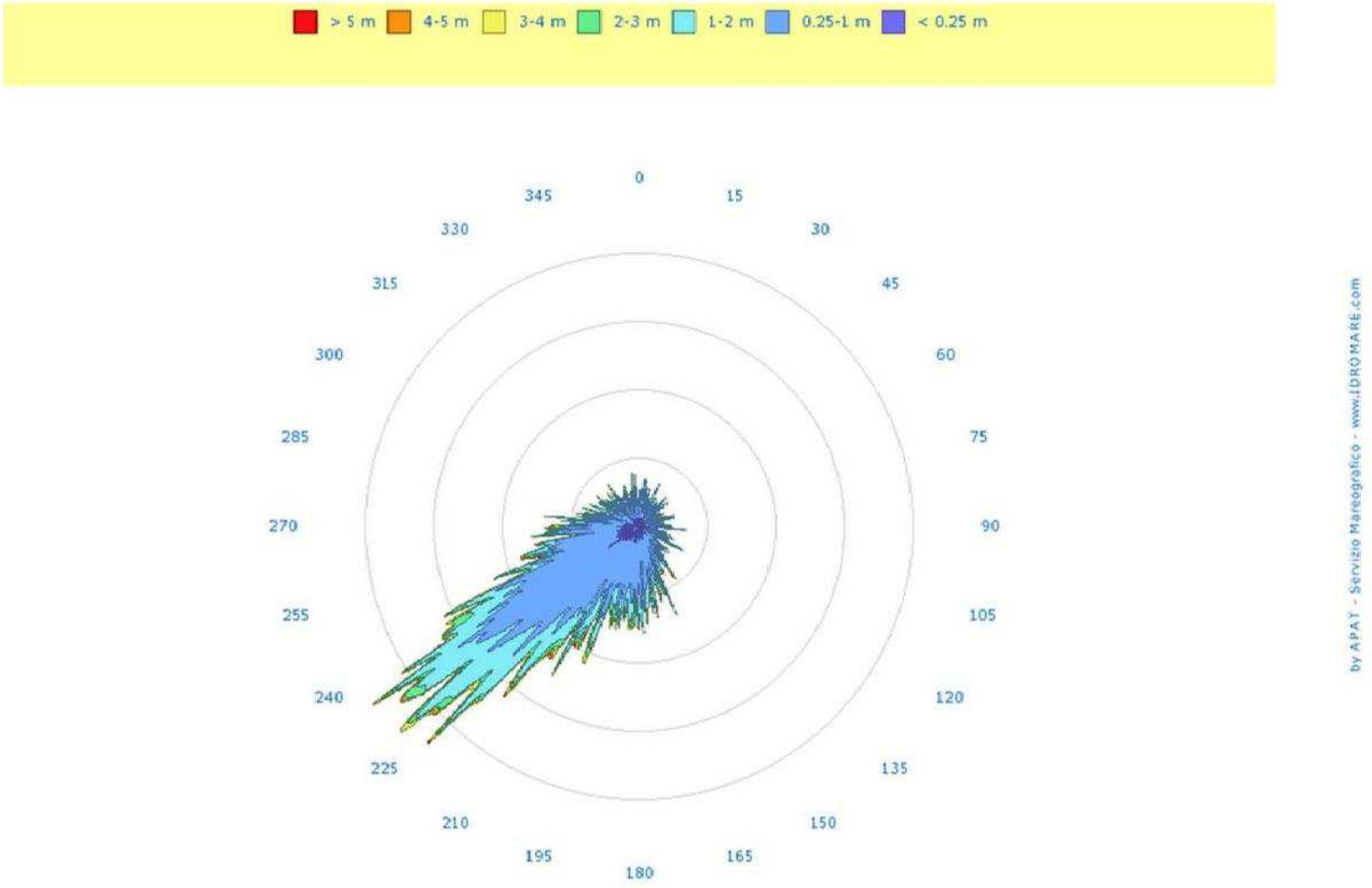
Attesi 5832

Mancanti -2223 (-28% attesi)

Calme totali 2917 (36% effettivi)

RTP		
Dott. Ing. PAOLO GAGGERO Via Pia 130 r – 17100 Savona **ing.gaggero@libero.it** **paolo.gaggero21@ingpec.eu**	*Dott. Geol. ALBERTO DRESSINO* Vico Ferri 1 – 17024 Finale Ligure albertodressino@tin.it albertodressino@comune.pec.it	Dott. Ing LUCA ROSSI Via Bertolotti 79/B – 17014 Cairo M.tte luca87.rossi@hotmail.com luca87.rossi@ingpec.eu

Nella seguente immagine è raffigurata la direzione media di provenienza del moto ondoso: come è possibile osservare, risulta chiaro che il mare da direzione SW è sia regnante sia dominante.



4. DETERMINAZIONE DELL'ONDA DI PROGETTO

I dati riportati ai paragrafi precedenti riportano caratteristiche delle onde appartenenti a acque profonde. Conseguentemente l'analisi degli eventi estremi è riferita a quelle zone profonde del mare, mentre le opere marittime che si vogliono realizzare appartengono quasi sempre a zone poco profonde, di acque di trasformazione o anche, specialmente nel caso di opere di difesa costiera, alle acque basse. Determinato l'evento estremo in acque profonde occorre procedere al calcolo dell'onda nelle zone di trasformazione ove prevale l'effetto della rifrazione e della profondità (shoaling) e, se l'opera ricade nelle acque basse, occorre calcolare le ulteriori trasformazioni dovute prevalentemente al frangimento provocato dalle basse profondità.

4.1 VITA DI PROGETTO DELL'OPERA E RISCHIO DELL'EVENTO

La probabilità $P(T_R \,.\, V_P)$, o rischio, che almeno un episodio di periodo di ritorno T_R da assumere come dato di progetto si verifichi durante la vita di progetto V_P della struttura sarà assegnata in funzione dell'importanza dell'opera. Noto il rischio $P(T_R,V_P)$ dall'equazione

$$P(T_R,V_P) = 1 - exp\left(-\frac{V_P}{T_R}\right).$$

si ricava il tempo di ritorno in funzione della vita di progetto

$$T_R = \frac{V_P}{-\ln(1- P(T_R \,,\, V_P)}$$

Dunque, per conoscere il periodo di ritorno della tempesta contenente l'onda di progetto occorre conoscere il rischio dell'evento $P(T_R \,.\, V_P)$, e la vita di progetto V_P.

Tipo di infrastruttura	Livello di sicurezza		
	1	2	3
Uso generale	25	50	100
Uso specifico	15	25	50

Per orientarsi nella scelta dei due parametri $P(T_R \,,\, V_P)$, e V_P ci si può avvalere delle "Istruzioni Tecniche per la Progettazione delle Dighe Frangiflutti" del Ministero dei Lavori Pubblici. Tali Istruzioni compendiano, in due tabelle, gli elementi guida per la scelta dei suddetti parametri. La

tabella sopra proposta suddivide le infrastrutture marittime in due tipi, uno detto di uso generale e uno di uso specifico, e fornisce la vita minima di progetto da assumere in funzione del suddetto tipo di infrastruttura e del livello di sicurezza richiesto.

Le due tipologie di infrastrutture possono cosi esser spiegate:

- *infrastrutture di uso generale:* si intendono opere di difesa di complessi civili o industriali, che non siano destinati ad uno specifico scopo e per i quali non è chiaramente identificabile il termine della vita funzionale dell'opera.
- *infrastrutture ad uso specifico*: si intendono le opere di difesa di singole installazioni industriali, di porti industriali, di depositi o piattaforme di carico e scarico, di piattaforme petrolifere, ecc.

Mentre i livelli di sicurezza possono cosi esser riassunti:

- livello 1: opere o installazioni di interesse locale ed ausiliario, comportanti un rischio minimo di perdita di vite umane o di danni ambientali in caso di collasso della stessa (difese costiere, opere di porti minori o marina, scarichi a mare, strade litoranee ecc.);
- livello 2: opere o installazioni di interesse generale, comportanti un moderato rischio di perdita di vite umane o di danni ambientali in caso di collasso della stessa (opere di grandi porti minori, scarichi a mare di grandi città, ecc.);
- livello 3: opere o installazioni per la protezione dall'inondazione o di interesse sopranazionale, comportanti un elevato rischio di perdita di vite umane o di danno ambientale in caso di collasso della stessa (difese di centri urbani o industriali ecc.) .

Pertanto, a fronte di quanto riportato ed a titolo cautelativo ai fini della razionalizzazione degli interventi manutentivi, il tempo di ritorno assunto per la progettazione dell'opera corrisponde ad un tempo di ritorno centennale.

4.2 METODOLOGIA DI STUDIO DELL'ONDA VERSO RIVA

In letteratura, sono disponibili diverse forme della funzione probabilità e delle relative distribuzioni, continue e discrete. Tra le funzioni continue, per definire la magnitudine dell'evento in funzione della probabilità di accadimento, sono molto usate nelle costruzioni marittime quella di Gumbel e quella di Weibull. La distribuzione che meglio approssima lo specifico fenomeno è quella di Weibull, che nella sua espressione generale assume la forma

$$P^{+}(x) = exp\left[-\left(\frac{x - x_0}{x_C - x_0}\right)^{a}\right],$$

Tale espressione, contestualizzata all'ambito di intervento, assume la seguente forma

$$Q(H_{M0}) = \exp\left(-(H_{MO}/W)^{u}\right)$$

Una volta assunta la distribuzione tipologica, bisogna scegliere il corretto criterio di stima dei suoi parametri. Per il golfo di La Spezia tali parametri risultano noti, ed assumono il valore di:

$$w = 0.731 \qquad u = 1.023$$

Il valore del periodo dominante o di picco dello spettro, calcolato in funzione di H_s con l'espressione corrispondete allo spettro di Jonswap, risulta pari a:

$$T_p = 9 * \pi * \sqrt{H_{m0}/4*g}$$

Fondamentale ai fini dello studio dell'evoluzione dell'onda è il periodo significativo che si considera come invariante della propagazione. Esso risulta pari a

$$T_s = 0.95 * 9 * \pi * \sqrt{H_{m0}/4*g}$$

Ove il periodo di picco TP è pari a

$$T_P = T_S/0.95$$

Nell'ipotesi di spettro infinitamente stretto $T_S=T_P$, si può determinare la lunghezza d'onda al largo

$$L_{P0} = g*T_P / 2*\pi$$

4.3 ALTEZZE D'ONDA SPETTRALI A PROFONDITA' LOCALE

L'onda che interessa le profondità locali in prossimità dell'opera, risente dei seguenti effetti:

- Processo di Shoaling, legato alla conservazione del flusso di energia, valido per onde di stock al 1° ordine;
- Processo di saturazione, legato alla dissipazione superficiale di energia dovuta al frangimento parziale (spilling);
- Processo di rifrazione, legato alla tendenza delle ortogonali d'onda a disporsi perpendicolari alle batimetriche e delle creste d'onda a disporsi parallele alle batimetriche.

Tali processi sono riferiti ad altrettanti coefficienti che permettono di rimodulare e contestualizzare i valori precedentemente calcolati, riferiti a fenomeni al largo, alla realtà locale di interesse.

La combinazione di tali fattori, viene espressa in letteratura mediante una formulazione semplificata, per il calcolo della lunghezza d'onda locale. La limitazione dell'altezza d'onda legato al frangimento viene analizzato, nel caso specifico, attraverso la relazione di Goda, utilizzando la relazione per onde irregolari

$$\frac{Hf}{gT^2} = \frac{\mathrm{A}}{2\pi}\left\{1 - e^{-3\pi^2\left(\frac{h}{gT^2}\right)\left(1+15\mathrm{Sb}^{1,33}\right)}\right\}$$

Tale espressione è utilizzata nel caso di profondità finita, prolungata anche verso riva.

I valori associati ai parametri sono:

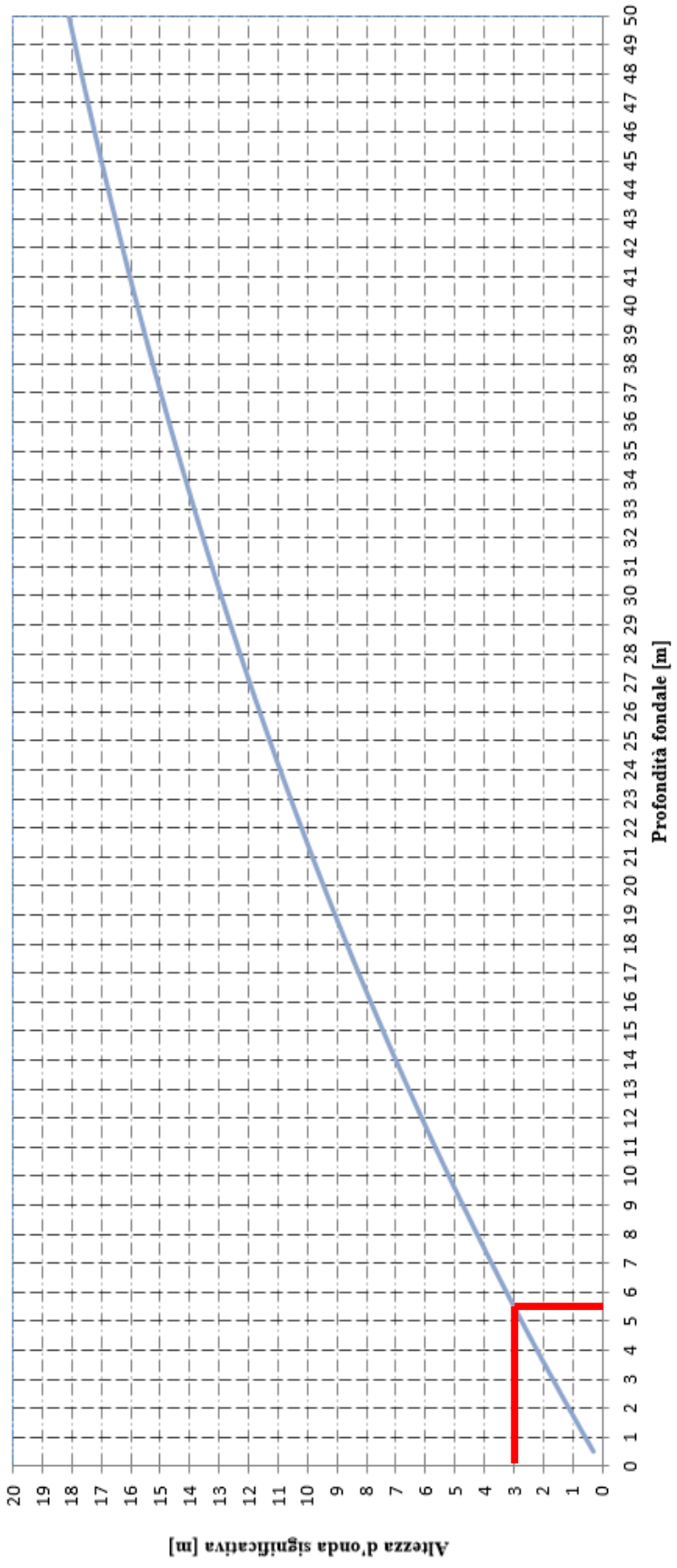
A = 0.12

Sb = 0.03

Pertanto, diagrammando la formulazione di Goda otteniamo il grafico riportato nella seguente pagina; entrando nel diagramma con profondità di fondale pari a 5.5 m (profondità del fondale) si ottiene un valore di altezza d'onda pari a 3.0 ml.

Alla base di tale valutazione, in via cautelativa, si trascura il successivo frangimento verso riva.

RTP		
Dott. Ing. PAOLO GAGGERO Via Pia 130 r – 17100 Savona **ing.gaggero@libero.it** **paolo.gaggero21@ingpec.eu**	*Dott. Geol. ALBERTO DRESSINO* Vico Ferri 1 – 17024 Finale Ligure albertodressino@tin.it albertodressino@comune.pec.it	Dott. Ing LUCA ROSSI Via Bertolotti 79/B – 17014 Cairo M.tte luca87.rossi@hotmail.com luca87.rossi@ingpec.eu



RTP		
Dott. Ing. PAOLO GAGGERO Via Pia 130 r – 17100 Savona **ing.gaggero@libero.it** **paolo.gaggero21@ingpec.eu**	*Dott. Geol. ALBERTO DRESSINO* Vico Ferri 1 – 17024 Finale Ligure albertodressino@tin.it albertodressino@comune.pec.it	Dott. Ing LUCA ROSSI Via Bertolotti 79/B – 17014 Cairo M.tte luca87.rossi@hotmail.com luca87.rossi@ingpec.eu

Il valore di 3 metri per altezza d'onda significativa corrisponde, con ausilio della teoria dell'onda solitaria, ad un fondale massimo di

$$\frac{3.00}{0.78} = 3.85 \text{ ml}$$

ben superiore a quello che si trova nelle immediate vicinanze dell'opera.

Pertanto i valori desunti possono ritenersi cautelativi.

5. VALUTAZIONE DEL RUN UP

Al fine di valutare la risposta idraulica fornita dalla mantellata proposta per l'opera di difesa si può fare ricorso , in particolare per il calcolo del valore del run-up del moto ondoso, alla relazione sperimentale di Van der Meer :

$$R_{u2\%} = 1.6 \cdot \gamma \cdot H_s \cdot \xi_{0p}$$

dove :

γ rappresenta il prodotto di diversi coefficienti parziali che separatamente tengono in conto della scabrezza e permeabilità della scarpata, dell'obliquità dell'attacco ondoso sulla scarpata, dell'effetto della bassa profondità che può modificare la distribuzione delle altezze d'onda del moto ondoso irregolare incidente, della presenza di berme in corrispondenza del profilo della scarpata e di pareti molto ripide poste sulla sommità della scarpata stessa;

H_s rappresenta l'altezza d'onda significativa di progetto alla profondità considerata;

ξ_{0p} rappresenta il numero di Iribarren (parametro di frangimento) che descrive la tipologia di frangimento dell'onda sulla scarpata.

Più precisamente, di seguito s'intende illustrare i vari parametri che compongono il fattore γ rappresentato nell'ultima relazione citata. Tali termini assumono un significato di inibitori nei confronti del run-up sulla mantellata e, in condizioni maggiormente sfavorevoli, risultano unitari.

In particolare, il citato parametro γ è composto dai seguenti fattori:

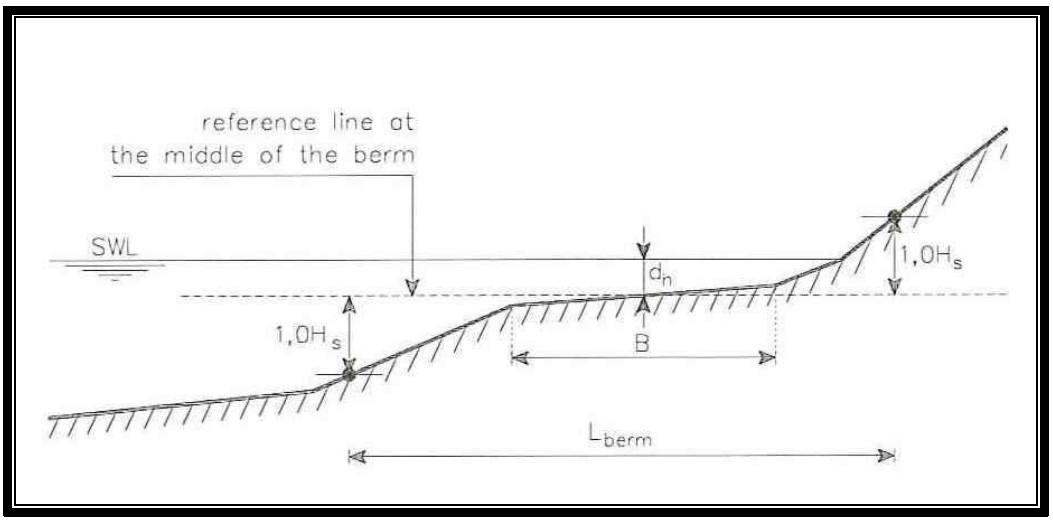
$$\gamma = \gamma_b \cdot \gamma_\beta \cdot \gamma_f \cdot \gamma_v$$

dove:

γ_b rappresenta il fattore di riduzione del run-up sulla scarpata in relazione alla presenza sulla stessa di berme, ossia di porzioni la cui pendenza non superi il valore di 1/15.

Con particolare riferimento alla figura successiva, il valore del parametro γ_b viene valutato attraverso la relazione:

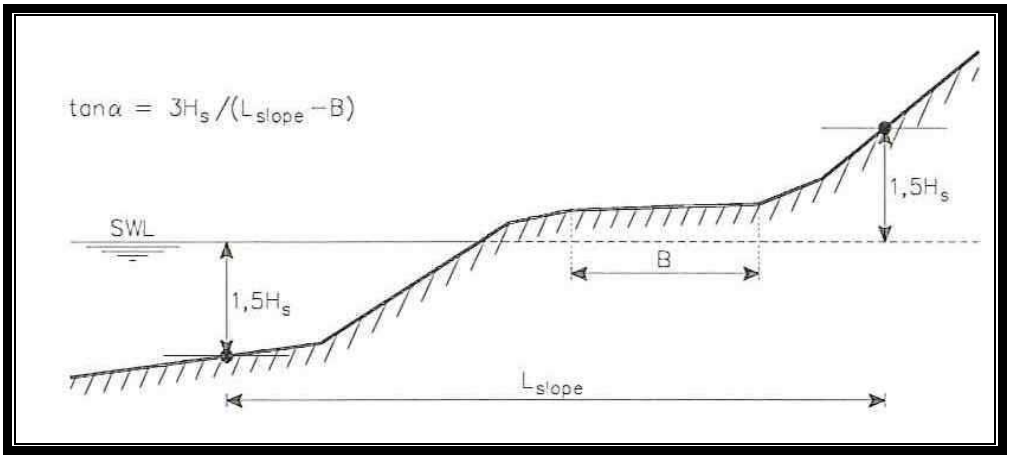
$$\gamma_b = 1 - \frac{B}{L_{berm}} \cdot \left[1 - 0.5 \cdot \left(\frac{d_h}{H_s} \right)^2 \right]$$



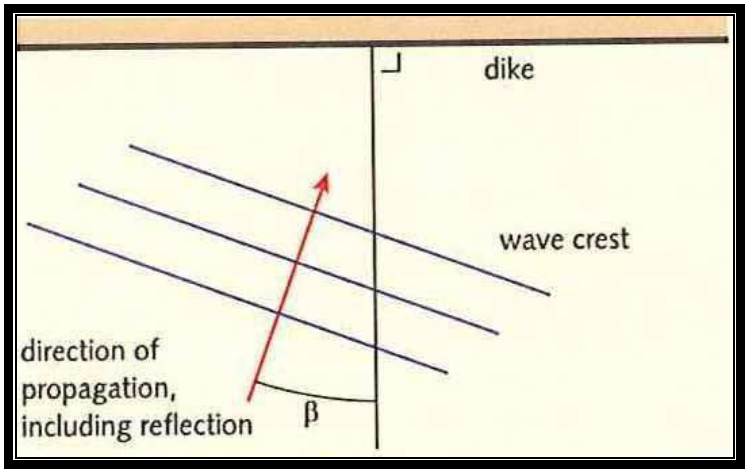
Si precisa che, nella relazione che consente di calcolare il valore di γ_b, oltre ai parametri facilmente deducibili conoscendo la geometria della sezione della scarpata, la grandezza L_{berm} si può ricavare conoscendo le pendenza della mantellata verso mare e verso terra rispetto alla posizione della berma e l'altezza dell'onda significativa considerata.

Come illustrato nella figura successiva, la pendenza media della scarpata, in caso di presenza di berma, si ricava attraverso la relazione:

$$\tan \alpha_{medio} = \frac{3 \cdot H_s}{\left(L_{slope} - B\right)}$$



γ_β rappresenta il fattore di riduzione del run-up sulla scarpata in riferimento all'angolo di attacco del fronte d'onda nei confronti dell'ortogonale all'asse longitudinale dell'opera di difesa.



Con riferimento alla figura sopra riportata il valore del parametro γ_β viene calcolato attraverso l'espressione:

$$\gamma_\beta = 1 - 0.0022 \cdot \beta$$

nella quale β (considerato in gradi sessadecimali) rappresenta l'angolo formato dalla direzione di propagazione del fronte d'onda e l'ortogonale all'asse longitudinale dell'opera di difesa.
Nel caso in esame è stato considerato un attacco ondoso sostanzialmente frontale nel valutare l'entità del run-up e pertanto il parametro γ_β ha assunto un valore unitario.

γ_f rappresenta il parametro riduttivo del run-up sulla scarpata in funzione del tipo di rugosità della stessa. A seconda della tipologia di materiale, della geometria e dell'assetto degli elementi che costituiscono la mantellata si ha un corrispondente effetto nei confronti della risalita dell'onda sull'opera considerata.

Nella tabella seguente si illustrano alcuni valori assunti dal fattore γ_f in diverse condizioni della scarpata:

Tipo di scarpata	γ_f
Conglomerato liscio o asfalto	1
Blocchi ravvicinati e lisci	1
Scarpata rivestita da uno strato di almeno 3 cm di materiale vegetale	0.95
Blocchi naturali la cui densità di posa e' pari a circa 0.5 per 0.5 mq	0.75
Blocchi naturali in due strati	0.6
Strato esterno di blocchi il cui diametro medio risulta minore di $H_s/3$	0.6

γ_v identifica il fattore di riduzione del run-up sulla scarpata in considerazione della presenza sulla sommità della stessa di pareti il cui angolo d'inclinazione sia maggiore di 45°. Tale parametro γ_v è stato valutato attraverso la relazione:

$$\gamma_v = 1.35 - 0.0078 \cdot \delta$$

nella quale δ, che indica l'angolo d'inclinazione rispetto all'orizzontale della parete posta in sommità all'opera di difesa .

E' opportuno precisare che per quanto concerne il parametro ξ_{0p} , considerato nell'espressione di valutazione del run-up sulla scarpata, esso viene ricavato tramite la relazione:

$$\xi_{0p} = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H_s}{L_{0p}}}}$$

dove:

$$L_{0p} = \frac{g \cdot T_p^2}{2 \cdot \pi}$$

$$T_p = 9 \cdot \sqrt{\frac{H_s}{4 \cdot g}} * \pi$$

e α rappresenta, come già indicato, il valore medio dell'angolo d'inclinazione della scarpata.

RTP		
Dott. Ing. PAOLO GAGGERO Via Pia 130 r – 17100 Savona **ing.gaggero@libero.it** **paolo.gaggero21@ingpec.eu**	*Dott. Geol. ALBERTO DRESSINO* Vico Ferri 1 – 17024 Finale Ligure albertodressino@tin.it albertodressino@comune.pec.it	Dott. Ing LUCA ROSSI Via Bertolotti 79/B – 17014 Cairo M.tte luca87.rossi@hotmail.com luca87.rossi@ingpec.eu

Data l'irregolarità delle onde e del fenomeno di risalita stesso, i valori di run-up vengono riferiti ad una probabilità di superamento, frequentemente assunta pari al 2%.

Considerando tutti i parametri nel caso in esame e con berma al piede si ricava:

$$\gamma = \gamma_b \cdot \gamma_\beta \cdot \gamma_f \cdot \gamma_v$$

che in esito alla presenza di berme e alla scabrezza dei massi naturali a spigoli vivi, tale parametro viene assunto pari a 0.28.

Ricordando che la relazione sperimentale di Van der Meer è

$$R_{u2\%} = 1.6 \cdot \gamma \cdot H_s \cdot \xi_{0p}$$

i parametri necessari per il calcolo del Run Up 2% sono i seguenti:

Parametro	Valore	Unità di misura
Hs	3.00	metri
ξ_{op}	3.55	
γ	0.28	

pertanto il Run Up 2% assume un valori pari a 4.47 metri.

Pertanto, a fronte di quanto riportato ed osservato la soluzione individuata appare corretta e sufficiente per la messa in sicurezza del terrapieno.

