ITEC engineering

COMUNE DI SORI

Committente:
Comune di Sori
Via G. Stagno 19
16031 - Sori (GE)

Titolo:

INTERVENTO DI DIFESA DELLA COSTA E SALVAGUARDIA DELLA FALESIA SU CUI SORGE IL CIMITERO MEDIANTE OPERA SOMMERSA

Livello di Progetto:
Esecutivo

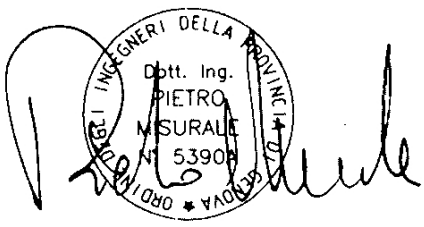
Oggetto:

RELAZIONE
Riscontro a lettera della Regione Liguria rif. L057_S690 del 06.04.2023

Codice Progetto:
P088-19

Nome File:
P088-19-A-RE-GEN-001-A

Firme:





Rev.	Modifiche/Revisioni	Redatto	Data	Contr./Appr.	Data
A	Prima emissione	DR	11/05/23	PM	12/05/23

ITEC engineering S.r.l.
19038 SARZANA (SP)
Via Variante Aurelia, 98
TEL. +39 0187 610532
info@itec-engineering.it

16129 GENOVA
Via Antonio Cecchi 7/9-10
TEL. +39 010 5959690
www.itec-engineering.it

ASSOCIATO oice CONFINDUSTRIA

efca FIDIC

ACCREDIA

apave Certification ISO 9001 N° SC 10-2588/IAF 34

E' vietata a norma di legge la riproduzione, anche parziale, non autorizzata di questo documento

INDICE

1 PREMESSA 2

2 PROGETTO ORIGINARIO 3

3 OPERE REALIZZATE 4

3.1 DESCRIZIONE 4
3.2 ASPETTI REALIZZATIVI 5

4 EFFICACIA DELLE OPERE REALIZZATE 6

4.1 VERIFICHE DI IDRAULICA MARITTIMA 6
4.2 COMPORTAMENTO DELLôOPERA DURANTE EVENTI OCCORSI DOPO LA SUA REALIZZAZIONE 11

5 RISPONDENZA DELLôOPERA REALIZZATA RISPETTO ALLE FINALITAô DEL PROGETTO ORIGINARIO 14

1 PREMESSA

La presente relazione è relativa *all'intervento di difesa della costa alta sulla porzione di ponente del litorale della cittadina di Sori, volto alla protezione della falesia rocciosa su cui sorge il Cimitero comunale e alla salvaguardia di una sottile falce di spiaggia presente al piede della passeggiata di Via Marinai d'Italia*.

Essa contiene la verifica della rispondenza delle opere realizzate rispetto a quanto previsto nel progetto definitivo approvato sia sotto il profilo funzionale e prestazionale sia sotto quello dell'entità delle opere, a seguito delle note contenute nella lettera della Regione Liguria, Settore Valutazione Impatto Ambientale e Sviluppo Sostenibile, Prot. L057_S690 del 06.04.2023.

L'intervento riguarda la realizzazione di un'opera marittima sommersa a difesa del fronte meridionale del promontorio del Cimitero e la piccola baia compresa tra il promontorio e il molo che chiude a ponente la spiaggia del Capoluogo.

Il progetto definitivo delle opere è stato approvato con Conferenza dei Servizi del 30/08/2019; il progetto esecutivo è stato approvato con DGM n. 95 del 02/09/2019.

A seguito di regolare gara d'appalto, con Det. n. 336 del 25/09/2019, i lavori sono stati affidati all'impresa Giustiniana S.r.l.; essi hanno avuto inizio il 13/01/2020 e sono terminati, con alcuni periodi di sospensione, il 13/10/2020.

Nella lettera citata, la Regione Liguria ha riscontrato una diversa configurazione delle opere realizzate rispetto agli elaborati del progetto definitivo presentati in sede di Verifica di Assoggettabilità a VIA (screening).

L'analisi contenuta nella presente relazione è stata svolta secondo le seguenti attività:

- Confronto geometrico delle due configurazioni di progetto e di quanto realizzato;
- Descrizione delle modalità operative di realizzazione delle opere;
- Verifica idraulica dell'efficacia dell'opera realizzata rispetto a quella in progetto;
- Analisi documentale del comportamento dell'opera realizzata in concomitanza di eventi meteomarini significativi occorsi dopo la sua realizzazione.

I risultati di tali attività hanno confermato la rispondenza dell'opera realizzata alle finalità indicate nel progetto approvato sia in termini di efficacia e quindi della sua funzionalità rispetto ad eventi meteomarini significativi, sia per il quantitativo invariato delle forniture dei massi di IV Categoria che compongono l'opera.

2 PROGETTO ORIGINARIO

Il progetto originario approvato prevedeva la realizzazione di una barriera soffolta in massi naturali atta a smorzare lôenergia del moto ondoso e mitigare i fenomeni erosivi al piede della parete rocciosa su cui sorge il cimitero di Sori.

Scopo dellôopera, come da finanziamento ottenuto dal Dipartimento della Protezione Civile con Decreto del Commissario Delegato n. 4 del 2019, era quello di ñ*creare una diga soffolta atta a ridurre lôerosione della falesia causata dal moto ondoso marittimo*ò, potenziando la capacità di resilienza del territorio costiero.

La soffolta doveva essere costituita da una scogliera di forma trapezia con base maggiore (imbasamento sul fondale) della larghezza di 12.5 m, base minore (sommità) della larghezza di 5 m, altezza 2.5 m (pendenza dei paramenti 2/3), posata sul fondale antistante il paraggio per una lunghezza di circa 140 m.

La struttura doveva essere posta sul fondale ad una batimetrica di circa ï 5 m s.l.m.; in tal modo veniva lasciata unôaltezza libera tra lôestradosso della struttura e la superficie del mare di circa 2.2 m. Nel tratto centrale, ove era stata verificata la presenza di fondale sabbioso, era prevista la posa di un materasso tipo Reno con funzione di supporto e imbasamento.

I massi della scogliera erano previsti di IV categoria, ovvero di peso unitario superiore a 7 tonnellate.

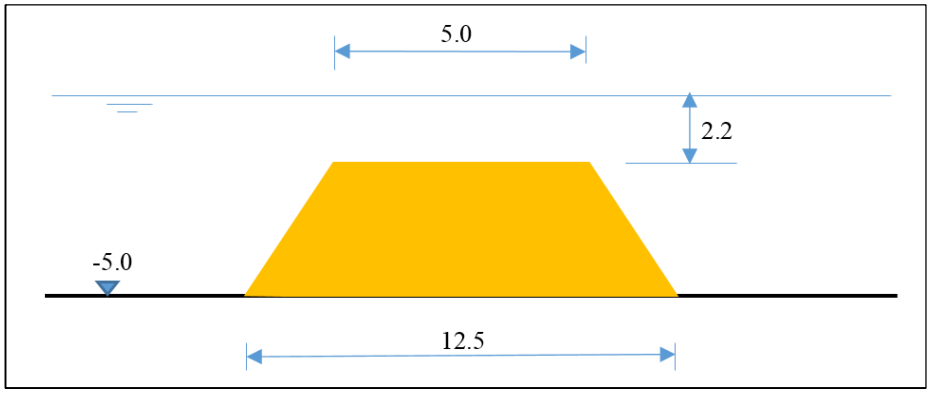


Figura 1: sezione schematica opera in progetto.

3 OPERE REALIZZATE

3.1 DESCRIZIONE

Le opere realizzate si differenziano dal progetto approvato sostanzialmente per la loro ubicazione leggermente più avanzata (cioè verso riva) e un andamento planimetrico meno arcuato.

La sagoma della soffolta realizzata ha quindi forma trapezia con base maggiore di 15.0 m circa e base minore 10 m, con quota del basamento a ï 4.0 m s.l.m. e quota di sommità sempre a -2.2 m s.l.m.

Il quantitativo di massi (di IV Categoria) posti in opera è lo stesso di quello previsto nel progetto approvato.

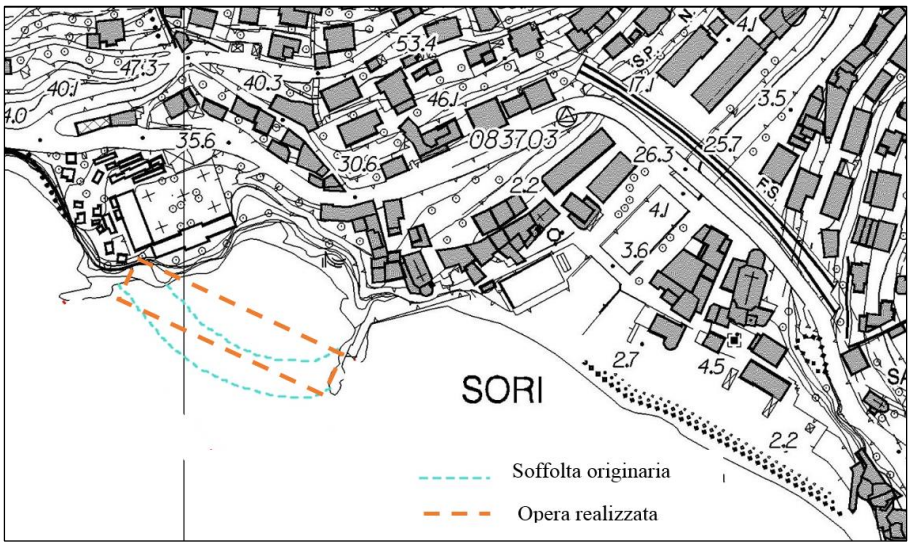


Figura 2: planimetria con soffolta in progetto e opera realizzata.

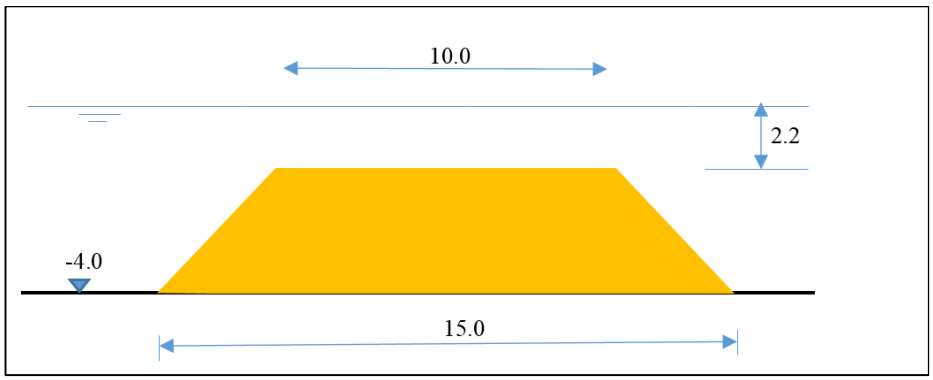


Figura 3: sezione schematica opera realizzata.

3.2 ASPETTI REALIZZATIVI

Le ragioni che hanno condotto alla realizzazione dellôopera con le differenze sopra evidenziate sono riconducibili principalmente ai seguenti aspetti:

- Verifica del rilievo batimetrico disponibile allôatto dellôavvio dei lavori con riscontro di differenze puntuali delle quote del fondale;
- Difficoltà di posizionamento dei mezzi marittimi (pontone) per la presenza di secche a levante e scogli emergenti a ponente non ben evidenziati nei rilievi batimetrici disponibili allôatto della progettazione;
- Presenza di piccoli banchi di Posidonia oceanica interferenti con il tracciato del progetto originario;

Tali aspetti hanno vincolato la realizzazione dellôopera che è stata necessariamente realizzata con una leggera traslazione verso riva ed un andamento più rettilineo tra le due estremità.

Al fine di compensare la minore profondità di posa della soffolta, è stata incrementata la sua larghezza, mantenendo la quota di sommità inalterata; tale correzione non ha quindi comportato alcuna differenza delle forniture dei massi posti in opera rispetto a quelle previste.

In base a tali elementi si è ritenuto che la differenza tra le opere realizzate e quelle del progetto definitivo approvato non fosse da ritenere sostanziale ai fini dellôefficacia e funzionalità dellôopera stessa, come peraltro confermato dai calcoli della dissipazione del moto ondoso incidente riportati nel successivo paragrafo.

4 EFFICACIA DELLE OPERE REALIZZATE

4.1 VERIFICHE DI IDRAULICA MARITTIMA

Nel presente capitolo è riportata la verifica della trasmissione dellôonda incidente sullôopera realizzata, messa a confronto con quella prevista nel progetto originario.

In particolare è stato calcolato il valore del coefficiente di trasmissione Kt come rapporto tra i valori dellôaltezza dôonda trasmessa Ht e di quella incidente Hi mediante la formula di Van der Meer, riportata nella relazione idraulica-marittima del progetto definitivo, che tiene conto della sommergenza Rc dellôopera, dellôaltezza Z della stessa rispetto al fondale, della larghezza in testa B_{sup}, del peso dei massi W.

La verifica è stata effettuata, secondo il seguente schema, per le due configurazioni seguenti:

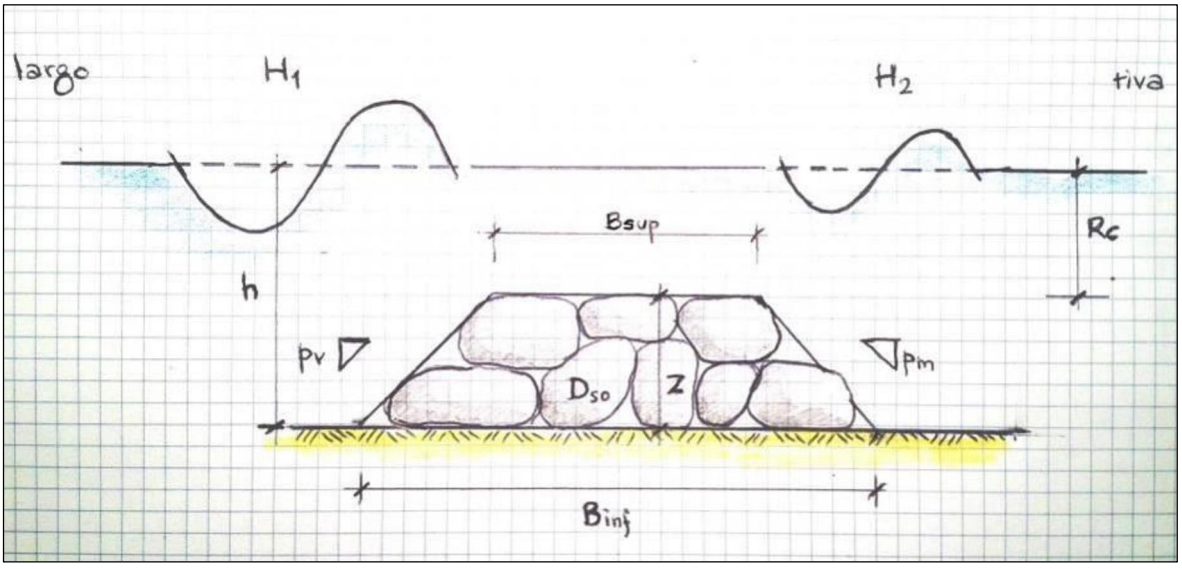


Figura 4: schema di calcolo.

Progetto originario

- Bsup = 5.0 m
- Binf = 12.5 m
- Rc = 2.2 m
- h = 5.0 m

Opere realizzate

- Bsup = 10.0 m
- Binf = 15.5 m
- Rc = 2.2 m
- h = 4.0 m

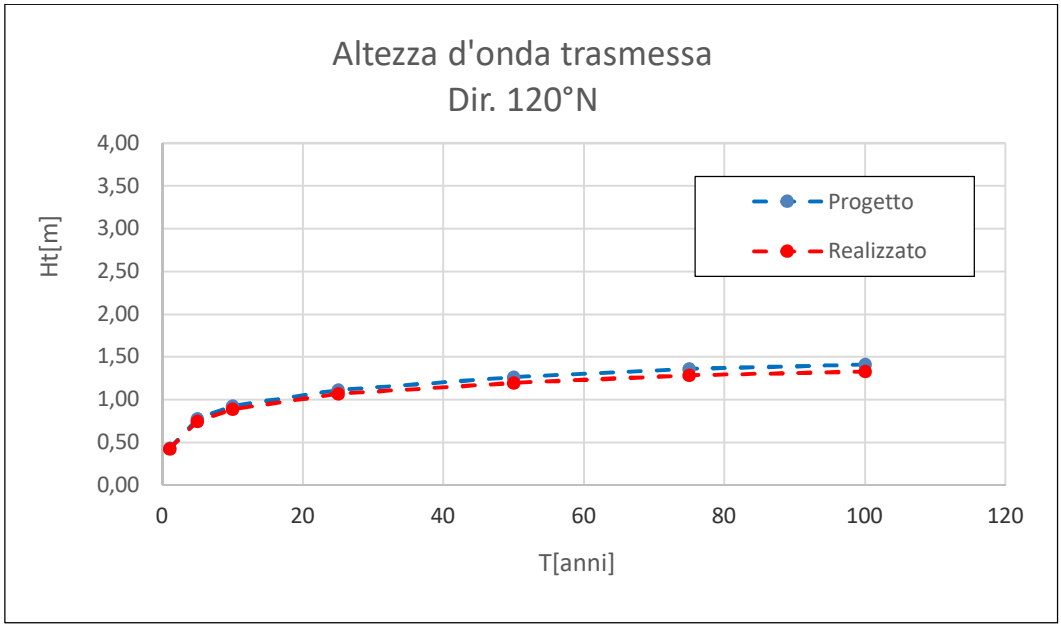
Il valore dellôonda incidente è stato ricavato dallôanalisi della propagazione del moto ondoso dal largo verso riva riportata nella relazione marittima del progetto originario; ai fini del calcolo si sono analizzati i seguenti casi:

- direzioni di provenienza 120 °N, 150°N, 210 °N
- onda su fondale -5.0 m (progetto originario) e ï 4.0 m (realizzato)

Nelle tabelle e nei grafici seguenti sono riportati i risultati dei calcoli per le configurazioni esaminate.

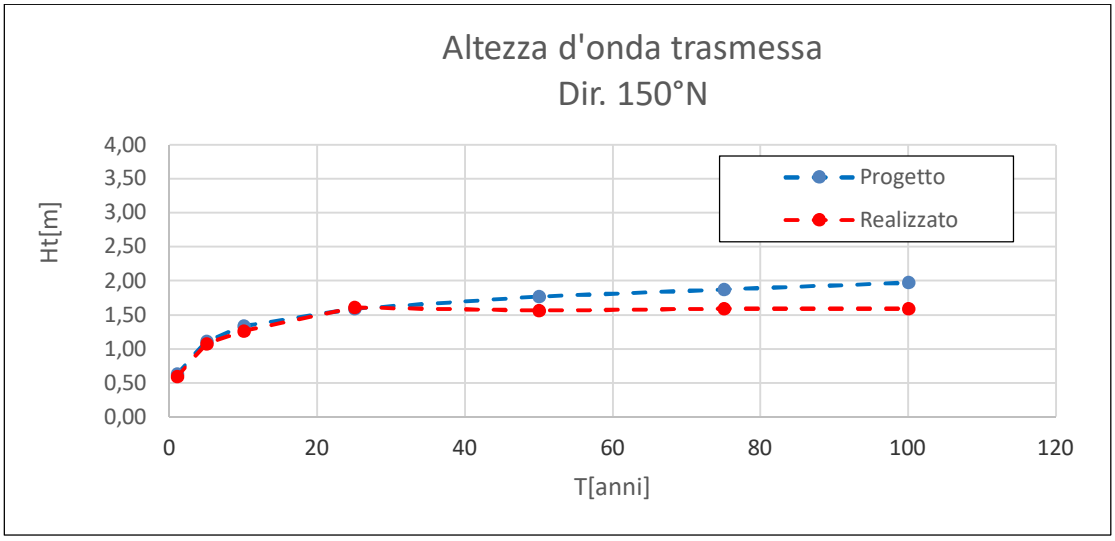
Progetto originario							
Direzione 120°N							
Onda al largo				Onda incidente		Onda trasmessa	
	H_0 [m]	Tp_0 [sec]	L_0 [m]	Hi [m]	Li [m]	Kt [-]	Ht [m]
1	2.30	6.85	73.2	0.59	44.50	0.73	0.43
5	3.22	8.10	102.4	1.12	53.79	0.69	0.77
10	3.59	8.55	114.2	1.38	57.10	0.67	0.92
25	4.06	9.09	129.1	1.74	61.04	0.64	1.11
50	4.42	9.49	140.6	2.04	63.95	0.62	1.26
75	4.64	9.72	147.5	2.23	65.61	0.61	1.36
100	4.76	9.85	151.4	2.35	66.56	0.60	1.41
					media	**0.65**	

Opere realizzate							
Direzione 120°N							
Onda al largo				Onda incidente		Onda trasmessa	
	H_0 [m]	Tp_0 [sec]	L_0 [m]	Hi [m]	Li [m]	Kt [-]	Ht [m]
1	2.30	6.85	73.2	0.61	40.43	0.69	0.42
5	3.22	8.10	102.4	1.17	48.64	0.64	0.75
10	3.59	8.55	114.2	1.43	51.46	0.62	0.89
25	4.06	9.09	129.1	1.81	55.06	0.59	1.07
50	4.42	9.49	140.6	2.13	57.65	0.56	1.19
75	4.64	9.72	147.5	2.34	59.12	0.55	1.29
100	4.76	9.85	151.4	2.46	59.96	0.54	1.33
					media	**0.60**	



Progetto originario							
Direzione 150°N							
Onda al largo				Onda incidente		Onda trasmessa	
	H_0 [m]	Tp_0 [sec]	L_0 [m]	Hi [m]	Li [m]	Kt [-]	Ht [m]
1	2.84	7.61	90.34	0.88	50.17	0.71	0.62
5	4.06	9.09	129.14	1.74	61.04	0.64	1.11
10	4.55	9.63	144.73	2.16	64.97	0.62	1.34
25	5.17	10.26	164.45	2.74	69.52	0.58	1.59
50	5.63	10.71	179.08	3.22	72.77	0.55	1.77
75	5.92	10.98	188.34	3.53	74.52	0.53	1.87
100	6.08	11.13	193.40	3.72	75.80	0.53	1.97
					media	**0.59**	

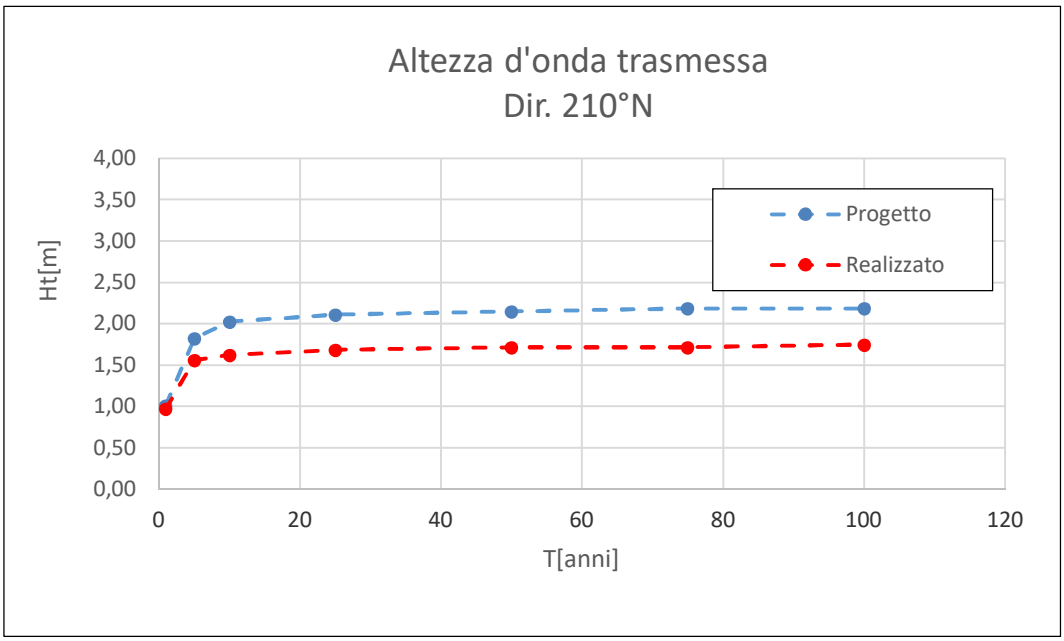
Opere realizzate							
Direzione 150°N							
Onda al largo				Onda incidente		Onda trasmessa	
	H_0 [m]	Tp_0 [sec]	L_0 [m]	Hi [m]	Li [m]	Kt [-]	Ht [m]
1	2.84	7.61	90.34	0.92	45.43	0.66	0.59
5	4.06	9.09	129.14	1.81	55.06	0.59	1.07
10	4.55	9.63	144.73	2.25	58.55	0.56	1.26
25	5.17	10.26	164.45	2.87	62.60	0.56	1.61
50	5.63	10.71	179.08	3.12	65.48	0.50	1.56
75	5.92	10.98	188.34	3.12	67.21	0.51	1.59
100	6.08	11.13	193.40	3.12	68.17	0.51	1.59
					media	**0.56**	



Progetto originario

Direzione 210°N							
Onda al largo				Onda incidente		Onda trasmessa	
	H_0 [m]	Tp_0 [sec]	L_0 [m]	Hi [m]	Li [m]	Kt [-]	Ht [m]
1	3.79	8.79	120.60	1.53	58.90	0.66	1.01
5	5.72	10.80	181.90	3.32	73.40	0.55	1.83
10	6.48	11.49	206.10	3.90	78.40	0.52	2.03
25	7.45	12.32	237.00	3.90	84.30	0.54	2.11
50	8.14	12.88	258.90	3.90	88.30	0.55	2.15
75	8.60	13.24	273.60	3.90	90.90	0.56	2.18
100	8.83	13.41	280.90	3.90	92.10	0.56	2.18
					media	**0.56**	

Opere realizzate							
Direzione 210°N							
Onda al largo				Onda incidente		Onda trasmessa	
	H_0 [m]	Tp_0 [sec]	L_0 [m]	Hi [m]	Li [m]	Kt [-]	Ht [m]
1	3.79	8.79	120.60	0.92	45.43	0.66	0.59
5	5.72	10.80	181.90	1.81	55.06	0.59	1.07
10	6.48	11.49	206.10	2.25	58.55	0.56	1.26
25	7.45	12.32	237.00	2.87	62.60	0.56	1.61
50	8.14	12.88	258.90	3.12	65.48	0.50	1.56
75	8.60	13.24	273.60	3.12	67.21	0.51	1.59
100	8.83	13.41	280.90	3.12	68.17	0.51	1.59
					media	**0.56**	



I risultati mostrano come il valore del coefficiente di trasmissione e quindi quello dellôonda trasmessa a valle dellôopera di dissipazione risulti confrontabile nei due casi esaminati, anzi

risulta addirittura lievemente a favore della soluzione realizzata rispetto a quella prevista nel progetto originario.

La maggior larghezza della berma (10 m rispetto ai 5 m del progetto originario) compensa infatti la minore profondità del fondo sulla quale è impostata lôopera (4 m rispetto ai 5 m previsti nel progetto originario).

Differenze più lievi, ma sempre a favore della soluzione realizzata, si riscontrano per gli eventi che non comportano il frangimento delle onde incidenti (come risulta per tutti i valori di onde dalla direzione di 120 °N), mentre per le onde frangenti si registrano differenze più marcate dovute alla maggior dissipazione nel passaggio dal fondale di ï 5 m s.l.m. a quello di -4 m s.l.m.

Lôanalisi così condotta consente quindi di affermare che lôopera realizzata risulta in sintesi più performante rispetto a quella del progetto originario sotto lôaspetto della dissipazione dellôenergia incidente e quindi della protezione della falesia sottostante il Cimitero e del relativo tratto di arenile.

4.2 COMPORTAMENTO DELLôOPERA DURANTE EVENTI OCCORSI DOPO LA SUA REALIZZAZIONE

Successivamente alla realizzazione delle opere di difesa e protezione a mare si sono verificati una serie di eventi meteomarini significativi che hanno consentito di verificare lôefficacia degli interventi eseguiti.

In base alla documentazione disponibile di ARPAL, le mareggiate più significative in tale periodo risultano in particolare:

- 24 settembre 2020, caratterizzata da altezze dôonda al largo di 6.0 m e periodo 10-12 sec proveniente da SW (libeccio):
- 4-6 dicembre 2020, caratterizzata da altezze dôonda al largo di 5-6 m e periodo di 8-9 sec proveniente da S.
- 27-28 dicembre 2020, con onde al largo di 4.5 m e direzione S-SE;
- 2-5 ottobre 2021, con onde al largo di 2.5-3.0 m circa, direzione S-E (scirocco) e e periodo 8-9 sec;
- 16-17 gennaio 2023, con onde al largo di 4-5 m circa, provenienza SO (libeccio), periodo 12 sec.

Durante tali eventi lôopera realizzata ha svolto la sua funzione dissipatrice riducendo sensibilmente lôenergia dellôonda incidente sul tratto di costa antistante, come ci si era prefissi in sede di progetto.

A testimonianza di ciò si riportano due foto dellôevento di settembre 2020, tra i più significativi tra quelli occorsi tra la fine di lavori ed oggi, riprese dalla passeggiata soprastante la falesia in corrispondenza del cimitero, sul tratto di litorale da proteggere.

Dalle foto risulta evidente lôeffetto dissipativo a valle della soffolta rispetto alle onde incidenti.



Figura 5: foto dellôevento del 24-25 settembre 2020.

La linea tratteggiata arancione indica lôallineamento della barriera soffolta.

La prima foto mostra come effettivamente lôonda si rompa in corrispondenza dellôopera soffolta mentre la zona a valle della stessa costituisce una sorta di vasca di smorzamento in cui viene ulteriormente ridotta lôenergia dellôonda trasmessa riducendo lôimpatto sulla parete di roccia (falesia) che delimita la linea di riva.



Figura 6: foto dellôevento del 24-25 settembre 2020.

Dalla seconda foto emerge con chiarezza la differenza di comportamento dellôonda incidente tra la zona interessata dalla barriera soffolta (in basso nella foto) e quella naturale senza alcuna opera di dissipazione (in alto): la barriera crea un effetto dissipativo assente nel tratto di costa non protetto, dove le onde tendono a propagarsi naturalmente verso riva con celerità (e quindi energia) significativa.

5 RISPONDENZA DELLôOPERA REALIZZATA RISPETTO ALLE FINALITAô DEL PROGETTO ORIGINARIO

La finalità dellôopera in progetto era quella di proteggere dallôazione disgregatrice del moto ondoso un tratto del litorale roccioso del territorio del Comune di Sori, costituito in particolare dalla piccola baia compresa tra il promontorio del Cimitero e il molo che chiude a ponente la spiaggia del Capoluogo.

Come già descritto ai paragrafi precedenti le opere realizzate si differenziano dal progetto approvato sostanzialmente per la loro ubicazione leggermente più avanzata (cioè verso riva) e un andamento planimetrico meno arcuato.

Le ragioni che hanno condotto alla realizzazione dellôopera con le differenze sopra evidenziate sono riconducibili principalmente al riscontro di differenze puntuali nel rilievo del fondo marino, che ha evidenziato la presenza di secche a levante e scogli emergenti a ponente, che hanno condizionato il posizionamento dei mezzi marittimi (pontone) e il rinvenimento di limitati banchi di Posidonia oceanica potenzialmente interferenti con il tracciato previsto nel progetto originario.

Tali aspetti hanno vincolato la costruzione dellôopera, che è stata necessariamente realizzata con una leggera traslazione verso riva ed un andamento più rettilineo tra le due estremità.

Al fine di compensare la minore profondità di posa della soffolta, è stata incrementata la sua larghezza, mantenendo la quota di sommità inalterata; tale correzione non ha quindi comportato alcuna differenza delle forniture dei massi posti in opera rispetto a quelle previste.

Le verifiche di idraulica marittima condotte sulla configurazione relativa allôopera realizzata hanno mostrato come questôultima presenti unôefficacia in termini di dissipazione del moto ondoso incidente confrontabile con quello della configurazione di progetto, anzi addirittura lievemente superiore a questôultima.

La maggior larghezza della berma (10 m rispetto ai 5 m del progetto originario) compensa infatti la minore profondità del fondo sulla quale è impostata lôopera (4 m rispetto ai 5 m previsti nel progetto originario).

Differenze più lievi, ma sempre a favore della soluzione realizzata, si riscontrano per gli eventi che non comportano il frangimento delle onde incidenti (come risulta per tutti i valori di onde dalla direzione di 120 °N), mentre per le onde frangenti si registrano differenze più marcate dovute alla maggior dissipazione nel passaggio dal fondale di ï 5 m s.l.m. a quello di -4 m s.l.m.

Lôanalisi condotta consente quindi di affermare che lôopera realizzata risulta a tutti gli effetti rispondente alle finalità indicate nel progetto approvato, sia in termini di efficacia e quindi della sua funzionalità rispetto ad eventi meteomarini significativi, sia per il quantitativo invariato delle forniture dei massi di IV Categoria che compongono lôopera e quindi si possa affermare come i lavori effettuati corrispondano a quelli contrattualmente affidati.