REGIONE LIGURIA

COMUNE DI ALASSIO

Proponente:
CONSORZIO ADELASIA

INTERVENTI DI PROTEZIONE COSTIERA LUNGO IL LITORALE DEL COMUNE DI ALASSIO (SV)

PROGETTO DEFINITIVO GENERALE E DI I° STRALCIO SPERIMENTALE



A. PROGETTO DEFINITIVO GENERALE E DI I° STRALCIO

STATO DI FATTO E DI RIFORMA

progettazione: Studio RINALDO

ing. Daniele Rinaldo
n. 1886 Ordine degli
Ingegneri della
Provincia di Venezia

Venezia, giugno 2014

PARTE A:

Relazione generale
A.1 Corografia di inquadramento territoriale
A.2 Planimetria comune di Alassio
A.3 Documentazione fotografica 1 di 3
A.4 Documentazione fotografica 2 di 3
A.5 Documentazione fotografica 3 di 3
A.6 Planimetria di progetto
A.7 Sezioni tipo
A.8 Profilo litorale di Ponente
A.9 Sezioni trasversali
A.9.1 Sezioni 1 di 10
A.9.2 Sezioni 2 di 10
A.9.3 Sezioni 3 di 10
A.9.4 Sezioni 4 di 10
A.9.5 Sezioni 5 di 10
A.9.6 Sezioni 6 di 10
A.9.7 Sezioni 7 di 10
A.9.8 Sezioni 8 di 10
A.9.9 Sezioni 9 di 10
A.9.10 Sezioni 10 di 10
A.10 Profilo litorale di Levante
A.11 Sezioni trasversali
A.11.1 Sezioni 1 di 8
A.11.2 Sezioni 2 di 8
A.11.3 Sezioni 3 di 8
A.11.4 Sezioni 4 di 8
A.11.5 Sezioni 5 di 8
A.11.6 Sezioni 6 di 8
A.11.7 Sezioni 7 di 8
A.11.8 Sezioni 8 di 8
A.12 Moduli Tecnoreef per la protezione costiera
A.13 Moduli Tecnoreef per il ripopolamento ittico

INDICE

1 CONSIDERAZIONI GENERALI 1

2 I MODULI TECNOREEF 2

2.1 Le prove sperimentali sui moduli Tecnoreef 4

2.1.1 Prove in canale a fondo fisso per la determinazione del coefficiente di trasmissione 4

2.1.2 Prove in canale a fondo mobile per l'analisi dell'evoluzione morfologica del fondale 5

3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO 7

3.1 Stato di fatto 7

3.2 Interventi di progetto: configurazione generale 8

3.2.1 Barriera Tecnoreef per la protezione costiera 10

3.2.2 Opere per il ripopolamento ittico 11

3.3 Il 1° stralcio sperimentale 12

1 CONSIDERAZIONI GENERALI

Oggetto della presente relazione è la descrizione degli interventi, per la protezione dall'erosione del litorale del comune di Alassio, interessato da progressivi fenomeni erosivi di notevole entità, sviluppati a livello di progettazione definitiva, in una configurazione generale e in un 1° stralcio.

La presente iniziativa, avente promotore il Consorzio Adelasia di Alassio, segue quella dell'Amministrazione Comunale, che con deliberazione della propria Giunta n. 109 in data 4 giugno 2013, aveva approvato in linea tecnica il progetto preliminare dell'opera di difesa dall'arenile con moduli Tecnoreef.

La spiaggia di fronte al centro di Alassio, avente un'estesa di circa 4 chilometri, è caratterizzata da una larghezza molto ridotta e ogni evento di mareggiata, sia da venti di Libeccio o Grecale o più raramente di Scirocco, può comprometterne non la fruibilità ai fini ricreativi e turistici, ma anche rappresentare un rischio per le abitazioni e le altre strutture che vi si affacciano, come evidente dall'osservazione della figura qui riportata.



Figura 1: spiaggia di Alassio, lato di ponente

La principale criticità del litorale di Alassio è, in sintesi, riconducibile alla diretta esposizione dell'arenile nei confronti delle mareggiate incidenti, venendo l'energia del moto ondoso a dissiparsi direttamente sull'arenile, senza elementi, in grado di garantire una adeguata protezione, in ragione de:

- la notevole pendenza del profilo immerso della spiaggia, che porta le onde al frangimento molto vicino alla linea di riva, con un forte trasferimento di energia alla battigia;
- l'assenza di scanni o altre forme morfologicamente rilevanti in grado di attenuare il moto ondoso incidente;
- l'assenza di un cordone dunale, in grado di garantire il naturale equilibrio dinamico del profilo attivo del litorale;
- la presenza di strutture verticali a ridosso della spiaggia, che rappresentano possibili superfici di riflessione per le onde incidenti durante le mareggiate.

Il presente progetto definitivo ha dunque come obiettivo quello di ridurre gli effetti del moto ondoso incidente sul litorale, ostacolandone la propagazione verso riva e inducendone il parziale frangimento su profondità maggiori, più lontano dalla costa.

La soluzione presentata prevede la posa in opera, di fronte alla costa, di una linea di moduli prefabbricati Tecnoreef, di uso consolidato in interventi di protezione costiera, in grado di incidere sull'energia del moto ondoso incidente, senza alterare l'immagine dell'attuale stato dei luoghi, circostanza questa di non marginale rilievo in un ambito importante come Alassio.

Viene inoltre prevista la posa in opera di moduli della stessa natura, su profondità maggiori, con la finalità di incrementare qualità e quantità della fauna ittica nell'ambiente costiero, offrendo anche possibili punti di interesse per il turismo subacqueo.

2 I MODULI TECNOREEF

Le strutture modulari ecocompatibili Tecnoreef sono state concepite per lo smorzamento del moto ondoso in prossimità della linea di riva, quindi adatte ad applicazioni che abbiano come oggetto la tutela della costa.

La struttura Tecnoreef di base è composta da elementi in conglomerato cementizio, in calcestruzzo a basso impatto ambientale, tipo *sea-friendly* od equivalente, ad alta resistenza caratteristica, con R_{ck}> 45 MPa, privo di additivi miglioratori di resa, caratterizzato dal possedere al raggiungimento della resistenza caratteristica richiesta, un pH vicino a quello dell'ambiente acquatico marino, non superiore a 9.

Ciascuna piastra Tecnoreef è di forma ottagonale e presenta una dimensione, intesa come distanza tra due lati paralleli, di 1180 mm ed uno spessore di 60 mm per la versione definita da "120 cm", con aperture diverse a seconda del modello. Ciascuna piastra pesa circa 128 kg. L'unione delle piastre è ottenuta mediante bulloneria metallica in acciaio inossidabile tipo AISI 304.

Le asperità e la non regolarità del calcestruzzo hanno lo scopo di produrre una scabrezza superficiale utile all'attecchimento delle larve degli organismi sessili in tempi particolarmente rapidi rispetto ad una più regolare rifinitura superficiale.

L'insieme delle piastre viene composto in un modulo complesso, secondo vari possibili schemi compositivi, ottenuti dalla giunzione di moduli "base" costituiti dall'unione di 3 piastre, a formare lastruttura minima, troncopiramidale, a base triangolare equilatera.

Il modulo Tecnoreef è certificato in base secondo alla direttiva ISO 14001:2004 e 14020: 2004, per il settore barriere artificiali per ripopolamento marino.

Questa certificazione, sia dal punto di vista qualitativo dei prodotti che del processo produttivo, colloca il prodotto nella sfera di quelli sostenibili, adatti e ecocompatibili per il settore marino in generale.

Le piastre modulari di base in calcestruzzo potranno essere fornite in un'area di cantiere in prossimità dell'arenile, per consentire il successivo montaggio e lo stoccaggio dei moduli direttamente in opera.



Figura 2: Fornitura del materiale

La composizione viene effettuata elemento per elemento, mediante semplice giunzione a mano, come si può osservare nella successiva Figura 3, in cui sono documentate le fasi di montaggio.

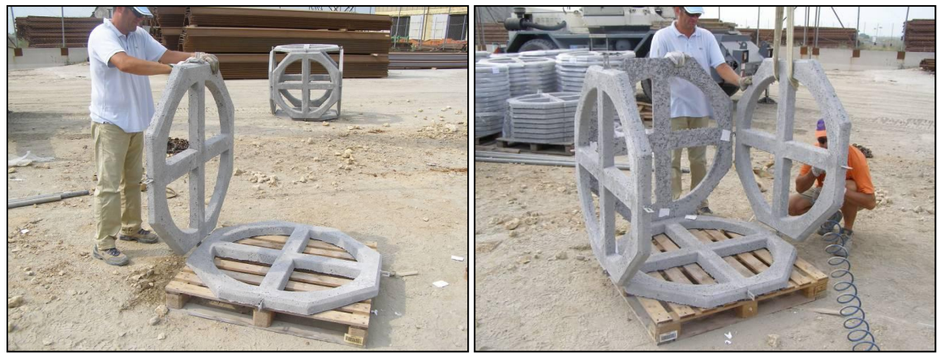


Figura 3: fase di montaggio

Il peso delle piastre varia a seconda del modello scelto, venendo gli stessi elementi fissati con idonea viteria e bulloneria in acciaio inox.



Figura 4: particolari

Una volta ultimato il montaggio, si potrà procedere alla definitiva messa in opera, provvedendo al sollevamento dei moduli mediante gru montata su pontone.



Figura 5: sollevamento dei moduli

La piramide montata è una struttura elastica e componibile, che mai deve essere sollevata per un unico punto, dovendo invece prevedere punti molteplici ed al fine di evitare strappi e rotture dovuti allo sbilanciamento del corpo sollevato, mediante idonee fasce.

La fase di posa dovrà essere assistita da operatori subacquei, in modo tale da garantire il posizionamento delle piramidi, secondo gli schemi e gli allineamenti che verranno previsti nei singoli progetti esecutivi.

Una volta assemblato, il modulo Tecnoreef presenta le seguenti caratteristiche:

- **Stabilità**

  Con traduzione meccanica continua delle forze sempre verso il fondale. A causa della forma piramidale, i moduli posti alla base della struttura scaricano sul fondale la forza che ricevono da un punto qualsiasi della struttura stessa; le loro pareti inclinate si ancorano sul fondo in modo stabile e definitivo, capace di resistere alle spinte delle correnti e agli effetti di trascinamento delle reti. Allo stesso tempo, dato che la base della struttura è sempre, in qualsiasi composizione, più ampia del culmine, la forza scaricata su ogni singola piastra di base non è mai eccessiva, evitando così l'affondamento della struttura nel fondale.

- **Reversibilità**

  Data l'assenza di strutture di fondazione e di ancoraggio che rendano fissi i moduli, si può ritenere che dette strutture, una volta che abbiano svolto la loro funzione ed innescato il ripascimento del litorale, possano essere agevolmente spostate se necessario, in ragione della relativa tipologia costruttiva.

- **Interazione con le correnti**

All'esterno delle pareti l'attrito provocato dalla struttura immersa in un flusso di corrente crea delle turbolenze superficiali, accentuate dalla presenza delle sfaccettature di varia inclinazione sui profili esterni ed interni. Tali difformità geometriche creano all'interno di ogni singolo elemento dei flussi secondari continui (*sfere d'acqua*) che sfogano la loro relativa energia verso l'alto smorzando di fatto la forza dell'onda.

- **Calcestruzzo *sea-friendly* (ecologico non impattante)**

  Il calcestruzzoè l'elemento basilare per la produzione del modulo: viene utilizzato calcestruzzo costituito solo da elementi naturali (sabbia lavata, ghiaia spezzata) e non viene utilizzato alcun materiale composito o di risulta (pezzi di mattoni, calcinacci, ecc.). Il cemento non viene additivato né fluidificato con miglioratori chimici di resa. Non vengono usati disarmanti sintetici per la sformatura dei prodotti dagli stampi. Non vengono usati additivi effervescenti per cavillare le superfici, che vengono invece vibrate, lavate e spazzolate meccanicamente.

- **Microcavità della superficie**

  Il particolare processo produttivo, attuato vibrando con tre diverse frequenze appositi stampi colmi di calcestruzzo speciale, ed il trattamento meccanico successivo, creano sulla superficie delle piccole cavità. Queste possono essere nell'ordine del decimo di millimetro come di qualche centimetro. Ciò permette a molte forme di vita (anche molto piccole come le di corallo) di attecchire con maggiore facilità.

- **Ancoraggio tra le piastre**

  Le armature che compongono la struttura, gli agganci e la minuteria meccanica di collegamento tra i vari elementi sono costituiti da acciaio inox AISI 304 ad alta resistenza alla corrosione, perciò assolutamente inalterabili in acqua di mare. Non vengono utilizzati acciai diversi con metalli pesanti speciali (vanadio – tungsteno – titanio) perché la loro reattività chimica modifica localmente sia l'acidità dell'area circostante sia i percorsi d'elettrolisi delle strutture, creando, di fatto, passaggi di ioni negli elementi metallici che creano corrosione.

A margine, va evidenziato come la stessa presenza di detti moduli sia in grado di favorire il ripopolamento ittico del litorale, per le condizioni di biodiversità indotte sull'ambiente costiero in cui le strutture si inseriscono.

2.1 Le prove sperimentali sui moduli Tecnoreef

Al fine di fornire una descrizione qualitativa e quantitativa del comportamento delle strutture per la protezione costiera, i moduli Tecnoreef sono stati sottoposti a due distinte serie di prove sperimentali, effettuate dalla società Protecno S.r.l. di Noventa Padovana (PD) nella canaletta del centro sperimentale di Voltabarozzo.

Nella prima occasione (ottobre 2011) una struttura piramidale in piastre Tecnoreef è stata sottoposta ad una serie di onde incidenti, in modo da poterne valutare l'efficienza nello smorzamento del moto ondoso, nelle varie possibili condizioni.

Nel secondo caso (gennaio 2013) la medesima struttura piramidale è stata posata su di un fondo mobile e sottoposta ad una onda incidente per 90 minuti al fine di valutare le variazioni morfologiche del fondale.

In entrambi i casi è stato realizzato un modulo in scala 1:2.5, in una canaletta lunga circa 125 m di metri, con pendenza inferiore all'1%.

2.1.1 *Prove in canale a fondo fisso per la determinazione del coefficiente di trasmissione*

La struttura di prova è qui documentata nelle immagini della successiva Figura 7, essendo state valutate varie condizioni di:

- profondità del campo di moto, con conseguenti diverse condizioni di sommergenza del modulo Tecnoreef;
- altezze d'onde incidenti;
- periodi delle onde incidenti, tenuto conto che, come noto, le onde di tempesta sono caratterizzate da un periodo (l'intervallo di tempo che trascorre fra due diverse creste) significativamente inferiore rispetto a quello delle onde lunghe che si verificano al termine delle mareggiate.

La condizione ottimale di funzionamento dei moduli, la cui altezza è pari a 1.70 m, è quella che corrisponde a fondali di circa 2.20 m, con una sommergenza quindi delle strutture pari a 50 cm sul livello medio mare, in modo da rimanere immersi anche in condizioni di bassa marea.

In queste condizioni, l'efficienza dei moduli nello smorzamento delle massime onde incidenti su tali fondali è stata valutata pari al 30% per le cosiddette onde di tempesta, caratterizzate cioè dai periodi ridotti, valore che tende progressivamente a ridursi per le cosiddette onde lunghe, quelle che cioè che tendono a riportare la sabbia sull'arenile dopo le mareggiate, come descritto in precedenza. Nella successiva Figura 6 è mostrato a confronto l'andamento delle altezze

d'onda misurate a monte della struttura ed immediatamente a valle, risultando assolutamente evidente quale sia l'efficienza delle strutture nello smorzamento del moto ondoso incidente (blu in arrivo e magenta in uscita).

L'efficacia di tali opere è quindi legata a 3 principali motivi.

1. L'azione di dissipazione localizzata dell'energia del moto ondoso, oltre a indurre una significativa diminuzione della altezza dell'onda incidente, provoca anche il deposito localizzato di parte della sabbia trasportata in sospensione dal moto ondoso. Tali strutture hanno dunque ideale ubicazione all'interno della zona dei frangenti, dove come noto, ed ampiamente descritto in letteratura, è attivo il trasporto solido litoraneo.
2. La dissipazione dell'energia risulta maggiore per le onde incidenti con periodo minore, e quindi maggiore pendenza a parità di altezza d'onda:ciò implica che la presenza di una barriera Tecnoreef di fronte all'arenile influisce in maniera maggiore durante gli eventi di mareggiata, ma non inficia la naturale azione di ripristino del profilo sabbioso che avviene ad opera delle onde lunghe e di *swell* nei giorni successivi alle mareggiate.
3. L'azione di ostacolo che detti moduli costituiscono nei confronti della corrente di riflusso che tende a portare il materiale verso il largo, facilitando l'azione di trattenimento della sabbia in prossimità del litorale da proteggere.

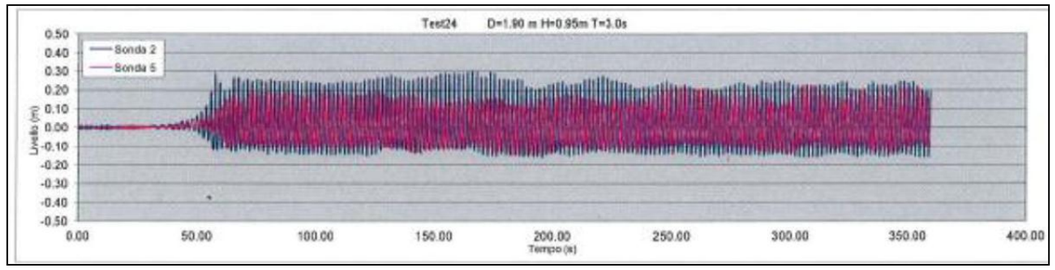


Figura 6: altezza misurata del moto ondoso prima e dopo la barriera

Il risultato atteso quindi con la posa della barriera con i moduli Tecnoreef è quello di favorire un processo di deposito della sabbia a tergo delle strutture,laminando l'altezza dell'onda incidente, arrestando il fenomeno erosivo in atto e favorendo il ripascimento.



Figura 7: il modello fisico del modulo Tecnoreef in canaletta



Figura 8: proveper la trasmissione del moto ondoso in canaletta

2.1.2 *Prove in canale a fondo mobile per l'analisi dell'evoluzione morfologica del fondale*

La principale novità di questa serie di misurazioni in canaletta è costituita dall'aver effettuato una prova di lunga durata per lo studio dell'evoluzione morfologica del fondale.L'obiettivo è dimostrare che la posa dei moduli sperimentali Tecnoreef permette di trattenere i sedimenti movimentati dal moto ondoso, che altrimenti andrebbero irrimediabilmente perduti al largo.

A tal fine è stato predisposto un fondo mobile, come si osserva nelle fotografie di Figura 9 per un'estesa di 4.30 metri a monte e 2.80 metri a valle dei moduli Tecnoreef, per l'intera larghezza del canale, pari a 2 metri.

La struttura è stata sottoposta ad un moto ondoso incidente, avente le seguenti caratteristiche:

- altezza d'onda: 1 m;

- periodo: 3.5 s;
- tirante d'acqua: 2 m;
- durata: 2 ore.



Figura 9: prova in canaletta a fondo mobile

Prima dell'inizio della simulazione e dopo il suo termine è stato effettuato un rilievo del fondo, esteso per circa 2 metri a fronte ed a tergo della struttura.

La misura delle quote del fondo è stata eseguita lungo una griglia a maglia quadrata di passo 20x20 cm, come si osserva nella successiva Figura 10.

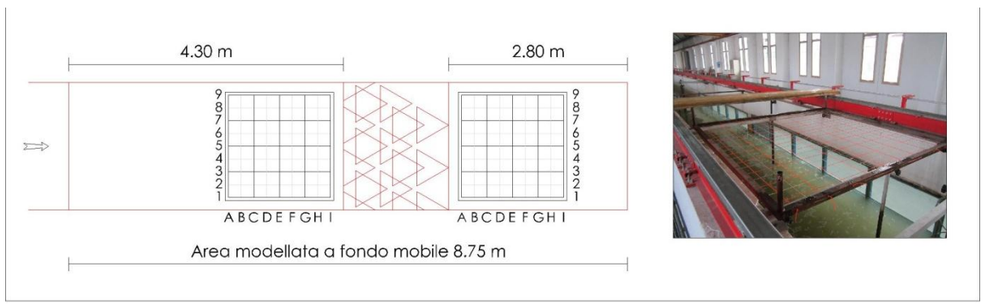


Figura 10: sistema di misura del fondo

Nella successiva Figura 11 è rappresentata la mappa delle differenze tra le misure effettuate al termine della simulazione e quelle realizzate prima dell'inizio della prova.

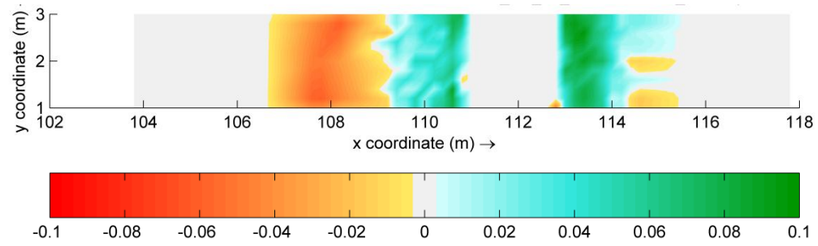


Figura 11: erosioni e riporti del fondo misurati

In tonalità di rosso e con segno negativo sono rappresentati i punti in cui il fondale è stato eroso dalla corrente, mentre in tonalità di celeste e verde, con segno positivo, sono rappresentate le aree in cui il sedimento di fondo si è depositato.

E' in tal modo possibile analizzare l'evoluzione del fondale nelle vicinanze dei moduli Tecnoreef, all'incidere del moto ondoso, sia davanti che a tergo della struttura sommersa.

Dall'osservazione della mappa di Figura 11, nella quale la direzione del moto ondoso è orientata nel senso delle coordinate x crescenti, si individuano delle zone con comportamenti ben distinti.

Nella parte rilevata più a monte, rispetto al Tecnoreef si riscontra un'area di erosione dell'ordine di -10 cm, seguita da una di riporto immediatamente addossata alla struttura di circa 3-4 cm. Immediatamente dopo averla attraversata, l'onda causa una zona di accumulo consistente di circa 10 cm ed una successiva zona mista di accumulo e di erosione.

In sintesi l'aspetto più importante della prova è l'aver avuto un riscontro del fatto che il Tecnoreef non agisce solamente come barriera per lo smorzamento del moto ondoso ma agisce anche come barriera semi-permeabile capace di intrappolare i sedimenti del fondale marino sul quale viene posta, impedendo di allontanarli al largo e perderli definitivamente.

3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO

Oggetto del presente paragrafo è la descrizione degli interventi di protezione del litorale di Alassio inclusi nel progetto definitivo, per i quali sono stati prodotti gli elaborati grafici da A.1 a A.13.

3.1 Stato di fatto

La localizzazione geografica dell'ambito di intervento è definita nella corografia di inquadramento rappresentata in tavola A.1, riprodotta nella seguente Figura 12. Come noto, il comune di Alassio si affaccia sul Mar Ligure, estrema porzione settentrionale del Mar Tirreno, e fa parte della Riviera Ligure di Ponente.

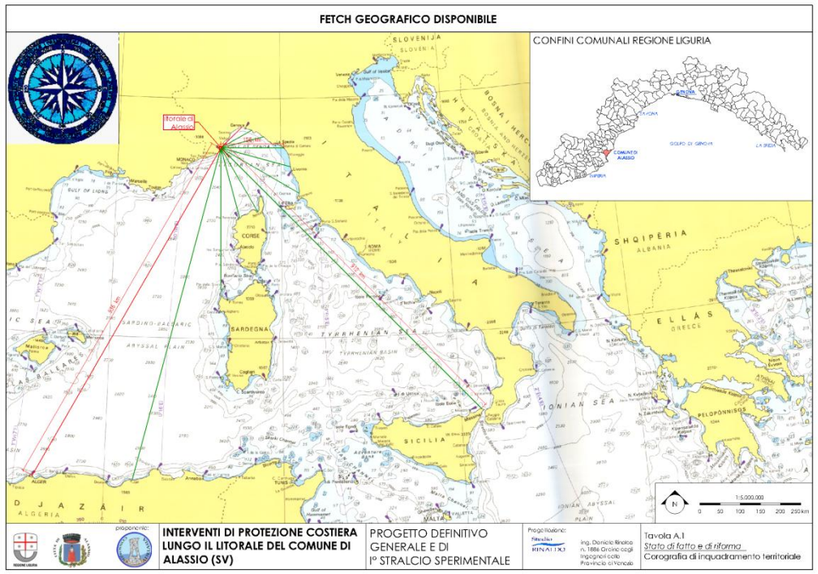


Figura 12: corografia di inquadramento territoriale

Il golfo di Alassio risulta aperto verso sud-est, esposto quindi principalmente ai venti di Scirocco, ma il settore che influisce maggiormente sull'idrodinamica costiera è quello di Libeccio, per il quale il fetch disponibile è massimo, con un'estensione di circa 950 km nel Mediterraneo occidentale. Il fetch per il settore di Scirocco è molto esteso nel mar Tirreno, anche il fetch efficace risente di numerose interruzioni, dovute alla presenza della Corsica e delle altre isole. Più ridotto appare il fetch disponibile per il settore di traversia di Grecale, esteso circa 150 km.

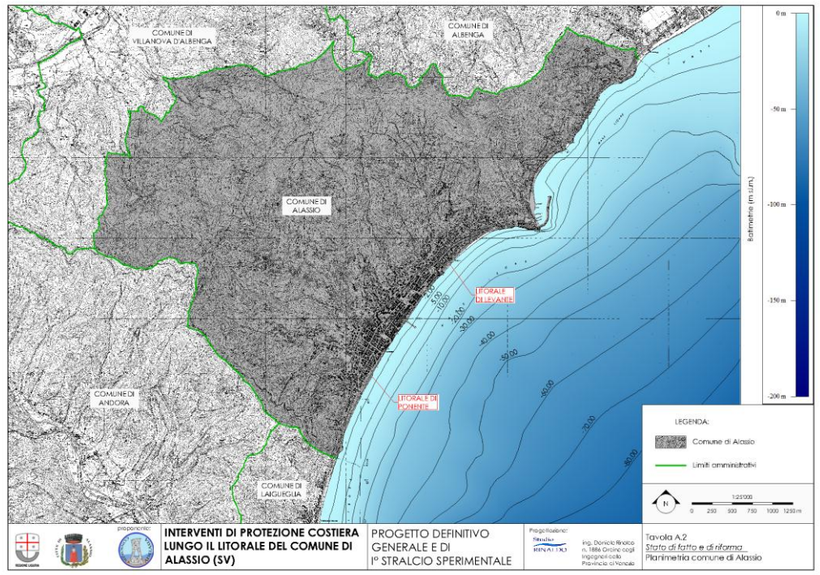


Figura 13: planimetria comune di Alassio

Nella tavola A.2, riportata in Figura 13, è rappresentata la planimetria del comune di Alassio, insieme alla mappa delle batimetrie nello specchio acqueo antistante al litorale. Dall'osservazione delle isobate, risulta chiaro come il fondale digradi rapidamente davanti alla spiaggia, con una profondità di -10 m s.m.m. ad una distanza di circa 300 m dalla linea di riva, e con una pendenza ancora maggiore fino alla profondità di -30 m s.m.m., raggiunta a circa 700 m dalla spiaggia.

Le caratteristiche peculiari della spiaggia antistante al centro di Alassio sono documentate dalle fotografie riportate nelle tavole A.3÷A.5, scattate durante le operazioni di rilievo topo-batimetrico effettuato nell'aprile di quest'anno. Significative innanzitutto le immagini 1 (Figura 14) e 18 (Figura 15), rappresentative delle estremità del litorale, rispettivamente per la spiaggia di ponente e per la spiaggia di levante: si nota infatti come in queste porzioni di costa non sia presente un litorale sabbioso, ma vi siano solamente scogliere in pietrame di protezione, aderenti alle strutture viarie.



Figura 14: estremità occidentale della spiaggia di ponente



Figura 15: estremità orientale della spiaggia di levante

Anche le altre fotografie dimostrano le ridotte dimensioni della battigia, e la presenza di numerose strutture a paramento verticale direttamente affaccianti sulla spiaggia.

Un altro importante elemento presente in questo tratto di costa è il pontile "Mario Bestoso", rappresentato nelle foto 9 (Figura 16) e 11 lungo circa 150 m, posto circa a metà dell'arenile. Fondato su pali, questo molo si presenta come sostanzialmente "trasparente" alle azioni del moto ondoso, non ostacolando in maniera significativa la propagazione delle onde verso riva.



Figura 16: pontile Bestoso

3.2 Interventi di progetto: configurazione generale

Nella tavola A.6, riprodotta in Figura 16, è indicata la posizione planimetrica degli interventi previsti dal presente progetto, insieme all'indicazione delle sezioni utilizzate come riferimento per la definizione della posizione di posa dei moduli Tecnoreef. In corrispondenza alle stesse sezioni sono stati individuati i vertici delle poligonali lungo cui porre in opera i moduli Tecnoreef, e per ciascuno dei vertici è riportata la distanza progressiva dall'origine e le corrispondenti coordinate geografiche, riferite alla proiezione di Gauss-Boaga per il fuso 32 (fuso ovest).

Come rappresentato nella planimetria, con una traccia di colore rosso, i moduli Tecnoreef vengono posati secondo una linea parallela alla riva, in corrispondenza alla profondità di -2.80 m s.m.m., ad una distanza dalla costa variabile da circa 120 m, a sud-ovest, a circa 80 m, a nord-est.

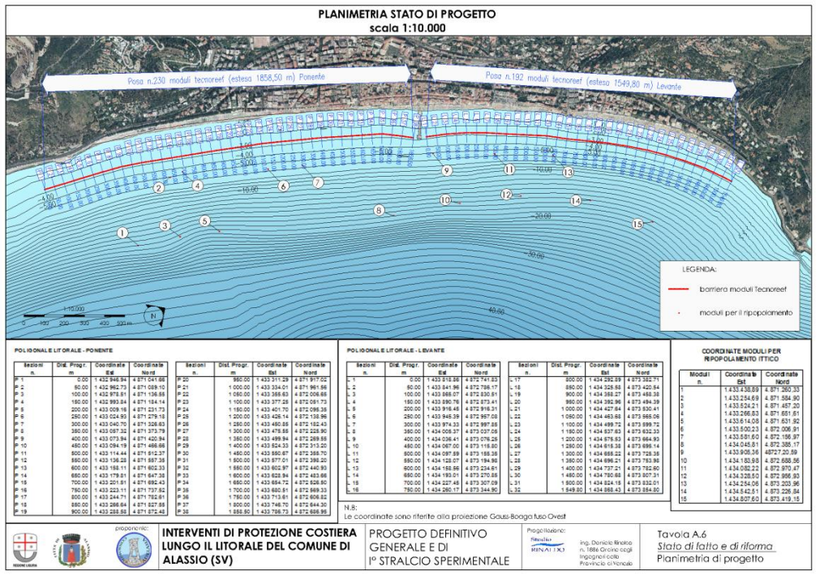


Figura 17: planimetria di progetto

La scelta della profondità di posa, e della disposizione lineare dei moduli, è stata supportata da una modellazione matematica realizzata per simulare l'idrodinamica costiera durante gli eventi di mareggiata ed i conseguenti effetti morfodinamici indotti sulla spiaggia. Mediante gli studi modellistici effettuati sin dalla progettazione preliminare, sono state prese in considerazione diverse configurazioni di progetto, poste a confronto con lo stato di fatto, al fine di individuare le caratteristiche ottimali ai fini della protezione del litorale. Le caratteristiche del modello ed i risultati ottenuti sono descritti nella documentazione della parte C allegata al presente progetto.

La linea a protezione della spiaggia di ponente è costituita da 230 moduli Tecnoreef, per un'estesa complessiva di circa 1860 m, quella a protezione della falcatura di levante è estesa invece circa 1550 m, ed è costituita da 192 moduli.

Il progetto definitivo prevede inoltre la posa in opera di 15 moduli Tecnoreef per il ripopolamento ittico, posati in maniera isolata su profondità maggiori, variabili da -5 a -20 m s.m.m. Per ciascuno dei moduli è indicata la posizione di posa, sempre riferita alla proiezione Gauss - Boaga fuso ovest.

Si desidera fin da ora sottolineare che le opere in progetto sono posizionate in modo da non interferire con il sito di interesse comunitario SICIT1325675, caratterizzato da praterie di *Posidonia*, come rappresentato in Figura 18.

Maggiori dettagli riguardo alla verifica della compatibilità del progetto con gli strumenti urbanistici attualmente in vigore sono presentati all'interno della documentazione della parte B – Studio di fattibilità ambientale.

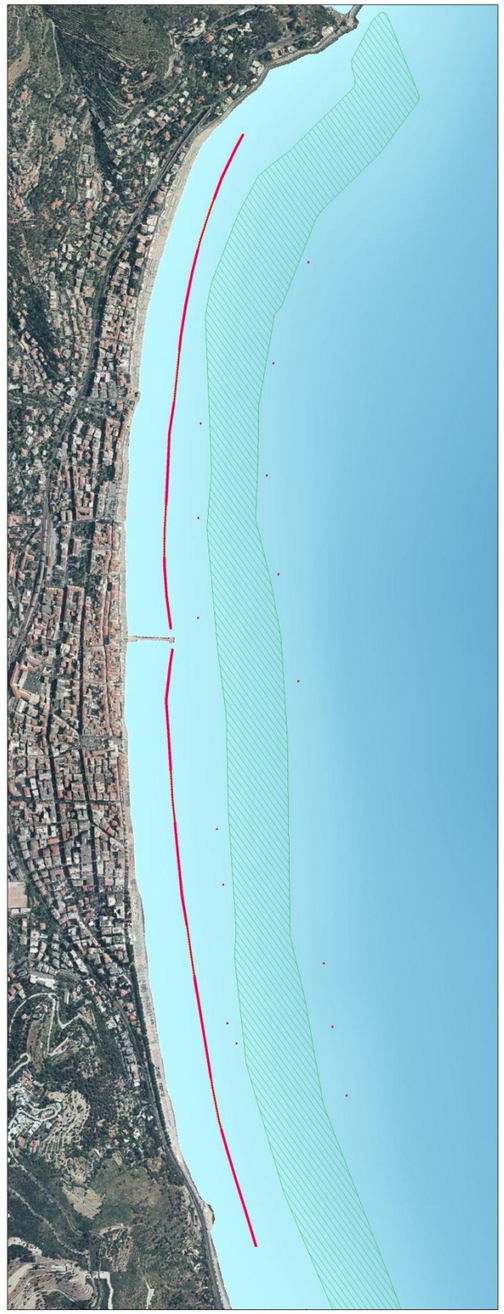


Figura 18: opere di progetto in rosso, area SIC IT1325675 in verde

I profili tipologici del litorale, ricavati dal rilievo topografico e batimetrico di aprile 2013, sono rappresentati nella tavola A.7, riprodotta nella sottostante Figura 19. La distorsione delle scale grafiche verticali ed orizzontali consente di individuare una notevole differenza tra la pendenza media della sezione tipo del litorale di ponente e quella del litorale di levante: si riconosce infatti che nella parte di ponente la profondità di -10 m s.m.m. viene raggiunta a circa 370 m dalla riva, nella parte di levante invece viene raggiunta già dopo 300 m.

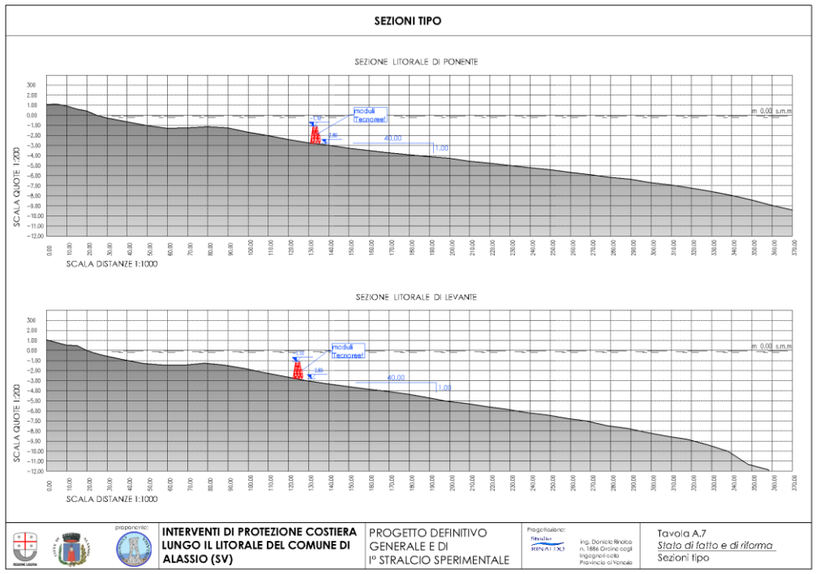


Figura 19: sezioni tipo

Come rappresentato nelle sezioni tipo, la sommità delle strutture Tecnoreef si trova alla quota media di -1.10 m s.m.m., 1.70 m al di sopra della quota di posa.

Nelle tavole successive, A.8 e A.9.1÷A.9.10, sono contenuti il profilo longitudinale e le sezioni di progetto relativi all'intervento per il litorale di ponente, mentre le tavole A.10 e A.11.1÷A.11.10 sono relative al litorale di levante.

A titolo di esempio si riporta in Figura 20 la tavola A.8 relativa al profilo longitudinale di progetto per la spiaggia di ponente, dal quale si osserva la sostanziale uniformità della quota di posa in corrispondenza alla profondità di -2.80 m s.m.m.

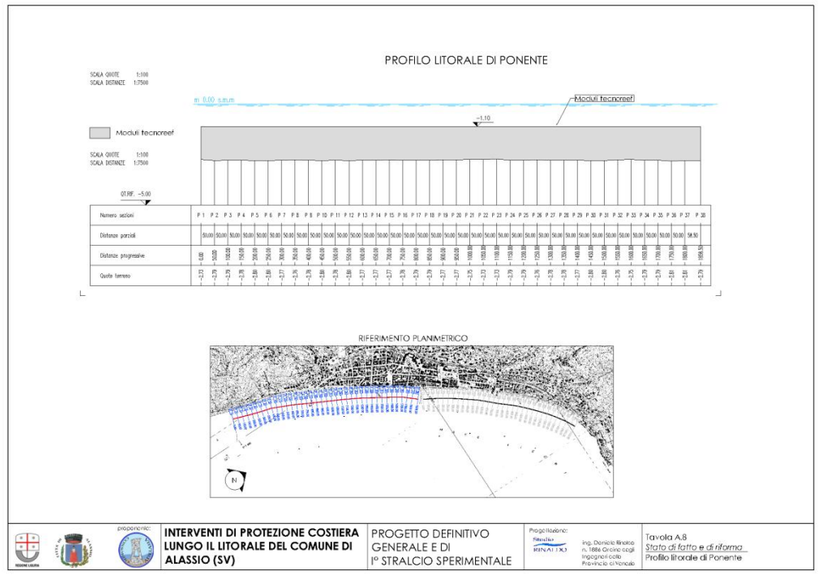


Figura 20: profilo di progetto per il litorale di ponente

3.2.1 *Barriera Tecnoreef per la protezione costiera*

L'opera di progetto finalizzata alla protezione della costa dall'erosione provocata dal moto ondoso incidente è una barriera costituita da moduli prefabbricati Tecnoreef, divisa in due tratte dal pontile Bestoso, per un'estesa complessiva di circa 3400 m.

Le strutture Tecnoreef, le cui caratteristiche sono già state ampiamente descritte nel precedente paragrafo 2, sono caratterizzate da un'elevata modularità, con la possibilità di realizzare composizioni molto diverse, utilizzando numeri diversi di piastre, in base alle necessità ed alle problematiche peculiari dell'ambito di intervento.

Per il litorale di Alassio, l'obiettivo è quello di realizzare un'efficace dissipazione del moto ondoso incidente sull'arenile, limitando il più possibile il trasporto solido all'origine dei processi erosivi. Fondamentale appare dunque la continuità dell'opera a protezione della spiaggia, e la sua estensione di fronte all'intero arenile sabbioso. Eventuali interruzioni della continuità possono infatti rappresentare punti critici per l'avvio di fenomeni erosivi localizzati.

La continuità della barriera di Tecnoreef viene dunque ottenuta con l'utilizzo di moduli composti da 51 piastre, descritti nella tavola di progetto A.12, riprodotta in Figura 21.

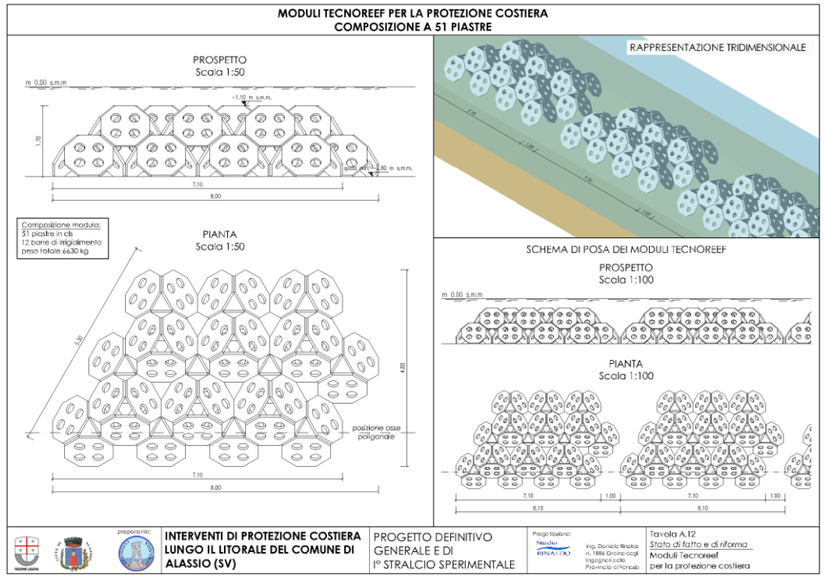


Figura 21: moduli Tecnoreef per la protezione costiera

Questo particolare tipo di composizione è caratterizzato da un'impronta di base non regolare, con una direzione principale lungo cui viene ottenuto l'allineamento tra i moduli, una volta affiancati. La singola composizione presenta dunque un fronte largo 7.10 m, ma occupa in totale una larghezza di oltre 8 m, e si sviluppa in profondità per circa 4.80 m.

Le piramidi di piastre Tecnoreef sono sovrapposte su due ordini, in modo da ottenere un'altezza di circa 1.75 m sul piano di posa. Un certo grado di affondamento nella sabbia di fondo è inevitabile, a causa del peso della struttura e dell'appoggio concentrato lungo gli spigoli delle piastre, per cui per i calcoli e per la modellazione si fa riferimento ad un'altezza ridotta pari a 1.70 m. I moduli vengono affiancati nella direzione del fronte, con una spaziatura di 1 metro. La distanza tra i moduli, oltre a consentire maggiore semplicità e sicurezza nelle operazioni di posa in acqua, forniscono alla barriera un'elevata permeabilità, distribuita uniformemente lungo tutta l'opera, minimizzando però l'interruzione della continuità. Come si osserva infatti dal prospetto in scala 1:100 riportato nella suddetta tavola A.12, il fronte della barriera si presenta comunque ininterrotto.

3.2.2 Opere per il ripopolamento ittico

Il presente progetto definitivo prevede la posa in opera di altri 15 moduli Tecnoreef al largo della costa, in grado di incrementare qualitativamente e quantitativamente le risorse alieutiche nello specchio acqueo antistante Alassio. A questo scopo, le singole composizioni vengono posate sul fondale, a profondità comprese tra -5 m s.mm. e -20 m s.m.m., in posizioni isolate, con distanze relative di circa 200 ÷ 300 m.

La scheda descrittiva degli elementi per il ripopolamento ittico è contenuta nella tavola di progetto A.13, riprodotta in Figura 22.

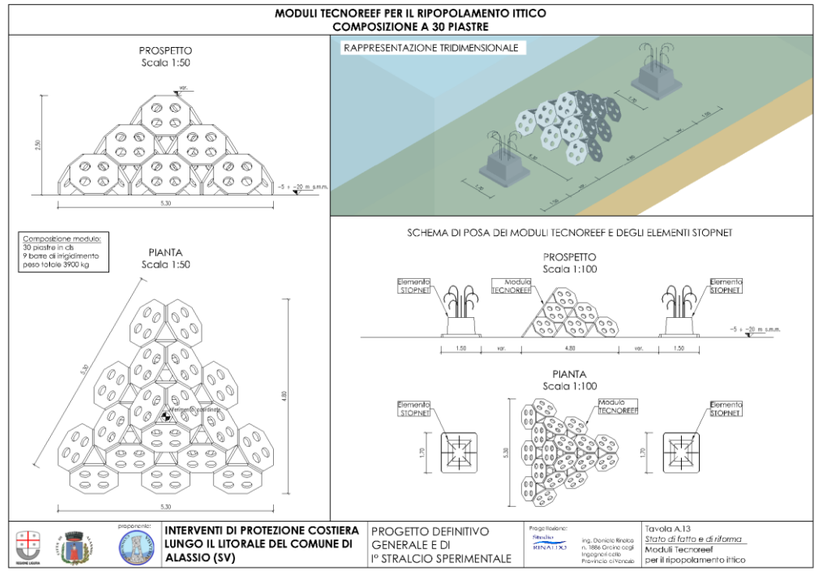


Figura 22: moduli Tecnoreef per il ripopolamento ittico

In questo caso il modulo tipo è costituito da 30 piastre, a formare una piramide con impronta di base regolare, a forma di triangolo equilatero, con lato di circa 5.30 m. In questo modo la struttura non prevede una direzione preferenziale per la posa, ma presenta tre facce identiche sui tre lati. Le piramidi di piastre Tecnoreef vengono costruite su tre ordini, dunque l'altezza di queste composizioni è maggiore rispetto a quella della barriera frangionde, e pari a circa 2.50 m sul fondale. Al fine di impedire il danneggiamento delle strutture da parte di reti da pesca a strascico, viene prevista la posa in opera in prossimità di ciascun modulo, di due elementi dissuasori Stopnet, costituiti da un plinto a bicchiere prefabbricato di base rettangolare 1.50x1.70 m, riempito di calcestruzzo, in cui vengono ancorati 8 ganci costituiti da tondini in acciaio curvati all'estremità superiore. I rampini, posti a croce e sfalsati a due livelli, presentano la caratteristica di aprirsi sotto forti sollecitazioni in modo da rilasciare eventuali cavi in acciaio impigliati accidentalmente, ma sono in grado di strappare le reti a strascico agganciate con la sola forza di traino.

3.3 Il 1° stralcio sperimentale

Come accennato nelle premesse, alla proposta di configurazione generale delle opere di protezione del litorale di Alassio, è unita anche l'indicazione di un primo stralcio sperimentale, che andrà a interessare un tratto di alcune centinaia di metri, a ponente dell'esistente molo, come indicato nella tavola F. 1 qui riprodotta nella successiva Figura 23

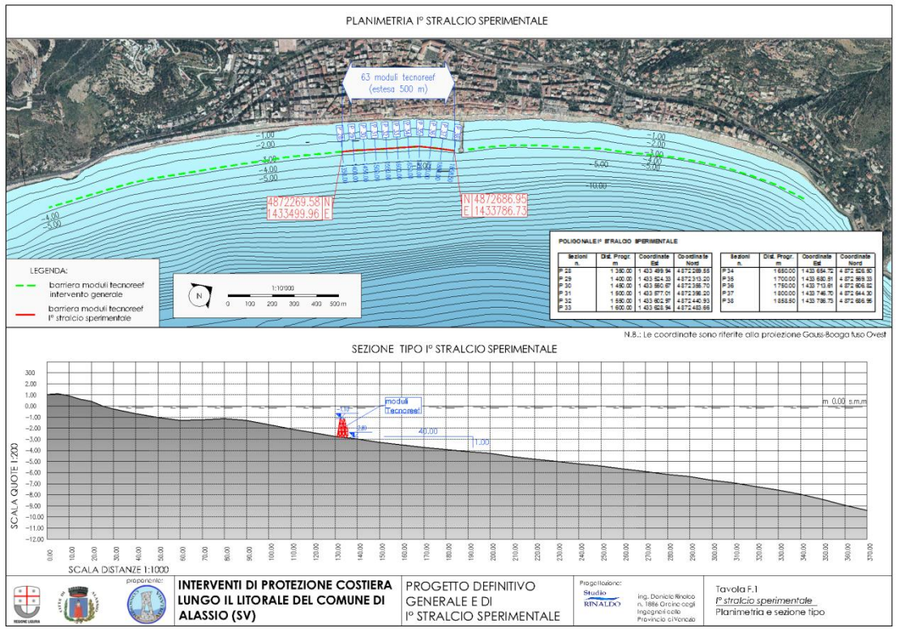


Figura 23: 1° stralcio sperimentale

Tale configurazione è stata scelta con riferimento alla necessità che:

- l'estesa dell'intervento fosse sufficientemente significativa, tale da garantire un buon esito dello stesso, senza che gli effetti di bordo ne vanificassero l'efficacia;
- il costo dell'intervento fosse compatibile con le capacità di autofinanziamento da parte del soggetto proponente.

Nella tavola F. 2 è contenuto il profilo longitudinale dell'intervento (cfr. Figura 24), mentre nel fascicolo F.3 sono indicate le relative sezioni trasversali.

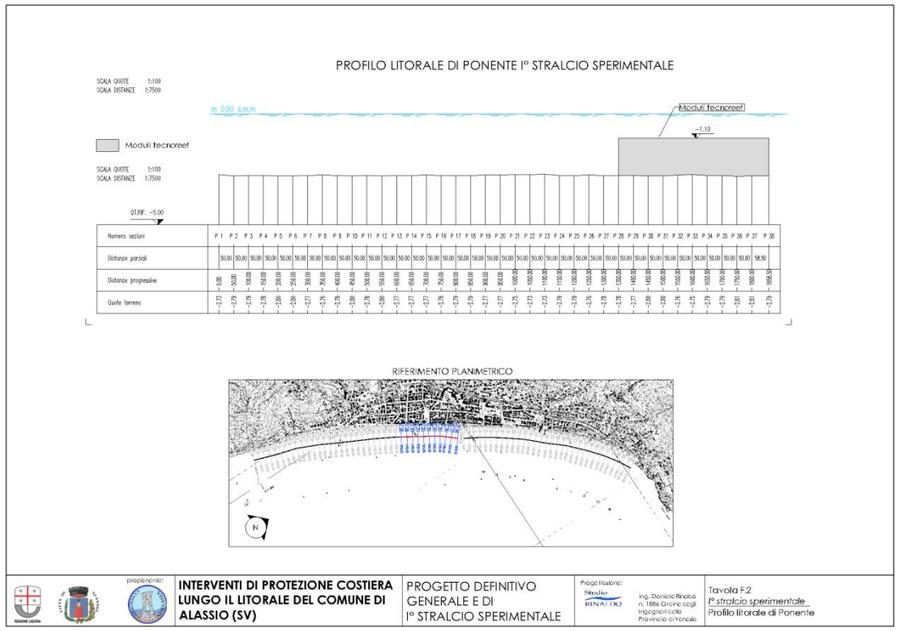


Figura 24:profilo longitudinale

Nella tavola F. 4 sono contenuti i particolari costruttivi dei moduli, peraltro analoghi a quelli della configurazione generale.

Completano gli allegati, gli elaborati economici, il cronoprogramma e la relazione di screening per la via.