ITEC engineering

COMUNE DI PIETRA LIGURE

Committente:
Comune di Pietra Ligure (SV)

Titolo:

INTERVENTO DI RIPRISTINO OPERE A MARE A SEGUITO DI ECCEZIONALI EVENTI METEOROLOGICI CHE HANNO INTERESSATO IL TERRITORIO DELLA REGIONE LIGURIA NELL'OTTOBRE 2018 (O.C.D.P.C. 558/2018 N. 67/2020) MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI UNA BARRIERA DISSIPATRICE E IL RIPASCIMENTO DELL'ARENILE LUNGO IL TRATTO DI LITORALE COMPRESO TRA LA FOCE DEL RIO RANZI E IL CONFINE CON IL COMUNE DI LOANO

Livello di Progetto:
Fattibilità tecnico economica

Oggetto:

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

RTP:
ITEC engineering S.r.l.
Dott. Ing. Paolo Noce
Dott. Geol. Luciano Minetti

Codice Progetto:
P165-20

Nome File:
P165-20-F-RE-GEN-001-A

Firme:





Rev.	Modifiche/Revisioni	Redatto	Data	Contr./Appr.	Data
A	Prima emissione	DR	12/01/21	PM	12/01/21

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 RICM
Sistema Certificato UNI EN ISO 9001
SC 10-2588/IAF 34

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

INDICE

1 PREMESSA 2

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE 3

2.1 IL PARAGGIO DI PIETRA LIGURE - BORGIO. 3
2.2 EVOLUZIONE STORICA DEL LITORALE 3
2.3 CRITICITÀ 4

3 INDAGINI E RILIEVI 8

4 OPERE PREVISTE 10

4.1 FINALITÀ DELL'INTERVENTO 10
4.2 UBICAZIONE DELL'INTERVENTO 10
4.3 CRITERI GENERALI DI SCELTA ED EVENTUALI SOLUZIONI ALTERNATIVE 12
4.4 DESCRIZIONE DELLE OPERE 13

5 DIMENSIONAMENTO 19

5.1 CALCOLO DELL'ONDA DI PROGETTO 19
5.1.1 Esposizione del paraggio 19
5.1.2 Clima ondoso al largo. 21
5.1.3 Propagazione dal largo verso riva. 22
5.2 PROPAGAZIONE VERSO LA SPIAGGIA ED EFFETTI DI DISSIPAZIONE DELL'OPERA 24
5.2.1 Effetto di shoaling 24
5.2.2 Effetto della presenza della secca 25
5.3 CONFRONTO DEI RISULTATI 26
5.4 DIMENSIONAMENTO DELL'OPERA MARITTIMA (SECCA DISSIPATRICE) 27
5.4.1 Formula di Iribarren 28
5.4.2 Formula di Hudson 29
5.4.3 Formula di Van der Meer 30
5.4.4 Confronto dei risultati 31

6 VINCOLI TERRITORIALI 32

6.1 SITI DI INTERESSE COMUNITARIO (SIC) 32
6.2 PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PAESISTICO (PTCP) 32
6.3 PIANO DI TUTELA DELL'AMBIENTE MARINO E COSTIERO (PTAMC) 33
6.4 PIANO URBANISTICO COMUNALE (PUC) 35
6.5 VINCOLI PAESAGGISTICI (D.LVO 42/2004) 36

1 PREMESSA

La presente relazione è redatta a corredo del progetto di fattibilità tecnico economica delle opere di difesa del litorale di ponente di Pietra Ligure, consistenti negli "*Interventi di ripristino opere a mare a seguito di eccezionali eventi meteorologici che hanno interessato il territorio della Regione Liguria nell'ottobre 2018 (O.C.D.P.C. 558/2018 n. 67/2020) mediante la realizzazione di una barriera dissipatrice lungo il tratto di litorale compreso tra la foce del rio Ranzi e il confine con il comune di Loano".*

L'intervento in oggetto è finalizzato alla protezione di un tratto della fascia litoranea di ponente del comune di Pietra Ligure compresa tra lo sbocco del rio Ranzi e il porto di Loano.

Tale tratto è stato oggetto nel passato anche recente (ad esempio in occasione della mareggiata del 26 novembre 2019) di danni causati da forti mareggiate con interessamento della passeggiata a valle della linea ferroviaria e delle strutture di protezione ad essa collegate.

La spiaggia a ponente del centro storico è stata inoltre soggetta in passato ad una grave crisi erosiva, tale da richiedere nel tempo ripetuti interventi di ripascimento stagionale con materiale di cava, a carico della società concessionaria del porticciolo di Loano.

Un intervento strutturale realizzato nel 2005 con i sedimenti derivati dal dragaggio del nuovo bacino portuale ha consolidato il processo di recupero della spiaggia, che tuttavia è sempre in equilibrio precario.

L'intervento è quindi mirato alla protezione dell'abitato e delle infrastrutture dall'impatto generato dalle mareggiate anche non particolarmente intense e al ripascimento della spiaggia emersa a garanzia dei possibili effetti erosivi della corrente litoranea, che tendono a spostare i sedimenti da ponente verso levante, riducendo progressivamente l'ampiezza.

L'intervento è costituito da due lotti funzionali strettamente collegati e connessi:

- 1° lotto: realizzazione di una secca dissipatrice posta a circa 250 m da riva sulla batimetrica dei -5 m, costituita da massi ciclopici, lunga circa 180 m, con funzione di protezione della parte centrale della spiaggia;
- 2° lotto: ripascimento dell'arenile su uno sviluppo di circa 650 m, con un quantitativo di circa 10.000 mc di sabbia di granulometria adeguata a garantire la stabilità del profilo della spiaggia emersa, con un avanzamento della linea di riva di circa 5 metri.

Nell' elaborazione del progetto e nelle analisi idraulico-marittime a corredo dello stesso si è fatto riferimento al Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero elaborato dalla Regione Liguria e in particolare all'Ambito Costiero 08, che comprende le unità fisiografiche del Centa, Centa Sud e Maremola ed è stato approvato dal Consiglio Regionale con Delibera n. 7 del 23 febbraio 2016.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1 IL PARAGGIO DI PIETRA LIGURE - BORGIO.

Il paraggio di Pietra Ligure - Borgio Verezzi si sviluppa per circa 6,5 km compresi tra il porto di Loano e il promontorio roccioso della Caprazoppa; il tratto ha un andamento arcuato con orientazione complessiva circa SW-NE.

I principali corsi d'acqua che sfociano all'interno del paraggio sono il rio Ranzi (circa 3 km^2) il torrente Maremola, (circa 46 km^2), e il torrente Bottasano (circa 7 km^2).

Il litorale è caratterizzato soprattutto da un ambiente di spiaggia, per circa 5 km totali, e da 1.5 km di costa artificializzata, situati in corrispondenza dei cantieri navali di Pietra Ligure e verso il capo Caprazoppa.

Il paraggio comprende l'intero fronte mare dei comuni di Pietra Ligure e Borgio Verezzi. L'estremo tratto di levante, per circa 1 km, appartiene amministrativamente al Comune di Finale Ligure.

2.2 EVOLUZIONE STORICA DEL LITORALE

Le prime informazioni sul tratto di costa oggetto di indagine risalgono alle carte del Vinzoni, nella prima metà del secolo XVIII, da cui risulta che la spiaggia davanti a Pietra Ligure fosse molto ampia e si andava assottigliando verso il promontorio di Caprazoppa.



Figura 2.1 - Paraggio costiero oggetto di studio

L'inizio dei fenomeni erosivi risalgono all'epoca napoleonica, con la costruzione del molo di Loano, alla foce del torrente Nimbalto. Per arginare la tendenza evolutiva al decremento delle spiagge nel 1886 venne costruito un pennello alla foce del Maremola, in sponda destra: ciò consentì di stabilizzare il litorale a ovest ma spostò il fenomeno di erosione a levante, sino al promontorio di Caprazoppa.

Quando, a partire dal 1995, si avviò la costruzione del porto di Loano, la situazione erosiva peggiorò ulteriormente: gli apporti sedimentari provenienti dalla foce del Centa e dall'Albenganese vennero meno e le spiagge di Pietra Ligure e Borgio andarono in crisi. Si posero in atto vari interventi di rimedio, costituiti per la maggior parte da opere trasversali, isole e secche.

Tra il 1994 e il 1999, a corredo dei lavori di ampliamento del porto di Loano, si realizzò un tratto di spiaggia artificiale a ridosso del molo di sottoflutto e sui avviarono ripascimenti annuali lungo la spiaggia di ponente, nel tratto dal porto di Loano e i cantieri navali.
Tuttavia tali operazioni non furono efficaci, soprattutto in ragione del fatto che si utilizzarono materiali sabbiosi recuperati dal fondale antistante, in prossimità della bocca del porto, che avevano granulometrie medie evidentemente troppo esigue per creare profili stabili.

2.3 CRITICITÀ

Ad oggi la situazione del litorale di ponente di Pietra Ligure è critica, in quanto la spiaggia è poco profonda (circa 20-25 metri) e decisamente esposta. Tale tratto di litorale, a differenza di gran parte di quello di levante, non possiede la fascia della *beach rock*, che, oltre a costituire un pregevole ecosistema unico nel suo genere di elevato valore ambientale, svolge una significativa funzione di difesa strutturale della porzione di spiaggia emersa.

Alle spalle della spiaggia è presente la linea ferroviaria Genova - Ventimiglia, protetta da un muro con contrafforti e affiancata, per un tratto, dalla passeggiata pedonale.

Entrambe le infrastrutture, in caso di mareggiate, sono soggette alla potente azione dei marosi, che risalgono facilmente la spiaggia e si abbattono con violenza sulle opere murarie e sui manufatti retrostanti. Nel corso della mareggiata di fine ottobre 2018 e di altre succedutesi in seguito (mareggiata del 26 novembre 2019) si sono verificati ingenti danni che hanno reso necessari interventi di somma urgenza.

Nelle foto di seguito riportate sono evidenziati i danni alla passeggiata in occasione dell'evento del 2019.



Figura 2.2. Foto degli effetti della mareggiata del 26 novembre 2019

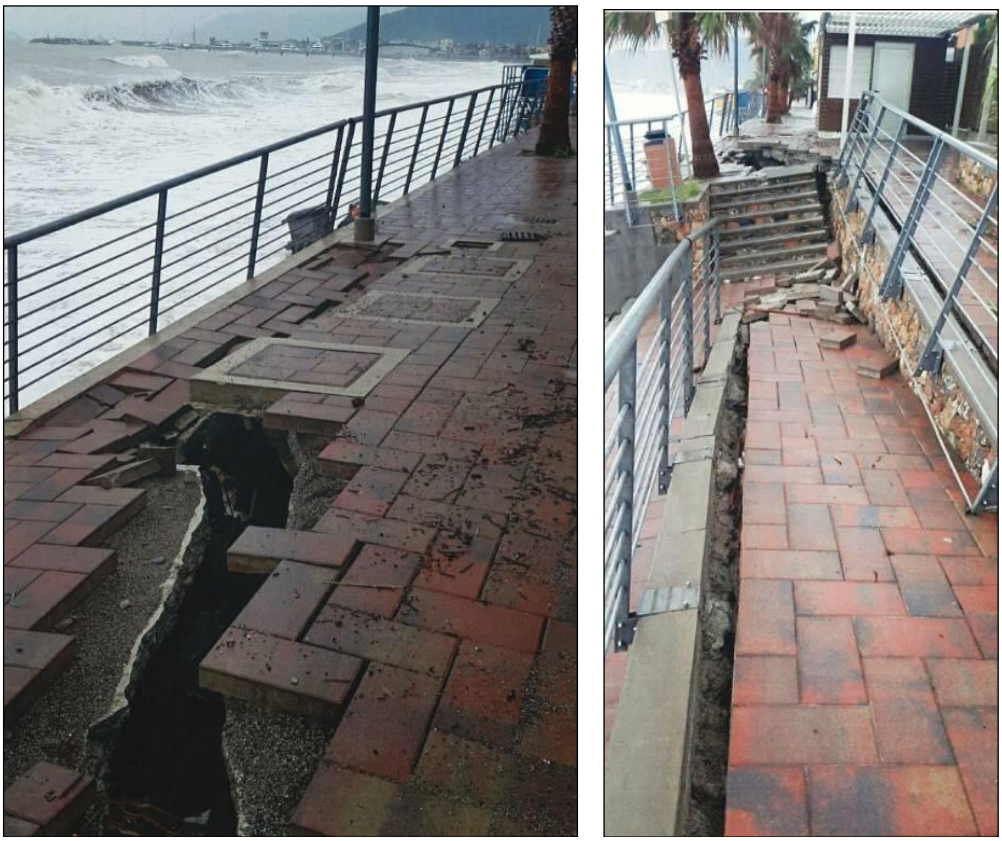


Figura 2.3 : La passeggiata fortemente danneggiata

Le foto seguenti riportano il confronto tra la spiaggia in presenza di mare calmo e la stessa spiaggia con mareggiata: è evidente l'azione del mare agitato sulla spiaggia con l'interessamento della passeggiata e delle strutture di sostegno della stessa passeggiata e della linea ferroviaria subito a tergo.



Figura 2.4 a) : La spiaggia ripresa verso levante in condizione di mare calmo

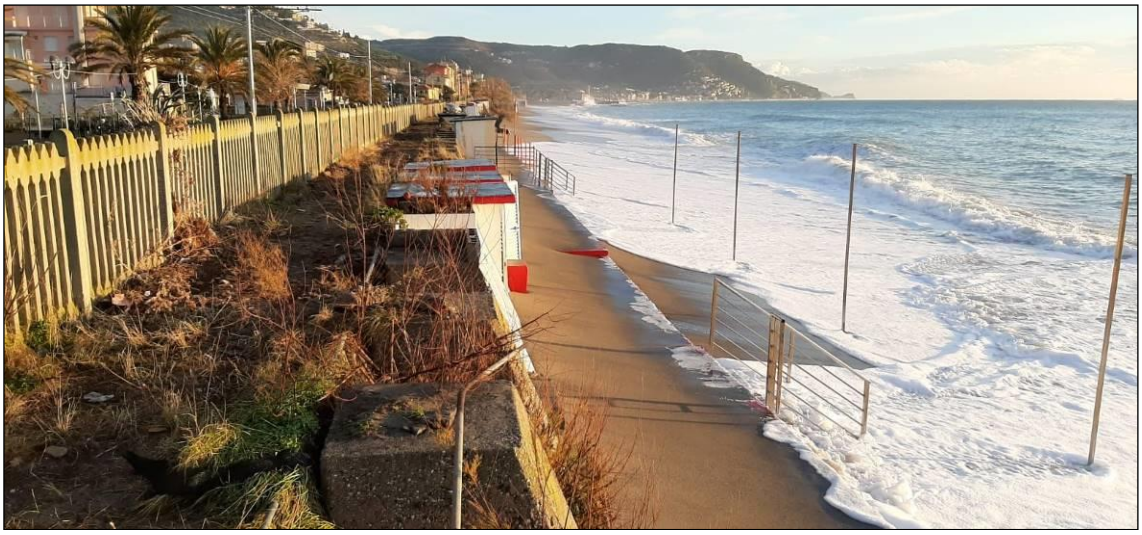


Figura 2.4 b) : La spiaggia ripresa verso levante in condizione di mare mosso.

L'intervento è quindi mirato alla protezione dell'abitato e delle infrastrutture dall'impatto generato dalle mareggiate anche non particolarmente intense e al ripascimento della spiaggia emersa a garanzia dei possibili effetti erosivi della corrente litoranea, che tendono a spostare i sedimenti da ponente verso levante, riducendo progressivamente l'ampiezza

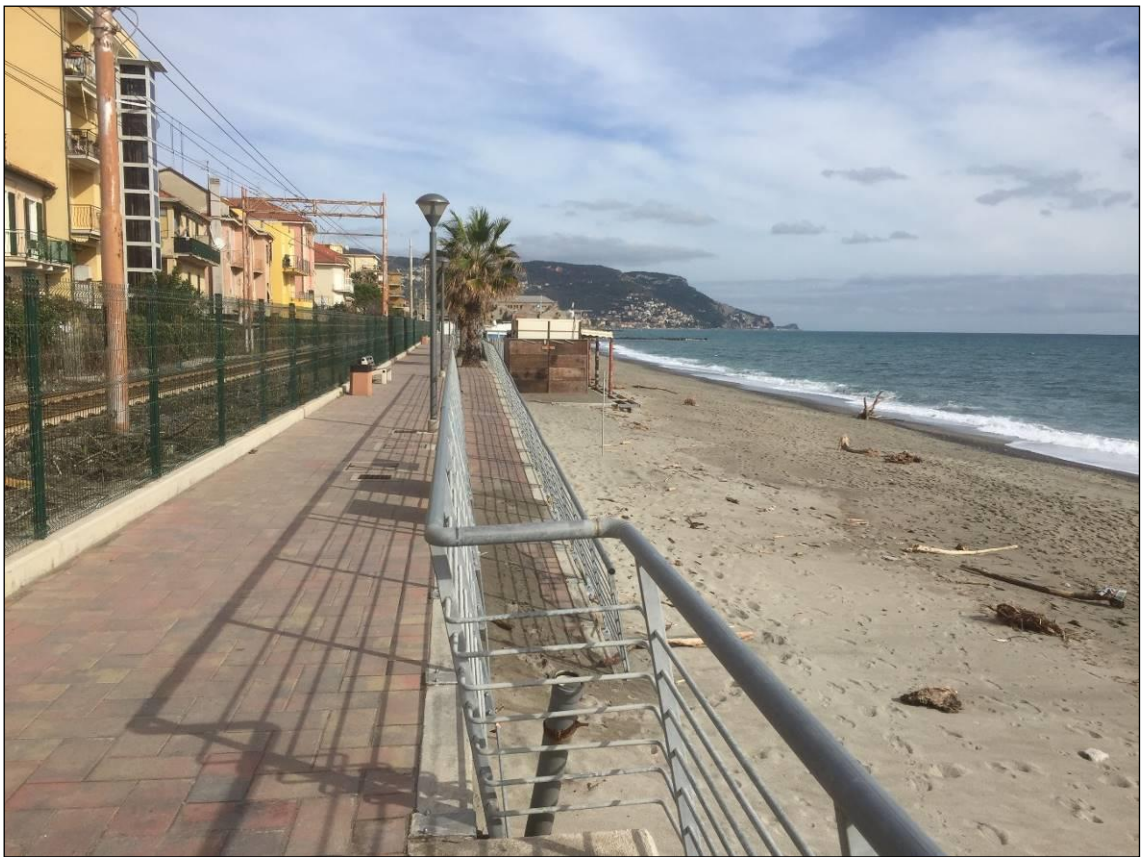


Figura 2.5 a) : La passeggiata a tergo della spiaggia in condizione di mare calmo



Figura 2.5 b) : La passeggiata raggiunta e aggredita dal mare agitato

Allo scopo di garantire una adeguata protezione del litorale il finanziamento della Regione Liguria si pone l'obiettivo di aumentare la resilienza di tale tratto, proteggendo la spiaggia con un sistema misto, che comprende la costruzione di una opera marittima con funzione dissipatrice del moto ondoso incidente e un ripascimento della spiaggia emersa.

3 INDAGINI E RILIEVI

Al fine di avere un quadro definito e aggiornato dell'assetto attuale del litorale, anche in considerazione della evoluzione conseguente alle recenti mareggiate, il Comune di Pietra Ligure ha affidato una campagna di indagini sull'intero tratto di litorale di ponente compreso tra il molo di sottoflutto del porto di Loano e gli ex cantieri navali Rodriguez, su uno sviluppo complessivo di circa 700 metri.

L'indagine, effettuata nel dicembre 2020, ha riguardato:

- rilievo topografico della linea di riva attuale e della morfologia della spiaggia emersa sino alle strutture a tergo;
- rilievo batimetrico del fondale dell'intero paraggio, esteso sino alla batimetrica di -30 metri;
- raccolta di campioni di sabbia sia sul fondale a mare (20 campioni a diverse profondità) sia sulla battigia (10 campioni) e relative analisi granulometriche;
- georeferenziazione dei rilievi con predisposizione di 20 caposaldi sull'intero arenile.

Nella seguente figura è rappresentata la planimetria generale dell'area con l'indicazione delle linee isobatimetriche, dei punti di campionamento e dei caposaldi a terra.

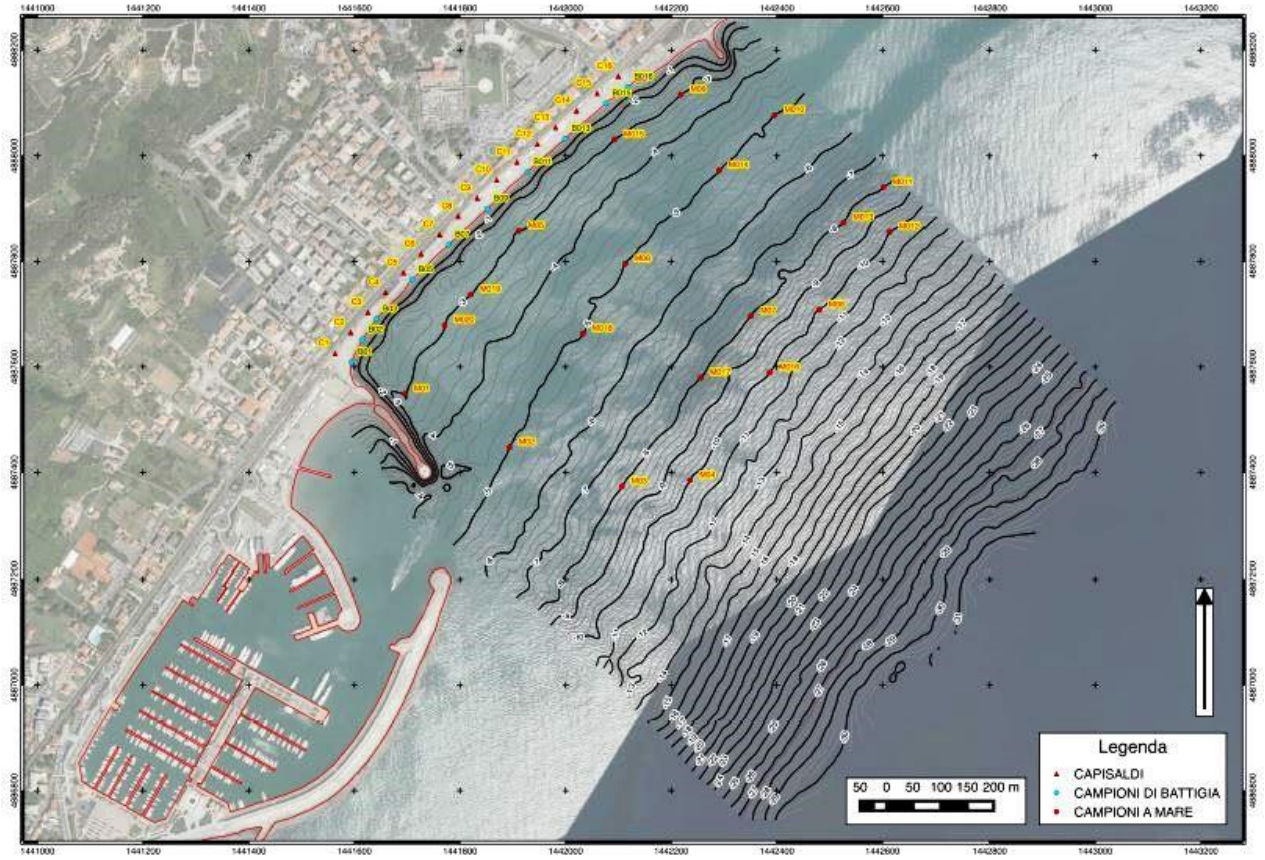


Figura 3.1 : Planimetria generale delle indagini batimetriche e sedimentologiche eseguite

In aggiunta ai rilievi e campionamenti sopra descritti sono state svolte le seguenti indagini e analisi di approfondimento:

- Relazione geologico tecnica preliminare a cura del Dott. Geol. Luciano Minetti

- Verifica preventiva di interesse archeologico a cura della Dott.ssa Valentina Brodasca
- Relazione tecnico naturalistica a cura del Dott. Andrea Molinari di RSTA.

L'analisi geologica ha portato a ritenere l'intervento migliorativo dell'assetto generale dell'arenile, senza compromissioni della stabilità complessiva della linea di costa.

Le analisi granulometriche effettuate sui campioni prelevati indicano una evidente uniformità delle curve e comunque un assortimento granulometrico molto scarso. Questo indica conseguentemente un alto indice dei vuoti e un peso di volume relativamente basso.
In considerazione del previsto ripascimento sarà necessario prevedere l'utilizzo di un materiale sabbioso compatibile con quello analizzato, ma con miglior assortimento granulometrico in grado di abbassare l'indice dei vuoti e conseguente aumentarne il peso di volume e relativamente la stabilità mantenendo una presenza di pelite a percentuali al di sotto del 3%.

L'indagine archeologica ha condotto a ritenere di livello basso il grado di potenziale archeologico dell'area interessata dall'opera, ovvero il livello di probabilità che in essa sia conservata una stratificazione archeologica, sia sull'arenile, sia nella porzione in mare.

4 OPERE PREVISTE

4.1 FINALITÀ DELL'INTERVENTO

L'intervento in oggetto è finalizzato alla protezione dell'arenile di ponente del Comune di Pietra Ligure. Compreso tra gli ex Cantieri navali Rodriguez e il porto di Loano.

Tale tratto di arenile è soggetto all'azione delle mareggiate, in particolare quelle provenienti da S e SSW e, soprattutto a partire dal 2013, ha visto regredire la propria linea di riva, con depauperamento della spiaggia.

Occorre prevedere interventi strutturali che permettano di difendere le strutture e infrastrutture presenti a tergo della spiaggia e salvaguardino la spiaggia stessa, che costituisce essa stessa un elemento difensivo e dissipativo, oltreché un importante bene comune.

La soluzione è stata identificata con un sistema misto di opere artificiali in massi (secche dissipatrici), da costruirsi sullo specchio acqueo antistante la spiaggia e un ripascimento della spiaggia emersa: la prima opera consente la primaria dissipazione dell'energia diretta del moto ondoso e la seconda concorre alla protezione dell'abitato e delle infrastrutture.

Secondo quanto riportato nei documenti della Regione Liguria: "*la resilienza è la capacità intrinseca di un sistema di modificare il proprio funzionamento prima, durante e in seguito ad un cambiamento o ad una perturbazione, in modo da poter continuare le operazioni necessarie sia in condizioni previste sia in condizioni impreviste"*. E' evidente quindi come il sistema di secche e ripascimento può inquadrarsi nella definizione.

4.2 UBICAZIONE DELL'INTERVENTO

Il tratto oggetto di intervento ha estensione complessiva di 700 metri e va dal molo di sottoflutto del porto di Loano sino alla foce del rio Ranzi, per una lunghezza complessiva di circa 700 metri.

L'ubicazione dell'area di intervento è evidenziata nell'estratto di foto aerea e del successivo stralcio della CTR in scala 1:5000 della Regione Liguria.

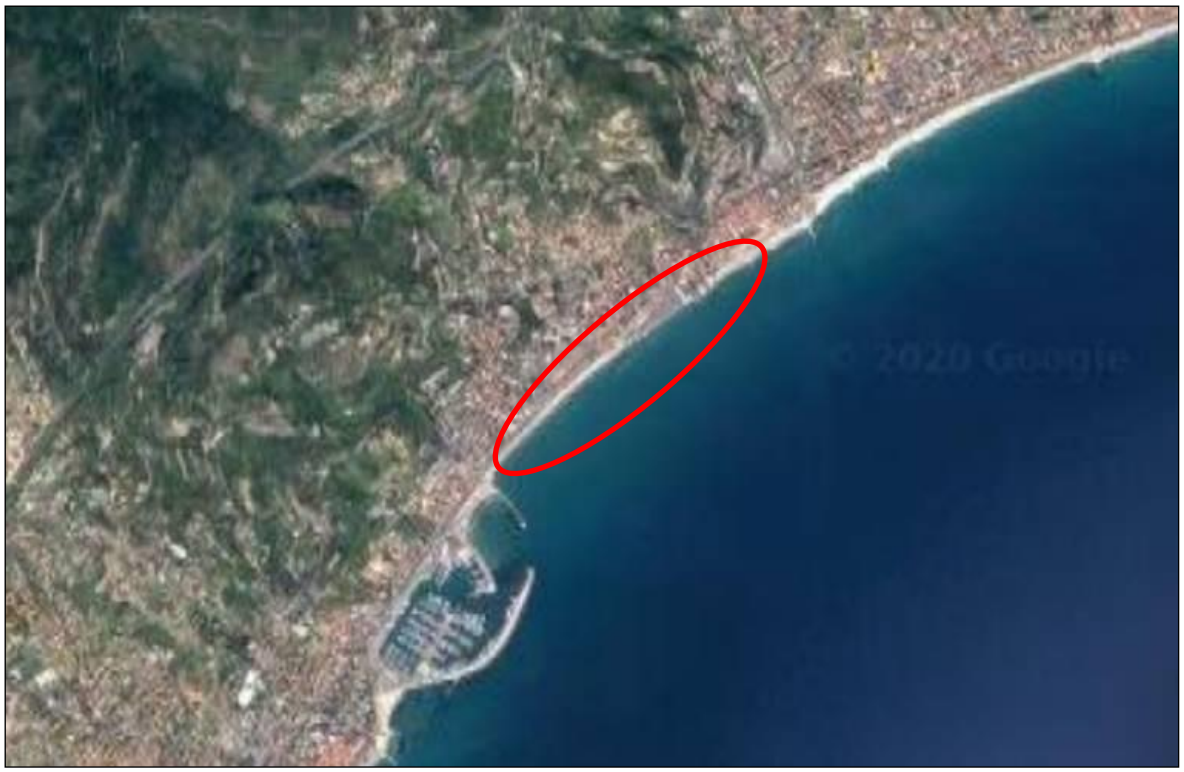


Figura 4.1 a): Ubicazione area di intervento – foto aerea.

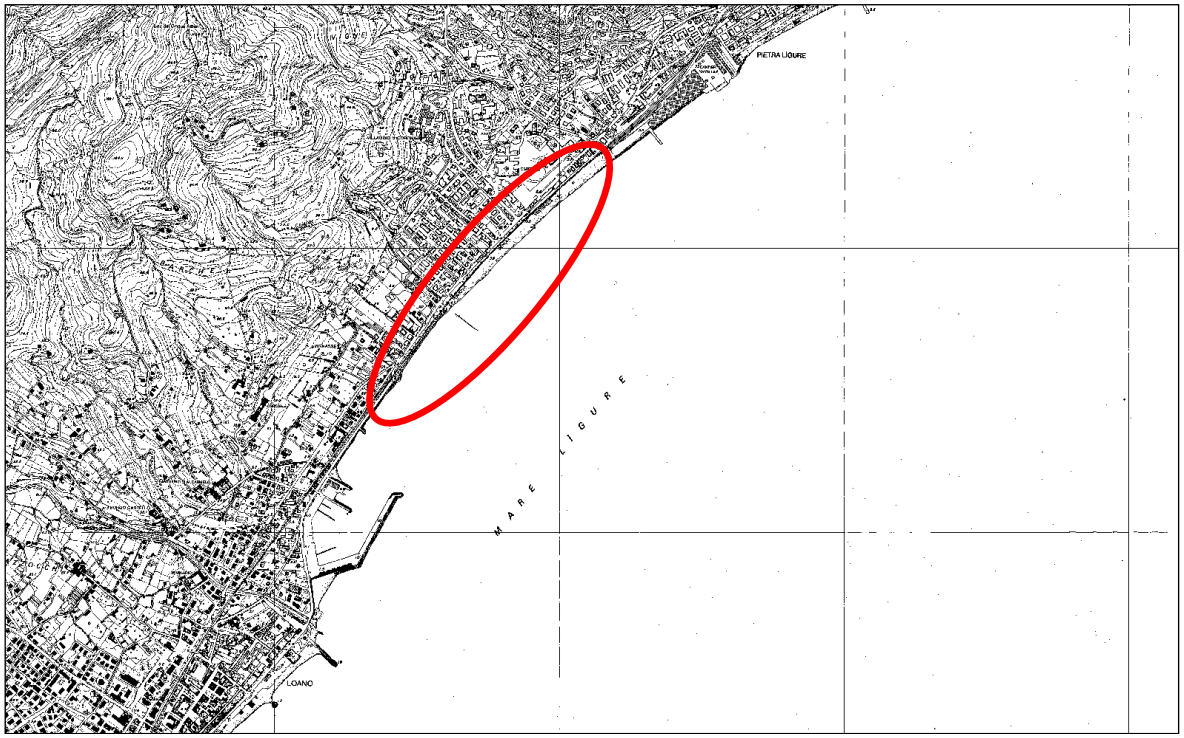


Figura 4.1 b): Ubicazione area di intervento – C.T.R. Regione Liguria.

4.3 CRITERI GENERALI DI SCELTA ED EVENTUALI SOLUZIONI ALTERNATIVE

La scelta di una soluzione mista che unisca gli effetti di una opera marittima con funzione dissipatrice con un ripascimento a terra con funzione difensiva è stata positivamente sperimentata in altri contesti, anche prossimi al sito in esame e con caratteristiche morfologiche e di esposizione meteomarina simili: sul litorale di Borgio e quello di Pietra Ligure di levante sono state realizzate o in corso di realizzazione opere del tutto simili con buoni risultati.

Il litorale di ponente è molto esteso e non ha - come quello di levante - la presenza della *beach rock*, che in qualche modo protegge dall'erosione la spiaggia emersa; la profondità dell'arenile è più esigua di quella di levante e pertanto le infrastrutture a tergo e l'abitato sono più esposti.

In tale contesto si è optato per la realizzazione di un'opera di dissipazione del moto ondoso che operasse una schermatura più estesa possibile, soprattutto sulla parte centrale dell'arenile, dove la profondità della spiaggia è minore e dove sono maggiori gli effetti dannosi delle mareggiate.

La secca dissipatrice è stata posizionata a partire da circa 70 m a ponente dello sbocco del rio Ranzi, allo scopo di garantirne la dinamica dello sbocco.

La porzione di ponente della spiaggia è meno esposta ai mari da S (180°) e SSW (210°) per la presenza della diga di sopraflutto del porto di Loano, che peraltro costituisce una barriera nei confronti del trasporto litoraneo proveniente per la maggior parte dalla foce del Centa.

La secca ha una forma allungata, lunga circa 176 metri con sezione trapezia, fondata su una batimetrica di -5,00 metri e con una quota di sommità a -2,00 m.

Si è ipotizzato in questa fase preliminare un'unica opera rettilinea, a profondità uniforme, pressoché parallela alla costa, ad una distanza di circa 250 metri dalla riva. Ciò per ottimizzarne gli effetti dissipativi, minimizzando l'impatto dell'opera sulla deriva litoranea dei sedimenti e sull'equilibrio longitudinale della spiaggia.

Una posizione della secca più prossima alla riva avrebbe degli effetti negativi quali:

- il "cono d'ombra" creato dall'opera risulterebbe meno ampio;
- l'opera sarebbe impostata su un fondale di minore profondità e non permetterebbe la realizzazione di una mantellata di massi in doppio strato, garanzia di maggiore stabilità;
- l'opera rientrerebbe nella fascia delle acque riservate alla balneazione (200 m da riva);

La quota di sommergenza della barriera sommersa (-2,00 m) tiene conto della sicurezza dalla balneazione e del transito di piccoli natanti con mare calmo.

Infine una possibile soluzione poteva essere quella di realizzare due secche di minore estensione, disposte in serie, lasciando un braccio di mare intermedio tra di esse: tale

soluzione tuttavia avrebbe probabili effetti negativi sulla stabilità della linea di battigia: è probabile che il corridoio intermedio sguarnito possa concentrare energie idrodinamiche inconsuete del moto ondoso, creando correnti che inciderebbero sulla fondale sommerso e sulla spiaggia emersa, creando un disequilibrio nell'assetto longitudinale della spiaggia emersa e sommersa.

La realizzazione dell'opera di difesa marittima deve comunque essere seguita da un ripascimento strutturale che aumenti la resilienza della spiaggia, aumentandone la profondità, con un avanzamento della linea di riva sino a circa 5 metri, in continuità con quanto già effettuato in passato a seguito della realizzazione del porto di Loano.

E' ovvio che il materiale da impiegare per il ripascimento dovrà essere di pezzatura significativamente maggiore di quella esistente, che - come rilevato dal campionamento e dalle successive analisi granulometriche - è omogeneo sulla spiaggia e compreso in un intervallo tra 0,1 e 2 mm.

In questa fase preliminare e salvo approfondimenti analitici nelle successive fasi progettuali, di ripascere l'intera spiaggia con sabbia di pezzatura 4-5 mm.

4.4 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Il Comune di Pietra Ligure intende realizzare interventi di protezione dell'abitato e delle infrastrutture, con sistemi di tipo misto, pienamente coerenti con le analisi e gli studi dell'Ambito Costiero 08 sopra citato.

Il progetto prevede in sintesi:

- realizzazione di una lunga secca dissipatrice, costituita da massi naturali posati con mezzi marittimi sul fondale e ubicata parallelamente alla costa, ad una distanza di circa 250 metri su una profondità di circa 5 metri;
- ripascimento di circa 10.000 mc di sabbia, con scarico e distribuzione effettuata da mezzi terrestri, contenuto nella porzione di spiaggia emersa, sino ad ottenere un avanzamento della linea di riva di circa 5 metri;

Nelle figure seguenti sono evidenziati gli interventi in progetto su una planimetria con base CTR con due sezioni e relativi particolari.

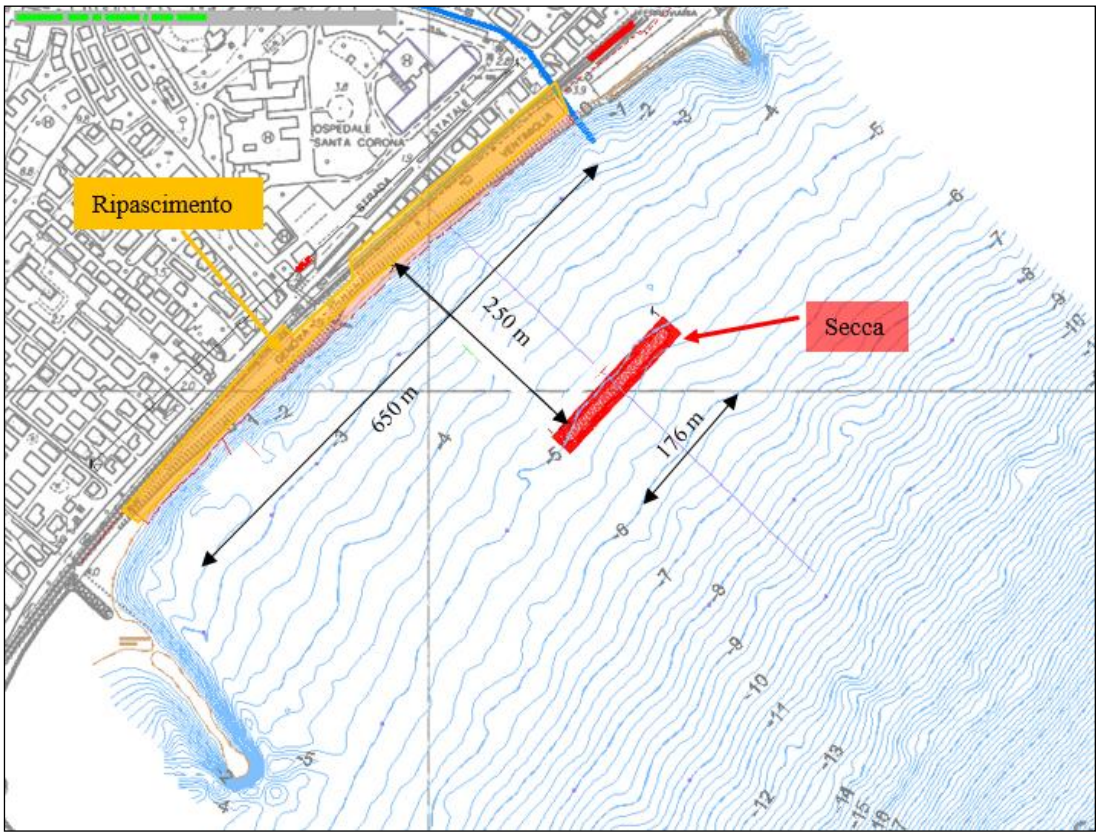


Figura 4.2 : Interventi previsti – pianta su CTR.

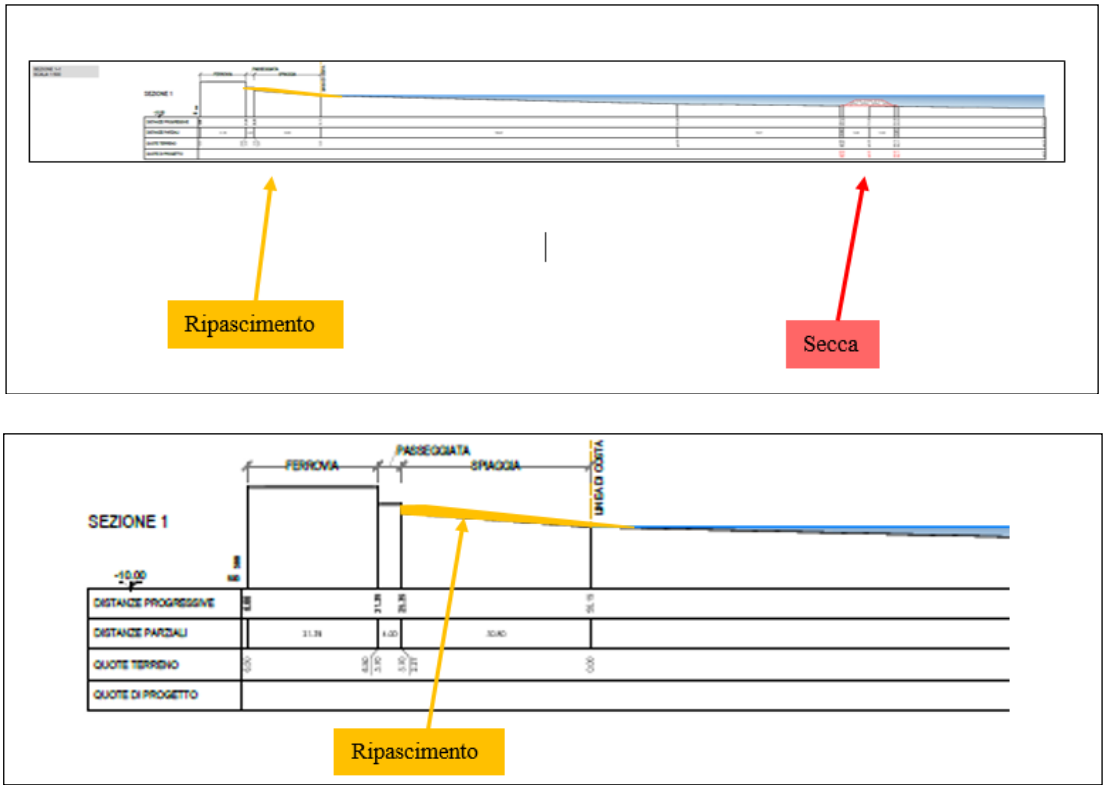


Figura 4.3 : Interventi previsti – Sezioni.

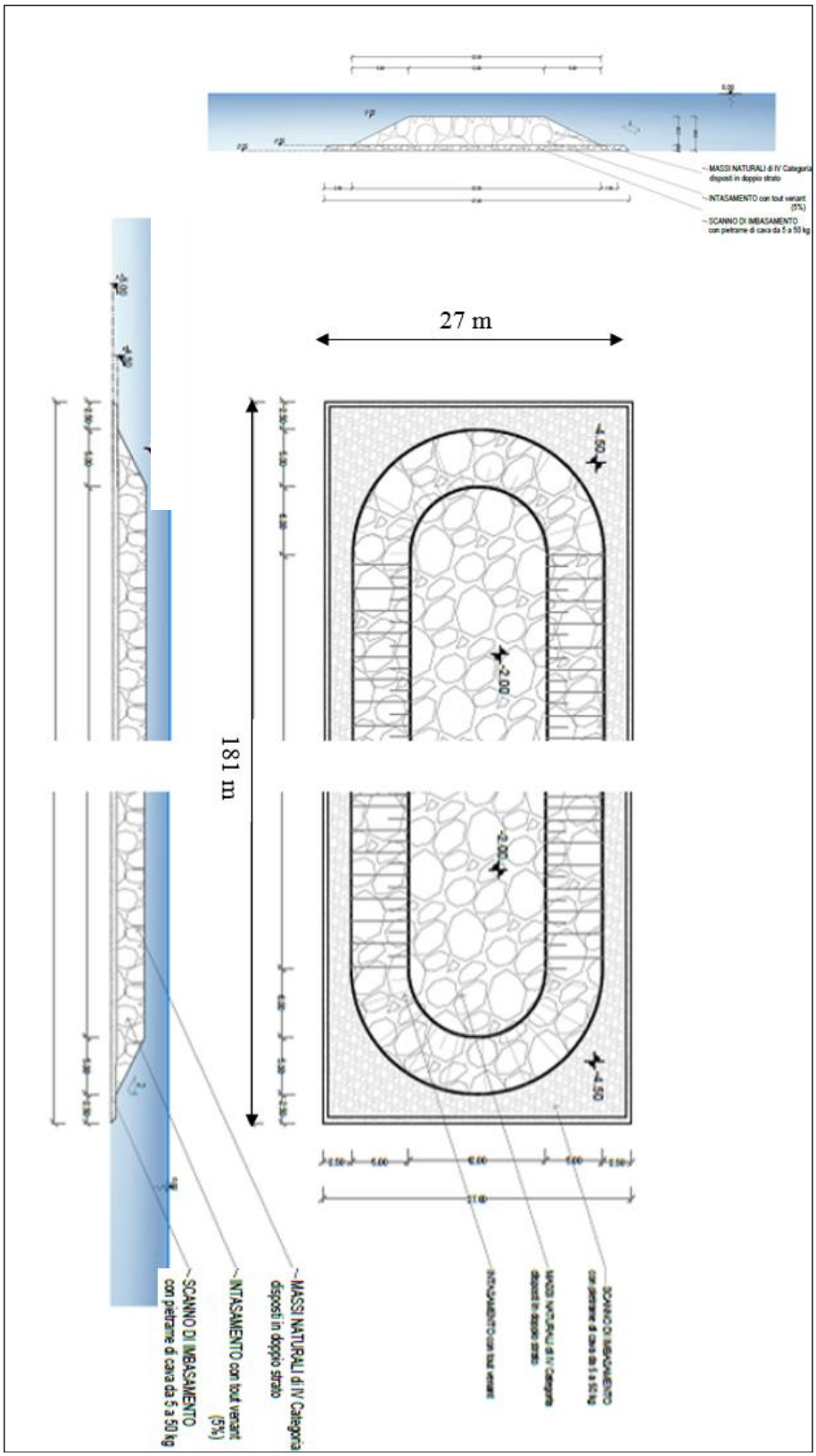


Figura 4.4 : Interventi previsti - sezioni tipo e pianta della secca in massi naturali.

Alla luce delle considerazioni sopra esposte, la realizzazione della barriera sommersa (secca) è prevista sulla batimetrica -5,00 m s.l.m. circa, al fine di garantire la continuità della deriva litoranea lungo la zona dei frangenti e garantire nello stesso tempo da una parte un'adeguata protezione nei confronti delle onde incidenti, dall'altra mantenere una sommergenza (profondità della cresta) non pericolosa per i bagnanti e i natanti in condizioni di mare calmo.

La posizione planimetrica della secca dissipatrice è stata studiata per proteggere l'arenile di ponente nella sua porzione più esposta, ovvero quella in direzione dei cantieri navali, lasciando libera la la foce del rio Ranzi, dato che la porzione di ponente è più ridossata e protetta dalla presenza del porto di Loano.

La quota di sommergenza (sommità della cresta) è stata fissata a -2,00 m s.l.m.: ciò garantisce una buona efficacia della struttura per rompere l'energia delle onde incidenti e non rappresenta un pericolo per la balneazione e il transito di piccoli natanti. La posizione della barriera dovrà comunque essere segnalata con boe.

In analogia con le secche esistenti o in corso di esecuzione sul litorale di levante e in funzione dell'efficacia dell'opera da un punto di vista della dissipazione dell'energia del moto ondoso, la barriera soffolta sarà costituita da due strati di massi naturali di IV categoria (peso maggiore di 7 tonnellate), incastrati tra loro e disposti su una sagoma trapezoidale con larghezza in sommità di 12 m e di 22 m alla base per una lunghezza in sommità (parallela alla linea di riva) di 154 m circa, con estremità arrotondate. I paramenti lato monte e valle avranno pendenza di 1 su 2 (circa 26°).

Poiché il fondale su cui verrà realizzata la secca è sabbioso, con spessori non noti, il progetto prevede che, prima della posa dei massi della scogliera, venga realizzato uno strato di materiale misto granulare (tout-venant di cava) di pezzatura compresa tra 5 e 50 kg, per uno spessore di circa 0,50 m con funzioni di appoggio e imbasamento: ciò impedirà il rischio di affossamento e ingozzamento dei massi della scogliera nel fondo sabbioso.

L'imbasamento proteggerà inoltre l'opera da possibili fenomeni di erosione localizzata al piede, creato dalle onde frangenti o fratte che scalzano il fondale e creano avvallamenti che possono portare allo sfaldamento della barriera.

L'intera opera verrà compiuta con l'ausilio di mezzi marittimi, che preleveranno i massi da zone di accumulo e deposito temporaneo, preventivamente scelte, alle quali verranno conferiti i massi provenienti da cave: saranno aree facilmente accessibili da mezzi terrestri (autocarri) e avvicinabili da mezzi marittimi (pontoni).

I massi dovranno avere caratteristiche litologiche, cromatiche del tutto simili a quelle degli ammassi rocciosi dell'ambito in cui verranno disposti. Non saranno quindi accettabili elementi lapidei di marmo o con cromatismi e caratteristiche litografiche non equiparabili alle formazioni calcaree in sito.

L'analisi meteomarina riportata nei successivi capitoli ha mostrato come l'opera consenta una diminuzione dell'altezza d'onda incidente di oltre il 50% circa con una sensibile riduzione dell'energia associata.

Ciò garantisce una significativa protezione dell'arenile, con una riduzione dell'energia delle onde incidenti e del conseguente run-up sulla spiaggia emersa.

Il progetto prevede inoltre il ripascimento della spiaggia emersa lungo tutto il fronte compreso tra la foce del rio Ranzi e il molo di sottoflutto del porto, per una lunghezza di circa 680 metri. Si è ipotizzato un quantitativo di sabbia pari a circa 10.000 mc, che saranno in grado di mantenere approssimativamente inalterata la pendenza media della spiaggia aumentando la sua estensione verso mare con un avanzamento di circa 5 metri della linea di riva.
La maggiore profondità della spiaggia sarà di per sé un altro importante elemento di difesa delle infrastrutture a tergo e dell'abitato.

Il ripascimento sarà realizzato con utilizzo di un materiale sabbioso compatibile con quello risultante dalle indagini sedimentologiche, ma con miglior assortimento granulometrico in grado di abbassare l'indice dei vuoti e conseguente aumentarne il peso di volume e quindi la stabilità mantenendo una presenza di pelite a percentuali al di sotto del 3%.

Gli approfondimenti nelle fasi successive della progettazione (definitiva ed esecutiva) permetteranno di definire con maggiore determinatezza la classazione granulometrica da utilizzarsi.

4.5 SUDDIVISIONE IN LOTTI

In funzione delle risorse disponibili il progetto complessivo è suddivisibile in due lotti funzionali così ripartiti:

Lotto 1
Comprende la realizzazione della secca dissipatrice posta a difesa dell'arenile di ponente a circa 250 metri da riva, sulla batimetrica dei -5,00 m; la secca sarà costituita da massi naturali di IV categoria posati su un imbasamento di pietrame con funzione di appoggio e sottofondo.

Lotto 2
Comprende la realizzazione di un ripascimento strutturale sull'intero arenile con un quantitativo di sabbia di circa 10.000 mc, che permetterà un avazamento della linea di riva di circa 5 metri.

4.6 ASPETTI REALIZZATIVI

La realizzazione della secca verrà effettuata interamente da mare, con ausilio di mezzi natanti e senza alcun coinvolgimento della porzione di litorale antistante l'abitato di Pietra Ligure e ad esso limitrofo.

Le fasi realizzative quindi vedono l'impiego di soli pontoni, rimorchiatori, bettoline che opereranno nello specchio acqueo antistante; l'area operativa verrà opportunamente delimitata mediante boe segnalatrici e/o panne galleggianti.

Ciò consentirà di garantire al meglio la sicurezza del cantiere e limitare il fenomeno di intorbidimento delle acque nelle fasi operative di movimentazione degli scogli.

Le fasi di cantiere possono così riassumersi:

1. *Realizzazione secca*

Fase 1.1: Delimitazione del cantiere

posa di boe segnalatrici e distesa di panne galleggianti a difesa del perimetro operativo. In questa prima fase si verificheranno le condizioni del fondale e si provvederà a interventi di regolarizzazione dello stesso nella fascia di posa della secca.

Fase 1.2: Posa del pietrisco di sottofondazione

trasporto e disposizione sul fondo (tramite pontone) del pietrame, che servirà come imbasamento fondazionale della barriera soffolta. L'operazione avverrà tramite ausilio di sommozzatori che controlleranno la regolarità del piano di posa sul fondale.

Fasi 1.3: Posa dei massi

posa dei massi di IV categoria; i massi verranno posati e disposti in doppio strato sul fondale sino a raggiungere la profondità di -2.0 m s.l.m.

Fase 1.4: Ispezione subacquea di controllo

ispezione subacquea con un sommozzatore per verificare la corretta posa, le dimensioni di massi, la mancanza di fratture che possano essersi create nella fase di immersione e la massima quota di sommergenza.

2. *Realizzazione ripascimento*

Per quanto riguarda il ripascimento della spiaggia, si distinguono invece le fasi seguenti:

Fase 2.1

Trasporto materiale dalla località di stoccaggio alla spiaggia, mediante autocarro.

Fase 2.2

Stesa del materiale lungo la spiaggia secondo le indicazioni di progetto, mediante escavatore e ausilio di manodopera specializzata.

5 DIMENSIONAMENTO

5.1 CALCOLO DELL'ONDA DI PROGETTO

5.1.1 Esposizione del paraggio

Il paraggio di Pietra Ligure - Borgio, presenta la linea di costa orientata mediamente lungo la direttrice dei 60°N, e risulta esposta ai mari con settore di provenienza da 75° a 220° e una traversia di circa 200 Km verso Est e verso Sud. Risulta quindi esposto prevalentemente a mari da Sud-Ovest, Sud e Sud–Est, ma anche a mari da Est.

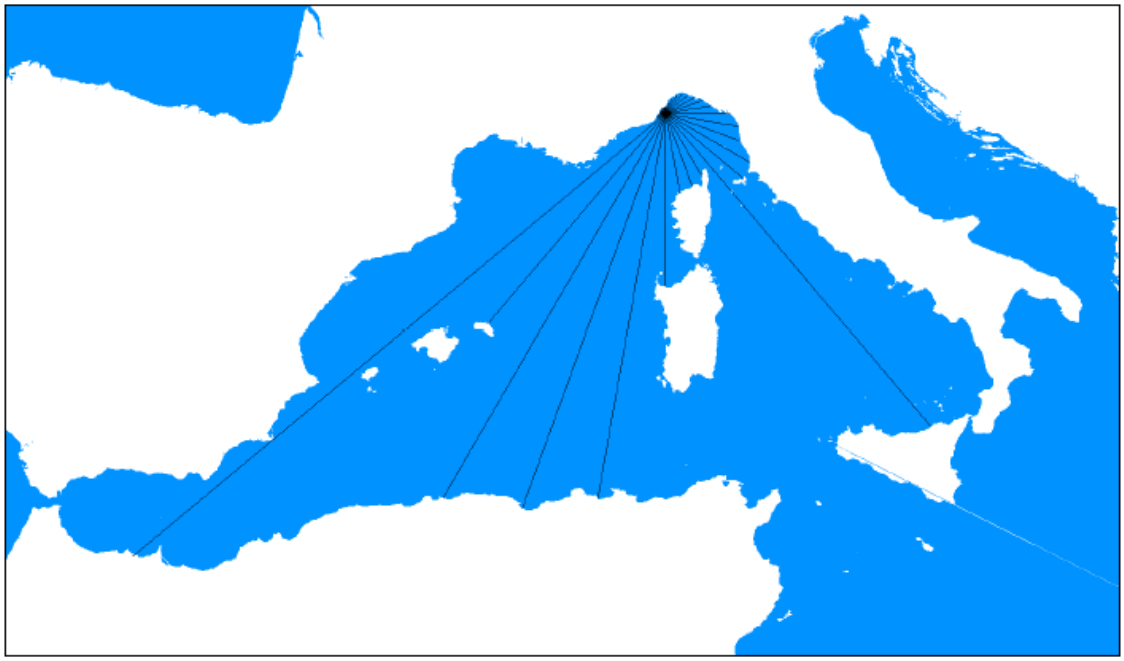


Figura 5.1 - Settori di traversia della costa ligure di ponente con i relativi fetch geografici.

La traversia è divisa in due settori (principale e secondario) in funzione delle lunghezze delle aree potenzialmente soggette all'azione diretta del vento. Tali lunghezze (fetch geografici) sono definite traguardando la costa limitrofa lungo la direzione di provenienza del vento. Invece il fetch efficace è definito come la porzione di mare che, sotto l'azione diretta del vento, costituisce l'area di generazione dell'evento di moto ondoso, tenendo debito conto delle lunghezze associate a direzioni laterali rispetto a quella principale e quindi anche della larghezza dell'area di generazione. Il fetch efficace è stato calcolato con il metodo proposta da Saville, riportato sullo Shore Protection Manual:

Nella tabella sottostante, estratta dalla Relazione sul clima ondoso al largo allegata al PTAMC Ambito 08, sono riportati rispettivamente i valori dei fetch geografici ed efficaci in corrispondenza del sito di Pietra Ligure (coordinate geografiche: 44.042° N - 8.396° E). Nella successiva figura vengono riportati i confronti, in forma grafica dei fetch geografici ed efficaci nel sito considerato.

I valori più alti della lunghezza del fetch geografico si hanno secondo le direzioni tra i 190° N e i 230° N per le quali la lunghezza del fetch geografico risulta superiore ai 500 Km. Il settore per i mari provenienti da direzioni intorno ai 140°-150° N è anch'esso caratterizzato da lunghezze del fetch geografico superiori ai 500 Km. Tale settore ha infatti un influenza sulla costa dell'Ambito in esame che risulta esposta ortogonalmente in certi paraggi ad esso.

Direz. di provenienza (°)	Fetch geografico (km)	Fetch efficace (km)
40	55	37
50	60	50
60	70	64
70	83	80
80	95	97
90	132	135
100	152	163
110	163	190
120	200	212
130	208	234
140	844	265
150	150	302
160	158	350
170	166	397
180	355	473
190	802	519
200	860	538
210	910	547
220	570	520
230	1410	460
240	24	374
250	19	272
260	17	179

Tabella I - Valori del fetch geografico e di quello efficace per varie direzioni di provenienza.

Il fetch efficace massimo ottenuto, secondo l'applicazione della formula di Saville, risulta quello relativo ai mari da libeccio 210° N.

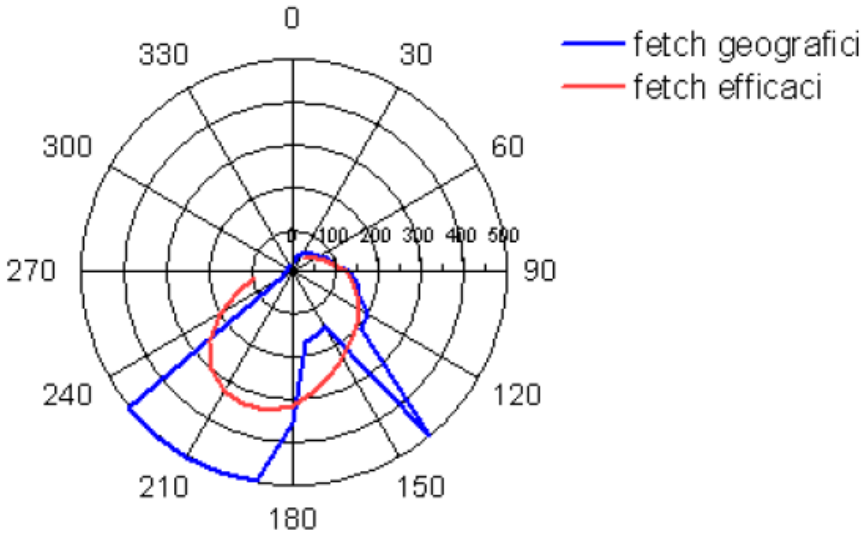


Figura 5.2 - Rappresentazione grafica dei fetch geografici ed efficaci.

5.1.2 Clima ondoso al largo.

Il clima ondoso al largo dell'Ambito costiero 08 sul quale ricade il paraggio di Pietra Ligure non può essere ricavato direttamente dai rilievi e dai dati misurati dalle boe ondametriche, rimanendo la zona esclusa, a causa del diverso orientamento della costa, dalla copertura della boa ondametrica RON posizionata nel golfo della Spezia.
Per la zona dell'Albenganese non si dispone di dati misurati ma si ricorre alle tabelle dei dati ricostruiti in mare aperto (MEDATLAS-2 e UKMO) e dei dati visuali KNMI. Dall'analisi di tali dati sono stati direttamente estrapolati i valori delle grandezze estreme caratterizzanti il moto ondoso al largo.

Il Dipartimento di Ingegneria delle Costruzioni dell'Ambiente e del Territorio dell'Università di Genova, su incarico della Regione Liguria, nel 2008 ha sviluppato uno studio dal titolo "Criteri per il dimensionamento del clima ondoso al largo della costa ligure".

I dati di altezza d'onda provenienti da misure visuali o strumentali condotte per un certo numero di anni vengono analizzati in forma di distribuzione cumulata. Il modello messo a punto dal prof. Paolo Boccotti ([1]) utilizza una funzione Weibull non limitata inferiormente, i cui parametri sono determinati a partire da appropriate mareggiate triangolari equivalenti. Il metodo di Boccotti, formulato inizialmente per elaborare i dati KNMI relativi al Mar Ligure, si basa sulla definizione di mareggiata triangolare equivalente e sulla formulazione di una funzione di distribuzione Weibull a due parametri, ritenuta appropriata per il Mediterraneo.

Le curve derivate da queste analisi risultano più conservative di quelle ottenute sia da UKMO sia da MEDATLAS e pertanto viene proposto di adottare per la zona in oggetto le curve ottenute da Boccotti dai dati KNMI per tutti i settori interessati.

[1] P. Boccotti - *Previsione delle onde per i mari italiani: studio particolare del mar Ligure* - Parte I e II - Atti del XX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche - Padova, 1986.

A ciascuna altezza spettrale viene associato il periodo di picco corrispondente.

La tabella seguente riporta le caratteristiche del moto ondoso al largo per diverse direzioni comprese tra 60° e 210° N per i tempi di ritorno di 1, 50 e 100 anni.

Dir °N	Periodo di ritorno = 1 anno		Periodo di ritorno = 50 anni		Periodo di ritorno = 100 anni	
	H_o[m]	T_p [s]	H_o[m]	T_p [s]	H_o[m]	T_p [s]
60	2.9	7.7	6.2	11.3	6.8	11.7
90	2	6.4	4.6	9.7	5	10.1
120	1.7	5.9	4	9	4.4	9.4
150	2.5	7.1	5.4	10.5	5.8	10.9
180	3.1	7.9	6	11	6.5	11.5
210	3.4	8.3	7.8	12.6	8.5	13.2

Tabella II - Caratteristiche delle onde al largo per diverse direzioni di provenienza

Il valore più elevato della altezza d'onda al largo è quello associato alla direzione di 210°, che ha il fetch efficace più esteso (547 km).

Secondo quanto raccomandato nelle "*Istruzioni tecniche per la progettazione di dighe marittime*" ([2]) si può assumere un livello di sicurezza 1 (che si riferisce a opere ed installazioni di interesse locale, comportanti un rischio minimo di perdita di vite umane o di danni ambientali in caso di collasso della stessa (difese costiere, opere in porti minori, etc. ...) e una durata di vita dell'opera di 50 anni.

Ai fini dei calcoli idraulico-marittimi è stato quindi assunto un tempo di ritorno dell'onda di progetto pari a 50 anni.

5.1.3 Propagazione dal largo verso riva.

Facendo ancora riferimento alle trattazioni contenute nel PTAMC Ambito Costiero 08 si sono ritenute valide le modellazioni elaborate per la determinazione della evoluzione del moto ondoso dal largo verso costa.

L'input al modello è rappresentato dall'onda al largo, come descritto nella relazione tematica "Relazione sul clima ondoso al largo". Sono state analizzate le onde caratteristiche per i periodi di ritorno pari a 1 anno e 50 anni e le loro propagazioni da largo verso riva. Per i vari periodi di ritorno, il modello numerico ha fornito in output i dati caratteristici del moto ondoso in tutti i punti del dominio simulato (altezza, periodo e direzione dell'onda, e altre grandezze energetiche associate al moto ondoso).

[2] Documento approvato dalla Assemblea Generale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con voto del 23 settembre 1994 n. 156.

Si sono usate le isolinee batimetriche derivate dalle carte nautiche dell'Istituto Idrografico della Marina per le alte profondità (sino a circa 30 metri), integrandole con rilievi puntuali sottocosta eseguiti con tecnica *multibeam.*

I risultati sono graficamente rappresentati da vettori che indicano la direzione delle ortogonali d'onda e da fasce di diverso colore associate alle altezze d'onda sottocosta. I fronti d'onda tendono ad allinearsi all'andamento delle batimetriche e della linea di costa e ruotano determinando l'insorgenza di sforzi di taglio al fondo (*radiation stress*); i gradienti dei *radiation stress*, massimi in corrispondenza del frangimento, sono i responsabili della generazione delle correnti litoranee.

Nel calcolo eseguito ci si è limitati alla determinazione delle grandezze del moto ondoso su una profondità di -15 metri, tale che non si fosse ancora verificato il fenomeno del frangimento. Sono state individuate diverse stazioni di calcolo, almeno una per ogni paraggio. Per il tratto di litorale oggetto del presente intervento la stazione di riferimento è quella di Pietra Ovest, codificata come AM08-5 e con le seguenti coordinate geografiche:

1.442.520,00 N
4.887.493,25 E

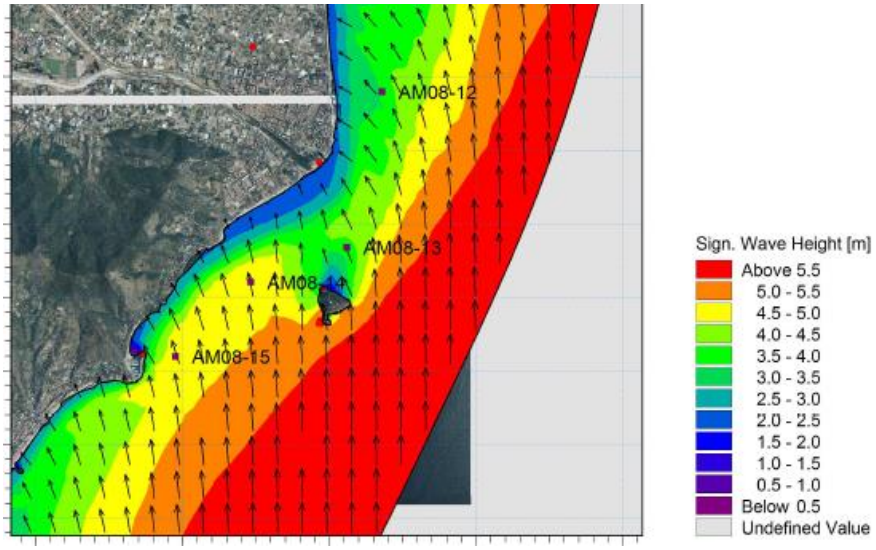


Figura 5.3 - I vettori che riportano l'andamento delle ortogonali fronti d'onda nella propagazione sotto costa relativa all'evento ondoso con periodo di ritorno di 50 anni.

Nome Stazione	Direz. largo 60°			Direz. largo 90°			Direz. largo 120°			Direz. largo 150°			Direz. largo 180°			Direz. largo 210°		
	H [m]	T [s]	Dir °N	H [m]	T [s]	Dir °N	H [m]	T [s]	Dir °N	H [m]	T [s]	Dir °N	H [m]	T [s]	Dir °N	H [m]	T [s]	Dir °N
Caprazoppa	1.23	7.61	101.75	1.55	6.36	104.74	1.55	5.88	123.76	2.27	7.06	151.64	2.72	7.85	175.34	2.28	8.24	189.88
Borgio	0.90	7.63	106.89	1.39	6.37	108.16	1.53	5.89	124.49	2.24	7.07	151.44	2.60	7.86	172.89	1.89	8.25	184.44
Pietra_Est	0.99	7.65	100.53	1.49	6.38	104.08	1.57	5.89	122.43	2.29	7.08	149.91	2.60	7.86	171.20	1.78	8.25	181.76
Pietra_Centro	1.14	7.65	96.80	1.58	6.38	101.48	1.59	5.89	121.71	2.28	7.08	149.11	2.47	7.86	169.33	1.59	8.25	179.38
Pietra_Ovest	1.45	7.66	89.00	1.71	6.39	97.23	1.61	5.89	120.52	2.26	7.08	147.54	2.36	7.85	165.51	1.43	8.24	174.20
Loano_Nimbalto	1.63	7.67	84.51	1.76	6.39	95.49	1.62	5.89	119.95	2.24	7.08	145.97	2.24	7.85	162.24	1.28	8.24	169.92
Loano_Spiagge	1.80	7.66	81.79	1.79	6.39	94.33	1.61	5.89	119.97	2.22	7.07	145.86	2.17	7.85	161.31	1.16	8.23	168.29
Borghetto	1.89	7.64	80.60	1.79	6.38	93.91	1.61	5.89	120.07	2.23	7.06	145.39	2.13	7.83	159.79	1.04	8.22	165.84
Ceriale_Capo	1.98	7.64	79.39	1.82	6.38	93.28	1.61	5.89	119.93	2.19	7.07	144.87	1.97	7.84	158.16	0.91	8.22	164.25
Ceriale	2.07	7.65	75.77	1.84	6.38	91.92	1.61	5.89	119.26	2.09	7.06	141.01	1.69	7.82	151.37	0.75	8.19	155.89
Albenga	2.38	7.66	68.65	1.88	6.39	90.30	1.62	5.89	118.86	2.05	7.06	139.69	1.69	7.80	149.87	0.83	8.14	154.19
Albenga_darsena	2.48	7.66	67.05	1.89	6.39	90.14	1.62	5.89	118.92	2.07	7.06	140.30	1.75	7.81	151.96	0.90	8.15	158.09
Albenga_vadino	2.26	7.64	74.94	1.83	6.38	93.00	1.61	5.89	120.06	2.13	7.08	143.65	1.88	7.86	158.81	1.04	8.23	171.74
Punta_cippo	1.46	7.43	85.26	1.23	6.32	94.58	1.26	5.89	129.00	2.17	7.07	152.60	2.49	7.84	171.05	1.66	8.23	181.14
Alassio_S.Anna	1.31	7.60	87.78	1.60	6.38	99.48	1.60	5.89	121.13	2.27	7.07	147.74	2.42	7.85	166.76	1.54	8.23	176.84

Tabella III - Caratteristiche del moto ondoso per le stazioni di calcolo per il periodo di ritorno di 1 anno.

Nome Stazione	Direz. largo 60°			Direz. largo 90°			Direz. largo 120°			Direz. largo 150°			Direz. largo 180°			Direz. largo 210°		
	H [m]	T [s]	Dir °N	H [m]	T [s]	Dir °N	H [m]	T [s]	Dir °N	H [m]	T [s]	Dir °N	H [m]	T [s]	Dir °N	H [m]	T [s]	Dir °N
Caprazoppa	2.44	11.10	117.12	3.26	9.55	119.31	3.48	8.90	132.05	5.05	10.35	153.49	5.46	10.83	172.52	5.55	12.36	182.99
Borgio	1.99	11.13	122.15	2.86	9.58	122.91	3.29	8.92	133.17	4.84	10.38	153.33	5.07	10.86	170.24	4.45	12.41	178.24
Pietra_Est	2.24	11.14	114.60	3.04	9.59	116.05	3.41	8.93	128.67	4.91	10.38	150.15	4.98	10.86	166.74	4.01	12.41	172.99
Pietra_Centro	2.36	11.14	110.61	3.21	9.60	113.47	3.53	8.93	127.29	4.93	10.38	148.25	4.61	10.86	163.39	3.29	12.42	168.48
Pietra_Ovest	2.71	11.15	101.34	3.52	9.60	105.86	3.54	8.93	122.65	4.72	10.38	143.43	4.22	10.86	156.53	2.78	12.41	159.63
Loano_Nimbalto	3.33	11.19	93.11	3.88	9.62	100.38	3.62	8.94	119.59	4.65	10.39	139.59	4.00	10.86	151.83	2.61	12.40	153.90
Loano_Spiagge	3.62	11.16	91.54	3.91	9.61	99.93	3.58	8.93	119.87	4.64	10.37	139.53	4.01	10.83	151.53	2.64	12.38	153.50
Borghetto	3.80	11.09	89.25	3.87	9.57	99.27	3.62	8.91	119.85	4.75	10.32	138.43	3.87	10.79	150.32	2.40	12.32	153.02
Ceriale_Capo	4.34	11.08	88.62	4.01	9.57	98.71	3.59	8.91	119.92	4.49	10.34	138.24	3.47	10.81	148.49	2.22	12.33	150.27
Ceriale	4.39	11.11	82.74	4.01	9.59	94.79	3.54	8.92	116.09	4.11	10.34	131.06	3.11	10.78	139.77	2.26	12.29	139.47
Albenga	4.95	11.12	74.03	4.15	9.60	90.79	3.52	8.91	113.54	4.11	10.31	128.28	3.30	10.73	137.52	2.49	12.22	137.84
Albenga_darsena	5.24	11.12	71.58	4.20	9.60	90.54	3.58	8.92	114.60	4.40	10.32	130.91	3.52	10.77	141.30	2.60	12.28	143.46
Albenga_vadino	4.75	11.10	86.84	4.03	9.60	99.82	3.62	8.94	120.78	4.59	10.38	139.98	3.83	10.86	153.52	2.98	12.39	159.89
Punta_cippo	2.93	10.79	101.41	2.54	9.43	109.35	2.70	8.88	132.65	4.46	10.34	152.27	4.71	10.81	166.23	3.81	12.35	171.92
Alassio_S.Anna	2.81	11.11	101.67	3.40	9.59	107.63	3.56	8.92	123.40	4.91	10.36	145.45	4.70	10.83	161.11	3.59	12.38	166.59

Tabella IV - Caratteristiche del moto ondoso per le stazioni di calcolo per il periodo di ritorno di 50 anni.

L'onda più elevata per il tempo di ritorno di 1 anno è quella derivante dalla direzione di 180° al largo che sottocosta ha ruotato sino a 170°. Per il tempo di ritorno di 50 anni le onde più elevate provengono dalla direzione al largo di 150° che ruota sino a 143°.

R	H	T	Direzione
(anno)	(m)	(s)	(°N)
1	2,36	7,86	169,33
50	4,72	10,38	143,33

Tabella V - Valori dell'altezza d'onda e del periodo alla profondità di -15 metri.

5.2 PROPAGAZIONE VERSO LA SPIAGGIA ED EFFETTI DI DISSIPAZIONE DELL'OPERA

5.2.1 Effetto di shoaling

Per determinare la progressione dell'onda stimata sulla profondità di -15 m verso la riva si è tenuto conto soltanto dell'effetto del processo di *shoaling*, ovvero della dissipazione

dell'onda dovuta alla presenza del fondale; non si è tenuto conto, a favore di sicurezza, dell'effetto di rifrazione, essendo i fronti d'onda già praticamente allineati alla batimetriche.

Secondo il modello di propagazione dal largo fino alla profondità limite l'altezza d'onda spettrale di *shoaling* (H_{sh}), che rappresenta la conservazione dell'energia da profondità infinita a profondità finita, si ricava da:

$H_{sh} = K_s \cdot H_{m0}$

dove H_{m0} è l'altezza d'onda su profondità infinita e K_s è il coefficiente di *shoaling* pari a:

$$K_s = \sqrt{\frac{2 \cdot \cosh^2(kh)}{2kh + senh(2kh)}}$$

con $k = 2\pi/L_p$ numero d'onda e L_p lunghezza d'onda, che, per profondità finita h, è uguale a:

$$L_p = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi h}{L_p}\right)$$

K_s risulta pari a circa 1.

Il modello di propagazione dalla profondità limite fino alla profondità di frangimento tiene conto solo del processo di *shoaling* e permette di calcolare l'altezza d'onda H_h alle varie profondità hi fino al frangimento; il valore di H_h è pari al prodotto fra l'altezza d'onda spettrale fittizia $H_{m0'}$ e il coefficiente di shoaling $K_{s(hi)}$ calcolato alla profondità hi.

L'altezza dell'onda frangente per fissate profondità h è calcolata utilizzando la formula di Mac-Cowan-Munk

$$\frac{H_f}{h} = 0.78$$

Confrontando l'altezza dell'onda frangente H_f con l'altezza ricavata dal modello di propagazione per i soli effetti di shoaling H_h, si ottiene l'altezza d'onda frangente e la relativa profondità all'uguaglianza dei due valori $H_f = H_h$.

5.2.2 Effetto della presenza della secca

La secca sommersa con sommità a quota -2,00 m posata su un fondale di - 5,00 m costituisce un elemento di forte dissipazione del fronte d'onda incidente, sia per la improvvisa e brusca variazione alla morfologia del fondo sia per la sua estensione trasversale (larghezza in testa 12 metri e larghezza al fondo 22 metri).

A partire dall'altezza dell'onda a monte della soffolta H_m, è stata modellata la trasmissione in corrispondenza dell'opera di difesa determinando l'altezza dell'onda trasmessa a valle della stessa.

La valutazione quantitativa del fenomeno è fornita dal coefficiente di trasmissione:

$$K_t = \frac{H_{tr}}{H_{si}}$$

dove K_t è il coefficiente di trasmissione, H_{tr} è l'altezza dell'onda trasmessa e H_{si} è l'altezza dell'onda incidente a monte della soffolta.

Per la determinazione di K_t è stata utilizzata la recente formulazione proposta da Van der Meer (Van der Meer et al., 2005) ottenuta sulla base di studi effettuati su un numero molto elevato di dati rilevati nel corso di esperimenti su strutture a cresta bassa parzialmente sommerse o completamente sommerse.

Per le strutture permeabili, parzialmente o completamente sommerse, valgono le seguenti relazioni:

$$\begin{cases} per\ \frac{B}{H_{si}} < 10: K_t = -0.4\ \frac{R_c}{H_{si}} + \left[1 - e^{-0.5\xi_p}\right] * c * \left(\frac{B}{H_{si}}\right)^{-0.31} \\ per\ \frac{B}{H_{si}} > 10: K_t = -0.35\ \frac{R_c}{H_{si}} + 0.51\left[1 - e^{-0.41\xi_p}\right] * c * \left(\frac{B}{H_{si}}\right)^{-0.65} \\ con\ K_{t,min} = 0.05\ e\ K_{t,max} = -0.006\ \frac{B}{H_{si}} + 0.93 \end{cases}$$

dove B è la larghezza della testa, R_c è la sommergenza della barriera, H_{si} è l'altezza dell'onda incidente a monte della soffolta, ξ_p è l'indice di frangimento e c è un coefficiente pari a 0.64 per le strutture permeabili in massi.
L'indice di frangimento ξ_p è definito come il rapporto adimensionale tra la pendenza della struttura e la ripidità dell'onda:

$$\xi_p = \frac{tg(\alpha)}{\sqrt{2\pi \frac{H_{si}}{L_{si}}}}$$

dove α è l'inclinazione del paramento della struttura, hsi è l'altezza dell'onda incidente a monte della soffolta, lsi è la lunghezza dell'onda incidente a monte della soffolta

5.3 CONFRONTO DEI RISULTATI

Confrontando i diversi valori ottenuti, che sono rappresentati nelle successive tabelle, si osserva quanto segue.

Nel caso dell'onda associata al **periodo di ritorno di 1 anno**, l'efficacia della presenza della secca alla profondità di - 5 metri, si esplica in un coefficiente di trasmissione pari a 0,45: l'onda al piede dell'opera pari a 2,63 m si riduce a 1,18 m oltre la barriera. Si tenga conto che l'energia dell'onda è funzione del quadrato dell'altezza e quindi l'effetto dissipativo dell'opera è rilevante, pari all'80% circa dell'energia incidente.

Nel caso di onde con **periodo di ritorno di 50 anni** l'onda raggiunge l'opera in condizioni prossime al frangimento e si presenta al piede dell'opera con un'altezza di 5,64 m; tale onda scavalca la secca e si trasmette verso riva con un coefficiente di trasmissione di 0,31 (onda trasmessa 1,69 m). In questo caso come si vede l'efficacia della secca in termini dissipativi è molto maggiore rispetto all'onda di maggiore frequenza.

La minore energia dell'onda incidente sulla battigia produce come effetto una minore risalita dell'onda sulla spiaggia emersa e conseguentemente una sensibile mitigazione del fenomeno di erosione e quindi una maggiore stabilità complessiva dell'arenile.

La realizzazione del ripascimento sulla spiaggia costituisce un ulteriore elemento di difesa.

Onda con direzione provenienza 180° e tempo di ritorno R = 1 anno					
h	**T**	**L**	**H**	**Hf**	**Kt**
(m)	*(s)*	*(m)*	*(m)*		*(-)*
Condizioni al largo					
100	7,85	96,26	3,10	-	-
Propagazione dalla profondità di -15 metri a - 5 metri					
-15,0	7,85	79,70	2,36	11,70	
-10,0	7,85	69,30	2,41	7,80	
-5,0	7,85	52,00	**2,63**	3,90	
Trasmissione oltre la secca dissipatrice					
-5,0		52,00	**1,18**	3,90	**0,45**
Propagazione dalla profondità di -5 metri a 0 metri (battigia)					
-5,0		52,00	1,18	3,90	
-3,0		41,20	1,30	2,34	
-1,0		24,30	**1,65**	0,78	

Tabella VI - Propagazione dell'onda con tempo di ritorno 1 anno.

Onda con direzione provenienza 150° e tempo di ritorno R = 50 anni					
h	**T**	**L**	**H**	**Hf**	**Kt**
(m)	*(s)*	*(m)*	*(m)*		*(-)*
Condizioni al largo					
100	10,38	168,31	5,40	-	-
Propagazione dalla profondità di -15 metri a - 5 metri					
-15,0	10,38	114,00	4,72	11,70	
-10,0	10,38	96,40	4,97	7,80	
-5,0	10,38	70,40	**5,64**	3,90	
Trasmissione oltre la secca dissipatrice					
-5,0		70,40	**1,69**	3,90	**0,31**
Propagazione dalla profondità di -5 metri a 0 metri (battigia)					
-5,0		70,40	1,69	3,90	
-3,0		55,20	1,38	2,34	
-1,0		32,30	**1,79**	0,78	

Tabella VII - Propagazione dell'onda con tempo di ritorno 50 anni

5.4 DIMENSIONAMENTO DELL'OPERA MARITTIMA (SECCA DISSIPATRICE)

Determinata l'altezza d'onda di progetto assunta a base dei calcoli per il dimensionamento dell'opera, ovvero quella più prudenziale associata alla direzione di 180°N (vedi tabella V):

$$Hs = 4{,}72 \text{ m}$$

è possibile stimare, con formule empiriche, il peso medio dei massi costituenti la barriera che possono essere considerati stabili.

Le formule di seguito impiegate sono state approntate per il dimensionamento dei frangiflutti emersi, che sicuramente sono soggetti ad azioni dinamiche delle onde più punitive di quanto non sia un'opera sommersa. La scogliera di massi naturali avrà un angolo di inclinazione non superiore a 1 su 2 (circa 26°) e sarà costituita da massi naturali sovrapposti in almeno due strati con mutuo incastro.

Per la stima del peso dei massi da porre in opera si sono usate le formule empiriche di Iribarren, Hudson e Van der Meer

5.4.1 Formula di Iribarren

La formulazione proposta da Iribarren è fondata sul criterio d'equilibrio del singolo masso della mantellata di peso P:

$$P = \frac{N * H * \gamma_m}{(f \cos\alpha - \sin\alpha)^3 * \left(\frac{\gamma_m}{\gamma_a} - 1\right)^3}$$

dove:

- $H=H_5$ = altezza d'onda di progetto sulla profondità di 6 metri;
- α = angolo che la scarpata forma con l'orizzontale;
- γ_m = peso specifico dei massi costituenti la mantellata;
- γ_a = peso specifico dell'acqua di mare;
- N = coefficiente di forma dei massi
- f = coefficiente di attrito tra i massi

Per i valori del peso specifico si è assunto:
$\gamma_m = 2{,}60$ t/m^3;
$\gamma_a = 1{,}03$ t/m^3.

Iribarren ha fornito inoltre, per diversi tipi di massi, i valori N e f:

Massi naturali	f=2.38	N=0.43
Massi artificiali (parallelepipedi)	f=2.84	N=0.43
Tetrapodi	f=3.47	N=656

Tabella IX – Valori di *f* e *N* per la formula di Iribarren

I risultati sono sintetizzati nella seguente tabella:

α	H_5	γ_m	γ_a	N	f	**P**	**D**

[°]	[m]	[t/m^3]	[t/m^3]	[-]	[-]	**[t]**	**[m]**
26	4.72	2.60	1.03	0.43	2.38	**6.98**	**1.72**

Tabella X – Peso dei massi stimati con la formula di Iribarren

Applicando la relazione di Iribarren il peso dei massi naturali da utilizzare per la mantellata risulta pari a circa 7 t.

Tale formulazione risulta molto sensibile all'altezza d'onda e all'angolo d'inclinazione della mantellata rispetto all'orizzontale che compaiono alla terza potenza, ma prescinde dalla durata della mareggiata e dal periodo dell'onda.

5.4.2 Formula di Hudson

L'espressione più largamente utilizzata per determinare il peso degli elementi della mantellata è quella di Hudson, ricavata in base ad un grande numero di risultati sperimentali.

$$P = \frac{\gamma_m \cdot H^3}{K_D \cdot \left(\frac{\gamma_m}{\gamma_a} - 1\right)^3 \cdot \cot \alpha}$$

dove:

$H=H_6$ = onda di progetto sulla profondità di 6 metri;

α = angolo che la scarpata forma con l'orizzontale (cotg α = scarpa della mantellata);

γ_m = peso specifico dei massi costituenti la mantellata;

γ_a = peso specifico dell'acqua di mare;

K_D = coefficiente che sintetizza le caratteristiche relative a forma, angolo di attrito interno ed indice dei vuoti degli elementi che costituiscono la mantellata.

Il coefficiente K_D è tabellato nello Shore Protection Manual ed in numerose pubblicazioni in letteratura in funzione della tipologia di elemento e della percentuale di danneggiamento:

Tipo di elemento		**Percentuale di danneggiamento (D)**						
		0÷5	5÷10	10÷15	15÷20	20÷30	30÷40	40÷50
Massi naturali (a spigoli arrotondati)	$H/H_{D=}$	1.00	1.08	1.14	1.2	1.29	1.41	1.54
	K_D	2.4	3.0	3.6	4.1	5.1	6.7	8.7
Massi naturali (a spigoli vivi)	$H/H_{D=}$	1.00	1.08	1.19	1.27	1.37	1.47	1.57
	K_D	4.0	4.9	6.6	8.0	10.0	12.4	15.0
Tetrapodi e quadripodi	H/H_{D0}	1.00	1.09	1.17	1.24	1.32	1.41	1.50
	K_D	8.3	10.8	13.4	15.9	19.2	23.4	27.8
Tribar	$H/H_{D=}$	1.00	1.11	1.25	1.36	1.5	1.59	1.64
	K_D	10.4	14.2	19.4	26.2	35.2	41.8	45.9

Tabella XI – Valore del parametro K_D

Considerando un danneggiamento, corrispondente ad una situazione di perdita molto limitata e facilmente riparabile degli elementi (0-5%), ed una scogliera realizzata in massi naturali (K_D=4,9), si ottiene che il peso dei massi naturali da utilizzare per la mantellata è pari a circa 7.70 t:

γ_m [t/m^3]	γ_a [t/m^3]	H_5 [m]	α [°]	K_D [-]	P [t]	D [m]
2.60	1.03	4.72	26	4.90	**9.65**	**1.92**

Tabella XII - Peso dei massi stimati con la formula di Hudson

5.4.3 Formula di Van der Meer

La formula di Van der Meer, rispetto a quella di Hudson, permette di tener conto dell'azione di onde irregolari e degli effetti legati alla variabilità del periodo introducendo il parametro di frangimento medio:

$$\xi_m = \frac{\tan\alpha}{\sqrt[2]{\frac{H}{L_0}}}$$

dove:
$H=H_6$ = onda stimata sulla profondità di 6 metri;
α = angolo che la scarpata forma con l'orizzontale (cotg α = scarpa della mantellata);
L_0 = larghezza dell'onda al largo relativa al periodo medio T_m delle onde.

In funzione del valore assunto da ξ_m, le formule di Van der Meer per massi naturali sono:

Per $\xi_m \leq 2.5$, onda frangente di tipo plunging:

$$\frac{H}{\Delta * D_{n50}} = 6.2\,(p^*)^{0.18}\left(\frac{S}{\sqrt{N}}\right)^{0.2}\xi_m{}^{-0.5} \quad per\ \xi_m \leq 2.5$$

Per $\xi_m \geq 3.5$, onda frangente di tipo surging:

$$\frac{H}{\Delta * D_{n50}} = (p^*)^{-0.13}(\cot\alpha)^{0.5}\left(\frac{S}{\sqrt{N}}\right)^{0.2}\xi_m{}^{p^*} \quad per\ \xi_m \geq 3.5$$

Per $2.5 \leq \xi_m \leq 3.5$, onda con frangimento intermedio:

$$\frac{H}{\Delta * D_{n50}} = min\left(6.2\,(p^*)^{0.18}\left(\frac{S}{\sqrt{N}}\right)^{0.2}\xi_m{}^{-0.5};\ (p^*)^{-0.13}(\cot\alpha)^{0.5}\left(\frac{S}{\sqrt{N}}\right)^{0.2}\xi_m{}^{p^*}\right)$$

dove:
- $\Delta = (\gamma_m/\gamma_a - 1)$ = massa relativa del masso;
- D_{n50} = diametro nominale del masso di peso mediano;
- S = livello di danneggiamento definito come rapporto A/D^2_{n50} con A area della sezione trasversale erosa dalla mareggiata;
- N = numero di onde presenti nella mareggiata;
- p^* = parametro indicatore della permeabilità della struttura.

Nella seguente tabella X sono riportati i valori del parametro S in funzione della pendenza:

Pendenza	Livello di danno S		
	Danno iniziale	Danno intermedio	Danno totale
1:1.5	2	3-5	8
1:2	2	4-6	8
1:3	2	6-9	12
1:4	3	8-12	17
1:6	3	8-12	17

Tabella XIII: livello di danno

La verifica è stata condotta per S=2 corrispondente a danno iniziale

α [°]	H_5 [m]	T_m [s]	L_0 [m]	ξ_m [-]	γ_m [t/m^3]	γ_a [t/m^3]	p^* [-]	S [-]	N [-]	**D_{n50} [m]**	**P_{n50} [t]**
26	4.72	11.0	189.0	2.85	2.60	1.03	0.40	2.00	5000	**1.80**	**7.94**

Tabella XIV : Peso dei massi stimati con la formula di Van der Meer

In base a tali valori, risulta un peso medio (P_{50}) dei massi naturali da utilizzare per la mantellata pari a circa 8 t.

5.4.4 Confronto dei risultati

Nella seguente tabella sono posti a confronto i risultati ottenuti con le tre formulazioni proposte:

	Iribarren	Hudson	Van Der Meer
P [t]	6.98	9.65	7.94
D [m]	1.72	1.92	1.80

Tabella XV – Confronto tra i risultati delle diverse formule impiegate.

I risultati sono del tutto simili e comparabili tra loro.

A favore di sicurezza, ai fini del dimensionamento della mantellata, si è scelto quindi di utilizzare massi del peso di circa 8,5 tonnellate, appartenenti alla IV categoria.

Da un punto di vista pratico è opportuno che il peso dei singoli scogli rientri all'interno del range di un 25% in più o in meno rispetto al valore di progetto e quindi: 7.0 t < P < 10 t

6 VINCOLI TERRITORIALI

Le opere previste sono soggette ai seguenti vincoli territoriali:

6.1 SITI DI INTERESSE COMUNITARIO (SIC)

L'opera non interferisce con alcun SIC o ZPS.

6.2 PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PAESISTICO (PTCP)

Il Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico è uno strumento, previsto dalla legge numero 431 del 1985, preposto a governare sotto il profilo paesistico le trasformazioni del territorio ligure.

Il PTCP è articolato in tre livelli:

- livello territoriale: le indicazioni che sono riportate nelle schede relative ai 100 ambiti individuati dal Piano hanno carattere di indirizzo e proposta per le azioni di pianificazione;
- livello locale, alle cui indicazioni devono adeguarsi gli strumenti urbanistici comunali;
- livello puntuale, che prevede indicazioni di specificazione del livello locale sviluppate dai comuni con particolare riguardo agli aspetti qualitativi.

Come indicato nel PTCP, l'area a terra prospiciente il paraggio dove sono previsti gli interventi di ripascimento dell'arenile è inserita nell'ambito 35 (Borghetto S.S. – Loano – Pietra Ligure – Borgio Verezzi) e risulta classificata sotto l'aspetto insediativo come TU (Tessuto Urbano).

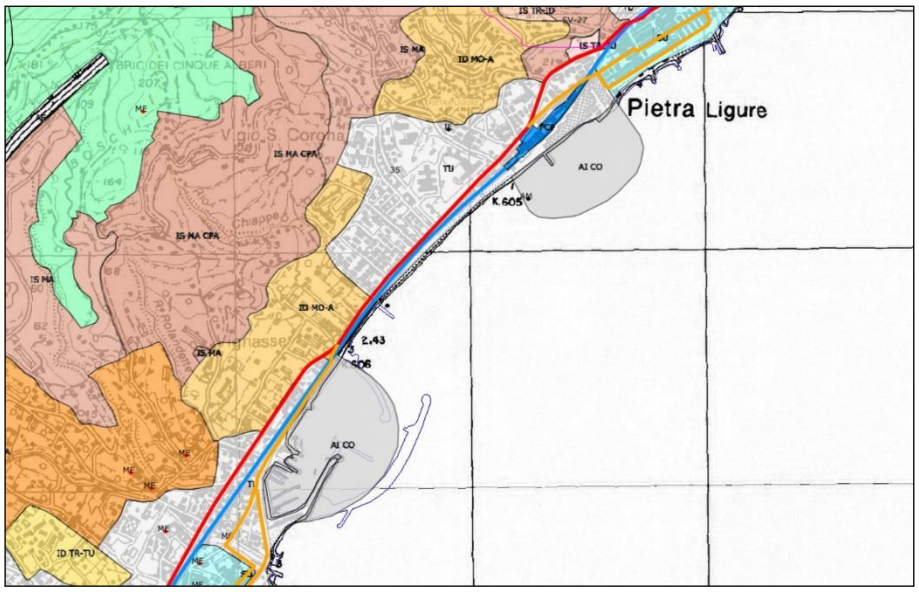
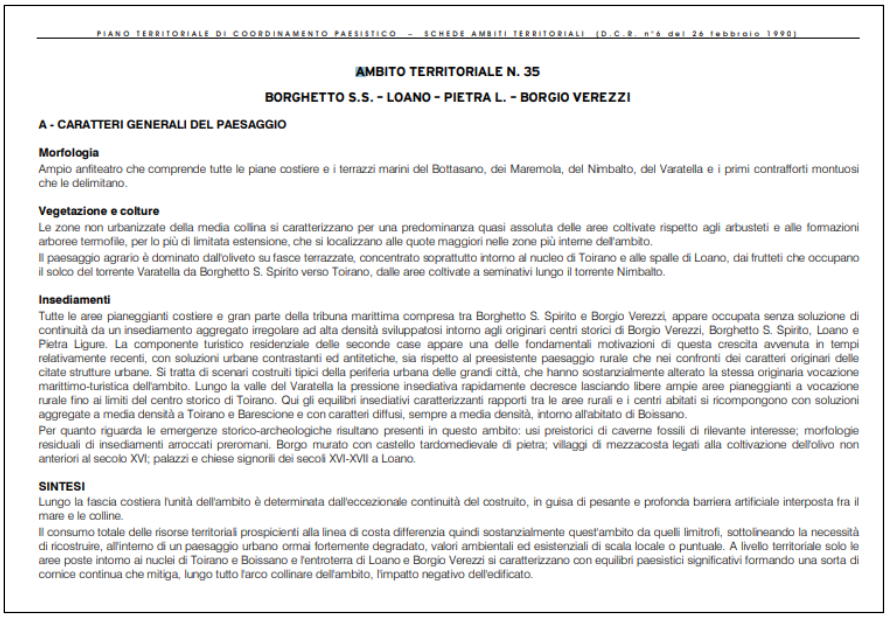


Figura 6.1 a): estratto PTCP

Di seguito si riporta uno stralcio della scheda dell'ambito territoriale n.35 :



PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PAESISTICO – SCHEDE AMBITI TERRITORIALI (D.C.R. n°6 del 26 febbraio 1990)

AMBITO TERRITORIALE N. 35

BORGHETTO S.S. - LOANO - PIETRA L. - BORGIO VEREZZI

A - CARATTERI GENERALI DEL PAESAGGIO

Morfologia

Ampio anfiteatro che comprende tutte le piane costiere e i terrazzi marini del Bottasano, dei Maremola, del Nimbalto, del Varatella e i primi contrafforti montuosi che le delimitano.

Vegetazione e colture

Le zone non urbanizzate della media collina si caratterizzano per una predominanza quasi assoluta delle aree coltivate rispetto agli arbusteti e alle formazioni arboree termofile, per lo più di limitata estensione, che si localizzano alle quote maggiori nelle zone più interne dell'ambito.

Il paesaggio agrario è dominato dall'oliveto su fasce terrazzate, concentrato soprattutto intorno al nucleo di Toirano e alle spalle di Loano, dai frutteti che occupano il solco del torrente Varatella da Borghetto S. Spirito verso Toirano, dalle aree coltivate a seminativi lungo il torrente Nimbalto.

Insediamenti

Tutte le aree pianeggianti costiere e gran parte della tribuna marittima compresa tra Borghetto S. Spirito e Borgio Verezzi, appare occupata senza soluzione di continuità da un insediamento aggregato irregolare ad alta densità sviluppatosi intorno agli originari centri storici di Borgio Verezzi, Borghetto S. Spirito, Loano e Pietra Ligure. La componente turistico residenziale delle seconde case appare una delle fondamentali motivazioni di questa crescita avvenuta in tempi relativamente recenti, con soluzioni urbane contrastanti ed antitetiche, sia rispetto al preesistente paesaggio rurale che nei confronti dei caratteri originari delle citate strutture urbane. Si tratta di scenari costruiti tipici della periferia urbana delle grandi città, che hanno sostanzialmente alterato la stessa originaria vocazione marittimo-turistica dell'ambito. Lungo la valle del Varatella la pressione insediativa rapidamente decresce lasciando libere ampie aree pianeggianti a vocazione rurale fino ai limiti del centro storico di Toirano. Qui gli equilibri insediativi caratterizzanti rapporti tra le aree rurali e i centri abitati si ricompongono con soluzioni aggregate a media densità a Toirano e Barescione e con caratteri diffusi, sempre a media densità, intorno all'abitato di Boissano.

Per quanto riguarda le emergenze storico-archeologiche risultano presenti in questo ambito: usi preistorici di caverne fossili di rilevante interesse; morfologie residuali di insediamenti arroccati preromani. Borgo murato con castello tardomedievale di pietra; villaggi di mezzacosta legati alla coltivazione dell'olivo non anteriori al secolo XVI; palazzi e chiese signorili dei secoli XVI-XVII a Loano.

SINTESI

Lungo la fascia costiera l'unità dell'ambito è determinata dall'eccezionale continuità del costruito, in guisa di pesante e profonda barriera artificiale interposta fra il mare e le colline.

Il consumo totale delle risorse territoriali prospicienti alla linea di costa differenzia quindi sostanzialmente quest'ambito da quelli limitrofi, sottolineando la necessità di ricostruire, all'interno di un paesaggio urbano ormai fortemente degradato, valori ambientali ed esistenziali di scala locale o puntuale. A livello territoriale solo le aree poste intorno ai nuclei di Toirano e Boissano e l'entroterra di Loano e Borgio Verezzi si caratterizzano con equilibri paesistici significativi formando una sorta di cornice continua che mitiga, lungo tutto l'arco collinare dell'ambito, l'impatto negativo dell'edificato.

Figura 6.2-b): estratto PTCP -Ambito 35

6.3 PIANO DI TUTELA DELL'AMBIENTE MARINO E COSTIERO (PTAMC)

Il Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero (PTAMC) dell'Ambito Costiero 08, individuato con DGR 1799/2009, comprendente le Unità Fisiografiche del "Centa" e del "Maremola" è stato redatto in attuazione di quanto disposto dall'articolo 41, comma 1 della Legge Regionale 4 agosto 2006 n°20 e ss.mm., recante "Nuovo Ordinamento dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure e riorganizzazione delle attività e degli organismi di pianificazione, programmazione, gestione e controllo in campo ambientale". Il Piano ha valore di Piano territoriale di settore, in quanto è specificatamente finalizzato al riequilibrio sedimentario dei litorali e alla stabilizzazione della costa alta, nonché al miglioramento della qualità delle acque costiere, alla difesa e valorizzazione degli habitat marini e della biodiversità costiera, nel rispetto degli assetti naturali e della loro tendenza evolutiva, degli usi compatibili e dello sviluppo sostenibile. Il Piano si prefigge l'obiettivo di garantire ai litorali compresi nell'Ambito uno sviluppo durevole

Di seguito si riporta la sintesi delle azioni e interventi previsti dal Piano.

6. Sintesi delle Azioni e Interventi previsti dal Piano

La correlazione tra gli obiettivi specifici e le azioni/interventi da porre in atto per il loro raggiungimento è rappresentata sinteticamente nel seguente elenco:

Ripristinare e mantenere le caratteristiche dinamiche naturali delle spiagge

- Mantenimento e ripristino delle capacità di trasporto solido dei corsi d'acqua
- Eliminazione e/o razionalizzazione delle opere riflettenti nelle spiagge
- Divieto di costruzione di opere che interrompano la deriva litoranea

Ridurre il rischio da erosione e da frana di falesie anche ai fini della pubblica incolumità

- Aumento dell'ampiezza della spiaggia
- Consolidamento delle falesie in presenza di elementi a rischio

Salvaguardare i tratti di costa ad elevato valore naturalistico

- Divieto di realizzare nuovi porti e porticcioli, opere marittime radicate alla costa e ripascimenti, fatti salvi i ripascimenti con finalità di manutenzione di tratti di spiaggia in equilibrio

Tutelare l'habitat marino prioritario "prateria di Posidonia oceanica" ed altri habitat di pregio dalle attività antropiche ad alto impatto

- Regolamentazione di aree con limitazione alle attività di ancoraggio
- Realizzazione di sistemi deterrenti la pesca a strascico abusiva

Ripristinare gli habitat tipici della vegetazione pioniera delle spiagge e degli ambienti dunali

- Individuazione delle superfici di spiaggia per il ripristino della flora psammofila

Ripristinare gli habitat tipici delle foci fluviali

- Criteri ed indirizzi tecnici per la gestione sostenibile degli interventi di manutenzione idraulica

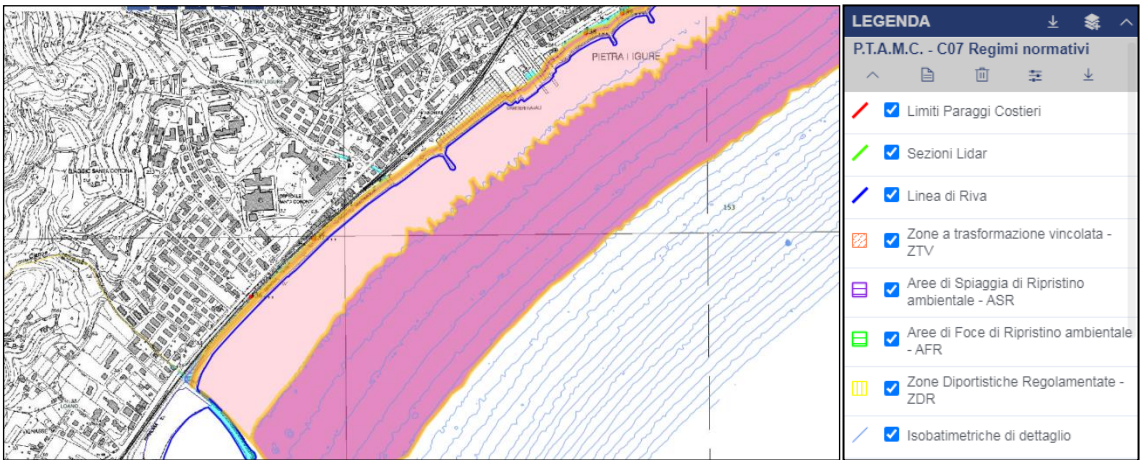


Figura 6.3: estratto da PTAMC Ambito 08

L'area oggetto di intervento interessa la fascia dinamica della spiaggia, individuata come fascia compresa tra la profondità di chiusura e il limite del run-up dell'onda in funzione di un determinato periodo di ritorno ed indicante la pericolosità dell'area soggetta a moto ondoso incidente.

Essa è caratterizzata dalle seguenti zone riportate dal largo verso riva

- FDB (colore rosa scuro): Area a pericolosità media
- FDA (colore rosa chiaro): Area a pericolosità alta

L'intervento in oggetto, costituito dalla realizzazione di una secca a distanza adeguata dalla linea di riva (250 m circa) e dal ripascimento della parte emersa della spiaggia, è compatibile con la corrispondente normativa.

6.4 PIANO URBANISTICO COMUNALE (PUC)

Lo strumento vigente è il Piano Urbanistico Comunale, di cui nel seguito si riporta estratto. Nell'area di interesse si distingue l'ambito "***tb - zona turistico/balneare litoranea***", normata dall'art. 11.2.

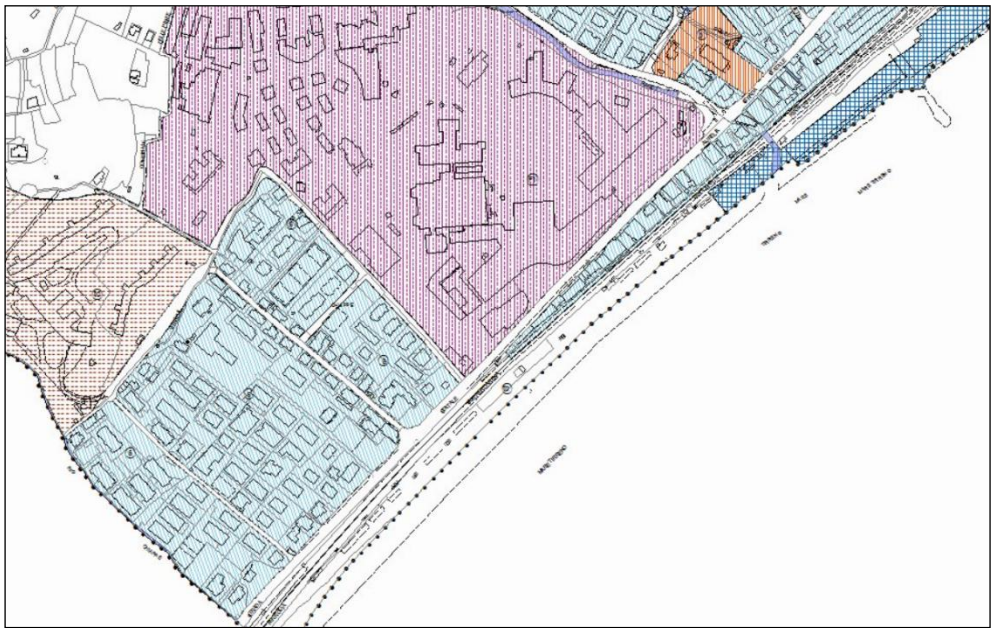
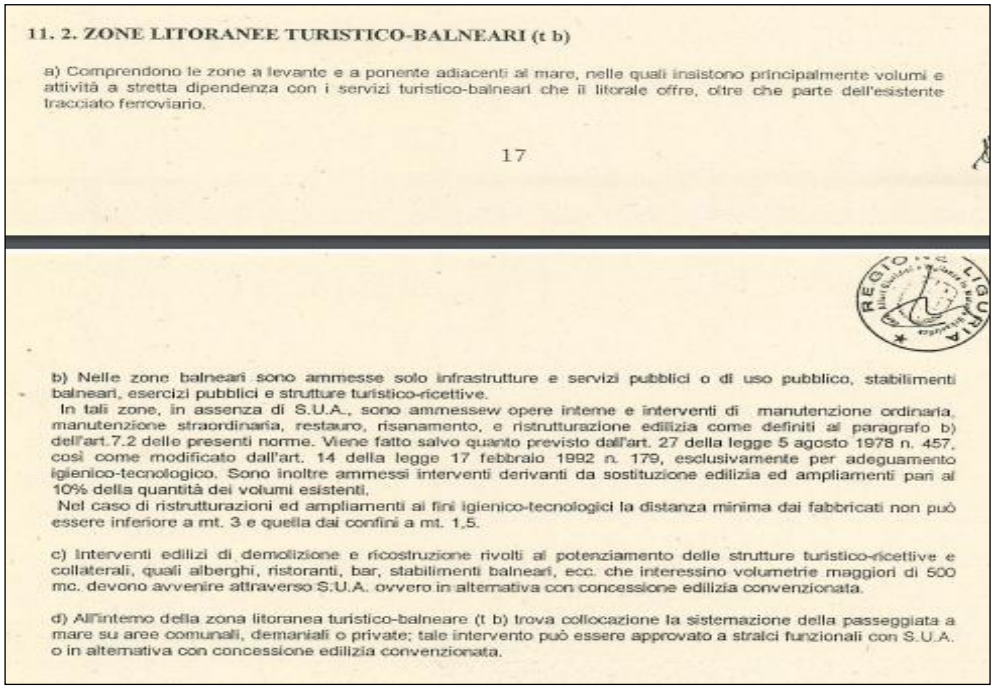


Figura 6.4 : PUC Pietra Ligure



11. 2. ZONE LITORANEE TURISTICO-BALNEARI (t b)

a) Comprendono le zone a levante e a ponente adiacenti al mare, nelle quali insistono principalmente volumi e attività a stretta dipendenza con i servizi turistico-balneari che il litorale offre, oltre che parte dell'esistente tracciato ferroviario.

17

b) Nelle zone balneari sono ammesse solo infrastrutture e servizi pubblici o di uso pubblico, stabilimenti balneari, esercizi pubblici e strutture turistico-ricettive.
In tali zone, in assenza di S.U.A., sono ammessew opere interne e interventi di manutenzione ordinaria, manutenzione straordinaria, restauro, risanamento, e ristrutturazione edilizia come definiti al paragrafo b) dell'art.7.2 delle presenti norme. Viene fatto salvo quanto previsto dall'art. 27 della legge 5 agosto 1978 n. 457, così come modificato dall'art. 14 della legge 17 febbraio 1992 n. 179, esclusivamente per adeguamento igienico-tecnologico. Sono inoltre ammessi interventi derivanti da sostituzione edilizia ed ampliamenti pari al 10% della quantità dei volumi esistenti.
Nel caso di ristrutturazioni ed ampliamenti ai fini igienico-tecnologici la distanza minima dai fabbricati non può essere inferiore a mt. 3 e quella dai confini a mt. 1,5.

c) Interventi edilizi di demolizione e ricostruzione rivolti al potenziamento delle strutture turistico-ricettive e collaterali, quali alberghi, ristoranti, bar, stabilimenti balneari, ecc. che interessino volumetrie maggiori di 500 mc. devono avvenire attraverso S.U.A. ovvero in alternativa con concessione edilizia convenzionata.

d) All'interno della zona litoranea turistico-balneare (t b) trova collocazione la sistemazione della passeggiata a mare su aree comunali, demaniali o private; tale intervento può essere approvato a stralci funzionali con S.U.A. o in alternativa con concessione edilizia convenzionata.

Figura 6.5 : Norma della zona "tb" litorale turistico balneare del PUC

6.5 VINCOLI PAESAGGISTICI (D.LVO 42/2004)

Il quadro dei vincoli architettonici e paesaggistici nell'area di progetto è presentato nella figura 6.6. Nell'area di progetto non sono presenti vincoli architettonici puntuali.

L'area costiera occupata dalla SS n. 1 Aurelia è individuata come bellezze di insieme.

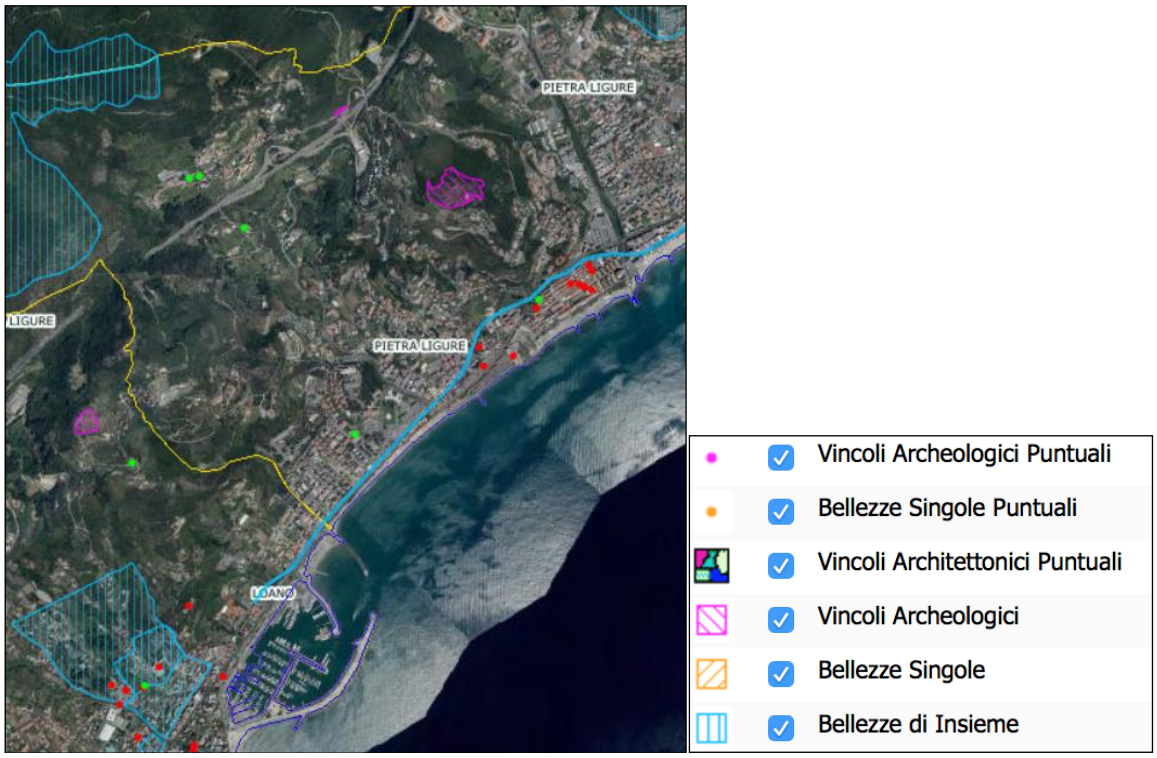


Figura 6.6: vincoli Architettonici Archeologici e Paesaggistici

In base all'art. 142 comma 1 lettera a) del D.Lvo 22 gennaio 2004 n. 42, poiché l'intervento ricade in un "*…territorio costiero compreso in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia…*" esso è soggetto a vincolo paesaggistico.

Secondo il D.P.R. 13 febbraio 2017 n. 31 la tipologia di intervento ricade nella fattispecie delle opere sottoposte a procedura autorizzatoria semplificata: al punto B.42 infatti sono citati gli "*interventi di ripascimento circoscritti di tratti di arenile in erosione, manutenzione di dune artificiali in funzione antierosiva, ripristino di opere di difesa esistenti sulla costa*".