REVISIONE 01	APRILE 2023
MODIFICA ED INTEGRAZIONE	FEBBRAIO 2023
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA	DICEMBRE 2022



STUDIOGAGGERO

SAVONA – VIA PIA 130 R – FAX 019/8386702 – TEL 019/829463
CELL. 335/303133 – E-MAIL ing.gaggero@libero.it

El. A	**COMUNE DI ALBISOLA SUPERIORE**	
	INTERVENTI PER L'INCREMENTO DELLA RESILIENZA DEL TRATTO LITORANEO TRA LA FOCE DEL TORRENTE SANSOBBIA ED IL MOLO TORRE	
	COMPENDIO RELAZIONI	
	NP 2253	**Dott. ing. Paolo GAGGERO**
Aprile 2023	**FILE NP 2253/RESILIENZA LITORALE**	



NP 2253

COMUNE DI ALBISOLA SUPERIORE

INTERVENTI PER L'INCREMENTO DELLA RESILIENZA DEL TRATTO LITORANEO TRA LA FOCE DEL TORRENTE SANSOBBIA ED IL MOLO TORRE

REV.01

El. A _ COMPENDIO RELAZIONI

Aprile 2023

Dott. Ing. Paolo Gaggero

INDICE

1. PREMESSE 3
2. CENNI STORICI 4
3. RILIEVI STORICI DELLA BATTIGIA 7
4. BATIMETRIA 8
5. SCENARIO AMBIENTALE 9
6. CRITICITÀ 10
7. ANALISI TECNICHE DEL PARAGGIO 12
8. ANALISI DI ALCUNE DIVERSE ALTERNATIVE DI INTERVENTO 17
9. INTERVENTI STRUTTURALI PREVISTI 23
10. FASI PROGETTUALI 26
11. COSTO DELLE OPERE 27
12. DIMENSIONAMENTO DELLA MANTELLATA DELLA SECCA 28

ELENCO ELABORATI

Scritti

A_COMPENDIO RELAZIONI (il presente elaborato)
B_STIMA SOMMARIA DELLA SPESA
C_CRONOPROGRAMMA
D_QUADRO ECONOMICO
E_PRIME INDICAZIONI E DISPOSIZIONI PER LA STESURA DEL PIANO DI SICUREZZA
F_ STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE

Grafici

TAV. 1 _ Inquadramento cartografico
TAV. 2 _ Evoluzione storica della linea di costa dal 1944 al 2019
TAV. 3 _ Confronto evoluzione storica della linea di costa dal 1944 al 2019
TAV. 4 _ Stato attuale – Planimetria
TAV. 5 _ Progetto – Planimetria e sezioni tipologiche

1. PREMESSE

L'Amministrazione del Comune di Albisola Superiore ha promosso azioni amministrative finalizzate alla realizzazione di potenziamento difensivo della costa al fine di incrementare la capacità di resilienza del litorale.

Negli ultimi anni, in particolare nel 2018-2019 e nel 2020, gli eventi di mareggiata hanno sconvolto il litorale ligure ed anche Albisola Superiore non è uscita indenne. In particolare, l'evento del 29/30 ottobre 2018 ha provocato distruzione di stabilimenti balneari, di alcune strutture della passeggiata, invasione marina della zona urbana più avanzata (compresa tra la strada statale n° 1 Aurelia e la passeggiata), depositi sabbiosi e di detriti e che hanno danneggiato le fognature e la rete dei servizi interrati, danneggiamento dei pennelli di difesa in massi lapidei, distruzione di gran parte degli stabilimenti balneari ed erosione diffusa della spiaggia.

I danni più evidenti sono stati riparati anche con il contributo finanziario della protezione civile nazionale; nei mesi successivi anche le altre opere sono state ripristinate ed alcune demolite perché irrecuperabili. Sono peraltro ancora visibili le tracce della violenza del mare sui pennelli e su alcune strutture di sostegno della passeggiata, mentre la spiaggia ha ripreso lentamente la sua originale morfologia, volume ed ampiezza, pur con variazioni sensibili di granulometria e di distribuzione della stessa.

L'aumento progressivo del livello medio del mare, conseguente al riscaldamento climatico, determina una crescente frequenza degli eventi meteomarini con pericolo per la pubblica incolumità. L'Amministrazione Comunale, pertanto, intende potenziare il sistema difensivo, intervenendo principalmente nelle zone che hanno dimostrato maggiore fragilità.

2. CENNI STORICI

Il litorale di Albissola Superiore è stato occupato nella seconda metà del XIX secolo dalla linea ferroviaria Savona Letimbro – Genova Voltri; nel 1868 fu inaugurata la stazione, in riva sinistra del torrente Sansobbia, con servizio anche per Albissola Marina.

La costruzione del binario fu preceduta dalla realizzazione di un rilevato longitudinale a bordo costa, compreso tra la galleria Torre a levante ed il ponte sul torrente Sansobbia a ponente, per una lunghezza di circa 1 km. Come in gran parte della costa italiana, il rilevato ferroviario fu protetto dal mare con una scarpata in massi, talvolta insufficiente a garantire la stabilità della struttura; ed infatti nel tratto a levante del pennello centrale – denominato "molo Pescetto" – il fronte mare del rilevato fu ulteriormente protetto da una parete verticale realizzata con palancole metalliche. La presenza della rigida parete in pietra e palancole determinò una diffusa erosione del litorale; il mare raggiunse i piedi del rilevato e due modeste spiagge rimasero immediatamente a ponente del molo Pescetto e del pennello terminale di levante denominato "molo Torre".

Nel 1977 la linea ferroviaria fu arretrata nella piana e la stazione spostata immediatamente a valle dell'autostrada Genova-Savona nel frattempo costruita.

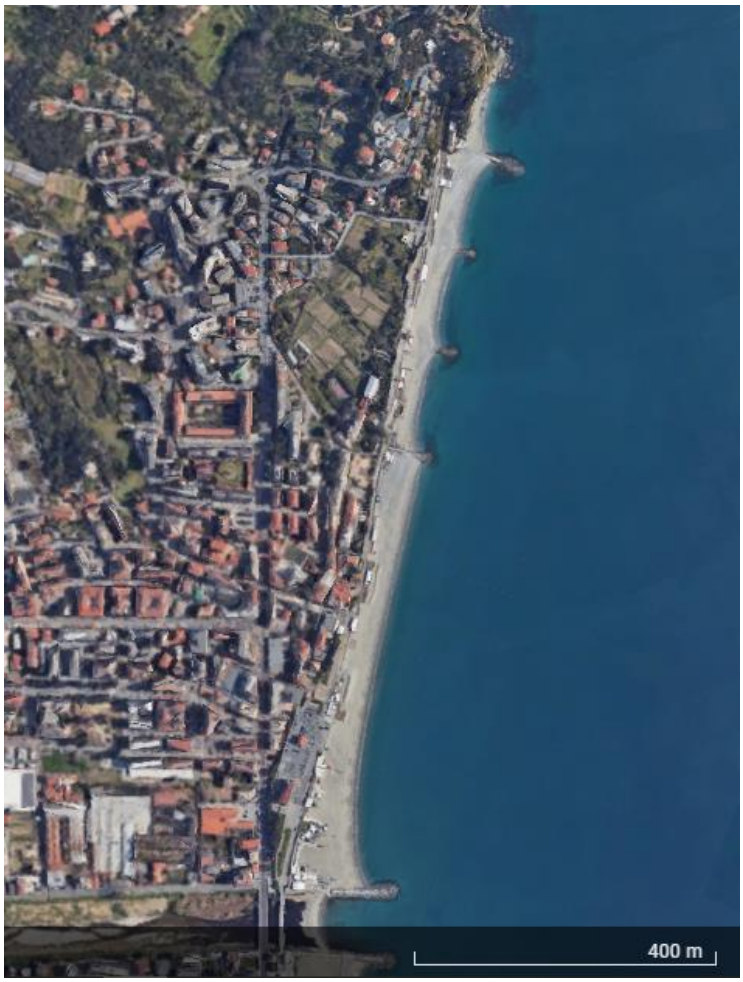
Ai progressivi interventi di modifica della ex linea ferroviaria seguì un ripascimento naturale della spiaggia a ponente del molo Pescetto anche causato dalla rotazione dell'onda di libeccio determinata dall'allungamento del molo foraneo del porto di Savona.



Lo scenario litoraneo dell'immediato dopoguerra subì profonde modifiche con formazione di spiaggia dalla sponda sinistra del torrente Sansobbia al molo Pescetto.

Alla fine degli anni '80 il Genio Civile per le Opere Marittime di Genova realizzò due semplici pennelli in massi nella cella compresa tra il molo Pescetto ed il molo Torre; il sistema di opere fisse determinò rapidamente l'avanzamento della linea di riva in tutto il tratto di levante, con formazione di spiagge in precedenza del tutto inesistenti.

Nel corso di un importante intervento di disalveo del torrente Sansobbia, nei primi anni ’90 del secolo scorso, furono riversati lungo tutto il litorale oltre 200.000 mc di materiale di ripascimento che, pur di eterogenea granulometria e talvolta carico di materiale discaricato di varia natura (ad esempio grandi quantità di chiodi da falegnameria: alla data non erano ancora stati disciplinati i ripascimenti) determinò un importantissimo avanzamento della linea di battigia, con incremento di volume della spiaggia emersa e di quella sommersa. In concomitanza con il disalveo del torrente Sansobbia furono allungati sensibilmente i moli focivi con una soluzione geometrica divergente verso il largo, con conseguente sensibile separazione dei destini delle spiagge delle due Albissole.
Il nuovo scenario creò anche qualche problema di scarico degli scoli urbani e del rio Giancardo.
Le mareggiate susseguitesi e i pur modesti interventi di gestione del litorale, connessi con la realizzazione delle strutture degli stabilimenti balneari, hanno progressivamente pulito la spiaggia e realizzato una stabile distribuzione granulometrica trasversale e longitudinale. La configurazione attuale del litorale è descritta nel fotogramma derivato dal Google Earth nel 2022.





In particolare nelle spiagge immediatamente a levante del molo Pescetto è presente pietrame e scapolame, anche a spigoli vivi, residuo dei versamenti del disalveo del torrente Sansobbia; su di esso l’azione ondosa non ha potuto realizzare gli effetti di riduzione di volume (negli urti tra gli

elementi) e di arrotondamento e smeriglio (nei moti alternati delle masse) poiché l'orientamento assiale del pennello impedisce alle onde di ponente l'azione di maggior energia ed a quelle di levante il trasporto longitudinale verso ponente.

Le pendenze della spiaggia sono pertanto più importanti a levante del pennello e molto dolci a ponente sino al molo focivo sinistro del Sansobbia (dove le sabbie sono molto fini) ed hanno un'ampiezza crescente sino a circa 100 m (in aderenza al molo focivo) e volumi molto importanti. Le mareggiate di scirocco peraltro tendono a svuotare la spiaggia immediatamente a ponente del molo Pescetto, provocando i danni maggiori.

3. RILIEVI STORICI DELLA BATTIGIA

Nel seguito vengono riportate, sovrapposte, le linee di battigia riprese da foto aeree nel 1944, 1973, 1983, 1993,2003,2013,2016 e 2019 di provenienza cartografia Regione Liguria.







Segnaliamo che il promontorio di Capo Torre fu oggetto di importanti bombardamenti degli alleati nella Seconda Guerra Mondiale (agosto 1942) ed il suo profilo a strapiombo si è addolcito in esito al crollo provocato dagli ordigni.

Recentemente, nella parete rocciosa corrispondente alla bocca di ponente della galleria già ferroviaria di Capo Torre, si sono manifestati alcuni distacchi, caduti nella sottostante spiaggia (pocket beach), non oggetto del presente progetto.

4. BATIMETRIA

Nella figura seguente viene riportata la batimetria nel tratto di spiaggia, derivata dalla cartografia Navionics verificata, integrata e modificata in esito a rilievi puntuali.



5. SCENARIO AMBIENTALE

Viene riportata la tavola tratta dal volume *Nuovo atlante degli habitat marini 2020* della Liguria (edito da Regione Liguria) di Coppo, Diviacco e Montepagano.

Come è possibile osservare i prati di fanerogame sono ampiamente distanti dalla spiaggia.



S = sabbia
POS = posidonieto
MOS = posidonieto a chiazze
MMP = matte morta di posidonia oceanica
GR = grotta
CYM = prato di Cymodocea nodosa
AF = alghe fotofile
AFA = alghe fotofile su substrato prevalentemente artificiale

Nella parte estrema di Capo Torre (non oggetto del presente progetto) è presente una ZSC ex SIC IT 1322470 che non viene interessata dagli interventi dai quali è separata dal lungo molo Torre.

Ai sensi e per gli effetti della D.G.R. 1209/2016 si riferisce che, in tabella 1.4 dei Criteri per la progettazione dei ripascimenti stagionali il litorale ricade nel tratto di costa sensibile compreso tra la foce del Sansobbia e punta Aspera, ma non è compresa nell'elenco delle coste particolarmente sensibili.

6. CRITICITÀ

Abbiamo già accennato ai danni provocati dal mare di E/SE nel tratto di spiaggia a ponente del molo Pescetto, che rappresenta la vera discontinuità dell'arenile e della linea di battigia su tutto il tratto. Lo stesso molo, come indicato ai paragrafi precedenti, agisce negativamente sul lato di levante, dove sussiste ormai da decenni la presenza di pietrame e scapolame che irripidisce il profilo.

I due pennelli realizzati dal Genio Civile OOMM negli anni '80 sono continuamente danneggiati dalle mareggiate: ciò a causa sia della scarsa dimensione dei massi superficiali nelle scarpate e nella berma, sia per un insufficiente o inefficace strato fondazionale. Il molo Torre è anch'esso in condizioni precarie in alcuni punti, in esito all'azione delle mareggiate più violente.

La spiaggia di ponente è particolarmente stabile a ponente della Via P. Chiesa, mentre è soggetta ad improvvise erosioni più a levante, crescenti verso il molo Pescetto.

Tutto l'arenile è percorso dalla tubazione di mandata (diametro 700 mm)della fognatura consortile Consorzio Depurazione Acque di Scarico del Savonese SPA; la condotta è posata lato mare rispetto alle costruzioni degli stabilimenti balneari e inizia nella stazione di sollevamento denominata S5 nei pressi dell'imbocco della galleria Torre per raggiungere il ponte in ferro già ferroviario, sul quale, zancata a lato monte, arriva nel territorio di Albissola Marina, in sponda destra del torrente Sansobbia. La condotta è posata generalmente a quota 0,00 l.m.m., salvo nei tratti di attraversamento del rio Giancardo e della fognatura meteorica a lato dei bagni S.Tropez, nonché nel tratto a ponente del molo Pescetto dove, dopo la sua realizzazione, è stata asportata da una mareggiata particolarmente violenta. La tubazione fu sostituita con una di pari diametro ma in PEAD, posta a quota – 1,50 l.m.m. e protetta con contenitori in griglia plastica ricolmi di pietrame.

La linea di battigia di norma si sviluppa parallelamente alla passeggiata, rettilinea in tutto il tratto, ed avanza notevolmente e progressivamente sino alla sua massima estensione in aderenza al molo focivo sinistro del torrente Sansobbia. Quest'ultimo è la fonte naturale (ed artificiale) del materiale di spiaggia; durante le piene il trasporto solido ha tendenza a dirigersi verso ponente (Albissola Marina e Savona), ma in fase terminale delle piene forma un'ampia barra fociva, emersa e sommersa favorita dalla divergenza dei moli.

La barra è stata fonte di ripascimenti artificiali per le spiagge delle due Albissole ed anche (con i procedimenti autorizzativi di legge) delle spiagge delle cittadine più a levante, sino al confine con il Comune di Arenzano.

È inoltre stato approvato ed è in esecuzione un progetto di disalveo del tratto terminale del torrente Sansobbia, promosso dall'Amministrazione del Comune di Albissola Marina. Il materiale cavato è stato depositato in parte ai piedi degli argini ed in parte (come da autorizzazione ai lavori) è destinato al ripascimento arenili. Le quantità disponibili con l'importo dei lavori in progetto non lasciano significativo spazio al ripascimento dei litorali delle due Albissole, anche in rapporto alla qualità di materiale così come rinvenuto durante i primi scavi. Sono in corso verifiche per il litorale a ponente della foce.

7. ANALISI TECNICHE DEL PARAGGIO

Il litorale di Albisola Superiore appartiene all'unità fisiografica compresa tra il limite di unità fisiografica ID 23 – Porto di Savona e ID 1 - Punta Aspera.



Il paraggio che lo contiene è racchiuso entro il limite di paraggio ID 116 – Punta Margonara ed ID 117 – Capo Torre



Le celle litoranee interessate dai lavori, nonché nelle vicinanze sono



Cella [n]	Lunghezza [m]
332	575
334	133
333	126
335	122
338	57

Le dinamiche litoranee del complesso porto di Savona – litorale di Albissola Marina – litorale di Albissola Superiore sono state studiate in diverse occasioni da importanti laboratori di idraulica con l'applicazione di complessi modelli matematici. Il più recente è stato sviluppato per l'analisi del progetto di opere di difesa del litorale di Albissola Marina, sviluppato nella sede genovese di DHI con utilizzazione di differenti codici di calcolo appartenenti alla famiglia MIKE Powered by DHI ed in particolare:

MIKE 21 SW – Spectral Waves FM

MIKE 21 HD – Hydrodynamics

MIKE 21 ST – Sand transport

MIKE 21 SM - - Shoreline managment

LITDRIFT

La modellazione è stata promossa per lo studio delle opere finanziate con OCDPC n° 558 in Albissola Marina, su progetto di STUDIOGAGGERO, ed è ad atti della Regione Liguria nei relativi procedimenti approvativi.

Nel presente PFTE citiamo tale studio per richiamarne le conclusioni relative al litorale delle Albissole rapportate alla costruzione del molo sopraflutto del porto di Savona, denominato “diga alti fondali” realizzata nella seconda metà degli anni ’90.

È stato dimostrato analiticamente ciò che si è osservato in campo negli anni successivi, ovvero la rotazione in senso antiorario subìto dal moto ondoso in seguito all’allungamento della diga, con conseguente rotazione della risultante energetica. La rotazione si è sviluppata parimenti sulla falcatura della linea di riva, che è arretrata a levante per avanzare a ponente.

La foce del torrente Sansobbia, allungata in epoca successiva al 1992, interrompeva la linearità del processo da sponda destra a sponda sinistra. Il trasporto netto lungo il litorale ha invertito la direzione lungo la costa di Albissola Marina (dal molo S. Antonio verso Savona) mentre ha proseguito verso est altrove.



Ovviamente sono mutati i volumi del trasporto solido con decremento delle masse orientate verso est, ovvero verso la spiaggia di Albisola Superiore. Ciò ha determinato un inizio di arretramento della linea di riva tra il Sansobbia e il molo Pescetto, con successivo assestamento all'inizio del secolo XXI.

Il molo Pescetto, che fino agli anni '90 costituiva contemporaneamente la barriera di appoggio della modesta spiaggia dei Bagni Pescetto a ponente e la difesa dal mare di libeccio per la spiagge di levante (Bagni Mammalusa), è molto alto e radicato alla passeggiata ed è rimasto un sensibile elemento di discontinuità sull'ampiezza e sulla qualità granulometrica della potenziale unica falcatura estesa dalla sponda sinistra del torrente Sansobbia al molo Torre.

Questa discontinuità durante le mareggiate di scirocco provoca un importante effetto erosivo della spiaggia dei Bagni Pescetto e di quelli a ponente di quest'ultimo, con progressiva riduzione sino all'altezza di via IV Novembre.

L'alternanza delle mareggiate di libeccio (ruotanti per diffrazione intorno alla testa del molo alti fondali), di mezzogiorno e di scirocco provoca parimenti una alternanza della rotazione sinistrorsa e destrorsa della falcatura nelle diverse celle litoranee delimitate dalle opere trasversali. La presenza di queste ultime è relativamente importante per il litorale di levante (tra

molo Pescetto e molo Torre) poiché riduce l'arretramento della linea di riva durante le mareggiate ed evita normalmente danni alla passeggiata; i pennelli non sono radicati.

È peraltro opportuno ricordare che la mareggiata del 29/30 ottobre 2018 ha annullato gli equilibri dinamici locali, provocando distruzioni e, ricordo dei secoli precedenti, l'invasione del territorio edificato, con passaggio di importanti masse idriche attraverso i varchi esistenti sotto la passeggiata a mare, già sottopassi del rilevato ferroviario.

8. ANALISI DI ALCUNE DIVERSE ALTERNATIVE DI INTERVENTO

Da quanto riportato nei precedenti paragrafi si evidenzia l'asimmetria del comportamento complessivo delle spiagge; tale asimmetria è concentrata nella presenza del molo Pescetto, che peraltro rappresenta la testimonianza storica dei processi di formazione della spiaggia, la cui lunghezza, ampiezza e volume sono cresciuti nella seconda metà del secolo scorso, a differenza di tanti altri litorali della costa ligure.

Per consolidare gli equilibri locali ed accrescere la resilienza del sistema litoraneo (arenile ed opere fisse) a protezione delle strutture ed infrastrutture urbane, possono ipotizzarsi diverse tipologie di intervento. Ne indichiamo alcune, tra esse anche qualche scenario invocato localmente.

1° IPOTESI

Descrizione

Semplice ripascimento distribuito con volumi specifici sull'intero litorale.



Commento

L'intervento è sicuramente efficace e dovrebbe essere modulato con concentrazioni di versamenti ai lati del molo Pescetto per sfumarsi progressivamente verso i limiti est ed ovest. Il ripascimento dovrà comunque accompagnare gli eventuali interventi di opere fisse.

2° IPOTESI

Descrizione

Realizzazione di moli SOMMERSI nella spiaggia di ponente, al fine di spezzare lo sviluppo della cella litoranea e ridurre gli effetti erosivi a ponente del molo Pescetto, similmente a quanto esistente nella spiaggia di levante.



Commento

L'apporto degli elementi trasversali potrebbe anche ripetere il sistema difensivo delle spiagge di levante, con effetti peraltro incontrollabili sull'equilibrio paesaggistico del tratto litoraneo interessato.

3° IPOTESI

Descrizione

Salpamento di tutti i pennelli intermedi.



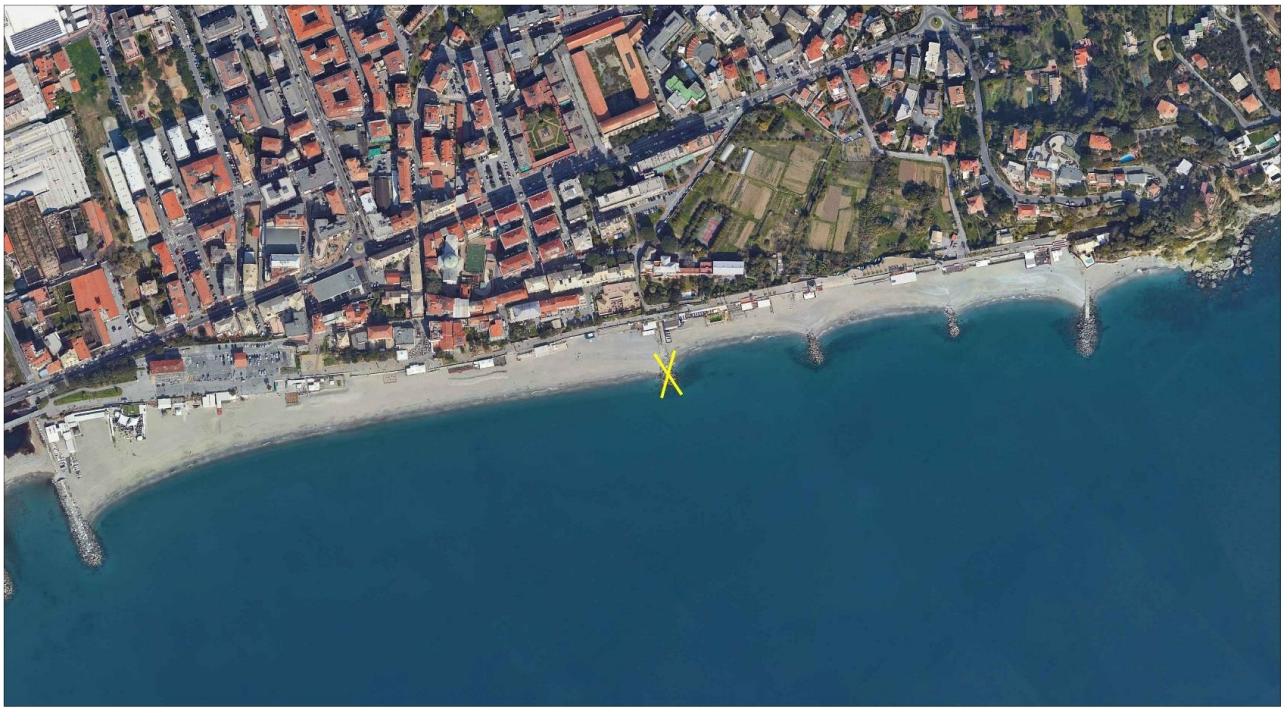
Commento

Lo sviluppo lineare dell'unica cella litoranea può provocare importanti arretramenti della linea di riva durante l'evento meteomarino con pericoli per le strutture urbane.

4° IPOTESI

Descrizione

Salpamento del molo Pescetto.



Commento

L’intervento risolve il tema erosivo a ponente, traslandolo peraltro sul molo più ad est.

5° IPOTESI

Descrizione

Sostituzione del sistema di pennelli con secche semisommerse distanziate dalla linea di riva.



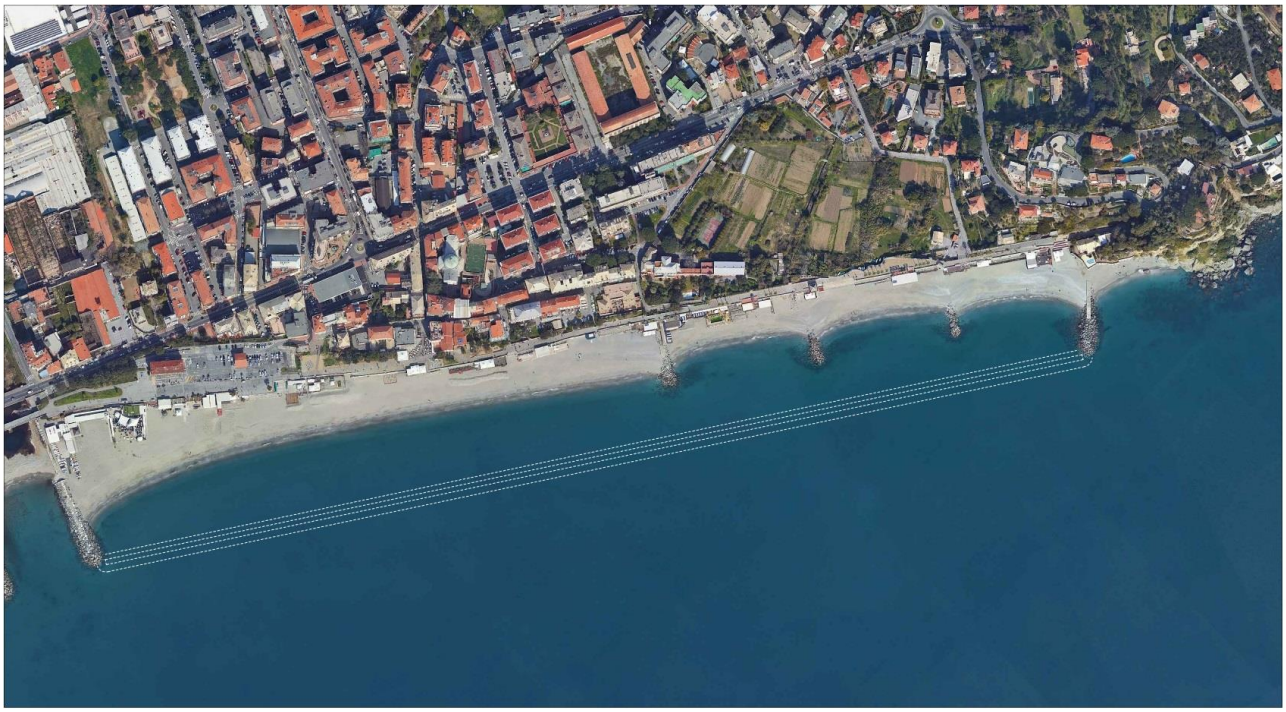
Commento

L'intervento, accompagnato da importanti volumi di ripascimento, ha favorevoli precedenti in diverse spiagge liguri. Peraltro è molto costoso e, nel caso specifico, malamente realizzabile per fasi, con rischio di tempi lunghi tra loro.

6° IPOTESI

Descrizione

Barriera continua sommersa longitudinale sviluppata frontalmente a tutto il litorale.



Commento

La soluzione viene riportata per completezza di analisi, ma è evidentemente contraria agli indirizzi consolidati sulle tipologie di intervento ed è del tutto sconsigliabile sul litorale in oggetto, caratterizzato da importanti volumi di spiagge emerse. L'intervento rischierebbe di svuotare progressivamente la spiaggia.

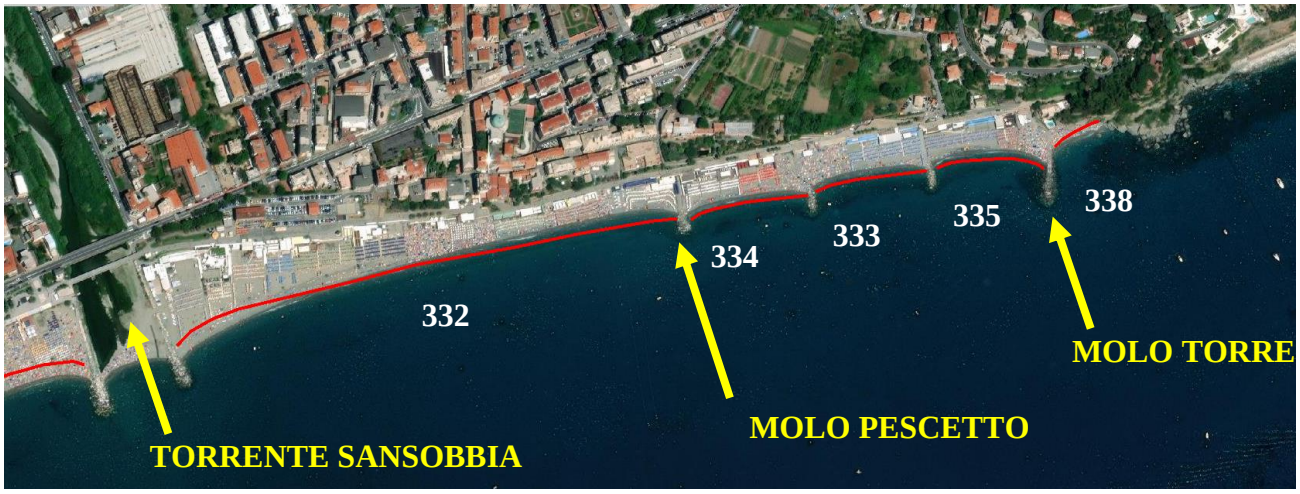
9. INTERVENTI STRUTTURALI PREVISTI

È indubbio che la maggiore criticità si evidenzia in corrispondenza del molo Pescetto, con importanti eventi erosivi a ponente e anomalia granulometrica a levante. Ed è chiaramente indicato (dalle mutazioni temporali progressive della linea di battigia) che il trasporto solido litoraneo, che raggiunge anche il molo Torre, è normalmente diretto verso est.

Gli interventi previsti dal progetto si possono suddividere in due diversi approcci, corrispondenti ai due tratti di litorale:

A) tratto di ponente, corrispondente alla cella litoranea n° 332 di lunghezza 575 m;

B) tratto di levante, corrispondente alle tre celle litoranee 334 , 333 e 335 rispettivamente di lunghezza 133 m, 126 m e 122 m.



I due tratti sono suddivisi dal molo Pescetto.

Gli interventi previsti sono:

- **MOLO PESCETTO E TRATTO A**

  Il molo ha una funzione urbanistica storica e riteniamo che difficilmente possa essere salpato. Così pure la spiaggia del tratto A non deve essere interrotta da sbarramenti trasversali, che ne comprometterebbero il carattere paesistico.

  Pertanto, per addolcire gli effetti delle mareggiate, si prevede di inserire nella spiaggia sommersa, su fondali variabili da circa 3 a 4 m, un ostacolo isolato in forma di secca in pietrame semisommersa, frontale al molo pescetto e distanziato dallo stesso; ad esso è affidato il compito di assorbire l'energia che investe localmente il litorale, per evitare gli effetti erosivi lamentati.

Come di norma alla secca viene associata un'azione di ripascimento non inferiore a 15.000 mc, idonea a bilanciare gli effetti di avanzamento ed arretramento della battigia indotti nell'intorno.

Il molo Pescetto necessita anch'esso di un profilo di addolcimento delle scarpate: in testa allo stesso pertanto è prevista una berma sommersa che riduce la velocità longitudinale delle correnti indotte tra le testa del molo e la secca; la forma della secca ha (a livello medio mare) dimensioni: asse maggiore 40 m ed asse minore 20 m. È composta da fondazione in tout venant, nucleo in massi di I e II categoria e strato finale di III categoria. Le pendenze delle scarpate sono 3/1 verso mare e 2/1 verso terra.

Per il corpo del molo Pescetto è previsto un ripristino strutturale e morfologico, con regolazione della berma e delle scarpate (pendenza 3/2) e pavimentazione in lastre di pietra locale a correre per la berma (su un'ampiezza di 4 m) e massi di III categoria per la testata e per le scarpate. È anche opportuno incidere le scarpate con due robuste scalinate in c.a. rivestite in pietra (ampiezza 1,5 m) per agevolare il passaggio lungo riva.

Il ripascimento dovrà mantenersi su granulometrie medio fini, ovvero al limite superiore (2 mm) delle sabbie per non alterare le pendenze della spiaggia e il fronte di battigia (granulometrie più importanti potrebbero irripidire l'accesso al mare, già poco dolce).

In esito ai monitoraggi di prassi (triennali) potrà promuoversi un accorciamento del molo Pescetto, pur mantenendone la radice, utile all'accesso ai due stabilimenti balneari ai lati e, comunque, testimonianza di un'opera storicamente presente sul litorale.

- **TRATTO B**

I due pennelli centrali devono essere ricostruiti: pertanto se ne prevede il salpamento totale, per ricostruirli (ancora senza radicamento) con fondazione in tout venant, nucleo in massi di I e II categoria e strato superficiale di III categoria. Le pendenze delle scarpate sono previste 3/1 in testa e 3/2 sui lati. La quota di berma è costante + 2,00, larghezza 6,00 metri. Si prevede altresì l'interposizione di un robusto geocomposito (geogriglia+geotessuto) tra l'interfaccia del fondale ed i materiali lapidei componenti il corpo dei pennelli.

Il molo Torre necessita di un intervento di ripristino, con apporti di materiale lapideo di III categoria in testata e sulle scarpate frontali e laterali.

La parziale pavimentazione cementizia sarà demolita per spessore 50 cm e ricostruita con conglomerato con classe di esposizione XS2, armato con rete in acciaio inox AISI 304 e superiore pavimentazione in lastre di pietra locale a correre.

Il ripascimento sarà eseguito per un totale di 30.000 mc equamente suddiviso tra le 3 celle, con granulometrie anche superiori al limite delle sabbie (30/40 mm).

I pennelli non saranno radicati alla passeggiata, ma resteranno a distanza come nell'attuale versione.

La cella all'estremo ponente del tratto B e latistante il molo Pescetto sarà oggetto di un intervento di raccolta (spiaggia emersa e sommersa sino a profondità – 2,50 m) del pietrame e scapolame con successivo passaggio in un frantoio mobile portato in spiaggia (il mezzo deve avere caratteristiche particolari per il trasporto) con riduzione della granulometria prodotta a 20 mm. Sarà da evitare l'uso di un frantoio a martelli che potrebbe produrre grandi quantità di polvere (pelite). La frantumazione comunque sarà sperimentata fuori opera.

10. FASI PROGETTUALI

Il progetto, come da normativa allo stato vigente, dovrà essere sviluppata a livello definitivo (per i procedimenti approvativi) ed esecutivo (per l'appalto dei lavori).

La progettazione definitiva sarà analizzata e valutata con modelli matematici opportuni, estesi a tutto il litorale e correlati con i modelli sviluppati sul litorale di Albissola Marina di cui al paragrafo 7.

Sarà effettuato un rilievo dei fondali sino a - 6.0/8.0 m e della spiaggia emersa, possibilmente con strumentazione multibeam e laserscanner combinati. Il prelievo di campioni di spiaggia emersa e sommersa e le relative analisi granulometriche potranno definire meglio lo scenario dello stato dell'arte nelle modellazioni.

Le progettazioni saranno corredate anche da una indagine archeologica mentre l'esecuzione dei lavori dovrà essere preceduta da una indagine bellica, particolarmente accurata a causa degli eventi dell'estate 1942.

Sarà ancora avviata una verifica naturalistica relativa alla presenza e conservazione delle biocenosi.

11. COSTO DELLE OPERE

Il costo totale degli interventi è previsto in Euro 9.200.000 così suddivisi:

A) LAVORI		
A	Lavori soggetti a ribasso	€ 6 066 862.95
	Sicurezza	€ 133 137.05
	TOTALE LAVORI A)	**€ 6 200 000.00**
B) SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE		
B1	Lavori in economia, previsti in progetto ed esclusi dall'appalto, ivi inclusi i rimborsi previa fattura	€ -
B2	Rilievi, accertamenti ed indagini	€ 100 000.00
B3	Allacciamento ai pubblici servizi	€ 50 000.00
B4	Imprevisti, arrotondamenti	€ 589 500.00
B5	Acquisizione aree o immobili, servitù, occupazioni	€ -
B6	Accantonamenti	€ 122 500.00
B7	Spese tecniche relative alla progettazione, alle necessarie attività preliminari, al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, alle conferenze di servizi, alla direzione lavori e al coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione, all'assistenza giornaliera e contabilità (Compresa CNPAIA e IVA)	€ 600 000.00
B8	Spese per attività tecnico-amministrative connesse alla progettazione, di supporto al responsabile del procedimento, e di verifica e validazione	€ -
B9	Eventuali spese per commissioni giudicatrici, verificatori	€ 25 000.00
B10	Spese per pubblicità e, ove previsto, per opere artistiche	€ -
B11	Spese per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche previste dal capitolato speciale d'appalto, collaudo tecnico amministrativo, collaudo statico ed altri eventuali collaudi specialistici (Compresa CNPAIA e IVA)	€ 25 000.00
B12	IVA sui lavori (22% di A)	€ 1 364 000.00
B13	Importo relativo all'incentivo di cui all'articolo 113 del 50/2016 nella misura corrispondente alle prestazioni che dovranno essere svolte dal personale dipendente	€ 124 000.00
	TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE B)	**€ 3 000 000.00**
A) LAVORI		€ 6 200 000.00
B) SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE		€ 3 000 000.00
	TOTALE INTERVENTO	**€ 9 200 000.00**

L'intervento può essere attuato anche per fasi, di cui il più urgente è relativo a:

FASE	***LAVORAZIONI***	**SOMME**		
		LAVORI	**A DISPOSIZIONE**	**TOTALE**
1	*molo Pescetto, ripascimento 15.000 mc a ponente e ripascimento 10.000 mc a levante + frantumazione + secca semisommersa e massi sparsi*	3 775 000.00	1 825 000.00	5 600 000.00
2	*Pennelli di levante Ripascimento 10.000 + 10.000 mc*	2 425 000.00	1 175 000.00	3 600 000.00
	SOMMANO	**6 200 000.00**	**3 000 000.00**	**9 200 000.00**

12. DIMENSIONAMENTO DELLA MANTELLATA DELLA SECCA

La determinazione del peso del singolo elemento costituente la mantellata è condotta con la collaudata espressione di Hudson (1959), largamente diffusa in letteratura, ricavata in base ad un gran numero di risultati sperimentali.

La formulazione risulta la seguente:

$$W = \frac{\gamma \cdot H^3}{K_D \cdot (\gamma/\gamma_w - 1)^3 \cdot \cot\theta}$$

In cui :

γ = densità del materiale costituente la mantellata (2 600 kg/mc)

γ_W = densità dell'acqua di mare (1 030 kg/mc)

H = Altezza dell'onda di calcolo (m)

K_D = E' un coefficiente di stabilità in funzione della forma dei massi, della scabrezza superficiale della mantellata, del grado di ammorsamento dei massi, dell'ubicazione della sezione allo studio (2).

θ = Angolo che la scarpata forma con l'orizzontale

L' altezza d'onda di calcolo viene ricavata dalla teoria dell'onda solitaria (massima altezza d'onda incidente pari a 0.78 volte la profondità antistante l'opera). Le maggiori profondità locali antistanti l'opera si attestano su un valore pari a circa:

- Secca semisommersa: ≈-4.2 m;
- Pennelli in massi: ≈- 3.0 m.

Pertanto, considerando un sovralzo del l.m.m. pari a circa 0.50 m, si ottiene

- Secca semisommersa: Hs = (4.20+0.50) x 0.78 = 3.66 m ovvero pari a circa ≈ 3.75 m;
- Pennelli in massi: Hs = (3.0+0.50) x 0.78 = 2.73 m ovvero pari a circa ≈ 2.75 m;

Risulta pertanto

	altezza d' onda incidente														
pendenza	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75	4	4.25	4.5	4.75	5
1/1	1.24	1.97	2.94	4.18	5.74	7.63	9.91	12.60	15.74	19.36	23.49	28.18	33.45	39.34	45.88
1.5/1	0.83	1.31	1.96	2.79	3.82	5.09	6.61	8.40	10.49	12.91	15.66	18.79	22.30	26.23	30.59
2/1	0.62	0.98	1.47	2.09	2.87	3.82	4.96	6.30	7.87	9.68	11.75	14.09	16.72	19.67	22.94
2.5/1	0.50	0.79	1.17	1.67	2.29	3.05	3.96	5.04	6.30	7.74	9.40	11.27	13.38	15.74	18.35
3/1	0.41	0.66	0.98	1.39	1.91	2.54	3.30	4.20	5.25	6.45	7.83	9.39	11.15	13.11	15.29
3.5/1	0.35	0.56	0.84	1.19	1.64	2.18	2.83	3.60	4.50	5.53	6.71	8.05	9.56	11.24	13.11
4/1	0.31	0.49	0.73	1.05	1.43	1.91	2.48	3.15	3.93	4.84	5.87	7.04	8.36	9.84	11.47
4.5/1	0.28	0.44	0.65	0.93	1.27	1.70	2.20	2.80	3.50	4.30	5.22	6.26	7.43	8.74	10.20
5/1	0.25	0.39	0.59	0.84	1.15	1.53	1.98	2.52	3.15	3.87	4.70	5.64	6.69	7.87	9.18

Pennelli

Secca semisommersa

La pendenza assunta a progetto, pari a 3/1, risulta stabile con un singolo tonnellaggio di massi pari a:

- Secca semisommersa: circa 6.45 ton, pertanto di poco inferiori al limite superiore di III° categoria (3÷7 ton). A favore di sicurezza, tutti i massi dovranno essere almeno di IV cat;
- Pennelli in massi: circa 2.54 ton, pertanto di poco inferiori al limite inferiore di III° categoria (3÷7 ton). A favore di sicurezza tutti i massi dovranno essere almeno di III cat;

Lo spessore di copertura può essere determinato tramite la seguente formula:

$$r = nK_{\Delta}\left(\frac{W}{W_r}\right)^{1/3}$$

Dove:

- **r**: spessore dello strato;
- **n:** numero di massi della mantellata compresi nello spessore (2);
- **W:** peso dei singoli elementi ;
- **Wr:** peso specifico (2.6 ton/mc);
- $\mathbf{K_{\Delta}}$: coefficiente di strato, che per massi naturali a spigoli vivi disposti alla rinfusa assume il valore di 1.00.

Risulta che lo spessore di una mantellata composta da un doppio strato di massi è circa pari a:

Opera	**Categoria**	**n**	**K_{Δ}**	**W**	**Wr**	**r**	
	[-]	[-]	[-]	[ton]	[ton]	[m]	
Secca semisommersa	IV	2	1	7.0	2.60	2.78 ≈ **2.80**	
Pennelli	III	2	1	3.0	2.60	2.10	2.45 ≈ **2.50**
		2	1	7.0	2.60	2.78 ≈ 2.80	