STUDIO GEOLOGICO TECNICO AMBIENTALE

Dott. Geol. ANDREA VALENTE ARNALDI

Geotecnica - Geofisica - Prove geotecniche e geomeccaniche in sito e di laboratorio
Sondaggi geognostici - Palificazioni - Tiranti - Consolidamenti - Monitoraggio geotecnico e strutturale
Verifiche di stabilità di pendii e di fronti di scavo - Bonifiche movimenti franosi
Idrogeologia - Pozzi per acqua - Geotermia - Opere sotterranee (Tunnel) - Discariche - Cave - Dighe
Idrologia e Idraulica - Sistemazioni fluviali e marittime - Ingegneria naturalistica
Valutazione d'Impatto Ambientale (VIA) - Valutazione Ambientale Strategica (VAS)
Studi di Prefattibilità e Fattibilità Ambientale - Valutazione d'Incidenza Ambientale
Caratterizzazioni, bonifiche e recuperi ambientali - Consulenze ambientali - Utilizzazione terre e rocce da scavo
Pianificazione territoriale - Piani di Protezione Civile
Valutazione rischio sismico, idrogeologico e ambientale

Provincia	IMPERIA	**Comune**	CIPRESSA
Oggetto	**S.U.A. PER ZONA DI PIANIFICAZIONE PRUSST INTERVENTO 8.60 AF ZONA LTR Riqualificazione del litorale Torre dei Marmi Zona litoranea Camping Cipressa** **STUDIO METEO - MARINO DEL TRATTO DI COSTA IN ESAME E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DEL MOTO ONDOSO SUL MURO FRANGIFLUTTI CON PARTICOLARE RIFERIMENTO AL SETTORE PRESENTE A VALLE DELLE STRUTTURE IPOGEE IN PROGETTO**		

Dati catastali	**Riferimenti normativi nazionali**	**Riferimenti normativi locali**
Foglio: *12* Mappali: *vedasi prog.*		L.R n. 33 del 28/04/1999 e s.m.i. Piano di Tutela dell'ambiente Marino e Costiero Direttiva Alluvioni

Committente	**Denominazione**	SOCIETA' HANBURY s.r.l.
	Indirizzo	Corso Re Umberto 23 - TORINO
	Progettisti	Dott. Arch. Flavio GAUDINO Via Piani 28 - IMPERIA Dott. Arch. Cristina MENEGOZZO Via Volturno 6/A - TORINO
Il Tecnico	Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI	
Codice documento	16.CIP.HANBURY.s.m.m.	

Rev.	Copie	Data	Redazione	Verifica	Approvazione	Descrizione
01	n. 3	30.06.2016	Geol. A. Valente Arnaldi	Geol. A. Valente Arnaldi	Geol. A. Valente Arnaldi	1° emissione

18038 SANREMO (IM) - Via Manzoni 61 (Piazza Colombo) - Tel./Fax 0184.570051
10124 TORINO - Via Denina 3 (Giardini Reali) - Tel./Fax 011.6960115
12042 BRA (CN) - Strada San Michele 14 - Tel./Fax 0172.44016
335.6458897
E-mail : geostudiovalente@tiscali.it
www.geostudiovalente.com

INDICE

1 PREMESSA Pag. 3
2 NORMATIVA DI SETTORE Pag. 7
3 DESCRIZIONE DEL MURO FRANGIFLUTTI Pag. 11
4 SETTORE DI TRAVERSIA GEOGRAFICO Pag. 18
5 UNITÀ FISIOGRAFICA Pag. 19
6 BATIMETRIA E LINEA DI COSTA Pag. 20
7 VENTI Pag. 21
8 LIVELLO DEL MARE Pag. 23
9 CORRENTI Pag. 24
10 SCHEMATIZZAZIONE DEL MOTO ONDOSO AL LARGO Pag. 25
11 ELABORAZIONE PROBABILISTICA DATI K.N.M.I. DEL BOCCOTTI Pag. 33
12 DERIVA LITORANEA Pag. 34
13 CARATTERISTICHE DELL'AMBIENTE MARINO COSTIERO Pag. 37
14 IL PIANO DELLA COSTA Pag. 41
15 SEDIMENTOLOGIA Pag. 45
16 ANALISI DELLA DIRETTIVA ALLUVIONI E MAPPATURA DELLA PERICOLOSITA' DA INONDAZIONE MARINA NELLE AREE COSTIERE DELLA REGIONE LIGURIA Pag. 50
17 VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI D'ONDA CARATTERISTICA SUL MURO FRANGIFLUTTI IN OGGETTO E SULLE STRUTTURE A TERGO Pag. 60

ALLEGATI FUORI TESTO

- *Tavola unica: Documentazione fotografica panoramica del muro frangiflutti con indicazione dei diversi compartimenti di analisi aventi caratteristiche omogenee.*

1. PREMESSA

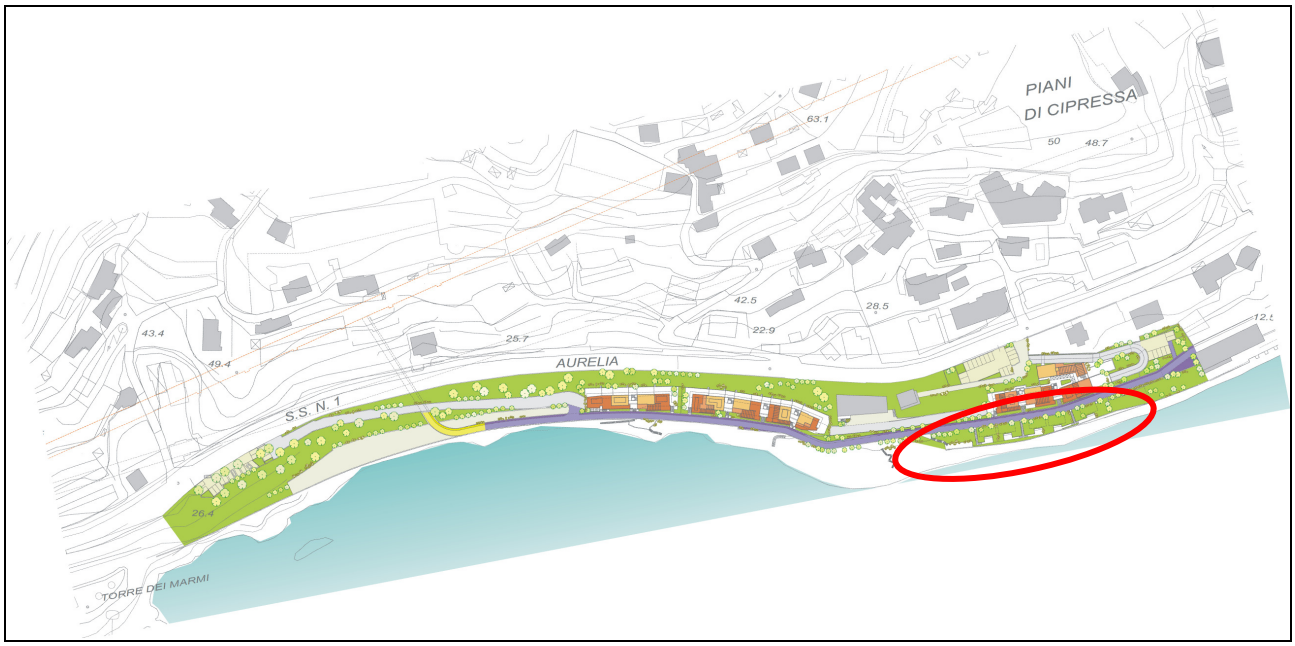
Il presente **studio meteo - marino del tratto di costa in esame e valutazione degli effetti del moto ondoso sul muro frangiflutti con particolare riferimento al settore presente a valle delle strutture ipogee in progetto**, a supporto dello **Strumento Urbanistico Attuativo (S.U.A.) per zona di pianificazione PRUSST - Intervento 8.60 AF "Riqualificazione del litorale Torre dei Marmi"**, in Comune di **CIPRESSA (IM)**, all'interno di un lotto di terreno sito nella **zona litoranea del Camping Cipressa**, fa seguito all'incarico conferito allo scrivente dalla **Società Hanbury s.r.l.** con sede in corso Re Umberto 23 - Torino, nonché dai Progettisti dell'intervento, **Dott. Arch. Flavio Gaudino** e **Dott. Arch. Cristina Menegozzo**.

A causa delle continue espansioni antropiche intorno alla costa sono fortemente in crescita le zone interessate dal problema delle tracimazioni (termine italiano che sta per *overtopping*), a cui si aggiunge l'aumento atteso del livello del mare e i conseguenti ampliamenti degli effetti del vento e delle precipitazioni.

Il presente studio è stato quindi finalizzato alla valutazione delle possibili problematiche che potrebbero insorgere all'interno del lotto d'intervento durante una mareggiata catastrofica, in particolare in corrispondenza della porzione più bassa del muro frangiflutti e delle abitazioni ipogee previste da progetto.



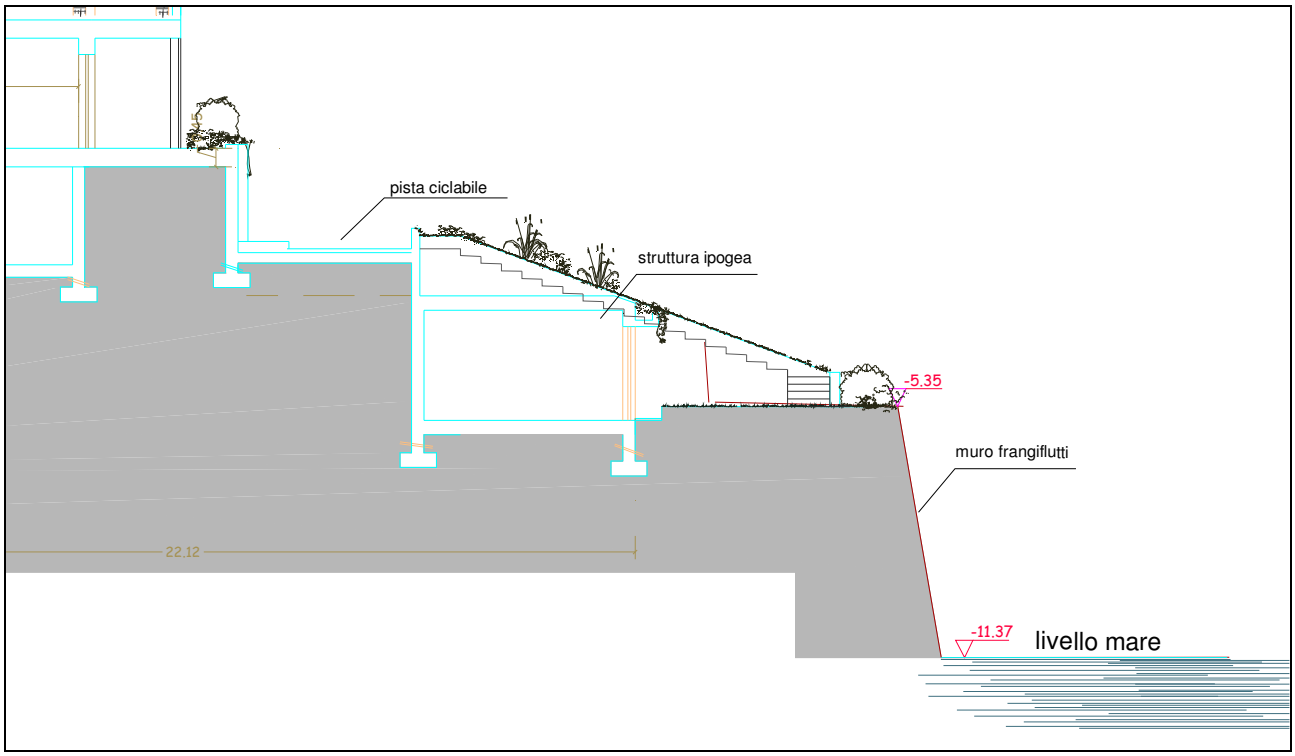
Fotografia aerea dell'area d'intervento. In rosso è individuato il settore di muro frangiflutti con altezza inferiore, presente a valle delle abitazioni ipogee.



Planimetria di progetto dell'area d'intervento. In rosso è individuato il settore di muro con altezza inferiore, presente a valle delle abitazioni ipogee.

Nel dettaglio come potenziali bersagli è possibile evidenziare:

- muro frangiflutti di altezza minima pari a 6 m;
- persone in transito sulla ciclopedonale prevista immediatamente a monte del muro frangiflutti e delle strutture ipogee in oggetto;
- strutture ipogee e relativi abitanti immediatamente a monte del muro frangiflutti in oggetto.

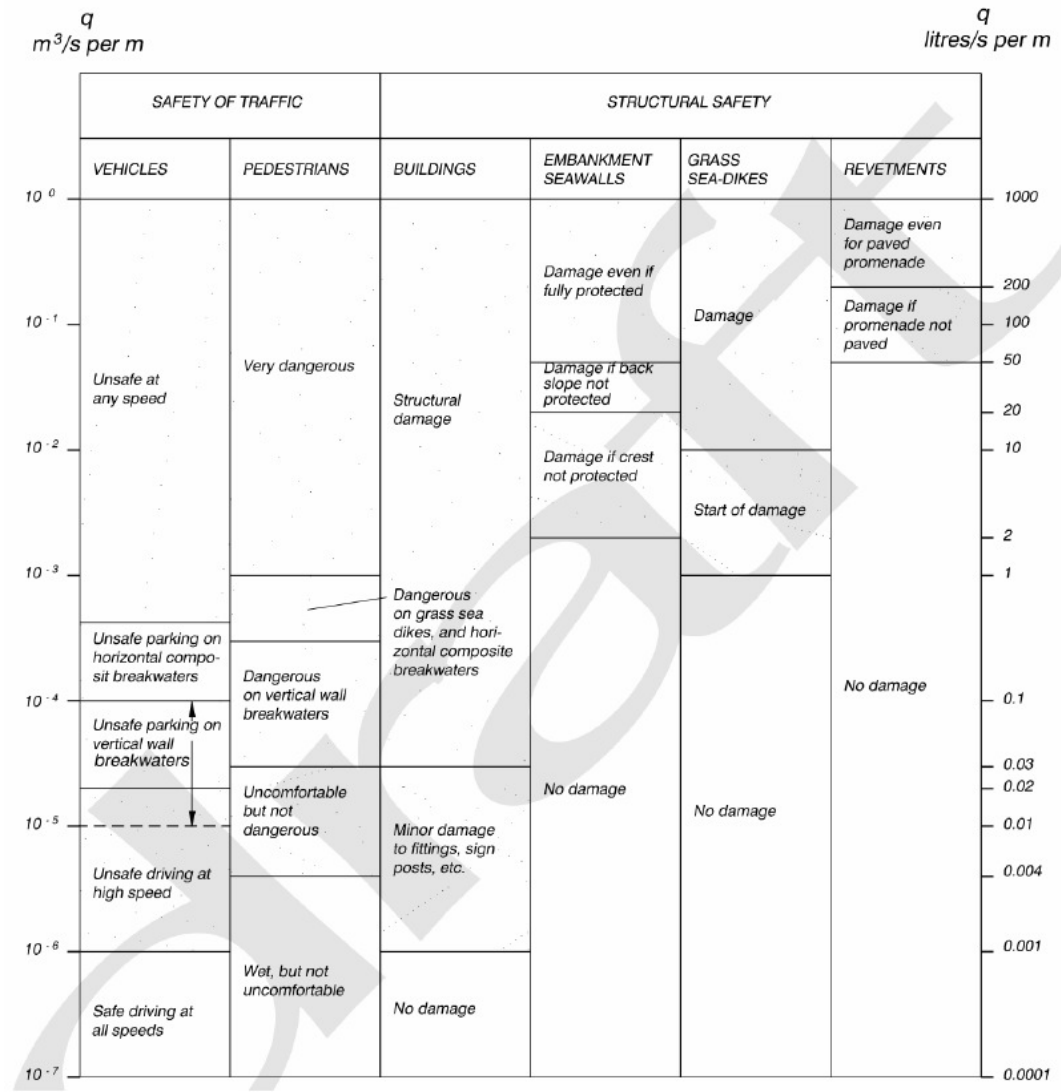


Sezione di progetto con indicazione dei potenziali bersagli

La tracimazione del settore di muro frangiflutti in esame può essere tollerata solo se non causa onde dannose a tergo della struttura e dipenderà dall'altezza di risalita dell'onda Rux (*runup*), dalle caratteristiche dell'onda e del fondale, dalla porosità e dalla rugosità dello strato di copertura.

Il valore della portata massima tracimabile ammissibile risulta fortemente legato all'utilizzo della parte retrostante il muro. E' facile infatti intuire che tracimazioni elevate siano consentite a tutte quelle strutture finalizzate esclusivamente alla protezione dell'ingresso delle imbarcazioni nelle aree portuali mentre non siano assolutamente tollerate per settori interessati dalla presenza di persone, abitazioni o infrastrutture. Gli effetti delle tracimazioni d'onda oltre una struttura di protezione marina in termini di danni a persone o a strutture sono stati riassunti da Van Der Meer (1994) nel grafico seguente, dove ad ogni portata di tracimazione (espressa in litri al secondo per metro lineare di struttura) corrisponde una valutazione qualitativa del danno causato a veicoli, pedoni e strutture.

Table VI-5-6
Critical Values of Average Overtopping Discharges



Stima di danni a persone e strutture al variare della portata tracimante

(Van Der Meer 1994)

2. NORMATIVA DI SETTORE

Direttiva Alluvioni

Nel 2005, a seguito degli eventi alluvionali che hanno interessato molti stati dell'Europa centrale, è riemersa la necessità di pianificare, in maniera coordinata a livello europeo, le attività di riduzione delle conseguenze negative derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita umana, l'ambiente, il patrimonio culturale, l'attività economica e le infrastrutture. Nel 2007 la Direttiva n. 60 prevedeva che tutti gli Stati membri elaborino, anche utilizzando studi ed analisi già svolte, le mappe di pericolosità e di rischio connesse alle inondazioni derivanti da fenomeni meteorologici, ivi comprese le inondazioni marine, al fine di consentire la successiva elaborazione dei piani di gestione dei rischi. Per quanto riguarda la pericolosità, la Direttiva prevede la perimetrazione delle aree interessate da vari scenari d'alluvione ed in particolare:

• scarsa probabilità di alluvioni (eventi estremi);
• media probabilità di alluvioni (tempo di ritorno probabile ≥ 100 anni);
• elevata probabilità di alluvioni (tempo di ritorno inferiori ai 100 anni).

Le mappe delle aree inondabili per i diversi scenari devono contenere elementi utili a quantificarne la magnitudo della forzante e la pericolosità quali la portata di piena, il livello idrico e la velocità di flusso, se ritenuto opportuno.
Nell'ambito del presente lavoro, che riguarda le inondazioni marine, questi elementi sono forniti, dall'altezza dell'onda incidente e dal runup, mentre, in relazione alla tipologia di fenomeno analizzato, non è possibile identificare la velocità dei flussi. Per quanto riguarda la determinazione del rischio, la Direttiva 60/2007 richiede di identificare le potenziali conseguenze negative derivanti dalle alluvioni espresse in termini di:

• numero indicativo di abitanti potenzialmente interessati;
• tipo di attività economiche insistenti sull'area potenzialmente interessata;
• impianti di cui all'allegato I della Direttiva 96/61/CE che potrebbero essere fonte di inquinamento; ovvero degli elementi presenti nelle aree di pericolosità che possono essere vulnerati o fonte di aggravamento dell'evento alluvionale e perciò che necessitano di una adeguata gestione.

Tali elementi dovranno quindi essere utilizzati per la redazione dei piani di gestione dal rischio di alluvioni che riguardano tutti gli "aspetti della gestione del rischio di alluvioni, e in particolare la

prevenzione, la protezione e la preparazione, comprese le previsioni di alluvioni e i sistemi di allertamento". I piani di gestione, coordinati a livello di distretto idrografico o unità di gestione, avevano come termine per l'elaborazione il 22 Dicembre 2015.

Nel 2010 il Decreto Legislativo n. 49 recepisce la Direttiva 60/2007 tenendo conto che, a differenza di altri Paesi europei, la normativa italiana aveva già da molti anni imposto la valutazione della pericolosità e del rischio da inondazione derivante dall'esondazione di fiumi e torrenti (L. 183/89 e L. 267/98). Oltre all'ottemperanza della Direttiva europea, il D.Lgs. 49/2010 si ripropone perciò di omogeneizzare a livello nazionale i criteri di determinazione della pericolosità e del rischio da inondazione fluviale tenendo in conto la necessità di soddisfare sia i riferimenti normativi italiani esistenti sia quelli comunitari. Il patrimonio conoscitivo italiano per quanto attiene il rischio da alluvione derivante da fiumi e torrenti è molto ricco e consolidato ed ampiamente riutilizzabile per ottemperare alla Direttiva 60/2007. Il D.Lgs. 49/2010 indica quindi elementi aggiuntivi rispetto alla Direttiva 60/2010, in particolare per quanto attiene la mappatura del rischio, che non si limita all'identificazione degli elementi vulnerabili o di potenziale aggravamento del danno conseguente l'evento, ma richiede la valutazione del rischio globale R = P x V x E, come prodotto della pericolosità (P), della vulnerabilità (V) e dell'esposizione (E). Al fine di garantire il complesso iter di approvazione entro la scadenza prevista dalla Direttiva Europea, il D.Lgs. 49/2010 ha anticipato la redazione delle mappe al Giugno 2013. Per quanto attiene le inondazioni marine, fenomeno sicuramente molto più importante e perciò più studiato in Nord Europa, non esistono riferimenti normativi italiani antecedenti alla direttiva 60/2007 ed anche gli studi ed il patrimonio conoscitivo sono esigui e limitati alle zone, quali l'alto Adriatico, dove l'importanza del fenomeno ha creato un interesse diretto per il fenomeno dell'ingressione marina in concomitanza di eventi meteorologici avversi, che causano innalzamenti anomali del livello medio del mare. Le linee guida ministeriali di attuazione del D.Lgs. 49/2010 suggerivano che, essendo la determinazione delle aree di inondazione costiera una procedura complessa e mancando un patrimonio conoscitivo diffuso e consolidato, si utilizzasse in una prima fase, per la redazione delle "mappe di pericolosità e rischio" le informazioni derivanti dalle perimetrazioni relative alle zone costiere già individuate in specifici ambiti territoriali (AdB e/o Regioni) e afferenti a specifici Piani di tutela e protezione costiera già elaborati, quali i denominati Piani per la Difesa delle Coste, Piani di Gestione Integrata della Costa, Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero, etc., rimandando al 2015 un'analisi più attenta e una proposta di classificazione omogenea per l'intero territorio nazionale".

Il presente lavoro si è sviluppato tenendo in conto del Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero (PTAMC) già vigente per l'ambito 15 e del lavoro svolto per la redazione del PTAMC dell'ambito 8 e con lo scopo di fornire gli elementi conoscitivi necessari alla redazione dei piani di gestione.

Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero

La Regione Liguria, con la Legge 20 del 2006, introduce il Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero (PTAMC), con il quale persegue le politiche e gli obiettivi attinenti la difesa della costa e la tutela degli habitat marino costieri. Il PTAMC ha come finalità "il miglioramento della qualità ambientale della fascia costiera, con particolare riferimento al riequilibrio dei litorali, alla stabilizzazione della costa alta ed al miglioramento della qualità delle acque costiere" e persegue un approccio multidisciplinare atto a garantire la compatibilità ambientale degli interventi di difesa degli abitati dall'erosione costiera. Nel 2009 con il DCR n. 29 sono state identificate le misure di salvaguardia agendo sui seguenti fattori chiave:

• mantenimento e ripristino del bilancio sedimentario costiero, assicurando la disponibilità di sedimenti sufficiente a sostenere l'equilibrio dinamico tra erosione ed avanzamento della spiaggia per il raggiungimento del profilo di equilibrio della spiaggia stessa, attraverso il mantenimento del naturale trasporto solido derivante da bacini fluviali connessi all'unità fisiografica e del trasporto solido dei sedimenti lungo costa;
• mantenimento delle proprietà dissipative dell'energia del moto ondoso esplicate naturalmente dalle spiagge attraverso la regolamentazione della realizzazione di nuove opere riflettenti, nella fascia dinamica della spiaggia.

Tali misure avevano già definito le fasce dinamiche di spiaggia, quali areali di spiaggia emersa e sommersa delimitati verso mare dalla profondità di chiusura della spiaggia sommersa e verso terra dal limite del runup dell'onda in funzione di determinati periodi di ritorno, all'interno delle quali si esplicano tutti i processi erosivi e dissipativi naturali di interazione del moto ondoso e della spiaggia. Molto spesso le ampiezze di spiaggia della costa ligure risultano inferiori alla perimetrazione della fascia dinamica associata ad eventi meteomarini con periodo di ritorno cinquantennale. Già la fascia dinamica cinquantennale risulta perciò spesso interferire con elementi strutturali che costituiscono anche il limite artificiale verso terra delle spiagge che sono insufficienti a dissipare naturalmente il moto ondoso. Laddove il territorio è più pianeggiante o l'interferenza

dell'abitato e delle infrastrutture con il profilo naturale della spiaggia è rilevante le differenze tra le fasce dinamiche e le aree inondabili diventano importanti in quanto, nel primo caso, l'area inondabile è più ampia della fascia dinamica, mentre, nel secondo caso, è più ridotta perché limitata dalle barriere fisiche determinate dagli elementi strutturali. Pur non essendo le fasce dinamiche di spiaggia coincidenti con le aree inondabili, gli studi e l'acquisizione dei dati volti alla loro determinazione costituiscono la base informativa e metodologica del presente lavoro. Comunque, per la particolare conformazione morfologica del territorio ligure, la mappatura delle fasce di pericolosità da inondazione marina ricalca in molti casi l'effettivo areale di spiaggia. Attualmente il PTAMC è vigente solo sull'ambito 15 (unità fisiografiche del Golfo del Tigullio, della Baia del Silenzio e di Riva Trigoso; delimitato dalla Punta di Portofino ad Ovest e da Punta Baffe ad Est) e sull'ambito 8 (unità fisiografiche del Centa e del Maremola; dal porto di Alassio Capo Santa Croce al Capo di Capra zoppa), che rappresenta circa il 10% della costa bassa ligure. Perciò, essendo piccola la percentuale di costa ligure studiata dai PTAMC si è reso necessario perimetrare le aree inondabili per tutta la costa ligure al fine di provvedere all'identificazione della pericolosità da inondazione marina dove non esiste il PTAMC. Tale lavoro, vista la complessità delle valutazioni necessarie alla determinazione della forzante e degli areali interessati, non ha potuto essere completato entro Giugno 2013, scadenza data dal D.Lgs. 49. Per il Giugno 2013 sono state definite, come previsto anche dalle linee guida nazionali, le fasce dinamiche cinquantennali del PTAMC dell'ambito 15.

3. DESCRIZIONE DEL MURO FRANGIFLUTTI

Come si legge nel documento "*Regione Liguria, 1999. Difesa costiera e ripascimento delle spiagge",* fino all'anno 1800 circa le spiagge presenti lungo il tratto di costa in esame subirono un graduale aumento raggiungendo in quel periodo la massima estensione della linea di costa (fine della "piccola età glaciale"). L'inversione di tendenza iniziò nei primi anni dell'800, proseguendo nella seconda metà del secolo con la costruzione della linea ferroviaria costiera. Il suo passaggio portò non solo alla riduzione diretta della superficie delle spiagge, ma alla realizzazione di consistenti opere di difesa costituite generalmente da scogliere di massi radenti la costa, che costituirono il primo elemento di turbativa nelle dinamiche meteomarine e che crearono i primi processi erosivi, innescando un effetto a catena di un opera per far fronte alla erosione provocata da una precedente.

Nel periodo successivo alla fine della seconda guerra mondiale le dinamiche costiere vennero squilibrate da 3 processi principali:

- forte prelievo di inerti dai principali bacini imperiesi, che riduce ai minimi il trasporto di materiali verso le spiagge;
- sviluppo dell'economia turistica, che porta non solo alla espansione lungo costa dei centri abitati, ma anche alla realizzazione dei primi porti turistici. La loro ubicazione, non ponderata rispetto agli effetti sul rimanente litorale, accentua in molti casi i fenomeni erosivi nei litorali di sottoflutto;
- costruzione di scogliere aderenti e pennelli, finalizzati alla difesa di singole spiagge, realizzati in modo "disordinato" in quasi tutti i golfi del Ponente ligure.

Sempre in base alla predetta pubblicazione, il tratto di costa in esame, risulta interessato, al pari di molte altre unità fisiografiche liguri, da problemi connessi all'erosione costiera, con la presenza di tratti che manifestano pericoli di attacco alle strutture più prossime al mare. In particolare, si deve segnalare il tratto compreso tra Riva Ligure e San Lorenzo al Mare (all'interno del quale ricade l'area in esame) caratterizzato da un dispositivo di difesa formato da barriere longitudinali molto ravvicinate alla battigia. Queste ultime, rese necessarie in un recente passato da esigenze di difesa degli abitati, oltre a non offrire una valida difesa agli arenili, costituiscono un serio impedimento alla balneazione.

Tralasciando i predetti aspetti generali ed entrando nel dettaglio dell'area oggetto di studio, lungo il confine di valle dello S.U.A. in oggetto è possibile osservare la presenza di un muro frangiflutti in pietra e cemento di importanti dimensioni (altezza variabile, mediamente m 6), realizzato a protezione della costa nei primi anni del '900.



Vista panoramica del muro frangiflutti in corrispondenza dell'area di studio (direzione W).
E' possibile osservare il buono stato di conservazione dell'opera che
non presenta alcun dissesto rilevante.



Vista panoramica del muro frangiflutti in corrispondenza dell'area di studio (direzione E).
E' possibile osservare il buono stato di conservazione dell'opera che
non presenta alcun dissesto rilevante.

Tale opera di difesa, finalizzata proprio ad evitare fenomeni erosivi da parte del moto ondoso, che avrebbero potuto destabilizzare parte della linea di costa, si presenta in buone condizioni di conservazione senza evidenziare alcun significativo dissesto in atto, dimostrando quindi l'effettiva efficacia e l'adeguatezza a garantire una buona difesa dall'azione erosiva del moto ondoso in corrispondenza dell'area di studio, ma non solo.

Sono visibili unicamente alcuni ridottissimi settori basali (di dimensione prossima pochi metri quadrati) soggetti a minimi fenomeni di sgrottamento, causati, peraltro, con ogni probabilità, più che del moto ondoso stesso, dell'irregolarità del piano di appoggio, costituito dal substrato litoide integro e compatto a componente calcareo marnosa prevalente. Tale substrato rappresenta il piano di sostegno all'intera opera di contenimento in corrispondenza dell'area in esame, garantendo pertanto un elevato livello di stabilità fondazionale.



Documentazione fotografica di un modesto sgrottamento al piede del muro, che interessa unicamente il rivestimento esterno.



Documentazione fotografica di un modesto sgrottamento al piede del muro, che interessa unicamente il rivestimento esterno.



Vista del settore orientale del muro frangiflutti. Si può osservare il buono stato di conservazione dello stesso. E' ben visibile il piano di appoggio del manufatto costituito dal substrato litoide.



Vista del settore occidentale del muro frangiflutti. Si può osservare il buono stato di conservazione dello stesso. E' ben visibile il piano di appoggio del manufatto costituito dal substrato litoide.

Al fine di una valutazione puntuale delle condizioni del muro in esame, tale opera è stata ipoteticamente suddivisa in 6 compartimenti di analisi aventi caratteristiche omogenee (vedasi: "*Tavola unica: Documentazione fotografica panoramica del muro frangiflutti con indicazione dei diversi compartimenti di analisi aventi caratteristiche omogenee"* allegata fuori testo).

Nella tabella seguente è riportata una descrizione della situazione riscontrata per ogni compartimento, seguita da un giudizio sulle condizioni di stabilità.

Compartimento	**Evidenze di dissesto**	**Condizioni di stabilità**	**Interventi ipotizzabili**
1 (edificazione non prevista)	n. 1 lesione verticale	Stabile nel complesso. Parzialmente instabile nel settore circoscritto alla lesione	Consolidamento localizzato in corrispondenza della lesione
2 (edificazione non prevista)	nessuno	stabile	-
3	n. 4 sgrottamenti localizzati, di dimensioni mediamente inferiori al m^2	Stabile nel complesso	Riempimento dei settori in sgrottamento con blocchi in pietra naturale e cemento/resina
4	n. 2 sgrottamenti di circa 2 m^2 ciascuno	Stabile nel complesso	Riempimento dei settori in sgrottamento con blocchi in pietra naturale e cemento/resina
5	n. 1 crollo localizzato di circa 4 m^2	Stabile nel complesso. Parzialmente instabile nel settore circoscritto al crollo	Ripristino del muro con blocchi in pietra naturale e cemento
6	n. 4 sgrottamenti di circa 2,0 m^2 ciascuno	Stabile nel complesso	Riempimento dei settori in sgrottamento con blocchi in pietra naturale e cemento/resina

Ciò detto, è possibile affermare che **il muro frangiflutti, da lungo tempo presente a valle dell'area in esame, risulta in buone condizioni statiche e di conservazione, senza presenza di significative fenomenologie dissestive in atto e/o potenziali ritenute significative. Esso ha garantito e tuttora garantisce una completa stabilità e preservazione dell'area in oggetto da fenomeni erosivi connessi al moto ondoso.**

4. SETTORE DI TRAVERSIA GEOGRAFICO

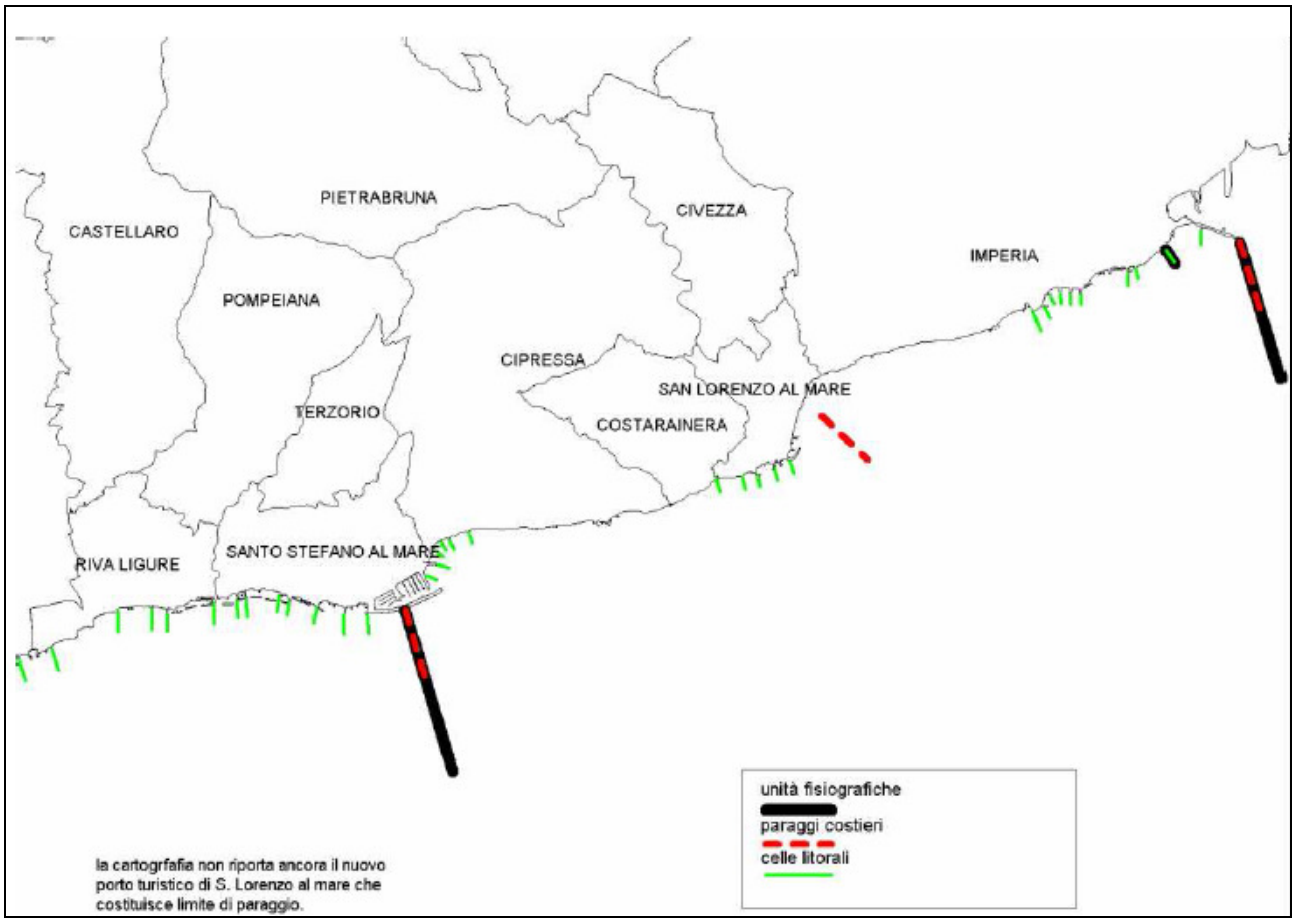
Il settore di traversia del paraggio in esame è compreso tra 65° N (Capo Berta) e 230° N (isola d'Hyeres), con una apertura di circa 195° ed è interessato dai mari provenienti dal II° e III° quadrante. La traversia è stata esemplificata in n. 4 settori fondamentali, come di seguito definiti:

Moto ondoso da:	Compreso tra:	Fetch[1] (Km)
Libeccio	230°N – 195°N	900
Mezzogiorno	195°N – 165°N	600
Scirocco	165°N – 105°N	180
Levante	105°N – 65°N	150

Il settore di Libeccio è quello da cui provengono le ondazioni di maggiore entità della traversia principale.

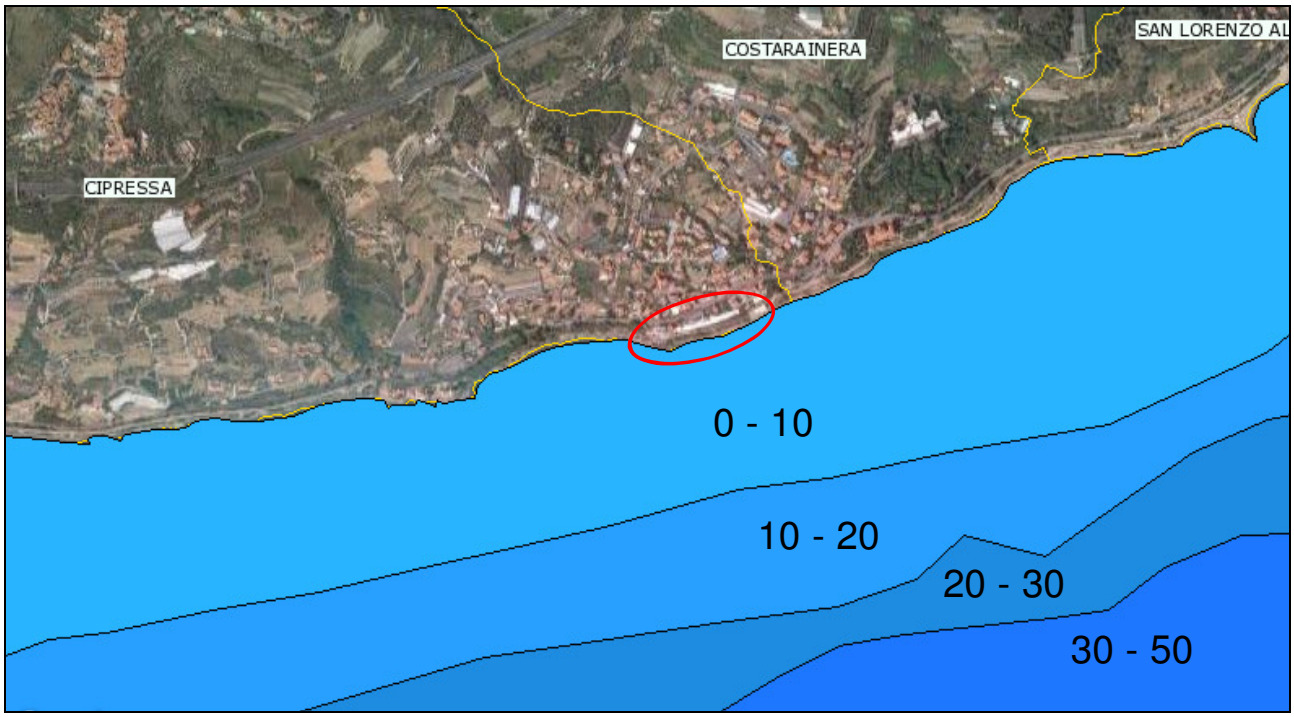
5. UNITÀ FISIOGRAFICA

L'unità fisiografica a cui appartiene il Comune di Cipressa è quella che muove dal porto turistico di Marina degli Aregai sino al molo lungo di Porto Maurizio. Il nuovo porto di Marina di San Lorenzo costituisce limite di paraggio.



6. BATIMETRIA E LINEA DI COSTA

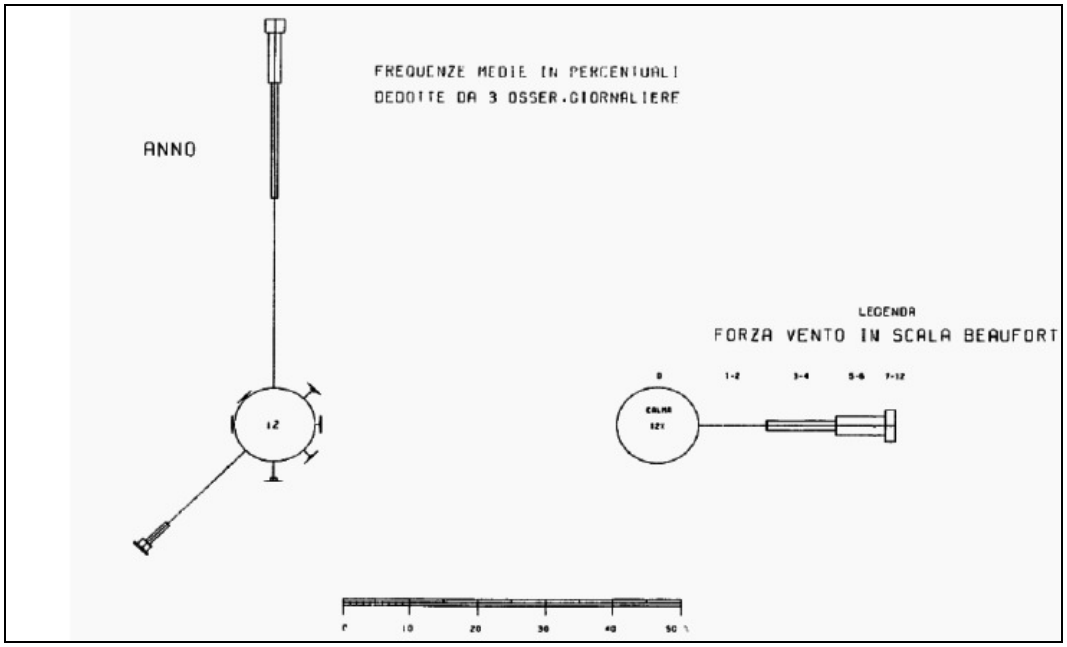
Per tutto l'ambito di studio non è disponibile un rilievo batimetrico di dettaglio ma si è ritenuto sufficiente, ai fini delle verifiche in oggetto, l'utilizzo delle mappe batimetriche della Regione Liguria (vedasi figura seguente).



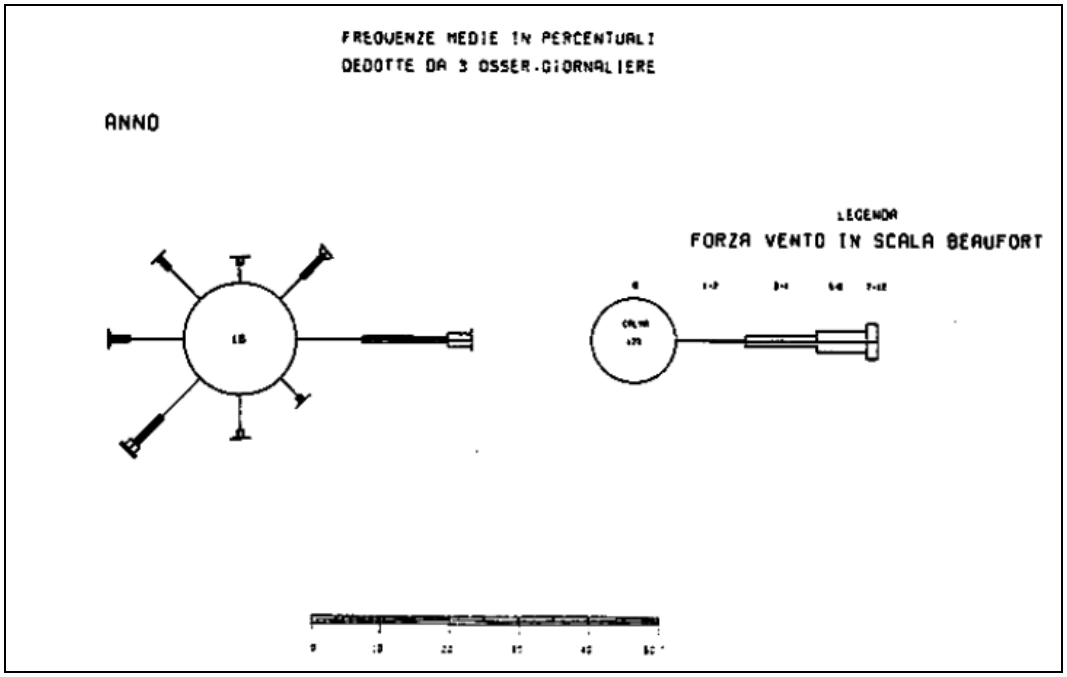
Batimetria della linea di costa in esame

7. VENTI

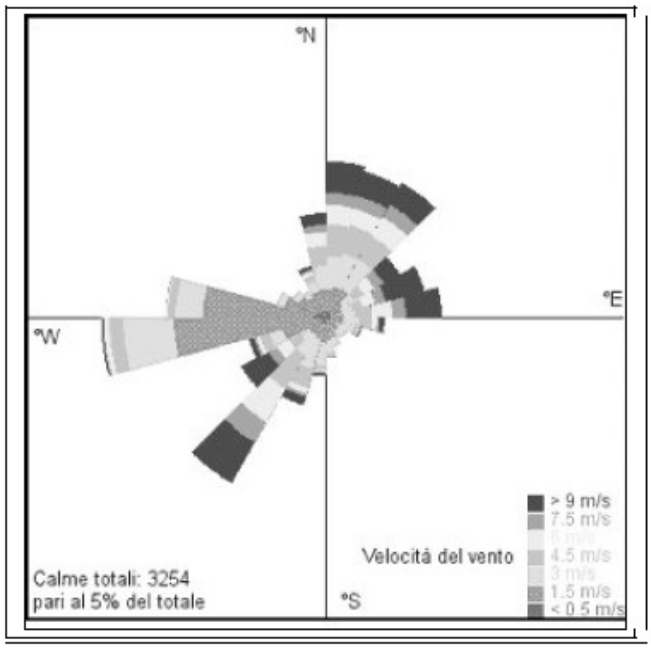
Dalle elaborazioni statistiche fornite dalle "stazioni" di misura più vicine a Cipressa, ovvero faro di Capo Mele e faro di Bordighera, si evince che la direzione predominante per le burrasche, per il settore di traversia competente a Cipressa è quella di SW (Libeccio).



Faro di Capo Mele (22 anni di osservazioni)



Faro di Bordighera (16 anni di osservazioni)



Mareografo di Imperia, Rosa dei venti per il periodo 1998 – 2004

Forza Beaufort	nodi	Km/h	m/s
0	<1	<1	0 – 0,2
1	1 –3	1 – 5	0,3 – 1,5
2	4 – 6	6 – 11	1,6 – 3,3
3	7 – 10	12 – 19	3,4 – 5,4
4	11 – 16	20 – 28	5,5 – 7,9
5	17 – 21	29 – 38	8,0 – 10,7
6	22 – 27	39 – 49	10,8 – 13,8
7	28 – 33	50 – 61	13,9 – 17,1
8	34 – 40	62 – 74	17,2 – 20,7
9	41 – 47	75 – 88	20,8 – 24,4
10	48 – 55	89 – 102	24,5 – 28,4
11	56 – 63	103 – 117	28,5 – 32,6
12	64 ed oltre	118 ed oltre	32,7 ed oltre

8. LIVELLO DEL MARE

In tutta la Liguria occidentale l'escursione di marea astronomica è modesta, dell'ordine di +/- 0.3 m; forti depressioni atmosferiche accompagnate da venti provenienti dal II e III quadrante, possono provocare fenomeni di acqua alta, con sopraelevazione complessiva del livello medio del mare (l.m.m.) anche dell'ordine di 0.5 m.

La componente di oscillazione mareale incide solitamente per valori che si sono misurati pari circa a 5 – 10 cm: nella tabella sotto si riportano a titolo esemplificativo le principali componenti di marea registrate nei porti di Imperia, Genova e La Spezia estratte dalle tavole di marea edite dall'Istituto Idrografico della Marina:

		Imperia		**Genova**		**La Spezia**	
Componenti	Periodo	H (cm)	ϕ (gradi)	H (cm)	ϕ (gradi)	H (cm)	ϕ (gradi)
M2	12,42	8,0	266	8,5	251	9,4	244
S2	12,00	3,2	284	3,3	268	3,4	267
N2	12,66	1,6	258	1,7	235	2,0	232
K2	11,97	0,9	284	0,9	268	0,9	267
K1	23,93	3,5	206	3,6	201	3,7	198
O1	25,82	1,7	123	1,6	118	1,4	116
P1	24,07	1,2	206	1,2	202	1,2	232

Ampiezza (H) e fase (F) delle principali componenti di marea

E' pratica comune ammettere come massima oscillazione mareale per il Mar Ligure un valore pari a 30 cm. Riguardo gli altri due fattori annotati si può considerare che per in presenza di forti depressioni atmosferiche (in genere concomitanti o successive a gravosi eventi di tempesta) la sopraelevazione del livello medio del mare può considerarsi pari a 50 cm.

9. CORRENTI

In Liguria, per quanto attiene l'equilibrio della spiaggia, le correnti litoranee non hanno alcuna influenza, possono tuttavia avere un certo interesse in ordine allo spostamento di eventuali materiali inquinanti in sospensione che possono costituire una situazione di rischio per la balneazione.

Le informazioni circa le correnti di densità indicano, per il Mediterraneo, una sistema di circolazione che in Liguria muove da Levante verso Ponente (contrariamente, come si vedrà alla deriva litoranea): il Mar Mediterraneo è caratterizzato infatti da una complessa circolazione marina, che, riguardo al Mar Ligure, si specifica in generale in una componente parallela alla costa ad asse e direzione Est –Ovest con valori di velocità piuttosto bassi e accentuata variabilità stagionale (vedi ad esempio: *Studio dell'Ambito Costiero Tratto tra Punta Vagno ed il Golfo Paradiso, Provincia di Genova*).

Solo le correnti indotte dal moto ondoso sono in grado di movimentare le sabbie. Una certa parte dell'energia dell'onda, al frangimento, genera una corrente lungo la costa (*Longshore current*) avente direzione e intensità conforme alle caratteristiche delle onde. La velocità della corrente così generata è definita con la seguente equazione da Longuet Highins:

$$V_b = \frac{5\pi}{32 C_f} \quad (g \bullet D_b)^{0,5} \tan\beta sen2\alpha b$$

dove:

Vb = velocità della corrente
Cf = coefficiente di attrito = 0,01
g = accelerazione di gravità
Db = profondità al frangimento
B = angolo di pendenza del fondo
b = angolo di incidenza delle onde al frangimento

10. SCHEMATIZZAZIONE DEL MOTO ONDOSO AL LARGO

La complessità dell'affrontare uno studio meteomarino deriva in primo luogo dal non poter disporre, per molti paraggi costieri, di dati certi relativi al moto ondoso: tale è la situazione del Ponente ligure, laddove ad oggi risultano esclusivamente disponibili dati di rilievi visuali di onde significative, stimate in altezza e periodo. In particolare sono qui presi in considerazione i dati registrati dai capitani delle navi in transito che segnalano i dati osservati, noti come KNMI, al Royal Dutch Meteorological Institute, che fa parte della World Meteorological Organization. Si riporta per completezza anche il confronto con i dati relativi alla Boa de La Spezia, per un agevole confronto.

Hs	Hs [Centro Banda]	Non definito	15	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	Tutte le direzioni	Tp
(m)	(m)		45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	15		[s]
0.00 - 0.25	0,10	13,90%	1,10%	1,10%	1,20%	0,61%	0,70%	0,72%	1,10%	1,30%	1,20%	0,57%	0,83%	0,92%	25,25%	1,34
0.25 - 0.75	0,50	1,30%	2,50%	2,30%	2,30%	1,70%	2,10%	2,10%	2,90%	4,40%	2,70%	1,10%	1,40%	2,20%	29,00%	3,00
0.75 - 1.25	1,00	0,27%	1,50%	1,50%	1,20%	0,97%	1,70%	1,50%	2,90%	3,80%	1,90%	0,60%	0,93%	1,50%	20,27%	4,24
1.25 - 1.75	1,50	0,15%	0,91%	1,10%	0,95%	0,31%	0,43%	0,59%	1,70%	3,10%	1,40%	0,33%	0,37%	0,66%	12,02%	5,19
1.75 - 2.25	2,00	0,05%	0,63%	0,52%	0,24%	0,19%	0,21%	0,39%	0,96%	2,00%	1,10%	0,19%	0,27%	0,38%	7,13%	6,00
2.25 - 2.75	2,50	0,02%	0,26%	0,28%	0,08%	0,06%	0,11%	0,05%	0,27%	1,00%	0,48%	0,11%	0,11%	0,14%	2,97%	6,71
2.75 - 3.25	3,00	0,01%	0,25%	0,14%	0,06%	0,03%	0,05%	0,04%	0,15%	0,53%	0,37%	0,08%	0,03%	0,10%	1,84%	7,35
3.25 - 3.75	3,50	0,01%	0,08%	0,05%	0,01%	0,02%	0,01%	0,03%	0,05%	0,17%	0,14%	0,01%	0,01%	0,03%	0,62%	7,94
3.75 - 4.25	4,00		0,04%	0,02%			0,01%	0,01%	0,00%	0,23%	0,10%	0,02%		0,03%	0,62%	8,46
4.25 - 4.75	4,50		0,02%	0,02%				0,01%		0,06%	0,06%	0,01%		0,01%	0,19%	9,00
4.75 - 5.25	5,00									0,04%	0,03%				0,07%	9,48
5.25 - 5.75	5,50															
5.75 - 6.25	6,00															
6.25 - 6.75	6,50															
Totale		15,71%	7,29%	7,03%	6,04%	3,89%	5,32%	5,44%	10,11%	16,63%	9,56%	3,02%	3,95%	5,99%	99,98%	

I dati N.O.A.A. vengono riportati a confronto delle stime visuali KNMI

DATI DERIVATI DA N.O.O.A. - MEDIE HS ANNUALI

Annuale Hs-Theta Theta		Hs												
		<0.2	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5.00	>5,0	TOTALE
Calma		0.852												0.852
N	0.00		0.341	0.545	0.511	0.204	0.273	0.000	0.034	0.068		0.000		1.976
NNE	22.50		0.409	0.375	0.647	0.204	0.239	0.102	0.034	0.000	0.034	0.000	0.068	2.112
NE	45.00		0.613	1.124	1.499	1.329	1.124	0.784	0.409	0.204	0.136	0.034	0.170	7.426
ENE	67.50		0.579	1.022	2.078	1.124	1.295	0.545	0.307	0.136	0.034	0.034	0.136	7.290
E	90.00		0.716	1.499	2.184	0.681	0.409	0.239	0.204	0.000	0.000	0.000	0.034	5.966
ESE	112.50		0.818	1.431	1.227	0.204	0.273	0.102	0.000	0.000	0.000	0.034	0.000	4.089
SE	135.00		0.511	1.397	1.635	0.341	0.204	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.088
SSE	157.50		0.886	0.818	1.124	0.273	0.136	0.102	0.000	0.034	0.000	0.034	0.000	3.407
S	180.00		2.658	1.908	1.874	0.613	0.375	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.428
SSW	202.50		1.601	1.465	2.419	1.158	0.886	0.204	0.068	0.000	0.000	0.000	0.000	7.801
SW	225.00		1.363	2.521	3.135	1.942	1.363	0.273	0.239	0.068	0.136	0.068	0.068	11.176
WSW	247.50		1.056	2.624	3.646	2.419	2.351	0.579	0.545	0.409	0.170	0.204	0.239	14.242
W	270.00		1.329	1.670	2.487	2.419	2.760	0.818	0.443	0.784	0.375	0.204	0.341	13.630
WNW	292.50		0.204	0.579	0.886	0.920	0.988	0.204	0.341	0.273	0.102	0.068	0.273	4.838
NW	315.00		0.239	0.341	0.613	0.239	0.204	0.204	0.170	0.136	0.000	0.000	0.068	2.214
NNW	337.00		0.136	0.545	0.273	0.239	0.102		0.034	0.068	0.034	0.000	0.034	1.465
Totale		0.852	13.459	19.864	26.238	14.309	12.982	4.156	2.828	2.180	1.021	0.680	1.431	100.00

Diverso discorso vale per i dati della Boa di La Spezia, di recente andata fuori servizio. I dati ondametrici direzionali della boa sono di sicuro interesse ma, come per tutti gli ondametri, risentono di un posizionamento che scherma alcune direzioni rilevanti (nel nostro caso Scirocco): per tale motivo rivestono interesse per gli eventi estremi del paraggio (direzione Libeccio) ma si è ritenuto preferibile non ricorrervi per la formulazione dei modelli.

DATI BOA ONDAMETRICA DE "LA SPEZIA"

Classi di altezza d'onda								
H	≅m	≅m	≅m	≅m		**Hm**	≅	Lm
	85	135	180	212.5				
0.00 - 0.25						0.13	1.50	3.51
0.25 - 0.75	7.45%	3.29%	4.59%	34.88%		0.50	3.00	14.05
0.75 - 1.25	0.59%	3.45%	4.05%	17.03%		1.00	4.24	28.10
1.25 - 1.75	0.18%	1.61%	1.58%	7.32%		1.50	5.19	42.15
1.75 - 2.25	0.08%	0.62%	0.84%	5.58%		2.00	6.00	56.20
2.25 - 2.75	0.03%	0.18%	0.24%	2.56%		2.50	6.71	70.26
2.75 - 3.25	0.02%	0.10%	0.12%	1.64%		3.00	7.35	84.31
3.25 - 3.75	0.01%	0.02%	0.06%	0.83%		3.50	7.94	98.36
3.75 - 4.25	0.00%	0.02%	0.03%	0.49%		4.00	8.48	112.41
4.25 - 4.75	0.01%	0.01%	0.01%	0.27%		4.50	9.00	126.46
4.75 - 5.25	0.00%	0.01%	0.01%	0.18%		5.00	9.48	140.51
5.25 - 5.75	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%		5.50	9.95	154.56
5.75 - 6.25						6.00	10.39	168.61
6.25 - 6.75						6.50	10.81	182.66
	8.37%	9.31%	11.54%	70.78%		100%		

Si può notare come i dati registrati pesino la direzione Libeccio quale artefice del 70% delle ondazioni del paraggio.

La stima del periodo d'onda è stata operata mediante la seguente relazione, verificata per le zone di mare delimitate, come il Mediterraneo, secondo lo spettro Jonswap:

$$T = \frac{0{,}95 \cdot 4\pi \cdot \sqrt{H}}{\sqrt{4g}}$$

dove:

T = periodo

H = altezza d'onda

g = accelerazione di gravità

mediante la quale è possibile ricavare il periodo associato ad una altezza d'onda. Utilizzando poi la relazione di dispersione per le condizioni di largo (h/L > 0,5):

$$L = L_o = \frac{g \cdot T^2}{2\pi}$$

dove:

L = Lo = lunghezza d'onda al largo

T = periodo

g = accelerazione di gravità

si ricava il valore della lunghezza d'onda.

I valori di frequenza relativi ai settori parziali di traversia sono ottenuti combinando i valori forniti per i diversi sub settori di 30° in cui sono stati suddivisi i dati K.N.M.I. Qui di seguito è riportato il confronto con gli alti dati disponibili, relativi alle registrazioni della Boa di La Spezia ed i dati visuali N.O.A.A.

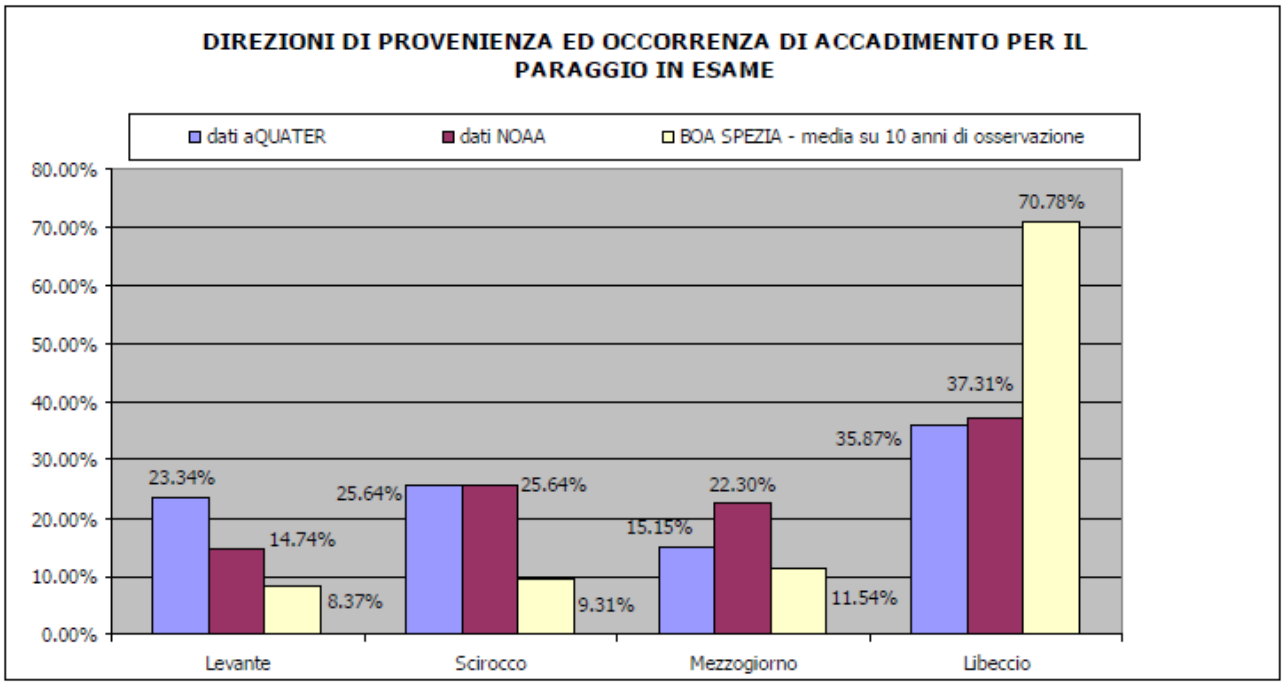
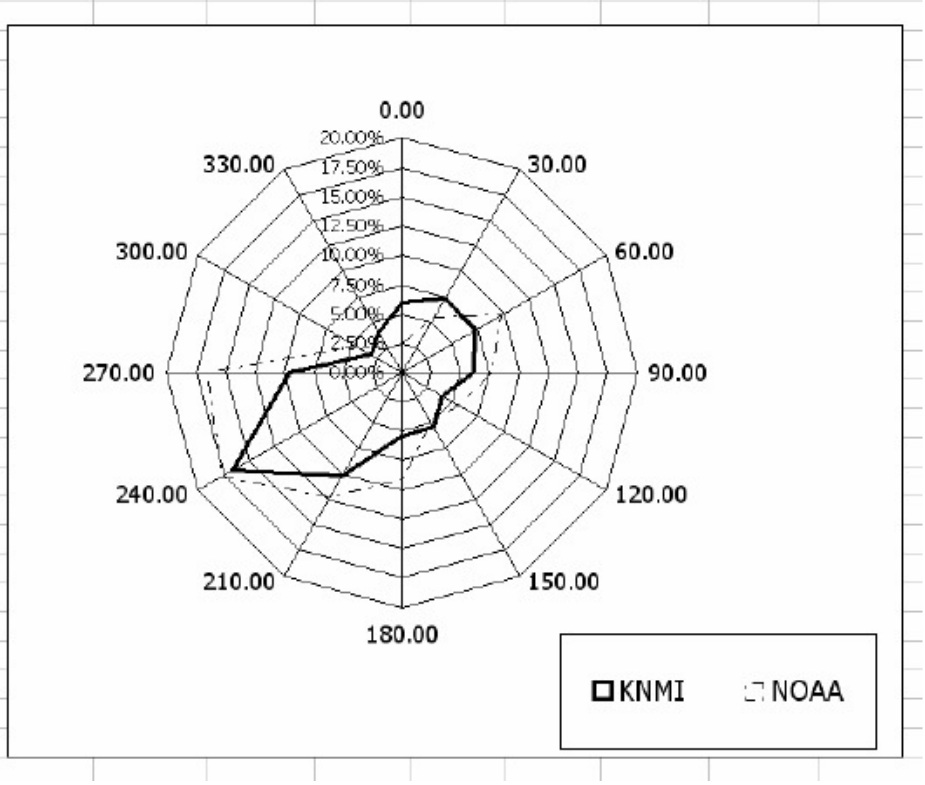


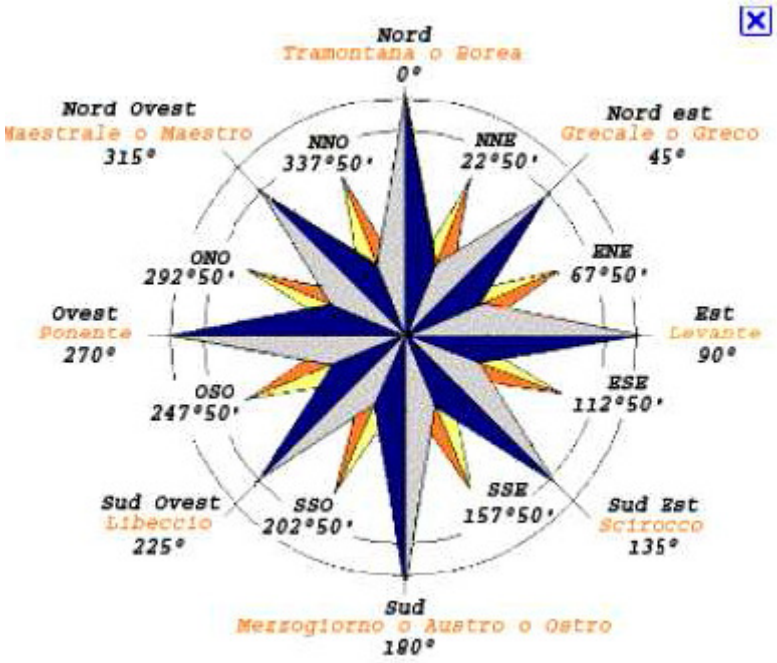
Diagramma di frequenza dei mari per classi di direzione relativo all'area di osservazione

θ	p[%] KNMI	p[%] NOAA
0.00	5.99%	2.51%
30.00	7.29%	5.51%
60.00	7.03%	9.81%
90.00	6.04%	7.67%
120.00	3.89%	5.52%
150.00	5.32%	4.94%
180.00	5.44%	9.11%
210.00	10.11%	12.22%
240.00	16.63%	17.69%
270.00	9.56%	16.49%
300.00	3.02%	4.47%
330.00	3.95%	2.35%

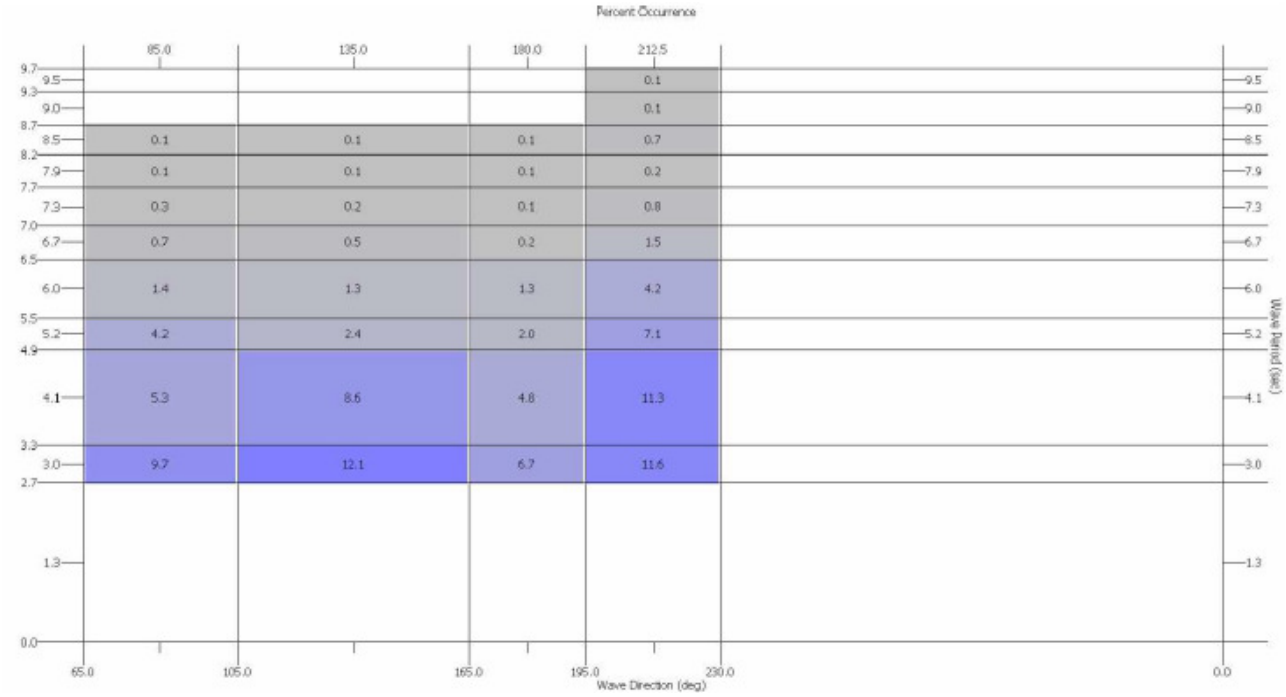


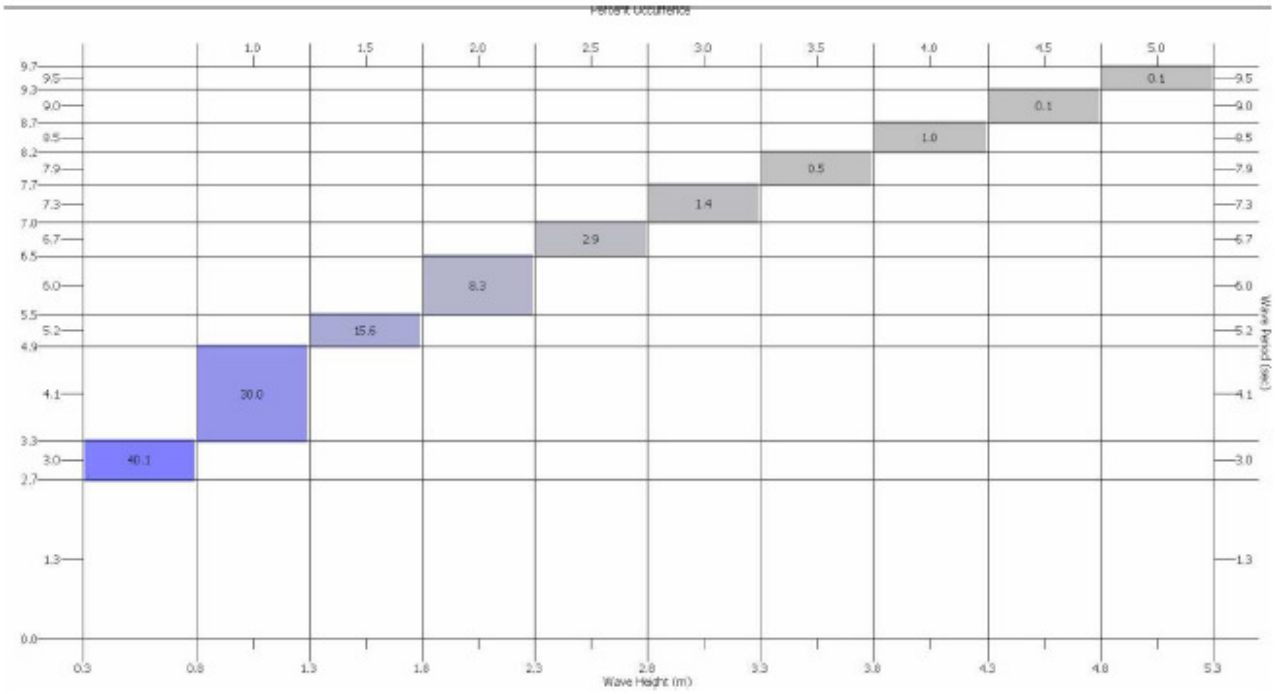
Settore di Ondazione			
Levante	65 - 105	8.38%	**23.34%**
Scirocco	105 - 165	9.21%	**25.64%**
Mezzogiorno	165 - 195	5.44%	**15.15%**
Libeccio	195 - 230	12.88%	**35.87%**
			100.00%

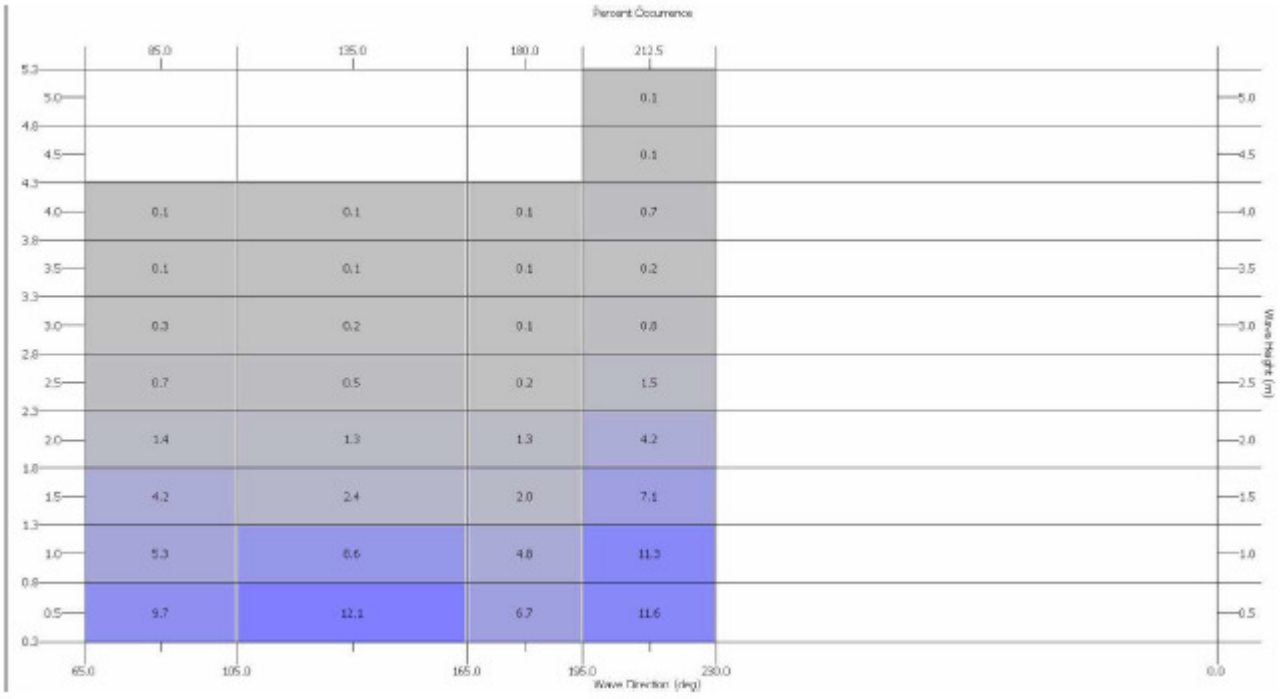
Le osservazioni visuali K.N.M.I. (ed anche i dati N.O.A.A.), pur costituendo ad oggi l'unico riferimento di caratterizzazione direzionale del moto ondoso per il Ponente ligure (boe congruenti con il paraggio in esame ma di tipo monodirezionale hanno funzionato per brevissimi periodi a Monaco, Porquerolles, Sanremo e Cap Corse), risentono evidentemente di una serie di imprecisioni di stima e non presentano dati relativi a mareggiate estreme (evitate con cambiamenti di rotta dalle navi).

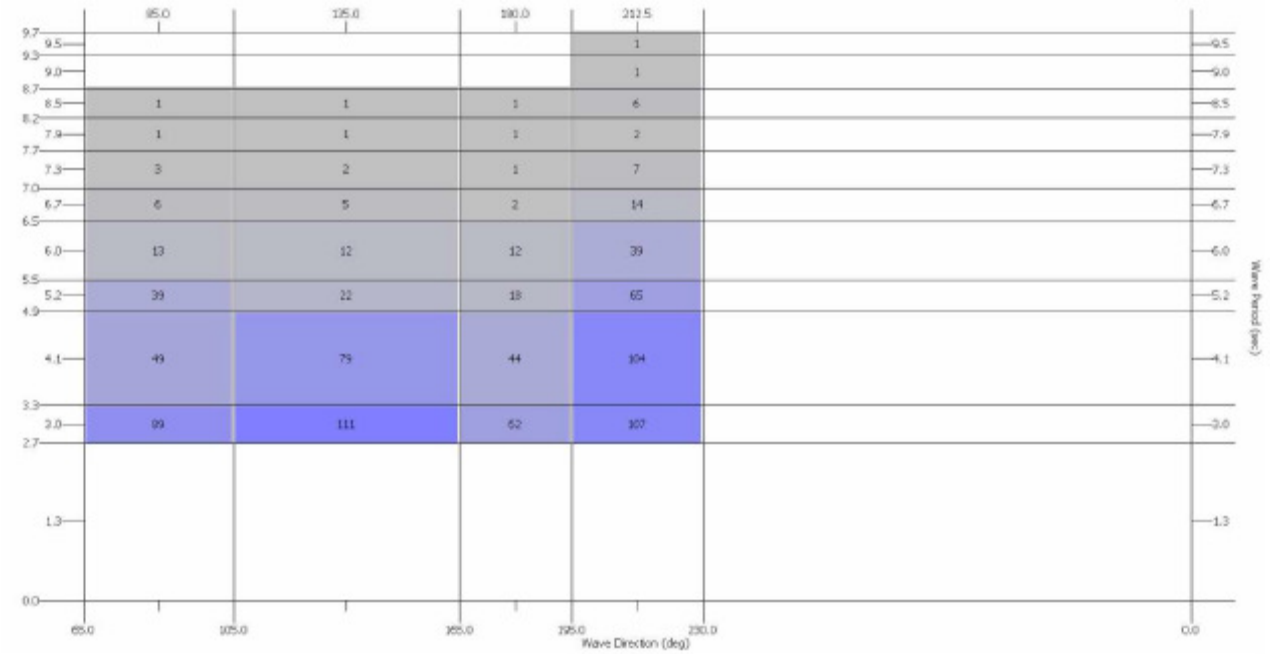


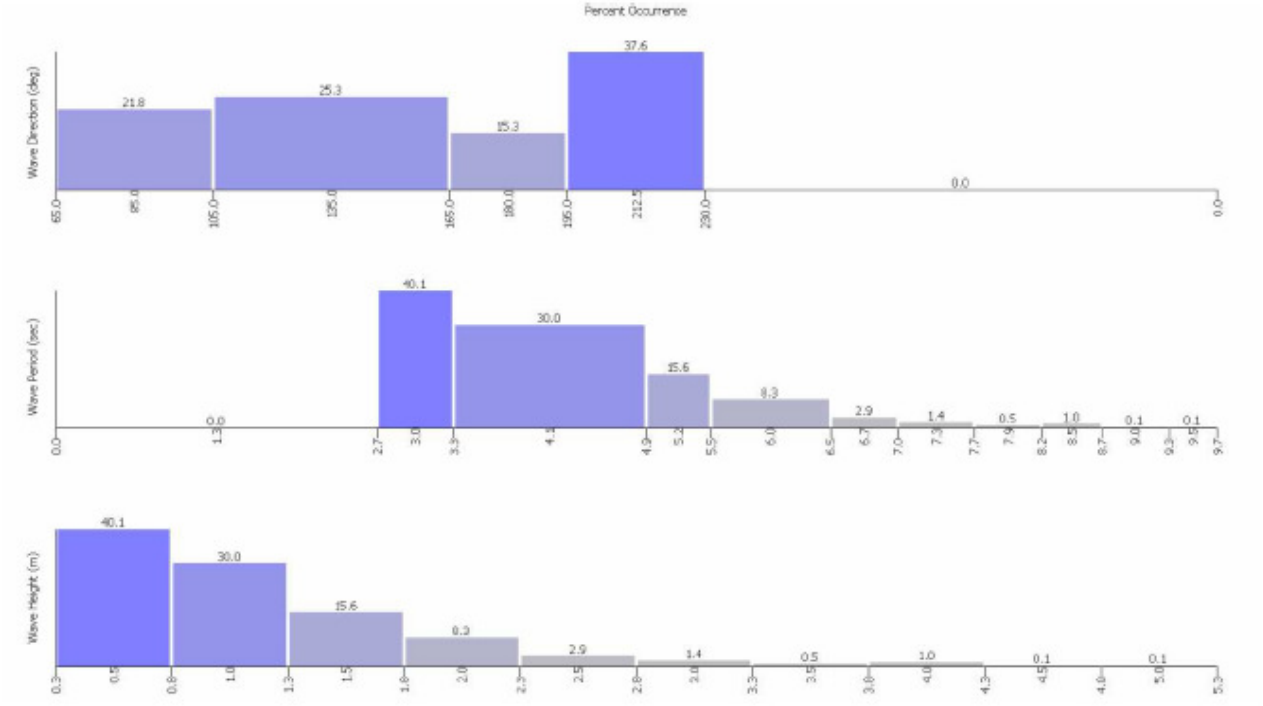
Di seguito vengono proposte le tabelle riassuntive del clima ondoso preso a riferimento per il paraggio in esame.



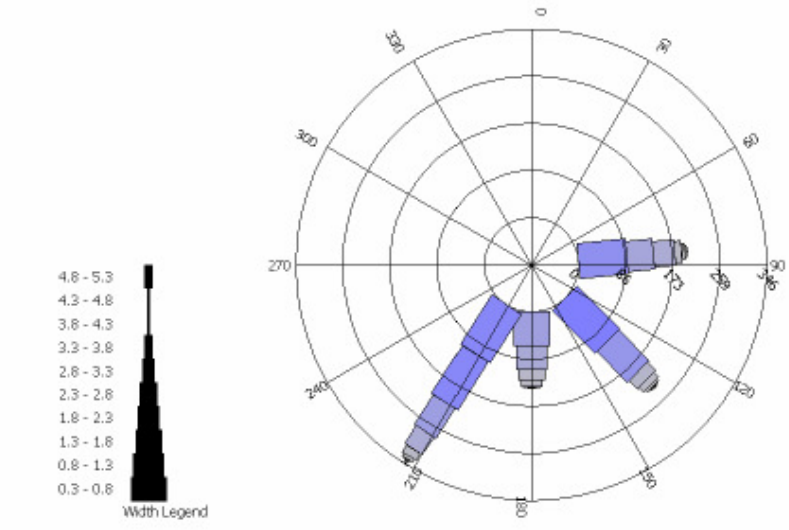

Percent Occurrence
Wave Height (m)
Wave Period (sec)
40.1
30.0
15.6
8.3
2.9
1.4
0.5
0.1
0.1


Percent Occurrence
Wave Direction (deg)
Wave Height (m)
0.1
0.1
0.1 0.1 0.1 0.7
0.1 0.1 0.1 0.2
0.3 0.2 0.1 0.8
0.7 0.5 0.2 1.5
1.4 1.3 1.3 4.2
4.2 2.4 2.0 7.1
5.3 6.6 4.8 11.3
9.7 12.1 6.7 11.6


65.0
105.0
180.0
212.5
9.7
9.5
9.3
9.0
8.7
8.5
8.2
7.9
7.7
7.3
7.0
6.7
6.5
6.0
5.5
5.2
4.9
4.1
3.3
2.0
2.7
1.3
0.0
1 1 1 6
1 1 1 2
3 2 1 7
6 5 2 14
13 12 12 39
39 22 18 65
49 79 44 104
99 111 62 107
65.0
105.0
155.0
195.0
230.0
0.0
Wave Direction (deg)
Wave Period (sec)



Number of Occurrences
Wave Direction (deg)
vs.
Wave Height (m)



La trattazione statistica definita da Boccotti per il Mar Ligure è infine riferimento comune per la caratterizzazione probabilistica degli eventi ondosi e la conseguente definizione di tempi di ritorno per gli eventi considerati.

11. ELABORAZIONE PROBABILISTICA DATI K.N.M.I. DEL BOCCOTTI

A partire da circa 5800 stime visuali di altezza d'onda significativa (base dati KNMI), nell'articolo "*Previsione delle onde per i mari italiani. Parte I: Un'impostazione del problema con particolare riferimento al mar Ligure*" il Boccotti indica come il tempo di ritorno di una particolare altezza d'onda possa essere stimato attraverso la semplice relazione:

$$R(H_s > h) = B\left[-h\frac{dP}{dh}(H_s > h) + P(H_s > h)\right]^{-1}$$

in cui:
B rappresenta la durata media della mareggiata triangolare equivalente di riferimento.

La probabilità di superamento dell'onda di progetto, secondo le analisi dell'Autore, per il Mar Ligure, risulta avere una distribuzione del tipo:

$$P(H_s > h) = (1 - e^{-h/v})e^{(-h/w)^{0.975}}$$

dove:
v,w sono dei parametri che caratterizzano i settori di traversia in esame.

Assumendo un valore di B costante e pari a 48 ore, stima accettabile per i dati reperiti nel Mar Ligure, risulta possibile calcolare i valori di progetto dell'altezza d'onda ed il suo tempo di ritorno, per tutti i settori di provenienza. Per la direzione di massima traversia (Libeccio 195° - 225°) i valori vengono ricavati come differenza dalla probabilità dei dati globali, omnidirezionali. Ciò affinché la somma delle probabilità relative ad una determinata altezza d'onda, considerate tutte le direzioni, sia unitaria. La suddetta distribuzione omnidirezionale ha una forma del tipo:

$$P(H_s > h) = e^{-\left(\frac{h}{0.725}\right)^{0.975}}$$

Nota l'altezza d'onda spettrale su profondità infinita si può risalire al suo periodo attraverso la seguente relazione:

$$T = 8.5\pi\sqrt{\frac{H}{4g}}$$

12. DERIVA LITORANEA

Per studiare l'andamento della deriva litoranea non occorre conoscere, assegnato un determinato tempo di ritorno, la massima altezza d'onda prevedibile e la sua direzione di provenienza, bensì è necessario determinare il settore per cui le ondazioni forniscono flusso di energia massimo. Si definisce flusso di energia per unità di lunghezza di cresta d'onda il prodotto:

$$P = E \cdot C_g$$

dove:

$$E = \frac{1}{8}\gamma H^2 = energia\ specifica\ dell'onda$$

$$C_g = \frac{gT^2}{4\pi} = celerità\ di\ gruppo = velocità\ con\ cui\ si\ propaga\ l'energia$$

$$\gamma = peso\quad specifico\quad acqua$$

Noto il flusso di energia associata ad ogni settore di traversia moltiplicandolo per la relativa frequenza otteniamo il flusso medio annuo per quella determinata provenienza.

Per ultimare la schematizzazione del moto ondoso al largo si ricerca, per ciascuna provenienza, l'onda energeticamente equivalente cioè l'altezza d'onda che abbinata alla frequenza complessiva della specifica traversia d′origine ad un flusso energetico e, quindi, ad una potenzialità di trasporto equivalente a quello che si otterrebbe considerando le diverse classi di altezza. Occorre imporre, per ogni direzione di provenienza la seguente uguaglianza:

$$\sum_i P_i f_i = \sum_i P_i \sum f_i$$

dove:

Pi = flusso di energia della classe i-esima
fi = frequenza temporale della classe i-esima

Facendo l'ipotesi di assumere come direzione media di provenienza di ogni settore quella centrale e sommando vettorialmente il flusso medio annuo risulta che la direzione netta del flusso al largo è da

176°N; si può dunque affermare che la deriva netta annua sarà da Ponente verso Levante come risulta dalla tabella riportata di seguito:

	direzione media in gradi	P (Kg/s)	Px (Kg/s)	Py (Kg/s)
Libeccio	213	152,95	-82,18	-129,00
			0,00	0,00
Mezzogiorno	180	35,09	0,00	-35,09
			0,00	0,00
Scirocco	135	58,24	41,18	-41,18
			0,00	0,00
Levante	85	56,21	55,99	4,90
Direzione netta flusso	176	302,49	15,00	-200,37

La deriva litoranea (direzione del movimento dei sedimenti), come avviene in maniera generalizzata in tutta la Liguria occidentale, muove i materiali da Ponente verso Levante. Le forti mareggiate da Libeccio (mare dominante), che provenendo da SW, tendono ad essere fortemente inclinate rispetto all'orientamento generale della costa, che è nel suo complesso, orientata secondo NE - SW, e non sono compensate che in minima parte dalle ondazioni dei quadranti settentrionali.

I sedimenti presenti nel paraggio possono provenire dagli apporti solidi, del torrente Argentina o dal rio San Lorenzo. Il torrente Argentina, che ha un bacino di 208 km^2 e sfocia circa 8 km. a Ponente del paraggio in esame, può fornire un contributo molto limitato agli arenili che stiamo considerando, per i seguenti motivi:

1 - Il corso del fiume è stato regimentato, in diversi punti sono state costruite briglie che ne limitano consistentemente il trasporto solido e lungo tutto il corso sono effettuati prelievi (anche abusivi) di sabbia e ghiaia;
2 - L'eventuale materiale trasportato a mare, che per effetto della deriva litoranea si muoverebbe verso Levante, incontrerebbe in territorio di Riva Ligure e S. Stefano a Mare, opere quali pennelli perpendicolari alla costa di sufficiente aggetto e difese emerse parallele alla riva, le quali sarebbero sicuramente in grado di arrestare la migrazione;
3 - Anche il porto di Marina degli Aregai che è posizionato a Ponente del paraggio in esame (circa 2 km) ed ha una diga foranea che si protende a profondità dell'ordine dei - 5 m, sarebbe in grado di

arrestare i sedimenti in migrazione o, comunque, disperderli in fondali dai quali difficilmente potrebbero essere recuperati dal moto ondoso e riportati sulla riva, per alimentare le spiagge locali.

4 - Il rio San Lorenzo, invece, pur avendo un bacino di soli 23 km^2, che sfocia al centro della cittadina, appare in grado di fornire un notevole apporto sedimentario, sia perché scorre in un bacino la cui roccia madre (scisti calcarei ed arenarie) è notevolmente degradata, e quindi molto erodibile almeno nella parte superficiale, sia perché i versanti sono fortemente inclinati fin quasi alla foce. Per le ragioni esposte, assegnando un indice di erodibilità del suolo di 450 m^3/km^2, si può in prima approssimazione, stimare un apporto annuo di circa 10.000 m^3.

13. CARATTERISTICHE DELL'AMBIENTE MARINO COSTIERO

Il termine biocenosi fu proposto inizialmente da Mobius per indicare le associazioni di specie che si verificano nei banchi di ostriche ed indica "un raggruppamento di organismi viventi, animali e vegetali, che per la composizione di specie e per il numero di individui corrisponde in modo stabile a determinate condizioni medie di un dato ambiente".

Questi organismi, oltre a dipendere dalle caratteristiche fisiche del luogo in cui vivono, sono strettamente legati gli uni agli altri da vari tipi di rapporti reciproci (competizione per lo spazio e l'alimento, rapporti preda - predatore, simbiosi, epibiosi, etc.) tanto che da queste interazioni possono dipendere la loro sopravvivenza. Il dominio bentonico (il termine benthos identifica tutte le forme di vita che vivono in stretto contatto con i fondali marini) è popolato da differenti biocenosi la cui distribuzione è fondamentalmente legata alla natura del substrato (sedimenti a differente granulometria e consistenza, rocce di diversa natura mineraria, etc.), alla profondità (in funzione della penetrazione della luce e della pressione) ed infine alle caratteristiche idrodinamiche e chimico-fisiche dei diversi luoghi.

Le principali biocenosi bentoniche del Mediterraneo sono state definite da Peres e Picard (*Nouveau Manuel de bionomie benthique de la mer Mediterraneo, 1964*), la cui classificazione è riportata nella tabella seguente:

Piano	Substrato	Sigla	Descrizione
Mesolitorale	solido	RMS	biocenosi del mediolitorale superiore
		RMI	biocenosi del mediolitorale inferiore
		GM	biocenosi delle grotte
	mobile	DM	biocenosi dei fondi detritici
		SM	biocenosi delle sabbie
		SVLE	biocenosi delle sabbie fangose, lagune, estuari
Infralitorale	solido	AP	biocenosi delle alghe fotofile
		IETP	biocenosi delle acque inquinate
	mobile	GI	biocenosi delle ghiaie
		SGBV	biocenosi delle ghiaie fini e sabbie grossolane rimosse dalle onde
		SRPV	biocenosi delle sabbie in zone protette
		SVMC	biocenosi delle sabbie fangose in zone calme
		LEE	biocenosi lagunari eurialine ed euriterme
		STP	biocenosi dei sedimenti inquinati
		SFBC	biocenosi delle sabbie fini ben calibrate
		SFS	biocenosi delle sabbie fini superficiali
		HP	biocenosi delle praterie di *Posidonia*
Circalitorale	solido	C	biocenosi del coralligeno
		GSO	biocenosi delle grotte semioscure
		GO	biocenosi delle grotte oscure
		RL	biocenosi delle rocce al largo
	mobile	DC	biocenosi dei fondi detritici costieri
		DE	biocenosi dei fondi detritici invasi da fango
		VTC	biocenosi dei fanghi terrigeni costieri
		DL	biocenosi dei fondi detritici del largo
indipendenti dal piano		SGCF	biocenosi delle sabbie e ghiaie con correnti di fondo
		MI	biocenosi dei fondi mobili instabili

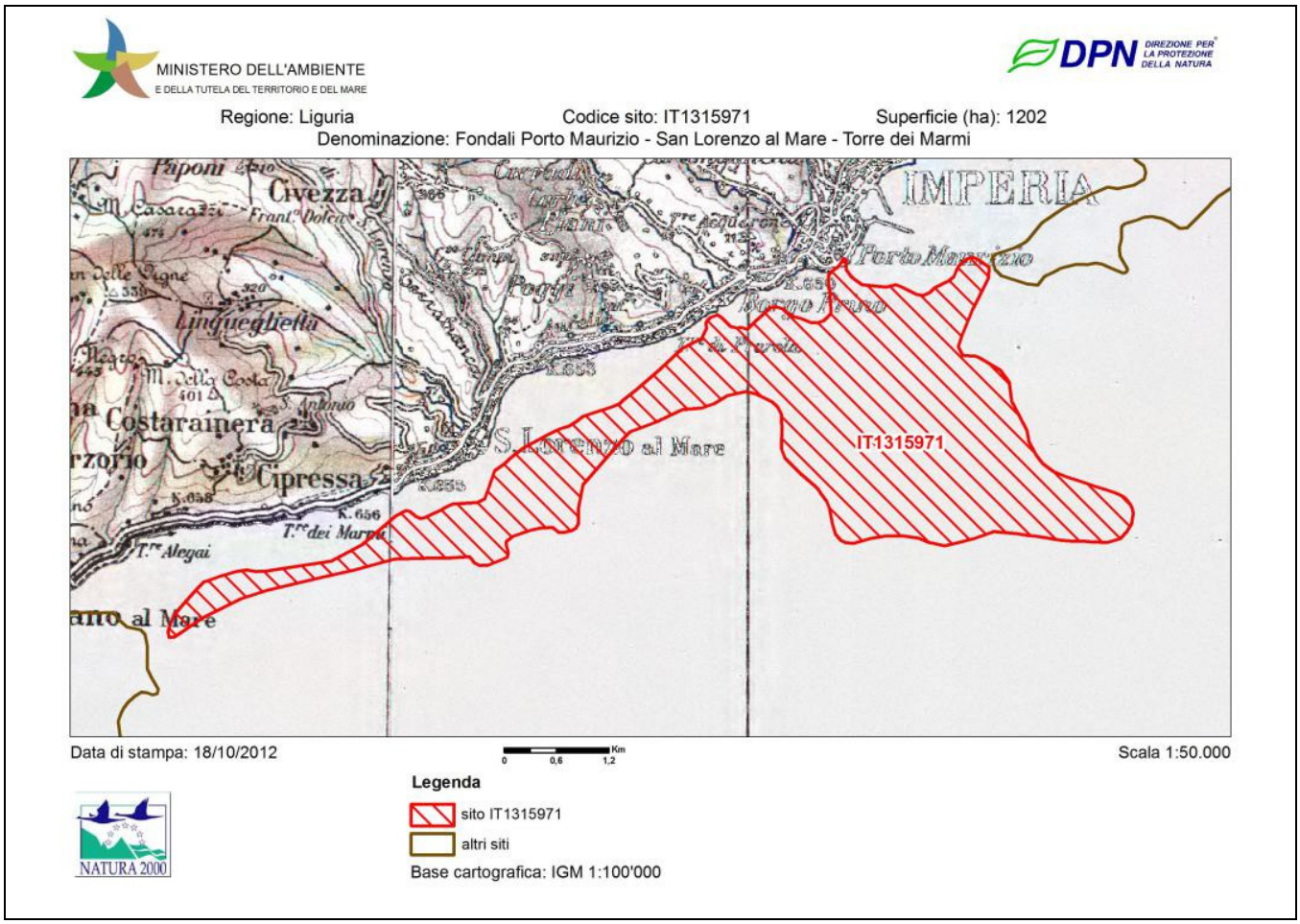
La Posidonia oceanica è una fanerogama endemica del Mediterraneo, costituita da un apparato radicale, fusto, foglie, fiori e frutti, formante delle 'foreste sommerse' nella fascia costiera fino a circa 40 m di profondità e comunque fino alla batimetria in cui la luce è sufficiente alla sopravvivenza ed è riconosciuta fondamentale nell'economia degli ecosistemi marini costieri per motivi biologici e fisici quali:

- stabilizzazione del fondo marino
- riduzione dell'idrodinamismo con conseguente mantenimento dell'equilibrio delle coste
- elevata produzione di ossigeno e di materia organica attraverso processo di fotosintesi
- zona di alimentazione, riproduzione e riparo per numerose specie (anche di notevole importanza)

La rarefazione e la scomparsa delle praterie di posidonia sono dovute a molteplici cause, tra le quali vanno senz'altro ricordate:

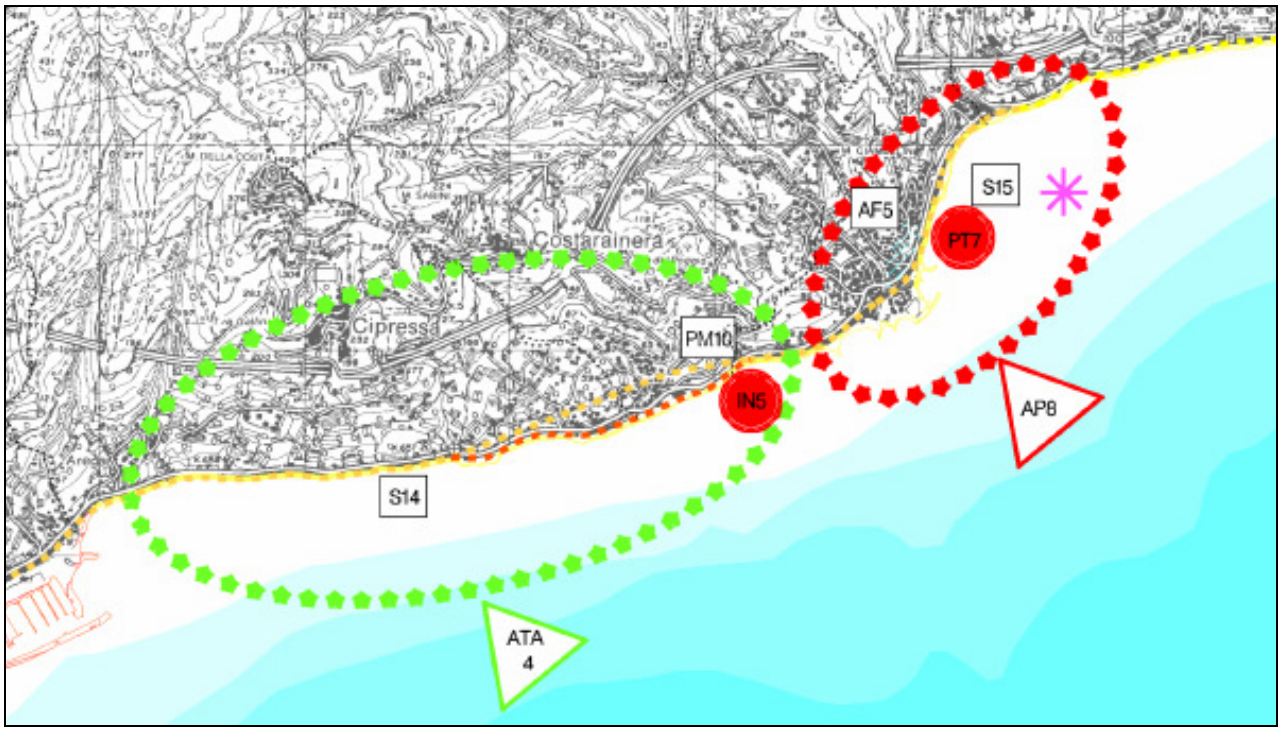
- erosione meccanica da parte di attrezzi da pesca a strascico (proibita in verità entro i 50 m)
- raschiamento da parte di ancore di imbarcazioni da diporto
- costruzione di opere costiere a causa di scavi
- inquinamento

La rete Natura 2000, rete ecologica europea nata con la direttiva 43/1992/CEE (direttiva Habitat), individua habitat e specie che gli stati membri sono tenuti a salvaguardare per preservarne la biodiversità individuando Siti di Importanza Comunitaria (SIC) da sottoporre a tutela. Della rete, per la presenza di Posidonia oceanica, fanno parte come detto i fondali antistanti Costarainera, Cipressa e San Lorenzo al Mare, classificati come sito di importanza comunitaria "Fondali di Porto Maurizio – San Lorenzo al Mare – Torre dei Marmi" e perimetrati come visibile nell'immagine successiva (il limite del SIC è quello tracciato in colore rosso).


MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE
DPN DIREZIONE PER LA PROTEZIONE DELLA NATURA
Regione: Liguria
Codice sito: IT1315971
Superficie (ha): 1202
Denominazione: Fondali Porto Maurizio - San Lorenzo al Mare - Torre dei Marmi
Civezza
Lingueglietta
Costarainera
Cipressa
IMPERIA
Porto Maurizio
S.Lorenzo al Mare
IT1315971
Data di stampa: 18/10/2012
0 0,6 1,2 Km
Scala 1:50.000
Legenda
sito IT1315971
altri siti
Base cartografica: IGM 1:100'000
NATURA 2000

14. IL PIANO DELLA COSTA

Il Piano della Costa, approvato con deliberazione del Consiglio Regionale 19.12.2000 n. 64, "*Disciplina, promuove e coordina gli interventi sulla costa secondo i principi dello sviluppo sostenibile, della pianificazione integrata della zona costiera e del controllo della qualità degli interventi, […] perseguendo la finalità di ricercare un miglioramento della qualità paesistica ed ambientale della fascia costiera…*".



L'area in esame rientra nell'"ATA (Area di Tutela Attiva) - Costa tra Cipressa e Costarainera", caratterizzata dalle seguenti indicazioni: "Nuove condizioni di accessibilità mare, valorizzando ex Istituto Elioterapico e riqualificando campeggi (eventuale ricollocazione), con contenimento nuovi volumi aggiuntivi; valorizzazione mediante ricostituzione spiagge; strutture minime per attracco e ricovero in Comune Costarainera, previa verifica non impatto sulle spiagge di San Lorenzo".

Le indicazioni di Piano per l'ambito di Tutela Attiva ATA4, che coinvolge il settore in esame, sono le seguenti:

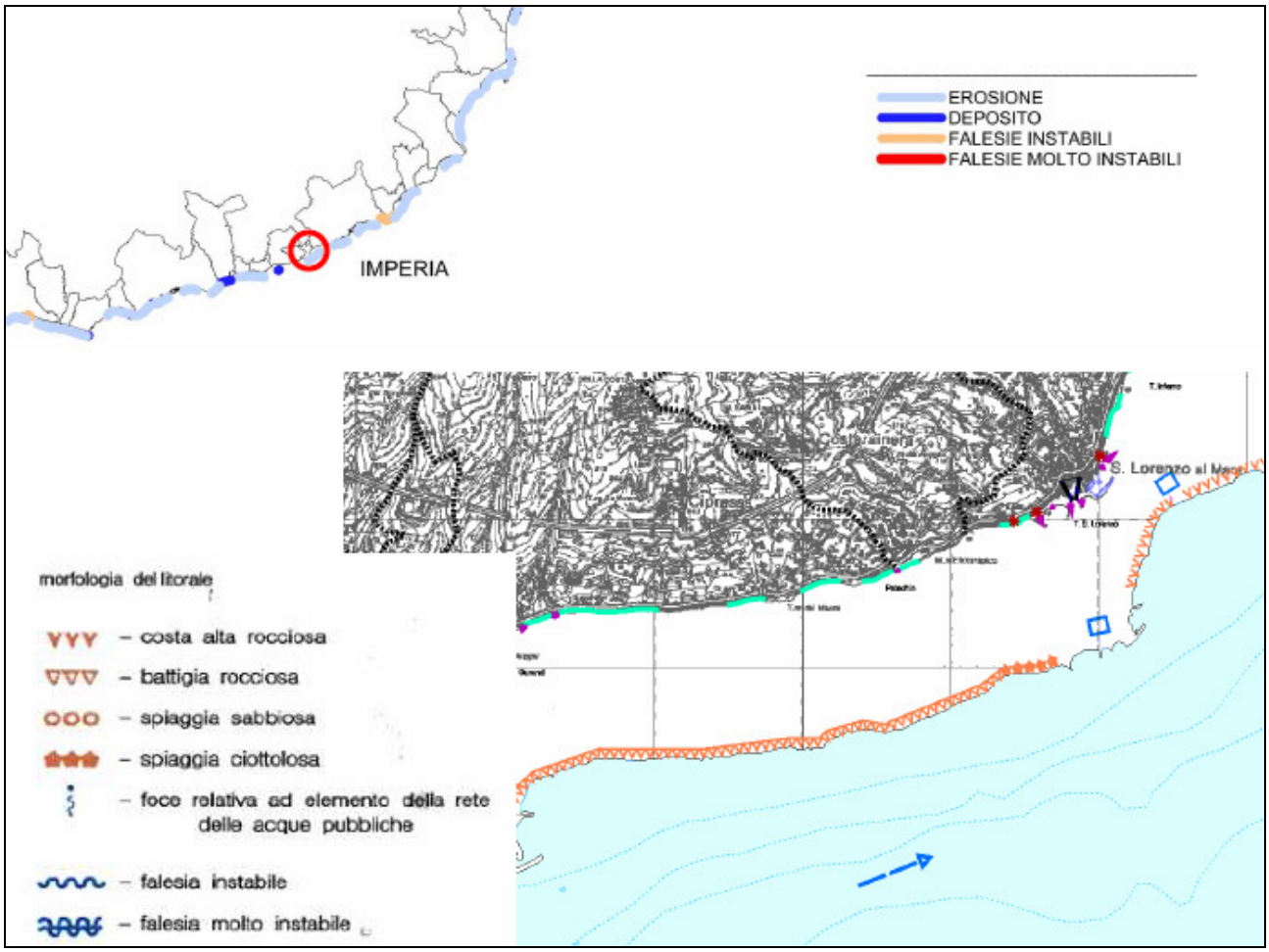
E' un ulteriore caso di tratto di costa reso disponibile dalla dismissione della linea ferroviaria.

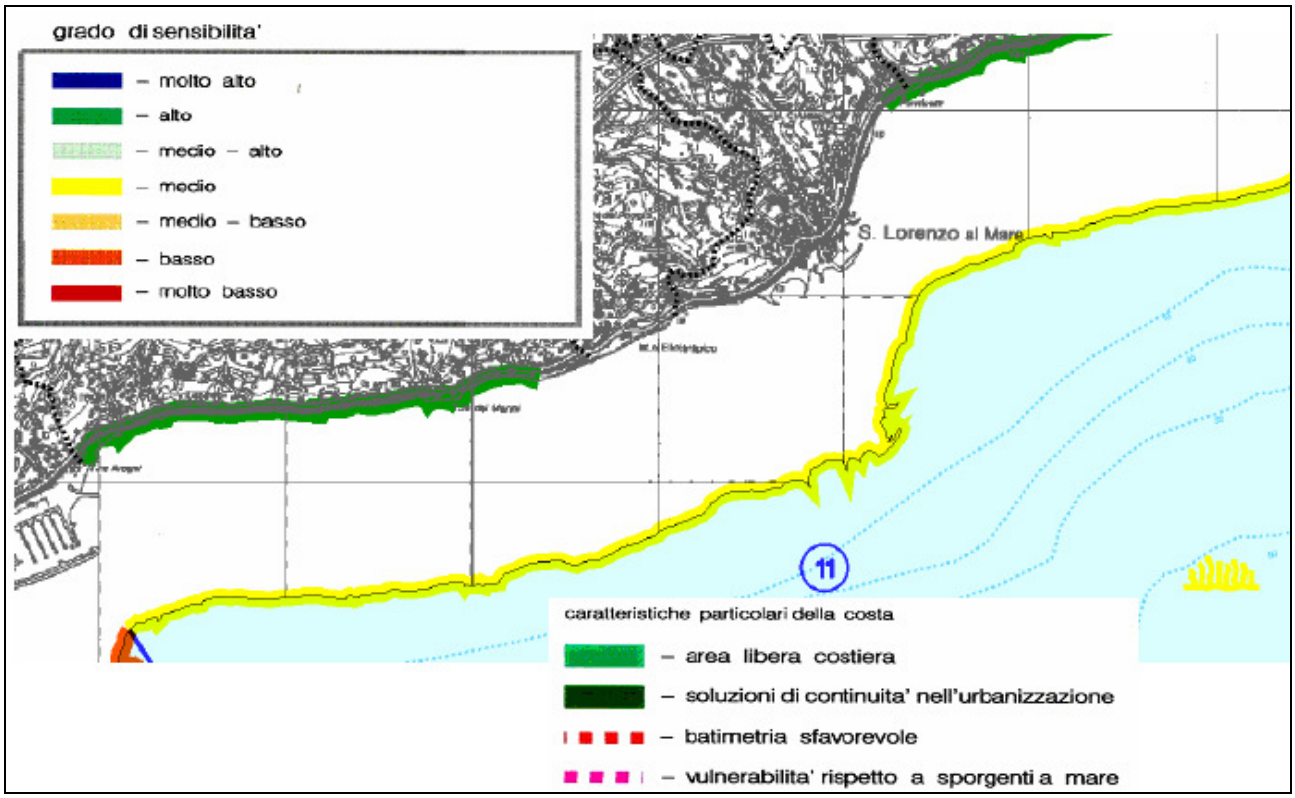
La particolarità di questo settore risiede nel fatto che è uno dei pochi tratti di costa in cui un assetto insediativo collinare si affaccia direttamente sul mare; il settore risulta quindi particolarmente interessante per lo sviluppo del già menzionato modello insediativo del "*moyen pays*", che le statistiche rivelano essere emergente e che costituisce in prospettiva anche un potenziale modello turistico (più attento alla dimensione paesistico ambientale) alternativo a quello oggi prevalente.

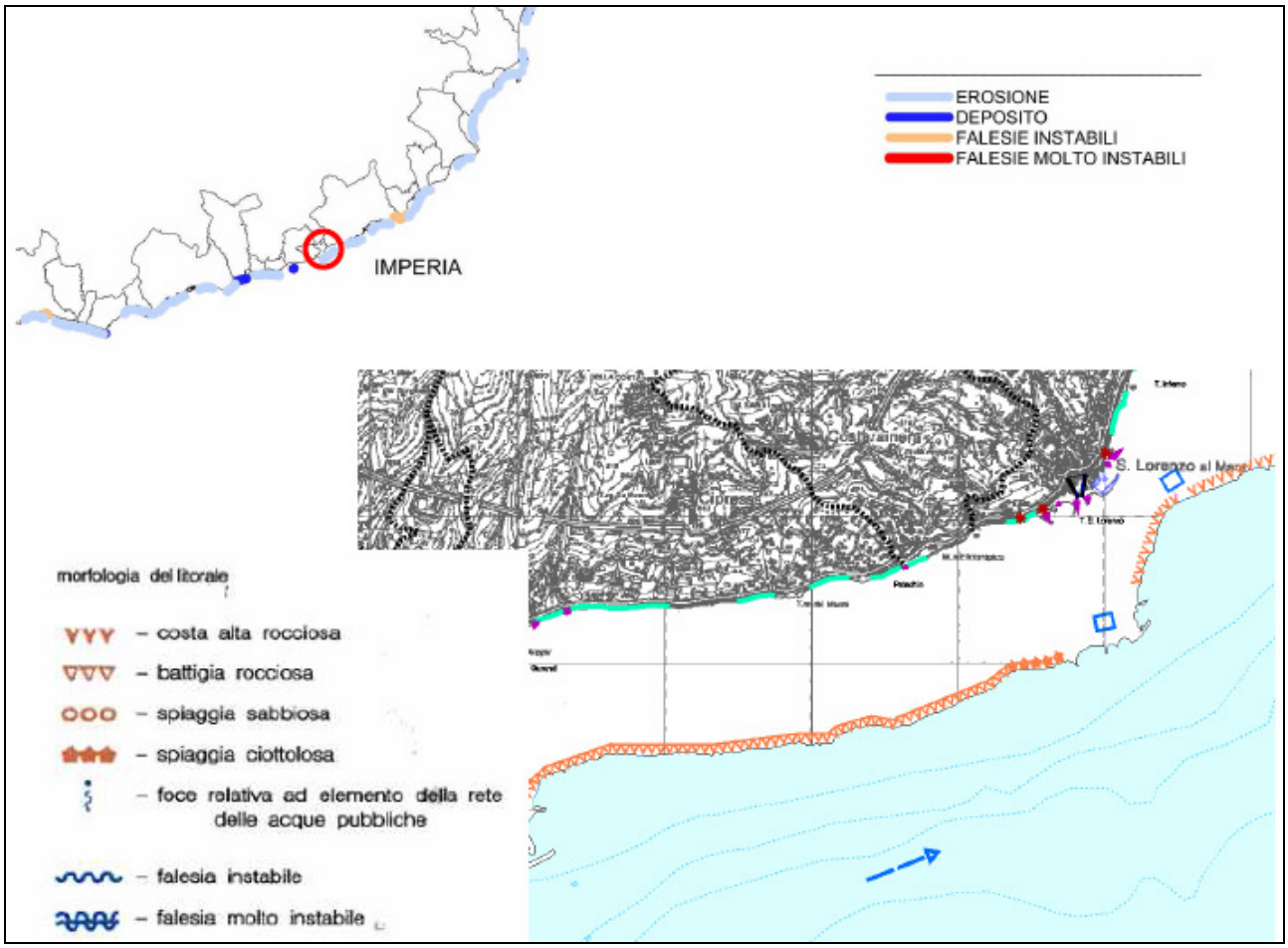
L'indicazione di Piano è volta a creare, a partire dal riutilizzo della linea ferroviaria, nuove condizioni di accessibilità alla linea di costa, coerenti con il modello insediativo retrostante, valorizzando le strutture esistenti (ex Istituto Elioterapico e relative pertinenze) riqualificando la zona dei campeggi (anche attraverso un'eventuale ricollocazione) e contenendo la realizzazione di nuovi volumi aggiuntivi.

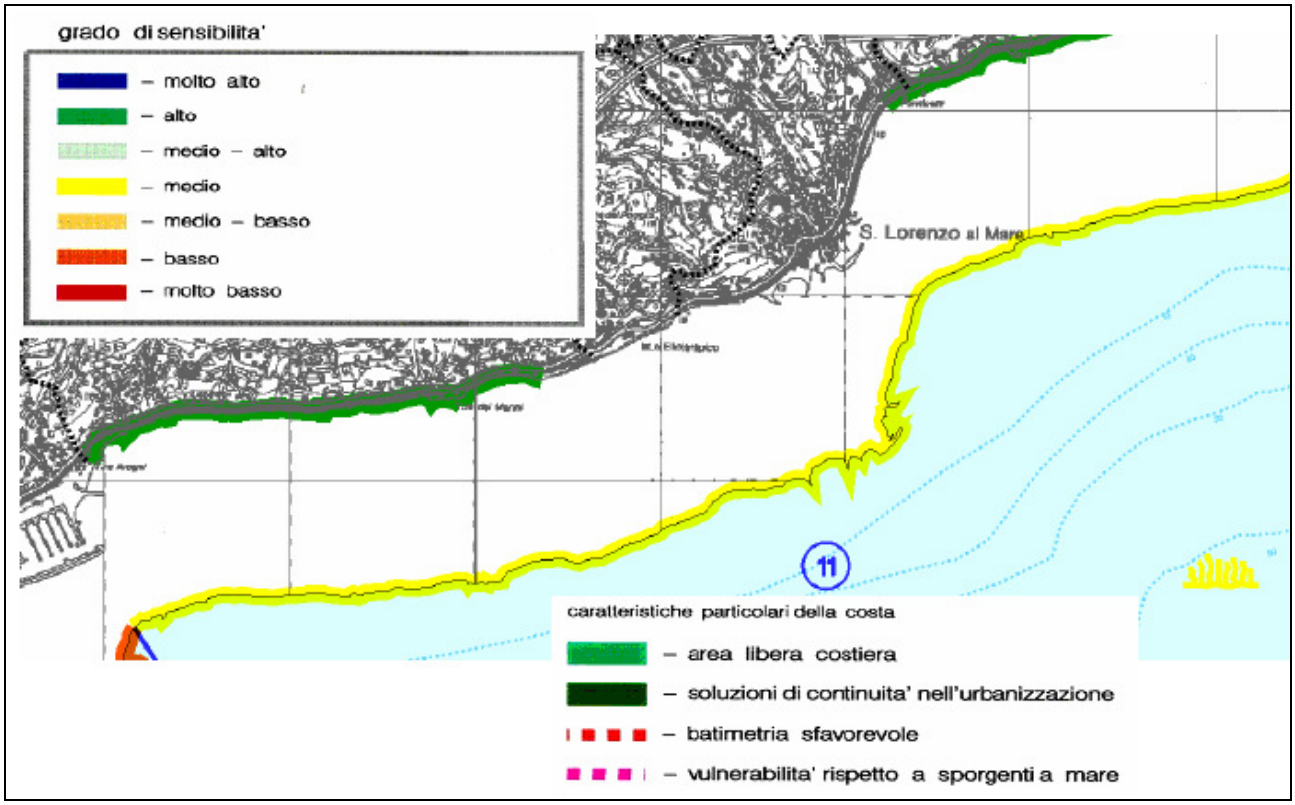
Una volta liberato dalla ferrovia il litorale liberamente fruibile si potrebbe prestare ad una congrua valorizzazione anche attraverso una operazione di ricostituzione delle spiagge un tempo esistenti. Strutture minime per l'attracco e il ricovero di imbarcazioni, secondo quanto richiesto dal Comune di Costarainera, se progettate come un complemento coerente con le prospettive di valorizzazione dell'area, sopra richiamate, ammesse a condizione che sia verificata l'assenza di conseguenze sulle spiagge limitrofe e su quelle di San Lorenzo.

Dal punto di vista dell'analisi delle situazioni in essere il Piano individua il tratto costiero in oggetto in erosione (vedi Tavola: Morfologia della linea di costa e fenomeni in atto).


EROSIONE
DEPOSITO
FALESIE INSTABILI
FALESIE MOLTO INSTABILI
IMPERIA
S. Lorenzo al Mare
morfologia del litorale
– costa alta rocciosa
– battigia rocciosa
– spiaggia sabbiosa
– spiaggia ciottolosa
– foce relativa ad elemento della rete delle acque pubbliche
– falesia instabile
– falesia molto instabile


grado di sensibilita'
– molto alto
– alto
– medio – alto
– medio
– medio – basso
– basso
– molto basso
S. Lorenzo al Mare
11
caratteristiche particolari della costa
– area libera costiera
– soluzioni di continuita' nell'urbanizzazione
– batimetria sfavorevole
– vulnerabilita' rispetto a sporgenti a mare

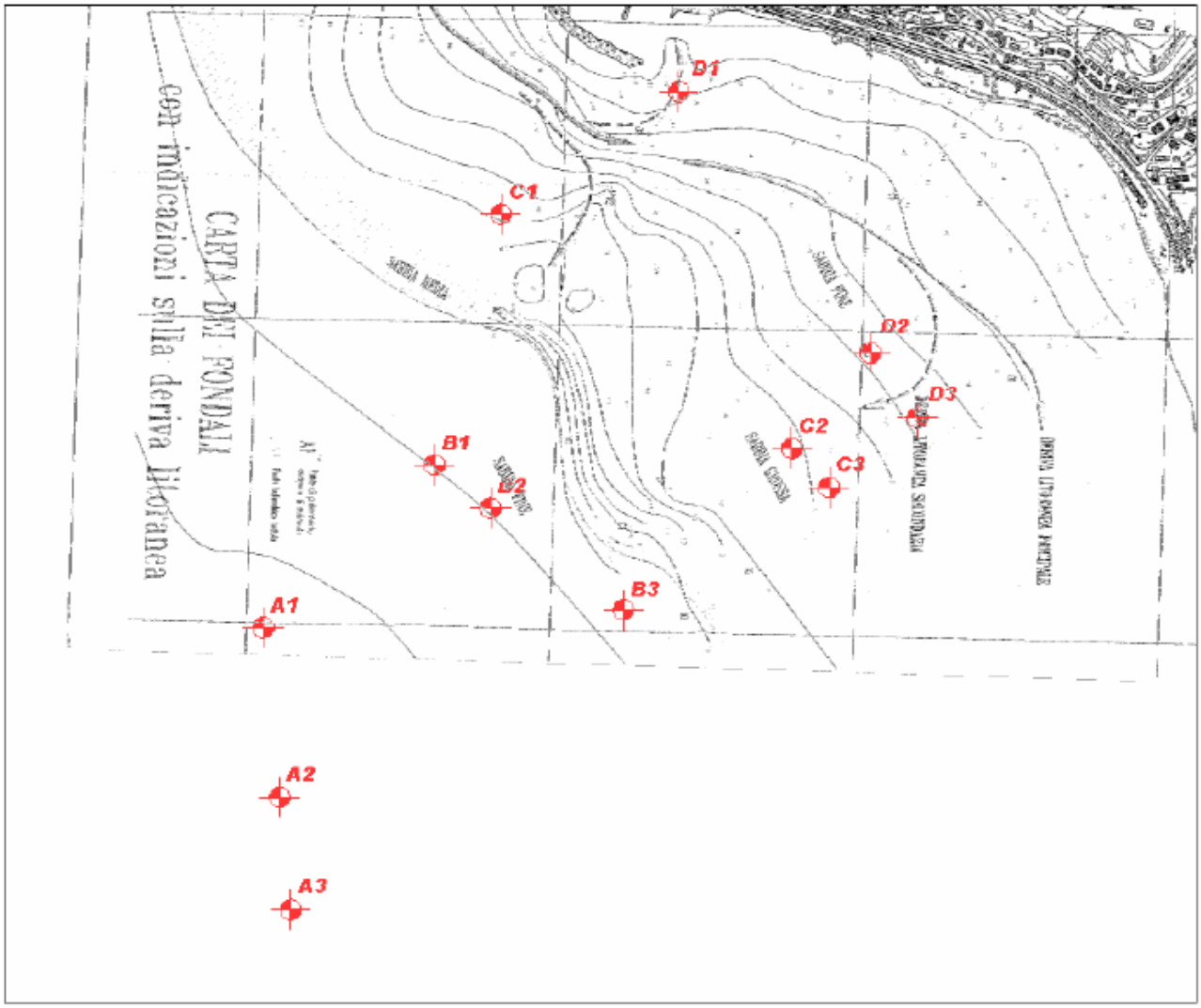

EROSIONE
DEPOSITO
FALESIE INSTABILI
FALESIE MOLTO INSTABILI
IMPERIA
S. Lorenzo al Mare
morfologia del litorale
– costa alta rocciosa
– battigia rocciosa
– spiaggia sabbiosa
– spiaggia ciottolosa
– foce relativa ad elemento della rete delle acque pubbliche
– falesia instabile
– falesia molto instabile


grado di sensibilita'
– molto alto
– alto
– medio – alto
– medio
– medio – basso
– basso
– molto basso
S. Lorenzo al Mare
11
caratteristiche particolari della costa
– area libera costiera
– soluzioni di continuita' nell'urbanizzazione
– batimetria sfavorevole
– vulnerabilita' rispetto a sporgenti a mare

15. SEDIMENTOLOGIA

La caratterizzazione dei fondali e delle spiagge dell'ambito di intervento è stata operata sia attraverso il recupero della documentazione storica e tecnica esistente, sia mediante rilievi di campo e verifiche in situ.

Per quanto attiene gli studi preesistenti sono da segnalare quelli condotti per la costruzione del porto turistico di Marina di San Lorenzo e per lo studio delle opere di difesa costiera dei Comuni di Costarainera e San Lorenzo al Mare: ivi è stata recuperata la carta dei fondali, di seguito presentata, con sovraindicati i punti di campionamenti condotti, validi anche per l'area in esame.



Di seguito sono riportati i dati dei diversi campioni e, nel seguito, le tabelle riassuntive dei diametri medi, classazione e asimmetria.

Percentili della curva granulometrica — CAMPIONE A1

d(mm)	0.499	0.466	0.428	0.389	0.382	0.313	0.246	0.223	0.211	0.199	0.176	0.153	0.132	0.130
cumulata	1%	5%	10%	15%	16%	25%	35%	45%	50%	55%	65%	75%	84%	85%
phi (ℓ)	1.004	1.101	1.225	1.360	1.389	1.677	2.025	2.167	2.244	2.326	2.504	2.707	2.918	2.943

Percentili della curva granulometrica — CAMPIONE A2

d(mm)	0.497	0.466	0.428	0.389	0.382	0.313	0.246	0.223	0.211	0.199	0.176	0.153	0.132	0.130
cumulata	1%	5%	10%	15%	16%	25%	35%	45%	50%	55%	65%	75%	84%	85%
phi (ℓ)	1.009	1.101	1.225	1.360	1.389	1.677	2.025	2.167	2.244	2.326	2.504	2.707	2.918	2.943

Percentili della curva granulometrica — CAMPIONE A3

d(mm)	3.462	1.834	1.188	0.640	0.539	0.234	0.188	0.142	0.123	0.117	0.105	0.092	0.081	0.080
cumulata	1%	5%	10%	15%	16%	25%	35%	45%	50%	55%	65%	75%	84%	85%
phi (ℓ)	- 1.791	- 0.875	- 0.249	0.643	0.892	2.094	2.410	2.817	3.019	3.094	3.257	3.440	3.628	3.650

Percentili della curva granulometrica — CAMPIONE B1

d(mm)	0.543	0.461	0.411	0.361	0.351	0.262	0.232	0.212	0.202	0.192	0.172	0.152	0.134	0.132
cumulata	1%	5%	10%	15%	16%	25%	35%	45%	50%	55%	65%	75%	84%	85%
phi (ℓ)	0.882	1.118	1.283	1.469	1.509	1.934	2.106	2.236	2.306	2.380	2.539	2.718	2.900	2.922

Percentili della curva granulometrica — CAMPIONE B2

d(mm)	0.496	0.464	0.424	0.384	0.376	0.304	0.242	0.217	0.204	0.192	0.167	0.142	0.117	0.113
cumulata	1%	5%	10%	15%	16%	25%	35%	45%	50%	55%	65%	75%	84%	85%
phi (ℓ)	1.012	1.108	1.238	1.381	1.411	1.718	2.048	2.205	2.291	2.382	2.583	2.817	3.099	3.145

Percentili della curva granulometrica — CAMPIONE B3

d(mm)	2.314	1.554	0.991	0.825	0.791	0.491	0.233	0.181	0.155	0.130	0.110	0.094	0.080	0.078
cumulata	1%	5%	10%	15%	16%	25%	35%	45%	50%	55%	65%	75%	84%	85%
phi (ℓ)	- 1.210	- 0.636	0.013	0.278	0.337	1.026	2.103	2.465	2.687	2.949	3.179	3.405	3.644	3.673

Percentili della curva granulometrica — CAMPIONE C1

d(mm)	0.668	0.472	0.432	0.393	0.385	0.313	0.245	0.220	0.207	0.195	0.170	0.145	0.119	0.114
cumulata	1%	5%	10%	15%	16%	25%	35%	45%	50%	55%	65%	75%	84%	85%
phi (ℓ)	0.582	1.083	1.210	1.349	1.378	1.674	2.030	2.185	2.270	2.360	2.559	2.789	3.067	3.128

Percentili della curva granulometrica — CAMPIONE C2

d(mm)	1.922	0.998	0.927	0.856	0.842	0.714	0.573	0.468	0.435	0.401	0.335	0.269	0.208	0.201
cumulata	1%	5%	10%	15%	16%	25%	35%	45%	50%	55%	65%	75%	84%	85%
phi (ℓ)	- 0.942	0.004	0.110	0.224	0.248	0.485	0.804	1.096	1.202	1.317	1.577	1.895	2.264	2.311

Percentili della curva granulometrica — CAMPIONE C3

d(mm)	2.344	1.257	0.929	0.832	0.813	0.639	0.480	0.410	0.374	0.339	0.268	0.215	0.173	0.168
cumulata	1%	5%	10%	15%	16%	25%	35%	45%	50%	55%	65%	75%	84%	85%
phi (ℓ)	- 1.229	- 0.330	0.107	0.265	0.299	0.645	1.058	1.288	1.418	1.562	1.900	2.218	2.533	2.573

Percentili della curva granulometrica — CAMPIONE D1

d(mm)	0.291	0.238	0.222	0.207	0.204	0.176	0.144	0.121	0.116	0.110	0.100	0.089	0.079	0.078
cumulata	1%	5%	10%	15%	16%	25%	35%	45%	50%	55%	65%	75%	84%	85%
phi (ℓ)	1.782	2.071	2.169	2.274	2.295	2.509	2.792	3.047	3.113	3.181	3.328	3.492	3.658	3.678

Percentili della curva granulometrica — CAMPIONE D2

d(mm)	1.817	0.939	0.794	0.649	0.620	0.472	0.416	0.359	0.331	0.303	0.247	0.202	0.162	0.158
cumulata	1%	5%	10%	15%	16%	25%	35%	45%	50%	55%	65%	75%	84%	85%
phi (ℓ)	- 0.862	0.091	0.333	0.624	0.690	1.082	1.266	1.477	1.595	1.724	2.018	2.304	2.622	2.662

Percentili della curva granulometrica — CAMPIONE D3

d(mm)	1.899	0.246	0.223	0.200	0.195	0.154	0.121	0.111	0.105	0.100	0.090	0.079	0.070	0.069
cumulata	1%	5%	10%	15%	16%	25%	35%	45%	50%	55%	65%	75%	84%	85%
phi (ℓ)	- 0.926	2.022	2.164	2.322	2.356	2.701	3.046	3.176	3.245	3.319	3.477	3.655	3.837	3.858

DIAMETRO MEDIO DI FOLK & WARD	
A1	0.2406
A2	0.2417
A3	0.2477
B1	0.2291
B2	0.2324
B3	0.3423
C1	0.2371
C2	0.4949
C3	0.4533
D1	0.1328
D2	0.3710
D3	0.1236

CLASSAZIONE DI FOLK & WARD	
A1	0.9763
A2	0.7643
A3	1.3678
B1	0.6956
B2	0.8437
B3	1.6532
C1	0.8446
C2	1.0075
C3	1.1174
D1	0.6813
D2	0.9656
D3	0.7406

ASIMMETRIA		
A1		0.1117
A2	-	0.0228
A3	-	0.5938
B1	-	0.0582
B2		0.0261
B3		
C1		0.0570
C2		0.1131
C3	-	0.0012
D1	-	0.1724
D2		0.0607
D3		

(diametri medi in mm, classazione e asimmetria in f)

Si noti che le sabbie di fondali hanno diametri medi dell'ordine 0.20 - 0.30 mm, hanno classazione bassa o moderata (la classazione esprime la capacità selettiva del mezzo di trasporto, cioè la sua capacità di prelevare e/o trasportare i granuli).

L'omogeneità della popolazione granulometrica, derivata dal coefficiente di asimmetria è asimmetrica verso le frazioni più grossolane.

Coefficiente di classazione *s* (Folk and Ward, 1957)	**Grado di classazione**
>4	estremamente basso
2-4	molto basso
1-2	basso
0.71-1	moderato
0.50-0.71	moderatamente elevato
0.35-0.50	elevato
<0.35	molto elevato

Coefficiente di asimmetria (Folk and Ward, 1957)	**Descrizione**
-0.3 a -1	Molto asimmetrica verso il fine
-0.1 a -0.3	Asimmetrica verso il fine
-0.1 a 0.1	Quasi simmetrica
0.1 a 0.3	Asimmetrica verso il grossolano
0.3 a 1	Molto asimmetrica verso il grossolano

Per quanto riguarda il materiale di spiaggia emersa si presentano di seguito alcune immagini derivate durante il rilievo strumentale della costa, che sintetizzano la caratterizzazione del materiale di spiaggia presente.



Panoramica della spiaggia laddove sono state effettuate le misure.

Le differenti tessiture presenti sono state catalogate con le immagini seguenti.



Sedimenti caratteristici



Sedimenti caratteristici

16. ANALISI DELLA DIRETTIVA ALLUVIONI E MAPPATURA DELLA PERICOLOSITA' DA INONDAZIONE MARINA NELLE AREE COSTIERE DELLA REGIONE LIGURIA

16.1 Premessa

Di seguito si riporta una sintesi delle caratteristiche meteo – climatiche, del moto ondoso e della pericolosità da inondazione marina nelle aree costiere emersa dagli studi annessi alla Direttiva Alluvioni della Regione Liguria. Verrà pertanto eseguito un confronto tra gli studi riportati in precedenza ed i contenuti dei documenti tecnico – scientifici riportati nella Direttiva Alluvioni.

16.2 Clima meteo-marino

Per la definizione del clima meteomarino e la valutazione delle altezze d'onda incidenti, associate a diversi periodi di ritorno, per l'arco costiero ligure, è stato fatto riferimento allo studio condotto dall'Università di Genova (*Criteri per la determinazione del clima ondoso al largo della costa ligure*; Contratto di ricerca Università degli studi di Genova – Facoltà di ingegneria DICAT; anno 2008) ed alla Direttiva Alluvioni - Mappatura della pericolosità da inondazione marina nelle aree costiere della Regione Liguria.

In tali studi è stato suddiviso l'arco costiero in quattro segmenti di costa considerati omogenei dal punto di vista dell'esposizione, della traversia geografica, ossia della porzione di mare da cui può potenzialmente provenire il moto ondoso. Per ciascun segmento di costa è stata individuata la posizione ideale di una "boa virtuale", ubicata in posizione antistante il tratto di costa alla profondità di 100 metri, in corrispondenza della quale occorrerebbe disporre dei dati di moto ondoso.

Partendo da Levante verso Ponente i quattro tratti di costa omogenei risultano così suddivisi:

• zona 1: tratto compreso tra la foce del fiume Magra e Punta Manara: presenta un fetch illimitato per un settore ristretto verso Sud-Ovest, compreso tra 210°N e 250°N e traversia limitata verso Sud e Sud-Est. Esposta quindi a mari di Sud-Est, Sud, Sud-Ovest. Qui è ubicata la Boa direzionale RON situata al largo di La Spezia;

• zona 2: tratto tra Punta Manara e Capo di Vado: presenta un fetch illimitato per il settore tra 190°N e 220°N e una traversia di circa 200 Km verso Sud e Sud- Est. Risulta esposta ai mari prevalenti da Sud-Ovest e ai mari da Sud e Sud-Est;
• zona 3: tratto tra Capo di Vado e Capo Mele: presenta fetch illimitato per un settore compreso tra 180°N e 220°N e una traversia di circa 200 Km verso Est e verso Sud. Risulta esposta prevalentemente ai mari da Sud-Ovest, Sud e Sud-Est, ma anche ai mari da Est;
• zona 4: tratto tra Capo Mele e il confine francese: presenta un fetch illimitato tra 180°N e 250°N, traversia verso Est di circa 200 Km e verso Sud-Est di circa 150 Km. Risulta esposta oltre che ai mari da Sud-Ovest, Sud, Sud-Est, anche ai mari da Est e da Nord-Est.

L'area in oggetto rientra nella **zona 4**.

Per la zona in esame sono disponibili dati strumentali non direzionali corrispondenti a 7.5 anni di osservazioni orarie (1999-2006) ottenuti dalla stazione Meteomairna di METEOFRANCE al largo di Nizza su profondità di oltre 2000 me dati esaorari direzionali ricostruiti nella posizione 43.6°N 8.5°E (MEDATLAS-3) a profondità similare ma più esposta a mare aperto.

Per i mari direzionali sono stati utilizzati i valori di altezza d'onda e periodo dedotti dalle curve ottenute per settori di ampiezza di 30 gradi dei dati MEDATLAS-3, tenendo presente che la curva relativa allo Scirocco è valutata con fetch sensibilmente ridotto rispetto al quale sarebbe esposta una boa virtuale posta su profondità di 100 m.

I valori di altezze d'onda e periodo di picco, associate a ciascun periodo di ritorno, utilizzati come input nel modello di propagazione del moto ondoso dal largo verso riva, sono stati ricavati per ciascun tratto seguendo le indicazioni dello studio condotto dall'Università di Genova.

Si riportano nelle tabelle seguenti i valori caratteristici delle onde al largo utilizzati come input nelle propagazioni del moto ondoso dal largo verso costa e rappresentativi della zona in esame.

ZONA 4 DA CAPO MELE AL CONFINE FRANCESE **Settori di provenienza: grecale (al largo), levante, scirocco, mezzogiorno, libeccio**						
dir °N	TR (anni)					
	1		50		100	
	H (m)	Tp (s)	H (m)	Tp (s)	H (m)	Tp (s)
45	2.6	6.9	4.9	9.4	5.2	9.7
90	1.6	5.4	3.1	7.6	3.4	7.8
135	1.1	4.4	2.9	7.2	3.1	7.5
180	1.2	4.6	3.1	7.5	3.4	7.9
225	3.8	8.3	6.7	11.0	7.2	11.4

Valori di altezza d'onda, periodo e direzione, associati ai diversi periodi di ritorno, derivati dallo studio UNIGE DICAT.

16.3 Modello di propagazione dal largo verso costa

La propagazione del moto ondoso da largo verso riva è stata condotta mediante l'utilizzo del modello matematico di calcolo Mike 21, con la collaborazione dell'ARPAL. Per poter effettuare la modellazione della propagazione del moto ondoso da largo verso riva si è tenuto conto dei diversi valori di input delle altezze d'onda al largo, della differente esposizione dei tratti di costa ligure, delle dimensioni delle griglie operative di calcolo per non appesantire il processo matematico, dell'influenza della struttura fisica costiera limitrofa sul processo di rifrazione.

A tal fine la costa ligure è stata suddivisa in 8 tratti con caratteristiche simili ai fini della modellazione:

- tratto A - La Spezia: dal confine con la Regione Toscana a Punta Mesco;
- tratto B - Moneglia – Levanto: da Punta Mesco a Punta Baffe;
- tratto C - Tigullio: da punta Baffe a punta di Portofino;
- tratto D - Genova: da punta di Portofino a Marina Fiera di Genova;
- tratto E - Savona: da Marina Fiera di Genova a Punta di Capra Zoppa;
- tratto F - Albenganese: da Punta di Capra Zoppa a Capo Santa Croce;
- tratto G - Imperia: da Capo Santa Croce a Marina degli Aregai;
- tratto H - Ventimiglia: da Marina degli Aregai al confine Francese.

L'area d'intervento, a livello di moto ondoso, rientra nel tratto H tra i punti Mike 194 e 195.

Le simulazioni di propagazione del moto ondoso, condotte negli 8 modelli di calcolo, sono state effettuate attraverso l'utilizzo del modulo Spectral Wave, propagando le onde di input su un reticolo a maglie triangolari, derivato dalle informazioni batimetriche dei fondali fornite dall'Istituto idrografico della Marina. I risultati delle modellazioni hanno fornito i valori di altezza d'onda, periodo e direzione in corrispondenza di un totale di circa 300 punti, individuati in corrispondenza della batimetria dei - 15 m, dislocati lungo tutta la costa ligure. Tali valori, per il settore in esame, sono riportati nella tabella seguente:

Settore H

TR=50 ANNI

	PUNTI (NUMERAZIONE DA LEVANTE A PONENTE)																
Hs	**188**	**189**	**190**	**191**	**192**	**193**	**194**	**195**	**196**	**197**	**198**	**199**	**200**	**201**	**202**	**203**	**204**
45	2,6	2,5	2,5	1,9	1,8	1,7	1,7	0,9	1,4	1,1	1,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0
90	2,8	2,8	2,5	2,2	2,3	2,3	2,4	2,1	2,4	2,0	1,9	1,8	1,7	1,9	1,9	2,0	2,2
135	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	2,6	2,6	2,5	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6
180	2,8	2,7	2,8	2,7	2,7	2,8	2,8	2,7	2,9	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,6	2,7
225	4,8	3,7	4,3	3,7	3,8	4,5	4,3	4,5	5,2	4,7	4,7	4,6	4,1	4,1	3,9	3,1	4,6
Tp	**188**	**189**	**190**	**191**	**192**	**193**	**194**	**195**	**196**	**197**	**198**	**199**	**200**	**201**	**202**	**203**	**204**
45	9,0	8,9	8,9	9,0	9,1	9,1	9,1	9,3	9,1	9,0	9,0	9,1	9,1	9,2	9,2	9,2	9,3
90	7,4	7,4	7,4	7,5	7,5	7,5	7,5	7,6	7,4	7,4	7,4	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,6
135	7,1	7,1	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,1	7,1	7,1	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
180	7,4	7,5	7,5	7,5	7,5	7,4	7,5	7,5	7,4	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
225	10,6	10,8	10,8	10,8	10,8	10,7	10,9	10,6	10,7	10,8	10,9	10,9	10,8	10,8	10,8	10,8	10,7
Dir	**188**	**189**	**190**	**191**	**192**	**193**	**194**	**195**	**196**	**197**	**198**	**199**	**200**	**201**	**202**	**203**	**204**
45	80	92	98	102	101	98	97	103	105	116	122	121	119	114	115	110	102
90	99	103	103	107	106	103	104	107	108	117	120	119	117	113	114	111	107
135	136	139	138	137	137	135	138	136	141	143	143	141	140	138	139	137	136
180	179	179	177	175	174	173	178	174	181	181	181	180	178	177	178	172	175
225	199	198	194	188	186	186	198	191	210	207	206	202	196	194	194	181	192

Settore H

TR=100 ANNI

	PUNTI (NUMERAZIONE DA LEVANTE A PONENTE)																
Hs	**188**	**189**	**190**	**191**	**192**	**193**	**194**	**195**	**196**	**197**	**198**	**199**	**200**	**201**	**202**	**203**	**204**
45	2,8	2,7	2,7	2,0	1,9	1,8	1,9	1,0	1,5	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	1,0
90	3,1	3,0	2,8	2,4	2,5	2,5	2,5	2,3	2,6	2,2	2,1	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,4
135	2,9	2,9	2,7	2,8	2,8	2,7	2,8	2,8	2,8	2,7	2,6	2,6	2,7	2,8	2,7	2,8	2,8
180	3,0	2,9	3,1	3,0	2,9	3,0	3,1	2,9	3,2	3,0	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	2,8	2,9
225	5,1	4,0	4,6	4,0	4,1	4,9	4,6	4,8	5,5	5,0	5,1	5,0	4,4	4,4	4,2	3,3	4,9
Tp	**188**	**189**	**190**	**191**	**192**	**193**	**194**	**195**	**196**	**197**	**198**	**199**	**200**	**201**	**202**	**203**	**204**
45	9,2	9,2	9,2	9,3	9,3	9,4	9,4	9,5	9,4	9,3	9,3	9,4	9,4	9,4	9,5	9,5	9,5
90	7,6	7,6	7,6	7,7	7,7	7,7	7,7	7,8	7,6	7,6	7,6	7,6	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7
135	7,4	7,4	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,4	7,4	7,4	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
180	7,8	7,8	7,8	7,9	7,9	7,8	7,9	7,9	7,8	7,8	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
225	11,0	11,1	11,2	11,2	11,1	11,1	11,2	10,9	11,1	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,1
Dir	**188**	**189**	**190**	**191**	**192**	**193**	**194**	**195**	**196**	**197**	**198**	**199**	**200**	**201**	**202**	**203**	**204**
45	81	94	99	104	102	99	99	104	106	117	123	123	121	115	117	112	103
90	99	104	104	108	107	104	105	108	109	118	122	120	118	114	115	112	107
135	136	140	139	137	137	135	138	136	142	144	144	142	141	139	140	137	137
180	179	179	176	174	173	171	177	173	180	181	181	180	177	177	178	171	174
225	198	198	193	187	185	184	197	190	208	207	205	201	195	192	193	180	190

nel dettaglio, i valori per il punto Mike di riferimento in esame (boa 194) sono i seguenti:

	Tr = 50 anni	**Tr = 100 anni**
Hs	**194**	**194**
45	1,7	1,9
90	2,4	2,5
135	2,7	2,8
180	2,8	3,1
225	4,3	4,6
Tp		
45	9,1	9,4
90	7,5	7,7
135	7,2	7,5
180	7,5	7,9
225	10,9	11,2

Dir		
45	97	99
90	104	105
135	138	138
180	178	177
225	198	197

16.4 Metodologia per la mappatura di pericolosità da inondazione marina

Per la determinazione delle fasce di pericolosità da inondazione marina, associate a periodi di ritorno pari a 50 e 100 anni, la metodologia adottata è stata strutturata nei seguenti step funzionali:

a) determinazione della forzante meteomarina a partire dal clima ondoso al largo fino alla definizione delle grandezze caratteristiche delle onde significative sotto costa;
b) calcolo del runup sulle spiagge mediante la formulazione proposta da Holman (1986) e sui manufatti con la formula proposta da Owen;
c) identificazione delle aree potenzialmente inondabili, ovvero poste a quota inferiore al run-up, per periodi di ritorno pari a 50 e 100 anni, utilizzando il rilievo Lidar della quota digitale del terreno del 2008;
d) perimetrazione delle fasce di inondabilità sulla base delle aree identificate al punto precedente valutando, con l'ausilio dell'ortofotocarta e delle foto prospettiche l'effettiva connettività idraulica delle aree stesse;
e) limitazione delle fasce inondabili per le zone pianeggianti o a bassissima pendenza con l'ausilio della formula di Hills e Mader.

16.5 Calcolo del runup

Il runup è la quota massima che raggiunge il livello idrico prima di dissipare l'energia cinetica dell'onda frangente e dipende sia dalla forma che dalla tipologia di materiale della superficie su cui frange l'onda stessa.
Le formule di calcolo del runup derivano da studi empirici: ne esistono perciò molti tipi sviluppati per tipologie di costa o opere differenti. In assenza di studi specifici per le spiagge liguri è stato necessario valutare quali di queste formule meglio rappresentassero il comportamento osservato sui nostri litorali.

E' stata utilizzata la stessa formulazione su tutta la Regione distinguendo solamente in due tipologie di formule che per loro natura intrinseca non potevano essere accorpate: le zone di costa bassa interessate da spiagge e le zone di costa bassa interessate da manufatti.

Dato che per valutare il runup è comunque indispensabile conoscere il profilo altimetrico della spiaggia o del manufatto su cui questo si verifica sono stati identificati, per tutta la costa ligure, delle sezioni trasversali rappresentative del tratto di costa da analizzare. Tali punti, chiamati capisaldi, sono in buona parte derivati dal progetto Beachmed che ha raccolto dati di profilo e granulometria sulla maggior parte delle spiagge liguri. Nelle spiagge per cui non erano presenti rilievi Beachmed o nei tratti di costa bassa antropizzata sono state calcolate nuove sezioni trasversali ricavate dal rilievo Lidar del 2008.

Il run-up nei pressi delle opere di difesa o della costa artificiale è stato calcolato in maniera speditiva utilizzando la formula di Owen, secondo quanto riportato nelle "Istruzioni tecniche per la progettazione delle dighe marittime" redatte dal Consiglio Superiore Lavori Pubblici.

Per il calcolo del runup Rux sulle opere si è utilizzata la formulazione di Owen che, per semplicità, è risultata la più conveniente da usare in questo caso, dove la mancanza di parametri sito specifici non permetteva l'applicazione di formulazioni più complesse.

Per mantellate di massi naturali e nucleo poco permeabile la formula di Owen si esprime: per valori del numero di Irribarren xm inferiori a 1,5 :

$$R_{ux}=H_f{}^*a^*\xi_m$$

mentre per valori del numero di Irribarren xm superiori a 1,5 :

$$R_{ux}=H_f{}^*b^*(\xi_m)^c$$

Per strutture molto permeabili la formula di Owen si esprime:

$$R_{ux}=H_f{}^*d$$

dove:

- Hf è l'altezza d'onda al frangimento, che nello studio in esame è stata assunta essere sempre limitata dall'altezza di fondale a fronte dell'opera, in quanto le infrastrutture esaminate non sono mai aggettanti su fondali profondi e quindi parte dell'energia del moto ondoso viene dissipata per frangimento prima dell'impatto sull'opera stessa;
- a, b, c e d sono parametri empirici che dipendono dal livello di superamento percentuale;
- xm è il numero di Irribarren che dipende dalla pendenza dell'opera, dall'altezza d'onda significativa davanti alla struttura e dalla lunghezza d'onda al largo per il periodo medio.

La pendenza dell'opera è stata valutata facendo, in una sezione tipo, un transetto perpendicolare alla costa del profilo altimetrico Lidar 2008.

Dato che l'altezza d'onda incidente è limitata dalla profondità del fondale antistante l'opera si perde parte l'informazione legata al tempo di ritorno della mareggiata incidente. Il runup che si ricava consente comunque di identificare un areale potenzialmente interessato dall'inondazione e perciò di identificare quelle infrastrutture che vengono potenzialmente sormontate dalle onde in caso di mareggiate anche frequenti.

I valori di runup per il settore in esame, riportati nello studio in oggetto, sono i seguenti:

Valori di runup Settore G

numero boa virtuale per dati onda da modello Mike poste su batimentrica dei -15 m	caposaldo del profilo beachmed	TR = 50 anni con pendenza totale	TR = 100 anni con pendenza totale	numero boa virtuale per dati onda da modello Mike poste su batimentrica dei -15 m	caposaldo del profilo beachmed	TR = 50 anni con pendenza totale	TR = 100 anni con pendenza totale	numero boa virtuale per dati onda da modello Mike poste su batimentrica dei -15 m	caposaldo del profilo beachmed	TR = 50 anni con pendenza totale	TR = 100 anni con pendenza totale
169, 170, 171	92	2,31	2,46	173, 174	72	2,27	2,45	181	55	1,32	1,39
	92	2,28	2,44		72	2,36	2,51	182	NO	1,34	1,43
	92	2,22	2,35	174	86	2,90	3,09		54	1,39	1,48
	91	2,25	2,40		87	3,09	3,30		53	1,33	1,42
	91	2,22	2,37	175	NO	1,95	2,08		52	1,28	1,36
	91	2,16	2,28		NO	1,89	2,01		51	1,27	1,36
	90	2,19	2,34		NO	1,73	1,84		NO	1,31	1,39
	90	2,17	2,31		70	1,59	1,68	183	NO	1,94	2,06
	90	2,11	2,23	176	69	1,49	1,59	184	50	2,64	2,79
	89	2,13	2,27	176 e 177	68	1,50	1,60		49	2,47	2,61
	89	2,11	2,25		68	1,44	1,54	185	NO	2,98	3,18
	89	2,05	2,16		67	1,54	1,64		NO	2,68	2,86
	88	2,20	2,35		67	1,48	1,58	186	NO	2,89	3,07
	88	2,17	2,32		66	1,59	1,70	187	48	1,96	2,08
	88	2,12	2,23		66	1,53	1,64		47	1,99	2,11
172	83	2,08	2,24		65	1,50	1,60	188	NO	2,47	2,60
	82	2,04	2,20		65	1,45	1,55		NO	2,59	2,73
	80	2,06	2,23		64	1,49	1,59	189	46	1,85	1,96
	78	2,12	2,29		64	1,44	1,54		45	1,83	1,94
	74	2,11	2,28		63	1,48	1,58	189	44	1,92	2,03
	71	2,03	2,20		63	1,43	1,53	190	43	2,51	2,65
173, 174	85	2,43	2,63		62	1,54	1,64		42	2,33	2,46
	85	2,52	3,57		62	1,48	1,58	191	NO	2,12	2,24
	84	2,30	2,49		61	1,49	1,59	192	NO	1,77	1,87
	84	2,39	2,55		61	1,44	1,53	193	41	2,42	2,58
	81	2,17	2,34	177	NO	1,51	1,61	193	40	2,20	2,34
	81	2,25	2,39	178	NO	2,22	2,37	194	NO	2,74	2,90
	79	2,17	2,34		NO	1,72	1,83		39	2,34	2,47
	79	2,25	2,39	179	60	2,10	2,22		38	2,23	2,35
	77	2,18	2,35		59	2,26	2,40		NO	2,28	2,41
	77	2,26	2,41		58	2,07	2,19	195	NO	2,42	2,55
	75	2,26	2,44		NO	2,49	2,64		NO	2,32	2,44
	75	2,35	2,50	180	NO	1,87	2,02		NO	2,32	2,44
	73	2,28	2,46		57	1,55	1,67		NO	2,14	2,25
	73	2,37	2,52	181	56	1,35	1,42				

1) I runup sono stati calcolati usando la pendenza di spiaggia emersa e sommersa a partire dalla batimetria dei -5 m. Dove mancava il profilo della spiaggia emersa Beachmed la pendenza è stata valutata utilizzando i dati Lidar

2) Il sovralzo di marea è stato sempre posto pari a 0,5 m

Nel dettaglio i valori per il punto Mike di riferimento in esame (boa 194) sono i seguenti:

BOA 194		
Caposaldo del profilo beachmed	**Tr = 50 anni**	**Tr = 100 anni**
NO	2,74	2,90
39	2,34	2,47
38	2,23	2,35
NO	2,28	2,41

16.5 Mappatura zone potenzialmente inondabili da quote Lidar

La quota di runup, ottenuta in ciascun punto rappresentativo di ciascuna spiaggia, è stata confrontata con la quota digitale del terreno (rilievo Lidar del 2008). In tal modo sono state definite cartograficamente tutte le aree a quota inferiore alla risalita del moto ondoso per i due periodi di

ritorno di 50 e 100 anni. Dal confronto si è ottenuta una prima mappatura grezza che riporta per tutta la fascia costiera ligure le aree che si trovano a quota inferiore al massimo runup locale. Tali mappe grezze risultano molto frastagliate e "bucate" dagli elementi in elevazione e non possono perciò essere usate direttamente come mappe di pericolosità. Inoltre non tengono conto dei limiti fisici che interrompono la continuità idraulica dell'area allagabile o della dissipazione dell'energia dell'acqua intrusa che diventa importante quando la distanza dalla costa è elevata.

16.6 Definizione delle aree inondabili

Dapprima, cominciando con gli areali aventi periodo di ritorno di 50 anni, è stata valutata, con l'ausilio dell'ortofotocarta e delle riprese aeree prospettiche della costa, la valenza strutturale degli ostacoli morfologici rilevati dalla mappatura grezza (Lidar), ovvero la continuità idraulica degli areali e la natura delle barriere ipotetiche identificate nella mappa grezza.

Ad esempio, nel caso di due aree contigue separate da una barriera longitudinale se ne è valutata la natura (rilevato pieno o forato, alberi, temporaneo accumulo di sabbia nel retro spiaggia, etc.) in modo da verificarne l'effettiva efficacia nel separare idraulicamente le due aree contigue. Se la barriera era effettiva (ad esempio rilevato pieno) l'area potenzialmente inondabile più interna, rispetto alla costa, è stata tolta dalla mappa grezza in quanto non raggiungibile dall'inondazione marina, in caso contrario è stata lasciata. Inoltre, laddove un elemento strutturale, quale ad esempio una casa, era circondato o lambito dall'area inondabile grezza, la foratura presente nella mappa grezza, è stata eliminata o regolarizzata al fine di identificare l'effettivo areale di pericolosità.

Dalla interpretazione delle carte discende una mappatura di pericolosità provvisoria che è riferita alla linea di costa determinata automaticamente dal dato Lidar. Il limite di costa delle aree così perimetrate, essendo quello definito automaticamente dal rilievo Lidar non riporta infatti le variazioni morfologiche successive al 2008 e risulta essere molto frastagliato a causa della risoluzione della griglia lidar utilizzata per lo studio.

Per la definizione delle aree inondabili è stato quindi necessario determinare il limite verso mare andando a correggere le irregolarità verso mare delle mappe grezze.

Nell'ambito 8 (albenganese) la linea di costa è stata digitalizzata in base all'ortofotocarta del 2010 e le aree inondabili riportate sulla nuova linea di costa.

Nel resto della Regione si è fatto riferimento alla linea di costa ufficiale, modificandola solo laddove interventi recenti derivanti da ripascimenti strutturali o la costruzione di opere marittime sono intervenuti a modificare la linea di costa in modo sostanziale.

Il processo di perimetrazione è stato completato per tutta la Regione, eccetto che per il golfo di La Spezia, per il tempo di ritorno cinquantennale e successivamente anche per il tempo di ritorno centennale.

Il processo di elaborazione cartografica per gli eventi con periodo di ritorno 100 anni, consistente nell'analisi esperta del confronto tra la mappa grezza derivata dal confronto del runup con le quote Lidar del terreno e gli elementi morfologici di ostacolo all'ingressione marina, è stato facilitato dall'analisi già svolta per il periodo di ritorno di 50 anni.

Dato che l'orografia ligure è quasi dovunque a forte pendenza, la metodologia utilizzata fornisce una stima attendibile dell'area inondabile in tutte le zone eccetto che nelle aree a bassissima pendenza per cui gli areali così delimitati si estenderebbero in modo irrealistico verso l'interno.

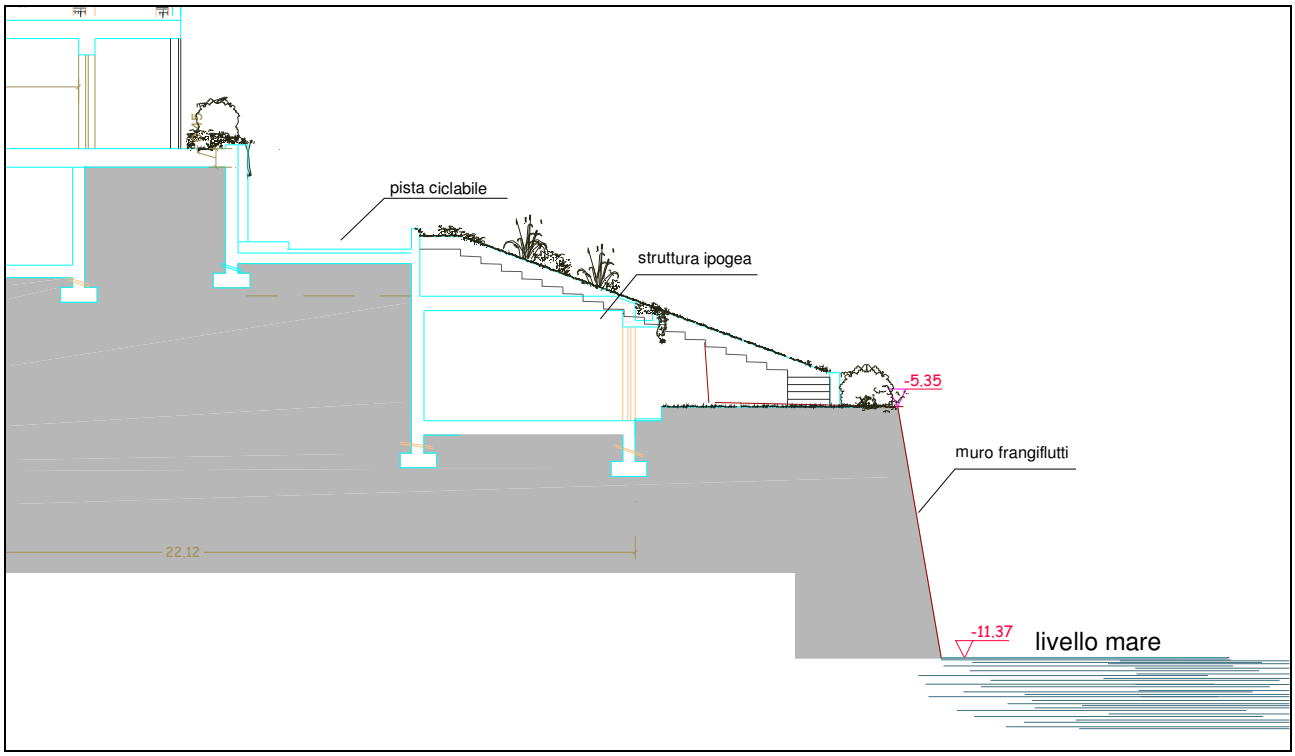
In base alla cartografia allegata alla Direttiva Alluvioni è possibile osservare come il settore in esame non rientri tra le aree inondabili da fenomeni di inondazione marina.

17. VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELL'ONDA CARATTERISTICA SUL MURO FRANGIFLUTTI IN OGGETTO E SULLE STRUTTURE A TERGO

Nel presente capitolo si valuteranno le possibili problematiche che potrebbero insorgere all'interno del lotto d'intervento durante una mareggiata catastrofica, in particolare in corrispondenza della porzione più bassa del muro frangiflutti, ove sono previste, da progetto, le strutture ipogee.

Nel dettaglio come potenziali bersagli è possibile evidenziare:

- muro frangiflutti di altezza minima pari a m 6;
- persone in transito nella ciclopedonale prevista immediatamente a monte del muro frangiflutti e delle strutture ipogee in oggetto;
- strutture ipogee e relativi abitanti immediatamente a monte del muro frangiflutti in oggetto.



Sezione di progetto con indicazione dei potenziali bersagli

La tracimazione del settore di muro frangiflutti in esame può essere tollerata solo se non causa onde dannose a tergo della struttura e dipenderà dall'altezza di risalita dell'onda Rux (*runup*), dalle caratteristiche dell'onda e del fondale, dalla porosità e dalla rugosità dello strato di copertura.

Il valore della portata massima tracimabile ammissibile risulta fortemente legato all'utilizzo della parte retrostante il muro; è facile infatti intuire che tracimazioni elevate non siano assolutamente tollerate per settori interessati dalla presenza di persone, abitazioni o infrastrutture.

La verifica degli effetti dell'onda di riferimento in termini di tracimabilità e danneggiamento dell'opera è stata condotta secondo le metodologie proposta in *"Eurotop, wave overtopping of sea defences and related structures: assestement manual"* e relativi applicativi di calcolo, validi per il caso di una "*Scarpata composita con muro verticale*".

In particolare la sezione dell'opera è stata modellata: con approccio "empirico", ottenendo, per l'evento ondoso di riferimento, un valore di tracimabilità pari a **0,0 l/s/m**.

Di seguito si riporta il dettaglio dei calcoli effettuati.

In presenza di barriere di protezione aderenti, le portate tracimanti (*overtopping*) dipendono dal tipo di interazione onda-struttura. L'approccio seguito è quello di Allsop et Al . Si distinguono 3 casi, a seconda del valore di profondità alla rottura dell'onda: impulsivo (3), non impulsivo (4) ed intermedio. La profondità dell'onda alla rottura (2) è calcolata come:

$$h_* = 1.3 \frac{depthP}{H_{m_0}} \frac{2\pi(depthP)}{gT^2} \qquad (2)$$

in cui:

Hm_0 = altezza d'onda significativa al piede della struttura
T = periodo medio dell'onda
depthP = profondità al piede della struttura

- se depthP ≤ 0 l'opera di protezione è totalmente emersa e l'*overtopping* si manifesta sotto forma di lamina d'acqua che scorre al di sopra della struttura (*green water*). I danni associati sono relativamente moderati (caso in esame);
- se depthP > 0 le onde possono frangere violentemente contro la barriera dando luogo ad *overtopping* caratterizzato da forti getti verticali (*uprushing jet*).

La portata di *overtopping* Q è calcolata come:

- Caso non impulsivo (4):

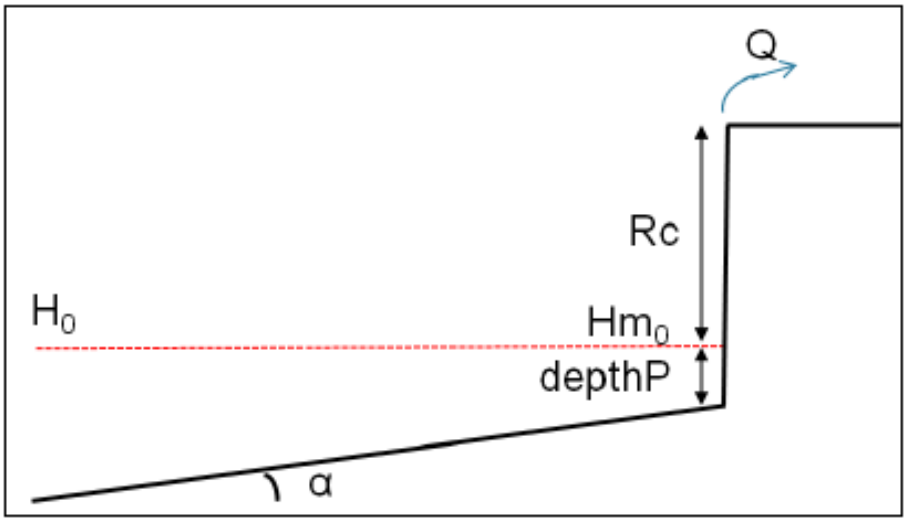
$$\frac{q}{\sqrt{gH_{m_0}^3}} = 0.04exp\left(-2.6\frac{R_c}{H_{m_0}^2}\right) \qquad (3)$$

- Caso impulsivo (3):

$$\frac{q}{h_*^2\sqrt{gh_s^3}} = 1.5\times10^{-4}\left(h_*\frac{R_c}{H_{m_0}}\right)^{-3.1} \qquad (4)$$

- Caso intermedio (0.2 <)

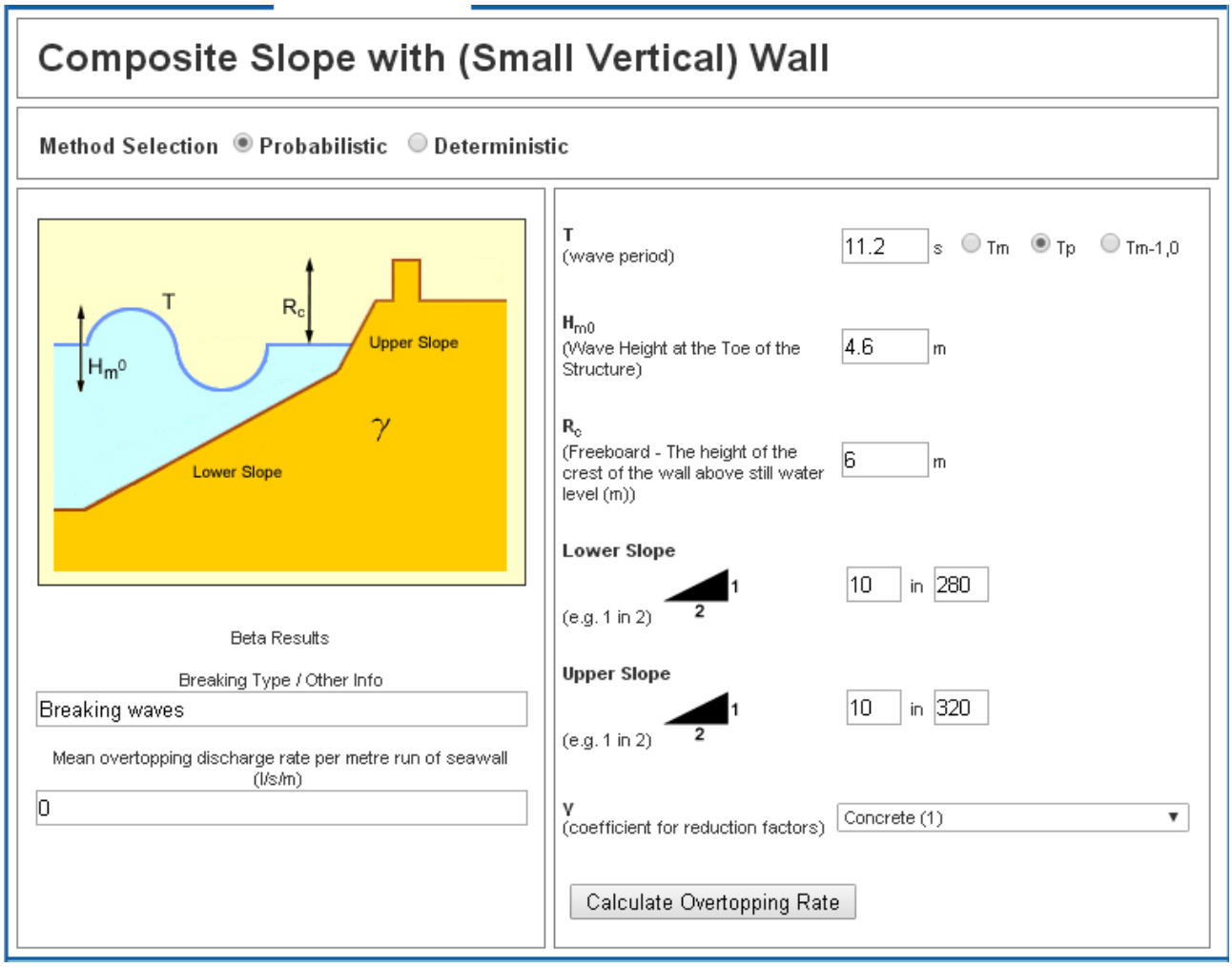
Come è possibile notare dalle formule precedentemente descritte, l'entità dell'*overtopping* dipende, oltre che dall'altezza d'onda significativa hs a largo e dalla profondità del fondale al piede della struttura Hm_0, anche dal dimensionamento della struttura ed in particolare dalla quota di coronamento della barriera e/o parete verticale Rc.



Procedura per il calcolo del runup nel caso di parete sub-verticale o barriera di protezione aderente. Parametri: Q=portata di overtopping, Rc=altezza della porzione emersa della barriera e/o parete sub-verticale; depthP=profondità al piede della struttura; Hm0= altezza d'onda al piede della struttura; H0=altezza d'onda significativa off-shore; α=angolo d'inclinazione del fondale al piede dell'opera di protezione.

I valori di input sono stati i seguenti:

Parametro	**Unità di misura**	**Valore**
T (Tr 100 anni)	(s)	11,2
Hm_0 (Ttr 100 anni)	(m)	4,6
Rc	(m)	6,0
Inclinazione scarpata superiore	(m/m)	10/320
Inclinazione scarpata inferiore	(m/m)	10/280
Y Coefficiente di riduzione	-	1



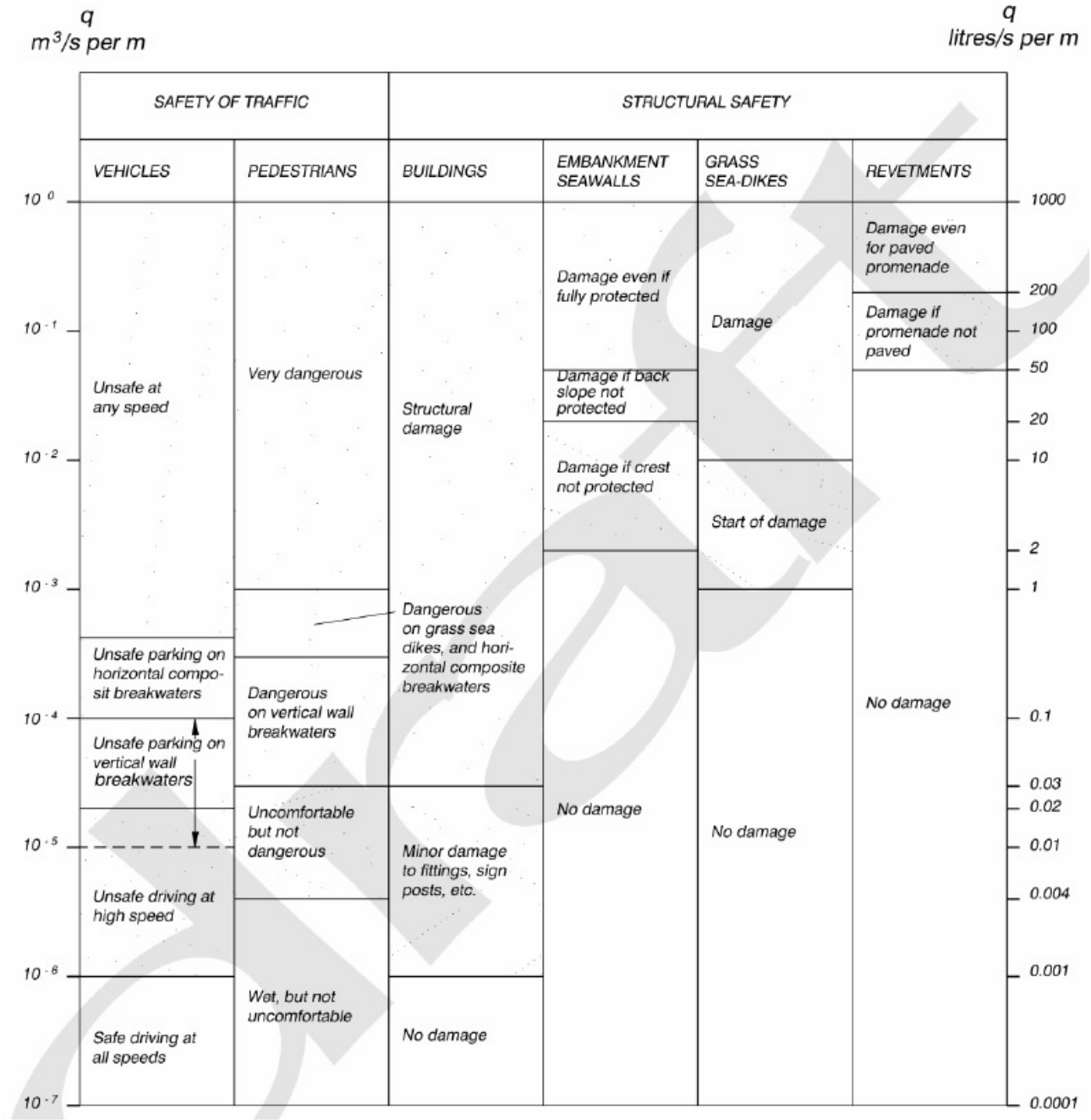
Utilizzando l'approccio "*PC overtopping*" software basato su risultati TAW (Wave run-up and wave overtopping at dikes), si è ottenuto un <u>valore di tracimabilità pari a 0,0 l/s/m</u>.

Con una quota del muro frangiflutti in esame pari a m 6,0 (riferita al livello del mare in stato di quiete) si deduce che in occasione di una mareggiata con caratteristiche estreme non si avrebbe alcuna tracimazione essendo quindi in presenza di condizioni compatibili con gli standard di sicurezza più restrittivi.

<u>E' quindi possibile affermare che in condizioni di moto ondoso con Tr pari a 100 anni il muro frangiflutti in esame non è soggetto a fenomeni di sormonto e di tracimazione.</u>

Gli effetti delle tracimazioni d'onda oltre una struttura di protezione marina in termini di danni a persone o a strutture sono stati riassunti da Van Der Meer (1994) nella tabella seguente, dove ad ogni portata di tracimazione (espressa in litri al secondo per metro lineare di struttura) corrisponde una valutazione qualitativa del danno causato a veicoli, pedoni e strutture.

Table VI-5-6
Critical Values of Average Overtopping Discharges

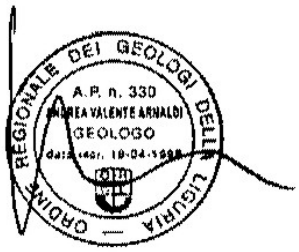


Stima di danni a persone e strutture al variare della portata tracimante
(Van Der Meer 1994)

In conclusione, si può ragionevolmente affermare che in condizioni di moto ondoso con Tr pari a 100 anni non sono da prevedersi danni considerevoli a:

- muro frangiflutti nel suo complesso;
- persone in transito sulla ciclopedonale prevista immediatamente a monte del muro frangiflutti;
- strutture ipogee e relativi abitanti immediatamente a monte del muro frangiflutti in oggetto.

Sanremo, 30 Giugno 2016



Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI