COMUNE di SANREMO

PROGETTAZIONE RELATIVA AGLI INTERVENTI DI DIFESA E RIPASCIMENTO DEL LITORALE COMPRESO TRA PIAN DI POMA ED IL LIDO FOCE ODCP N. 558/2018.

CIG: 827861620B



PROGETTO DEFINITIVO ED ESECUTIVO

ELABORATI GENERALI
Relazione Generale

CODICE ELABORATO: P E A 1 3 1 V I I I 2 0 0 0 E G R E L 0 1 A

SCALA -

CAPOGRUPPO

HYpro srl

ARTEC ASSOCIATI S.r.l. consulting engineering

DI LIETO & C. S.R.L. SERVIZI DI ARCHEOLOGIA ED APPLICAZIONI TECNOLOGICHE PER I BENI CULTURALI ED IL RILIEVO

BIOL. A. NICASTRO

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE
Dott. Ing. Vincenzo Secreti

GEOLOGO:
Dott. Geol. Giuseppe Cerchiaro

CSP:
Ing. Vincenzo Ferreri

COORDINAMENTO UNITA' DI PROGETTAZIONE

PROGETTAZIONE IDRAULICA - MARITTIMA	Ing. M. Brocato (AA)
PROGETTAZIONE IDRAULICA - FLUVIALE	Ing. V. Secreti (HY)
STRUTTURE	Ing. G. Civitate (HY)
AMBIENTE E PAESAGGIO	Ing. V. Bonifati (HY)
GEOLOGIA	Geol. G. Cerchiaro (HY)
MONITORAGGI GEOTECNICI	Geol. A. Grispino (HY)
MONITORAGGI AMBIENTALI	Geol. G. Pettinato (HY)
GEOTECNICA	Ing. F. Conte (HY)
CANTIERIZZAZIONE E GESTIONE TERRE	Ing. F. Cocchiero (HY)
STIME E CAPITOLATI	Ing. A.A. Barbagallo (AA)
RILIEVI E INDAGINI	Ing. R. Anastasi (AA)
ARCHEOLOGIA	Dott. M. Di Lieto (DL)
BIOLOGIA MARINA	Dott. A. Nicastro (AN)
PROGETTAZIONE BIM	Ing. R. Nucci (HY)

VISTO DELLA COMMITTENZA:

IL Responsabile Unico del Procedimento
Ing. Danilo Burastero

IL Dirigente del Settore Lavori Pubblici
Ing. Danilo Burastero

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	SETT. 2020	PRIMA EMISSIONE	M. SISINNO	G. CERCHIARO	V. SECRETI

SOMMARIO

1 PREMESSA ____ *3*

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO ____ *3*

2.1 Normativa Comunitaria ____ 3

2.2 Normativa Italiana ____ 3

2.3 Normativa Regionale ____ 3

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE ____ *4*

3.1 INQUADRAMENTO URBANISTICO ____ 4

3.1.1 PTCP – PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PAESISTICO ____ 6

3.1.2 PTC – PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIA DI IMPERIA ____ 8

3.1.3 PTCC - PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO DELLA COSTA. ____ 9

3.1.4 PUC – PIANO URBANISTICO COMUNALE ____ 10

3.1.5 PAI - PIANO DI BACINO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO ____ 11

3.2 ANALISI VINCOLISTICA ____ 14

4 STUDIO METEO MARINO ____ *19*

4.1 ANALISI DEI DATI D'ONDA ____ 19

4.2 CLIMA METEOMARINO AL LARGO DEL PARAGGIO DI SANREMO ____ 20

4.3 EVENTI ESTREMI DI MOTO ONDOSO AL LARGO (ONDE DI PROGETTO) ____ 22

4.4 CLIMA METEOMARINO EQUIVALENTE (ONDE MORFOLOGICHE) ____ 30

4.5 FLUSSO ENERGETICO DEL MOTO ONDOSO SOTTOCOSTA ____ 31

4.6 PROFONDITÀ DI CHIUSURA DI SPIAGGIA ____ 33

4.7 CONCLUSIONI ____ 35

5 AMBIENTE ____ *35*

5.1 STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE ____ 35

5.2 RELAZIONE PAESAGGISTICA ____ 36

6 GEOLOGIA E GEOTECNICA ____ *37*

6.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE ____ 37

6.2 INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO ____ 38

6.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO ____ 39

6.4 MORFOLOGIA E DINAMICA DELLA LINEA DI RIVA ____ 39

6.5 INQUADRAMENTO SISMICO ____ 41

6.6 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO ____ 43

6.7 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE LOCALE ____ 43

7 BIOLOGIA MARINA ____ *46*

7.1 CONOSCENZE ATTUALI ____ 46

7.2 AREA DI INTERVENTO ____ 47

7.3 PIANO DI MONITORAGGIO ____ 47

7.4 DISEGNO DI CAMPIONAMENTO ____ 48
7.5 DESCRITTORI E INDICI ____ 48
7.6 INDICI ECOLOGICI ____ 48
8 IDROLOGIA E IDRAULICA ____ 49
8.1 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ____ 49
8.1.1 Analisi Pluviometrica ____ 49
8.1.2 Inquadramento del reticolo e studio dei bacini idrografici ____ 49
8.1.3 Stima delle portate ____ 50
8.1.4 Trasporto Solido ____ 50
8.1.5 Capacità di trasporto solido ____ 51
9 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI ____ 51
9.1 RAGIONI DELLA SCELTA PROGETTUALE. ____ 52
9.2 INTERVENTI DI RIPASCIMENTO ____ 52
9.3 PENNELLI ____ 52
10 GESTIONE TERRE ____ 52
10.1 PIANO DI UTILIZZO ____ 52
10.1.1 BILANCIO TERRE E ROCCE DA SCAVO ____ 53
10.2 PIANO DI GESTIONE DELLE MATERIE ____ 54
10.3 DISPONIBILITA' SITI DI CAVA E DI RACCOLTA RIFIUTI ____ 54
11 INTERFERENZE ____ 55
12 CANTIERIZZAZIONE E SICUREZZA ____ 56
12.1 ORGANIZZAZIONE DELLA CANTIERIZZAZIONE ____ 56
12.2 FASI ESECUTIVE DELL'INTERVENTO ____ 57
12.3 PROGRAMMAZIONE DEI LAVORI ____ 57
12.4 PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO ____ 58
12.4.1 Recinzioni ____ 58
12.4.2 Ingressi ____ 58
13 QUADRO ECONOMICO ____ 59

1 PREMESSA

Lo scopo della presente Relazione Generale è quello di illustrare il Progetto Definitivo relativo agli "Interventi di difesa e ripascimento del litorale compreso tra Pian di Poma ed il Lido Foce nel Comune di Sanremo".
Nello specifico riguarda le opere necessarie per operare una difesa del litorale costiero ubicato tra il Lido Foce ed il terrapieno di Pian di Poma a Sanremo.
Per la redazione del progetto definitivo si è fatto riferimento a informazioni riguardanti la topografia e la batimetria dell'area di interesse.
I dati acquisiti, congiuntamente agli studi biologici e ambientali realizzati, hanno consentito di individuare in modo corretto le opere necessarie per operare la difesa e il rinascimento del litorale nell'area di interesse.
Il suddetto progetto si compone degli elaborati riportati nell'Elenco Elaborati.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nel presente paragrafo verranno riportate le prescrizioni normative cui si è fatto riferimento per la redazione del suddetto progetto.

2.1 *Normativa Comunitaria*

Riferimento normativo a livello Comunitario per la realizzazione di opere in ambito costiero è la ***EU COM 2000/547 Integrated Coastal Zone Management, a strategy for Europe, EU Racc. 2002/413 Recommendation of the European Parliament and of the Council.***
Le linee guida contenute nella suddetta normativa guidano nella progettazione di opere costiere inserendole in un contesto articolato e coordinato che miri a: -integrare e armonizzare l'opera con quanto già sviluppato sul litorale (integrazione)-massimizzarne gli effetti positivi sul medio –lungo periodo(gestione)-considerare tutti i diversi interessi che insistono nell'area (aspetto socio-economico)-ridurre al minimo l'impatto ambientale sul territorio (aspetto ambientale)

2.2 *Normativa Italiana*

A livello Nazionale le competenze inerenti alla gestione integrata delle coste spetta alle Regioni con la ***L. 59/97 "Delega al Governo per il conferimento di funzioni e compiti alle regioni ed enti locali, per la riforma della Pubblica Amministrazione e per la semplificazione amministrativa"*** e il ***D. Lgs. 112/98 "Conferimento di funzioni e compiti amministratividello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59"***.

2.3 *Normativa Regionale*

La Regione Liguria ha emanato le seguenti normative in materia:

- ***LR 20/2006 "Nuovo ordinamento dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure e riorganizzazione delle attività e degli organismi di pianificazione, programmazione, gestione e controllo in campo ambientale"*** che all'art. 41 introduce lo strumento del **Piano di tutela ambientale** che mira a perseguire un miglioramento della qualità ambientale della fascia costiera. Il Piano di tutela dell'ambiente marino e costiero viene redatto per unità fisiografica, in accordo con quanto stabilito dai piani di bacino e dal piano di tutela delle acque, ed ha come finalità il miglioramento della qualità ambientale della fascia costiera, con particolare riferimento al riequilibrio dei litorali, alla stabilizzazione della costa alta, al miglioramento della qualità delle acque costiere, alla difesa e valorizzazione degli habitat marini.
- ***Piano territoriale di coordinamento della costa (approvato il 19 dicembre 2000)*** che punta a perseguire i seguenti obiettivi:-la tutela e la valorizzazione dei tratti di costa emersa e sommersa che rivestono valore paesaggistico, naturalistico ed ambientale;
    - la riorganizzazione e la riqualificazione dei tratti costieri urbanizzati;
    - la difesa del litorale dall'erosione marina ed il ripascimento degli arenili;
    - lo sviluppo della fruizione pubblica e dell'uso turistico e ricreativo della zona costiera;
    - l'adeguamento e lo sviluppo del sistema della portualità turistica;
    - il riuso, in forma integrata e coordinata, dei tratti di ferrovia dismessi o da dismettere lungo la costa;
    - il miglioramento delle condizioni della viabilità costiera.
- ***LR 38/1998: "Disciplina della Valutazione di impatto ambientale"***.
- ***LR 13/1999 (e succ. mod.): "Disciplina delle funzioni in materia di difesa della costa, ripascimento degli arenili, protezione e osservazione dell'ambiente marino e costiero, demanio marittimo e porti"***.A questa normativa di carattere generale si affiancano una serie di norme tecniche da seguire nel momento in cui si progetta un'opera a mare tra cui :-
    - DGR 222/2003 (e succ. mod.): "Criteri generali inerenti la progettazione e l'esecuzione delle opere di difesa della costa e degli abitati costieri e di ripascimento degli arenili"

- DGR 328/2006 (sost. DGR 464/2001): "Criteri e indirizzi procedurali ad oggetto l'applicazione della valutazione di incidenza" (estratto)
- DGR 1533/2005 : "Criteri diretti a salvaguardare l'habitat naturale prioritario "Prateria di Posidonia Oceanica"
- DGR 773/2003 : "Considerazioni sulla valutazione dello stato di conservazione delle praterie di Posidonia Oceanica"
- DGR 29/2009 : "Misure di salvaguardia per la tutela dell'ambiente marino costiero ai sensi dell'art. 41 comma 1 bis della LR 20/2006"
- DGR 1793/2005 : "Criteri generali per il monitoraggio delle opere di difesa della costa e degli abitati costieri e di ripascimento degli arenili

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

3.1 *INQUADRAMENTO URBANISTICO*

Gli interventi di progetto si collocano nel comune di Sanremo è il primo comune della provincia di imperia.
La città è stata fondata a ridosso di due dorsali montuose, che si originano nel Monte Bignone (1300 m circa) e procedono fino al mare: a est, verso il promontorio di Capo Verde (sormontato dal Faro di Capo dell'Arma della Marina), e a ovest fino a Capo Nero.



Figura 3.1. Zona d'intervento

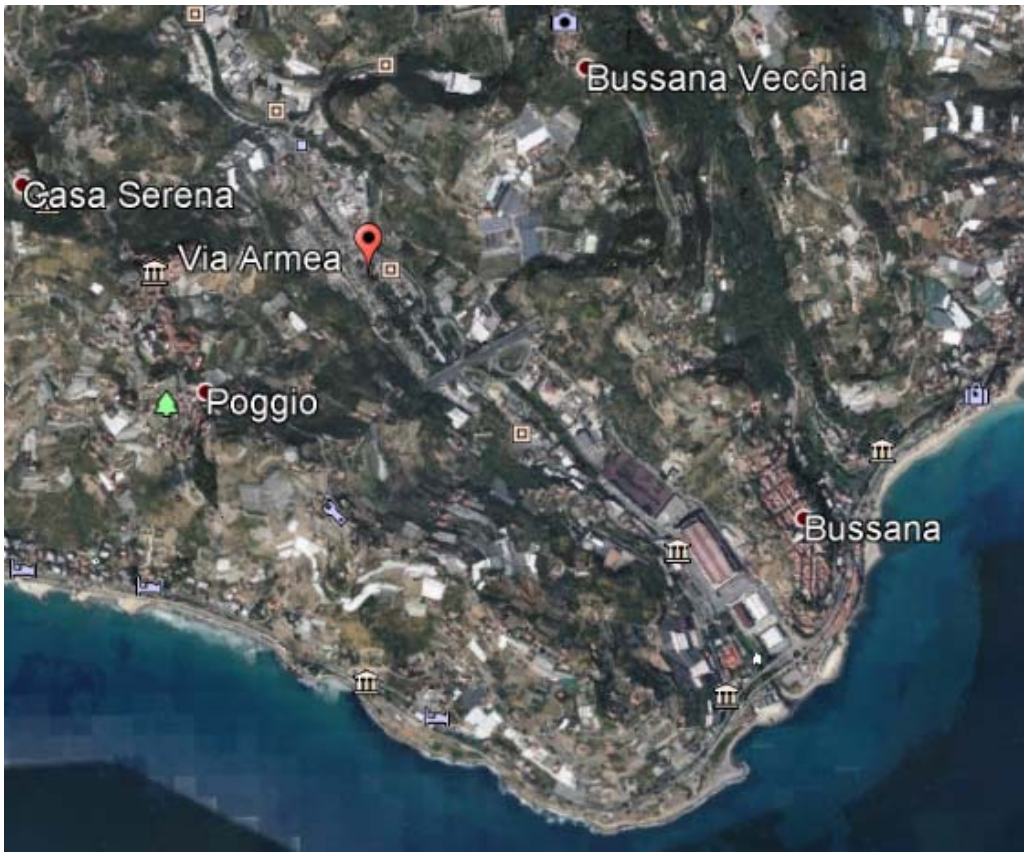


Figura 3.2. Area di intervento

Il Comune di Sanremo (IM), e quindi l'area di interesse, è individuabile nel seguente Inquadramento Cartografico:

- Carta Tecnica Regionale Elemento N. 258143, Scala 1:5000.

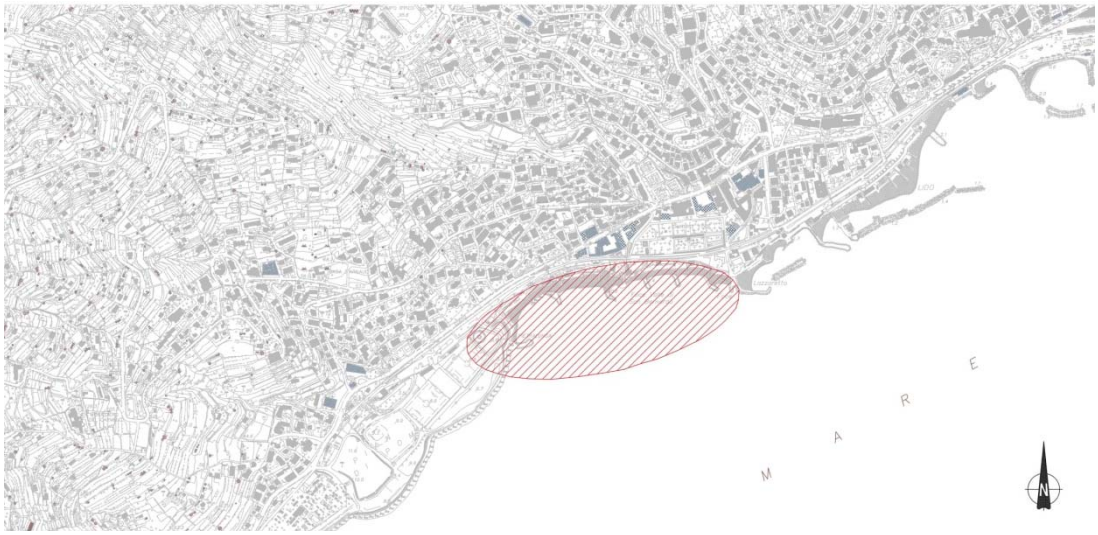


Figura 3.3. Localizzazione area di intervento su CTR (Stralcio "Inquadramento su CTR e ortofoto")



Figura 3.4. Localizzazione area di intervento su ortofoto (Stralcio "Inquadramento su CTR e ortofoto")

3.1.1 PTCP – PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PAESISTICO

Il Piano Territoriale Di Coordinamento Paesistico è uno strumento - previsto dalla *legge numero 431 del 1985* - preposto a governare sotto il profilo paesistico le trasformazioni del territorio ligure. La Regione Liguria è stata la prima a dotarsi di un Piano paesistico: adottato nel 1986 e approvato nel 1990 (*delibera del consiglio regionale n.6 del 25 febbraio 1990*), il Ptcp è esteso all'intero territorio regionale.
Il Ptcp è articolato in tre livelli:

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

Nel PTCP Liguria il territorio Regionale è suddiviso in 100 **Ambiti Territoriali**. Nello specifico l'area di intervento ricade nell'**Ambito Territoriale N. 13, Sanremo**.

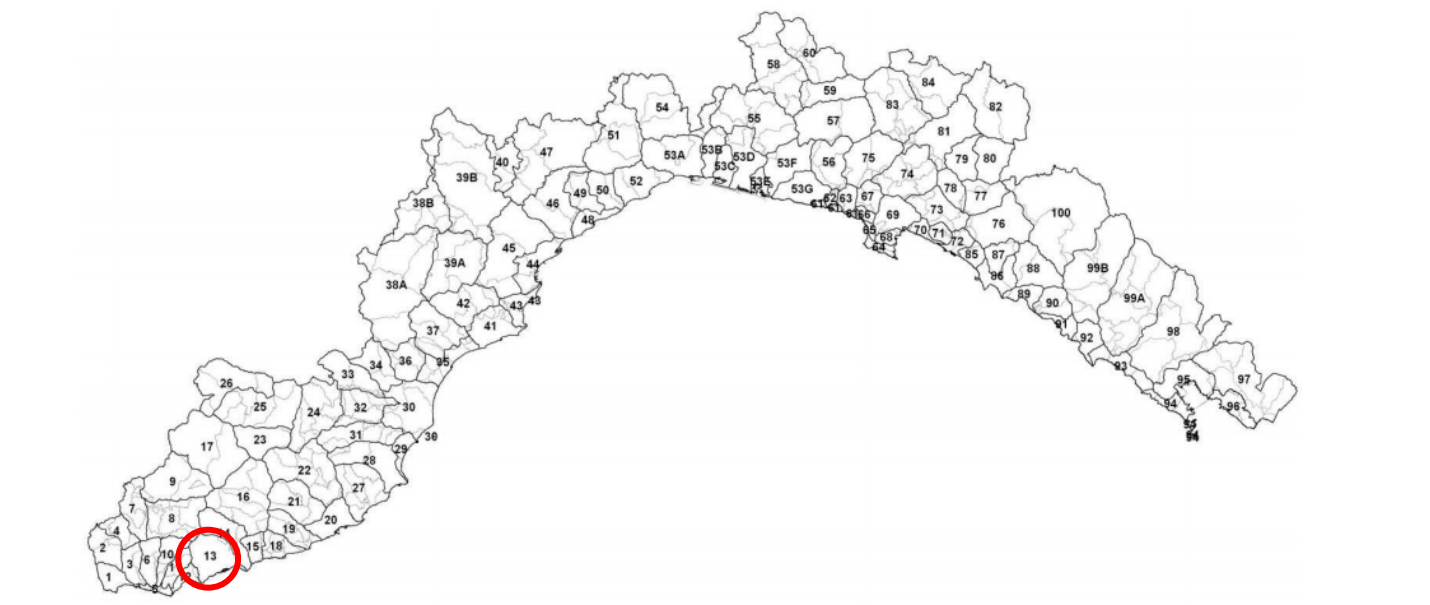


Figura 3.5. Suddivisione del Territorio Ligure in Ambiti Territoriali. Dal PTCP Liguria

Per tale ambito, per la fascia costiera, si hanno i seguenti indirizzi per la pianificazione:

- *per la fascia costiera è indicata l'opportunità di consolidare il paesaggio dei fronti a mare riattivando, ovunque possibile, le originarie continuità esistenti tra spazi marittimi e tessuti edificati. Questo obiettivo limita il campo degli interventi ammissibili alla riorganizzazione viaria e infrastrutturale con particolare riguardo agli spazi e alle percorrenze pedonali che rappresentano comunque l'unica trama efficace, sul piano paesistico, di riconnessione delle parti citate.*

Le Norme Tecniche di riferimento per l'area di interesse, sono di seguito riportate:

- *Art. 90 - Vincoli ex legge 1497/1939*
  1. *Il presente Piano ha valore di Piano Urbanistico Territoriale con specifica considerazione dei valori paesistici ed ambientali di cui all'articolo 1 bis dei D.L. 27 giugno 1985 n° 312 come convertito nella legge 8 agosto 1985 n° 431.*
  2. *Agli effetti dell'obbligo di autorizzazione previsto dall'articolo 7 della Legge 29 giugno 1939 n° 1497 e successive modificazioni, restano fermi i vincoli imposti a norma di essa.*
- *Art. 16 - Indirizzo generale di CONSOLIDAMENTO (CO)*
  1. *L'indirizzo generale di CONSOLIDAMENTO si applica nelle situazioni in cui si registrano condizioni, in atto o potenziali, di compromissione ambientale e/o di rischio per gli insediamenti alle quali si può peraltro fare fronte con interventi di limitata incidenza sull'assetto attuale del territorio sotto i profili geomorfologico e idrogeologico.*
  2. *L'obiettivo è quello di garantire un adeguato controllo delle situazioni di rischio ed il conseguimento di un soddisfacente livello della qualità ambientale.*
  3. *La pianificazione dovrà pertanto essere orientata ad individuare le azioni all'uopo necessarie ed a disciplinare le forme ed i modi nei quali queste possono essere esercitate, nei limiti comunque di contenute modificazioni dell'attuale assetto geomorfologico ed idrogeologico dei territorio.*
- *Art. 17 - Indirizzo generale di MODIFICABILITA' (MO)*
  1. *L'indirizzo generale di MODIFICABILITA' si applica nelle situazioni in cui l'ambiente, in assenza di valori emergenti, presenta una modesta vulnerabilità sotto il profilo geomorfologico, talché non si manifesta l'esigenza di specifiche azioni di tutela dell'attuale configurazione, ferme restando le normali cautele relative alla corretta gestione del territorio.*
  2. *L'obiettivo è quello di rendere possibili quegli interventi che, seppure motivati da esigenze diverse da quelle proprie del Piano, siano comunque occasione per dar luogo ad un assetto più soddisfacente sotto il profilo ambientale.*
  3. *La pianificazione dovrà pertanto assumere prevalentemente il compito di garantire l'osservanza delle normali cautele preordinate a tutelare la qualità dell'ambiente.*
- *Art. 18 - Indirizzo generale di TRASFORMAZIONE (TRZ)*
  1. *L'indirizzo generale di TRASFORMAZIONE si applica: a) nelle situazioni in cui l'accertata presenza di gravi condizioni rischio imponga interventi profondamente incidenti sull'assetto idrogeologico complessivo del*

territorio; b) nelle situazioni in cui il livello di compromissione raggiunto renda necessari interventi di riqualificazione ambientale e paesistica comportanti ulteriori radicali trasformazioni.

2. *L'obiettivo è quello di realizzare gli interventi necessari per conseguire nuove e diverse configurazioni dell'assetto geomorfologico, tali da assicurare adeguati livelli di sicurezza ed una migliore qualità dell'ambiente e del paesaggio.*
3. *La pianificazione dovrà darsi carico di individuare puntualmente situazioni di rischio o di degrado e conseguentemente definire congrue soluzioni progettuali.*

3.1.2 PTC – PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIA DI IMPERIA

L'area di interesse a livello provinciale è sottoposto alle misure e agli indirizzi indicati nel PTCP di Imperia, *Piano approvato con Deliberazione del Consiglio Provinciale n. 79 del 25/11/2009.*

Il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Imperia, in seguito denominato "Piano" ovvero "P.T.C.", è lo strumento mediante il quale:

a. *si definiscono le caratteristiche generali del territorio in particolare in rapporto alle sue peculiarità e vocazioni, nonché le condizioni di equilibrio sotto il profilo della stabilità ambientale e della suscettività alle trasformazioni;*
b. *si incontrano la domanda e l'offerta di risorse spaziali, in quanto atto che disciplina l'uso del territorio, e la domanda ed offerta di risorse finanziarie, in quanto atto a valenza programmatica;*
c. *si dà espressione in forma coordinata, per il territorio provinciale, al principio di sostenibilità ambientale dello sviluppo.*

Il Piano costituisce riferimento essenziale:

a. *per la partecipazione della Provincia alla formazione dei programmi di intervento statali e alla programmazione e pianificazione regionale, coordinando le proposte avanzate dai comuni, anche ai fini della stipula di patti territoriali, intese, convenzioni e accordi di programma tra enti;*
b. *per il coordinamento pianificatorio intersettoriale e la correlata finalizzazione delle funzioni programmatorie e amministrative della Provincia, nonché per l'orientamento delle decisioni di spesa in relazione ad opere, interventi, piani e programmi di sua pertinenza ai sensi del D. Leg.vo 18.08.2000 n° 267e successive modificazioni ed integrazioni;*
c. *per la promozione e il coordinamento, da parte della Provincia ed in collaborazione con i Comuni, della formazione di programmi e della realizzazione di opere di rilevanza provinciale; d per la correlazione e cooperazione con i territori transfrontalieri e le Province contermini.*

Con riferimento alla Tavola 47, "***Ambiente Naturale- Ambiente Urbano (e Paesaggio Costruito)"***, l'area di intervento non ricade in zone di pregio ambientali.

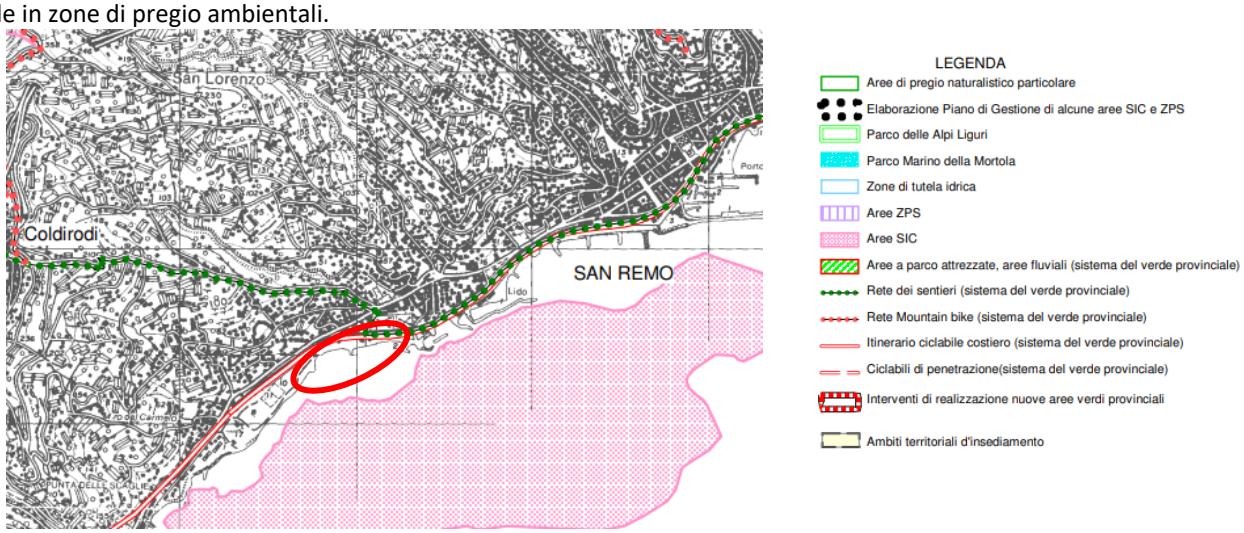


Figura 3.6. Stralcio "Tavola N°47 S-O_Ambiente Naturale- Ambiente Urbano (e Paesaggio Costruito)"dal PTCP di Imperia

Con riferimento alla Tavola 1, "***Uso del suolo"***, l'area di intervento ricade in aree identificabili come:

- *332 - Affioramenti litoidi;*
- *142 – Sportive, ricreative*.

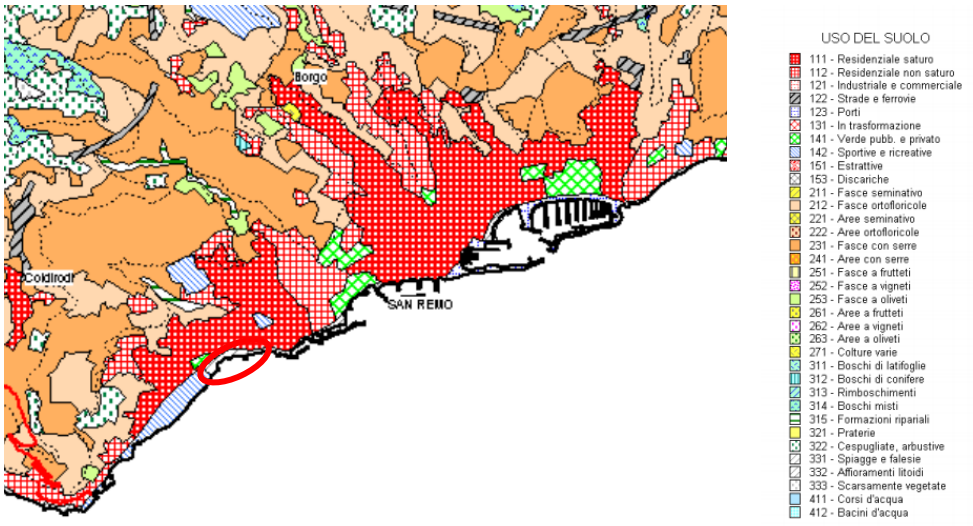


Figura 3.7. Stralcio "Tavola N°1_Ambiente Uso del suolo" dal PTCP di Imperia

Le norme tecniche cui fare riferimento sono:

- *ART. 23 - CLASSIFICAZIONE E DISCIPLINA DEL TERRITORIO EXTRAURBANO*
    1. *Per territorio extraurbano si intende in prima approssimazione quello corrispondente alle categorie d'uso non ascritte ai territori insediati nella Carta dell'Uso del Suolo, Tav. 1 e nell'Allegato N°2 al Quadro Fondativo.*
    2. *Rispetto a tale classificazione i Comuni in sede di formazione del Piano Urbanistico Comunale possono apportare le opportune variazioni conseguenti ad una più puntuale lettura dello stato di fatto o a modificazioni dello stesso.*
    3. *In applicazione degli art. 35, 36 e 37 della L.U.R. il territorio extraurbano può essere assegnato, allo stato di fatto, alla categoria delle aree di produzione agricola, territori di presidio ambientale e territori non insediabili.*
    4. *Ove possibile ed opportuno, anche avuto riguardo alle tendenze e prospettive dell'attività agricola risultanti da specifiche analisi, le aree di nuova espansione residenziale eventualmente necessarie sono localizzate preferenzialmente nei territori di presidio, mentre i nuovi insediamenti produttivi e di servizi sono collocati preferenzialmente nelle aree di produzione agricola. Le aree di eventuale nuova espansione residenziale e d'insediamento produttivo sono designate come distretti di trasformazione ai sensi della L.R.36/97. 5. La presente norma ha efficacia di indirizzo e coordinamento.*
- *ART. 37 - AMBITI TURISTICI*
    1. *Gli Ambiti di cui all'art. 20, 1° comma, lettera e), punto 4 della L.R. 36/97, costituenti riferimento alle caratteristiche vocazionali del territorio in prospettiva di sviluppo turistico nei termini descritti nella Relazione del Vol. I - Quadro Fondativo denominata "Il turismo in provincia di Imperia" e sintetizzati al paragrafo 1.7 del Vol. II - Quadro Strutturale, sono i seguenti: 1) AMBITO FASCIA COSTIERA, articolato in Area Ventimigliese, Area Bordighera-Sanremo, Area Taggia-S. Lorenzo, Area Imperiese, Area Dianese; 2) AMBITO ENTROTERRA MONTANO, articolato in Alta Val Nervia-Argentina e in Alta Valle Arroscia.*
    2. *Gli indirizzi di programmazione di cui all'articolo 20, 1° comma, lettera e), punto 4 della L.R. 36/97 sono desumibili dalla medesima Relazione del Quadro Fondativo.*
    3. *La presente norma ha efficacia di orientamento anche in relazione ai pertinenti sopra citati riferimenti del Quadro Fondativo e Strutturale.*

3.1.3 PTCC - PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO DELLA COSTA.

Il Piano della Costa, approvato con delibera del Consiglio Regionale n.64 del 19/12/2001 , costituisce il quadro di riferimento delle azioni regionali per la tutela e la valorizzazione del litorale, delle spiagge e dei tratti costieri urbanizzati. Esso si pone l'obiettivo di accrescere la tutela sul bene paesaggistico e sulle componenti naturali che lo caratterizzano, fornendo indicazioni sia per il recupero dei tratti di costa più danneggiati dall'urbanizzazione, sia per la salvaguardia dai fenomeni erosivi. Il Piano si pone inoltre ulteriori obiettivi legati al miglioramento della rete infrastrutturale e di tutte quelle attrezzature che possano contribuire a rendere più efficiente il comparto turistico. Dal punto di vista attuativo il Piano contiene due tipologie di indicazioni:

- indicazioni generali, relative all'assetto di tutta la zona costiera;

- indicazioni specifiche, relative a settori di intervento di interesse regionale.

Per quanto concerne le Indicazioni generali (*Art. 3.2 delle Norme d'Attuazione del Piano*), esse sono modulate in:

- indicazioni di livello territoriale, riferite a tratti di costa sovracomunali e organizzate per ambiti provinciali, che individuano gli obiettivi e le azioni da perseguire nella definizione delle politiche territoriali alle diverse scale, con particolare riferimento a quella regionale e provinciale;
- indicazioni relative agli ambiti progetto, riferite a specifiche parti di costa appartenenti al territorio di uno o più Comuni, caratterizzate dall'esigenza di interventi di particolare complessità o che richiedono per la loro progettazione una particolare azione di coordinamento; (tali indicazioni individuano gli interventi da realizzare e le prestazioni da osservare nella definizione degli atti di pianificazione alla scala prevalentemente comunale);
- indicazioni relative agli ambiti di tutela attiva, riferite a tratti di costa di particolare valore paesaggistico, naturalistico ed ambientale; (tali indicazioni forniscono elementi per l'elaborazione di progetti di valorizzazione e gestione delle suddette risorse, da definirsi in forma concertata fra le diverse Amministrazioni competenti);
- indicazioni relative ai temi progetto, riferite a funzioni e modi d'uso individuati come ricorrenti problematici per l'assetto della zona costiera; (tali indicazioni forniscono criteri e linee guida per orientare le scelte da operare negli atti di pianificazione e di programmazione settoriale alle diverse scale).

Le Indicazioni specifiche (Art. 3.3 delle Norme d'Attuazione del Piano), invece, riguardano:

- indicazioni relative alla difesa del litorale dall'erosione marina ed al ripascimento degli arenili;
- indicazioni relative allo sviluppo della portualità turistica;
- indicazioni relative al riuso dei tratti ferroviari dismessi o da dismettere articolate in indicazioni di carattere unitario;
- indicazioni relative agli interventi sulla viabilità costiera;
- indicazioni relative all'utilizzo turistico e ricreativo delle aree del demanio marittimo.

A tal proposito il territorio di interesse del Piano è stato così articolato in 54 tratti di costa, a loro volta suddivisi in *Ambiti di Progetto - AP* (41 tratti) e *Ambiti per la Tutela Attiva - ATA* (13 tratti). I primi sono riferiti a tratti di costa urbanizzati, caratterizzati dall'esigenza di interventi di trasformazione di particolare complessità o che richiedono una particolare azione di coordinamento; i secondi sono riferiti a tratti di costa di particolare valore paesaggistico, naturalistico ed ambientale, che non ricadono di norma già in aree parco, suscettibili di costituire una risorsa turistico-ambientale alternativa ai modelli tradizionali. Gli obiettivi del Piano della Costa sono così riassumibili:

- la tutela e la valorizzazione dei tratti di costa emersa e sommersa che rivestono valore paesaggistico, naturalistico ed ambientale;
- la riorganizzazione e la riqualificazione dei tratti costieri urbanizzati;
- la difesa del litorale dall'erosione marina ed il ripascimento degli arenili;
- lo sviluppo della fruizione pubblica e dell'uso turistico e ricreativo della zona costiera (anche in vista della formazione del Piano di utilizzazione delle aree del demanio marittimo previsto dalla L.494/1993);
- l'adeguamento e lo sviluppo del sistema della portualità turistica;
- il riuso, in forma integrata e coordinata, dei tratti di ferrovia dismessi o da dismettere lungo la costa;
- il miglioramento delle condizioni della viabilità costiera.

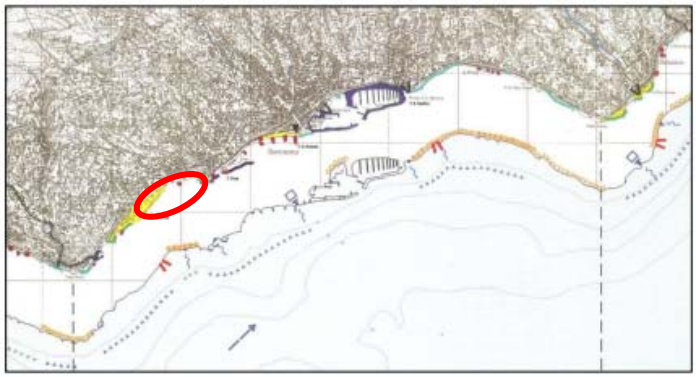


Figura 3.8. Piano della Costa – Difesa Costiera e ripascimenti delle spiagge – estratto dalla Tav. E.1.08.

3.1.4 PUC – PIANO URBANISTICO COMUNALE

Il Comune di Sanremo è dotato di Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.) adottato con *Delibera di C.C. n° 67 del 16/10/2015 - Settore Territorio Servizio Urbanistica*, ai sensi *dell'art. 38 della L.R. 36/97 e s.m.i., del progetto del Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.)*.

Il Piano si struttura sulla base dell'individuazione di:

- Ambiti e Distretti;
- Sottoambiti.

Ambiti e Distretti di Piano configurano i sistemi che costituiscono la struttura insediativa e infrastrutturale del territorio urbano e lo classificano per tipologie secondo gli specifici caratteri morfologici, paesistici e insediativi. Per ciascun Ambito o Distretto il Piano disciplina l'assetto urbanistico, geomorfologico, idrogeologico, paesistico e ambientale del territorio. I sottoambiti individuano alcune peculiarità di particolari zone per le quali sono indicate previsioni specifiche.

In base a tale classificazione l'intervento ricade in aree identificabili come ***Ambiti di Conservazione della Fascia Costiera*** (nel dettaglio: Ambito **FC_04** e Sottoaambiti **FC_04a1**, **FC_04b1 ed FC_04b2**) e in un ***Sottoambito litoraneo***.

L'area è estremamente delicata dal punto di vista paesaggistico e ambientale e caratterizzata dalla prossimità del SIC marino IT1316274 *'Fondali di Sanremo – Arziglia'* posto di fronte alla costa; sul distretto e nelle immediate vicinanze sono inoltre segnalate le specie Larusmelanocephalus/Ichthyaetusmelanocephalus e Sterna sandvicensis/Thalasseussandvicensis.

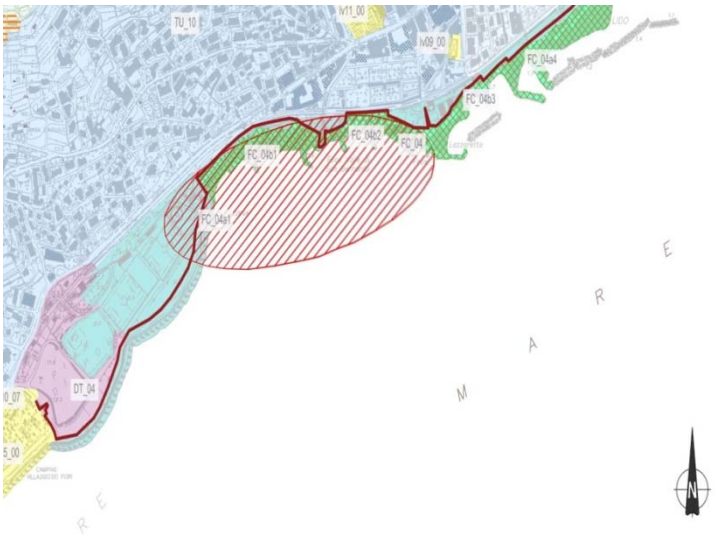


Figura 3.9. Stralcio "Carta di Inquadramento su strumento urbanistico vigente"

Gli ***Ambiti di Conservazione della Fascia Costiera*** interessano la fascia litoranea del territorio Sanremese, generalmente compresa tra la linea costiera e le aree originariamente occupate dalla ferrovia o dall'Aurelia.

L'obiettivo Generale del P.U.C. per gli Ambiti della Fascia Costiera è la riqualificazione degli stessi attraverso il potenziamento quantitativo e qualitativo della dotazione di servizi pubblici e privati connessi al sistema turistico balneare, la conservazione e la tutela del patrimonio ambientale marittimo. È altresì primario l'obiettivo della conservazione del patrimonio naturale esistente, la salvaguardia e la valorizzazione del quadro paesistico ed ambientale, anche ai fini della fruizione attiva e turistica del territorio.

3.1.5 PAI - PIANO DI BACINO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

La Regione Liguria, con decreto del Consiglio regionale n.94/1990, ha delimitato i bacini di competenza regionale, raggruppati in venti ambiti, che rappresentano le unità territoriali sulle quali attivare i processi conoscitivi e le successive fasi di programmazione e di intervento della pianificazione di bacino di propria competenza.

L'attività di pianificazione è stata prioritariamente sviluppata mediante i Piani Stralcio dell'Assetto Idrogeologico che riguardano gli aspetti connessi alle criticità conseguenti all'elevato rischio idrogeologico al quale è particolarmente esposto il territorio regionale.

I Piani Stralcio dell'Assetto Idrogeologico, approvati aggiornati e variati fino al 1 luglio 2015 dalle quattro Province quali organi dell'Autorità di bacino regionale, data in cui la Regione è subentrata nella competenza, sono stati, in vari casi, ulteriormente articolati in singoli bacini.

Dal 17 febbraio 2017 sono soppresse le Autorità di Bacino ex L. 183/1989 e i relativi organi, sostituite dalle nuove Autorità di Bacino Distrettuali.

Tuttavia continuano ad essere vigenti e pienamente applicabili, nei territori di riferimento, i Piani di Bacino stralcio, fino all'emanazione di corrispondenti atti adottati a livello distrettuale o a diverse disposizioni.

In data 29 ottobre 2018 è stato firmato l'accordo con l' Autorità di Bacino distrettuale Appennino Settentrionale ai fini di assicurare la continuità delle funzioni della soppressa Autorità di Bacino regionale, che prevede l'avvalimento delle strutture regionali operanti nel regime previgente.

Per l'area di interesse vige il PIANO DI BACINO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO SAN FRANCESCO (Ambito di Bacino di rilievo regionale:3–San Francesco), approvato con DCP n. 6 del 30/01/2003 e la cui Ultima variante è stat approvata con DDG n. 4145 del 15/07/2019 entrata in vigore il 31/07/2019.



APPROVAZIONE DEL PIANO
Delibera del Consiglio Provinciale di Imperia n. 6 del 30/01/2003
ULTIMA MODIFICA DEL PIANO
Decreto del Direttore Generale n. 4145 del 15/07/2019
ENTRATA IN VIGORE
BURL n. 31 del 31/07/2019 - parte II

Figura 3.10. Perimetrazione Bacino San Francesco (Piano di Bacino Stralcio per l'assetto Idrogeologico San Francesco)

Dall'analisi della Tav .14 "Carta del rischio idrogeologico", emerge che l'area di intervento è esente da Vincolo Idrogeologico.

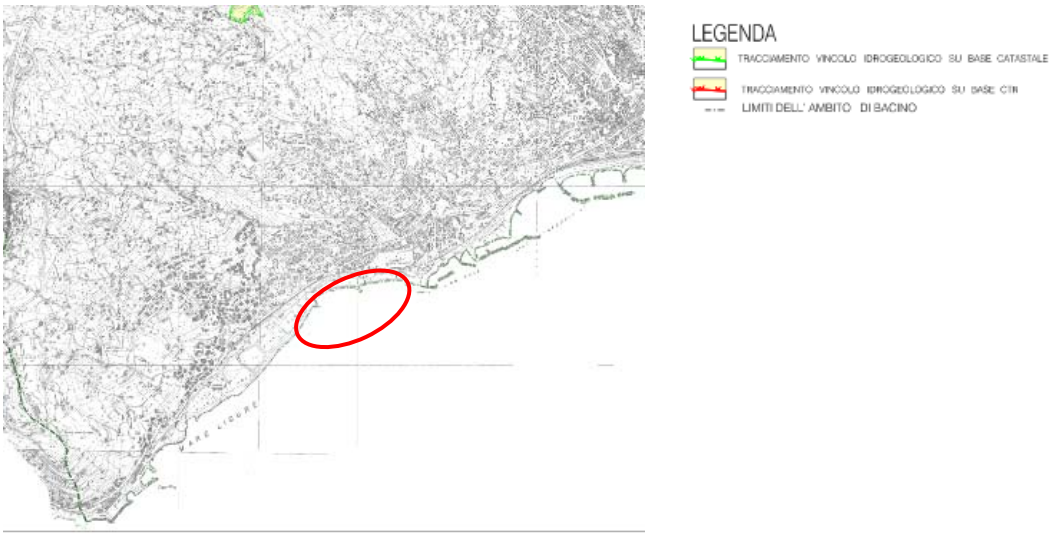


Figura 3.11. Stralcio "Tavola N.14_Carta del Vincolo Idrogeologico" (Piano di Bacino Stralcio per l'assetto Idrogeologico San Francesco)

Con riferimento alle Tav.16 bis "Carta del rischio idraulico" e Tav .16 "Carta del rischio geomorfologico" (), in cui sono stati individuati, ai fini della valutazione della priorità degli interventi di mitigazione del rischio e delle attività di protezione civile, le aree soggette a rischio idrogeologico di diverso livello in relazione agli elementi nelle stesse presenti, per l'area di intervento si hanno tratti classificate come:

- **Ri4- Aree a rischio molto elevato**
- **Ri2- Aree a rischio medio**
- **Rg0- Aree a rischio lieve o trascurabile**
- **Rg2- Aree a rischio medio**

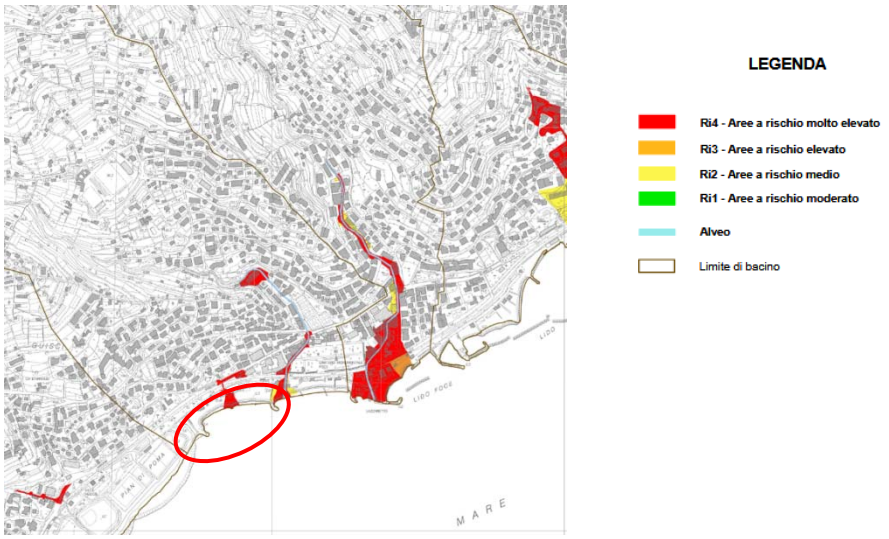


Figura 3.12. Stralcio "Tavola 16 bis_Carta del Rischio Idraulico" (Piano di Bacino Stralcio per l'assetto Idrogeologico San Francesco)

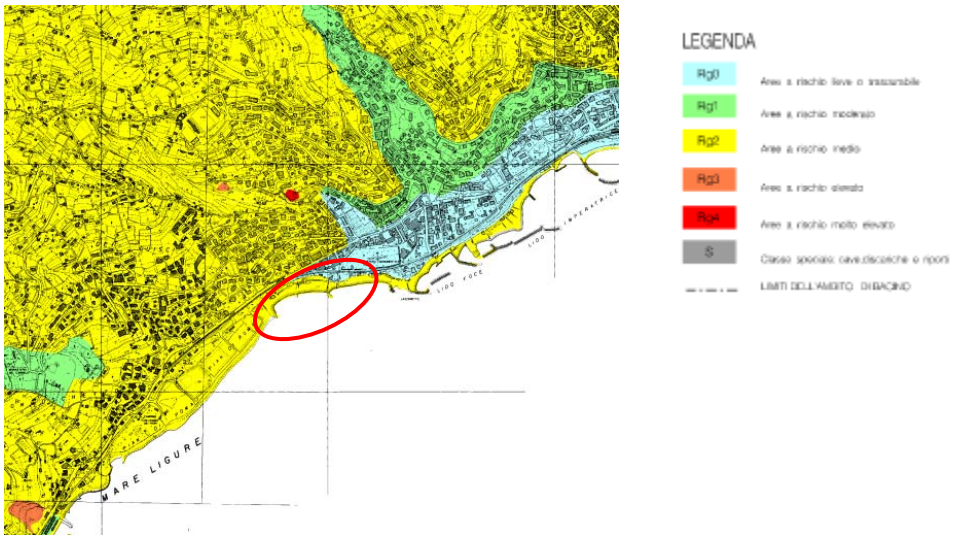


Figura 3.13. Stralcio "Tavola N.16_Carta del Rischio Geomorfologico" (Piano di Bacino Stralcio per l'assetto Idrogeologico San Francesco)

Tale piano, detta le seguenti norme

Art. 5 Indirizzi tecnici vincolanti a carattere generale

1. *Nell'ambito dei bacini dell'ambito n. 3 – Sanremese valgono i seguenti indirizzi vincolanti di carattere generale che devono essere recepiti e sviluppati dalle norme di attuazione degli strumenti urbanistici comunali, nonché dalle specifiche norme di settore.*
2. *Al fine di prevenire i fenomeni di dissesto:*
   a) *non sono consentiti gli interventi che richiedano sbancamenti e riporti, che incidano negativamente sulla configurazione morfologica esistente o compromettano la stabilità dei versanti;*
   b) *deve essere mantenuta efficiente la rete scolante generale (fossi, cunette stradali) e la viabilità minore (interpoderale, poderale, forestale, carrarecce, mulattiere e sentieri) che, a tal fine, deve essere dotata di cunette tagli acqua e di altre opere similari;*
   c) *in occasione di scavi connessi alla realizzazione di interventi urbanistico-edilizi, qualora sia individuata la presenza di acque sotterranee, devono essere eseguite idonee opere di intercettazione;*
   d) *nei territori boscati in abbandono e nelle aree cespugliate e prative ex coltivi, vanno favoriti sistematici interventi di recupero qualitativo dell'ambiente mediante l'introduzione di specie arboree ed arbustive conformi alle tipologie individuate dalla normativa forestale, tenuto conto delle funzioni del loro apparato radicale a contributo del consolidamento dei suoli ;*
   e) *le attività agro-forestali, al fine di non incidere negativamente sulla stabilità dei versanti, devono darsi carico, anche in base a specifiche normative e regolamenti di settore, di provvedere ad una adeguata*

gestione del soprassuolo, convogliare le acque di sorgente e di ristagno idrico nel reticolo di scolo, impostare adeguati canali di raccolta delle acque e mantenerne nel tempo la loro efficienza;

f) è fatto salvo, in ogni caso, il rispetto delle previsioni in merito alla gestione ed al miglioramento dei boschi e dei pascoli e delle relative modalità di utilizzazione previste dai Piani di assestamento ed utilizzazione del patrimonio silvo-pastorale, definiti ai sensi dell'art. 19 della l.r. n. 4/99.

3. *Al fine di preservare i suoli, nelle aree percorse da incendi boschivi devono essere approntate misure di contenimento dell'erosione del suolo, anche mediante l'utilizzo del materiale legnoso a terra e di quello ricavato dal taglio dei fusti in piedi gravemente compromessi e/o in precarie condizioni di stabilità. Ove ricorrano condizioni di possibile rischio di fluitazione del rimanente materiale legnoso a terra per effetto di eventi meteorici, sono adottate idonee misure di rimozione, riduzione o sistemazione dello stesso.*
4. *Al fine di mantenere le caratteristiche naturali del territorio, la realizzazione degli interventi di sistemazione è subordinata, per quanto possibile, all'impiego di tecniche naturalistiche, di rinaturalizzazione degli alvei dei corsi d'acqua e di opere di ingegneria ambientale volte alla sistemazione dei versanti.*

3.2 *ANALISI VINCOLISTICA*

Il presente paragrafo riporta la sintesi dei vincoli ambientali e territoriali esistenti nelle aree interessate dal progetto e nelle immediate vicinanze.

Vincoli Urbanistici

Con riferimento alla Carta dei vincoli del P.U.C. di Sanremo, l'area di interesse ricade, in parte, nella *Fascia di Rispetto Cimiteriale*.

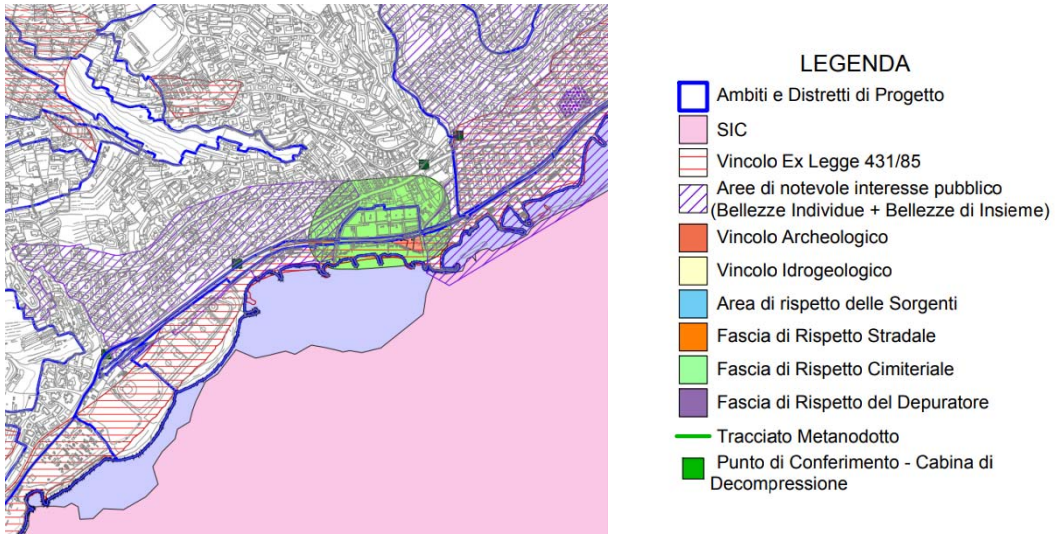


Figura 3.14. Stralcio "IS.6.03a CARTA DEI VINCOLI" P.U.C. di Sanremo"

Analizzando le Tavole di Sovrapposizione degli Ambiti e i Vincoli di Edificabilità, si hanno aree con *Divieto assoluto di edificazione* e tratti con *Edificazione con limitazioni.*

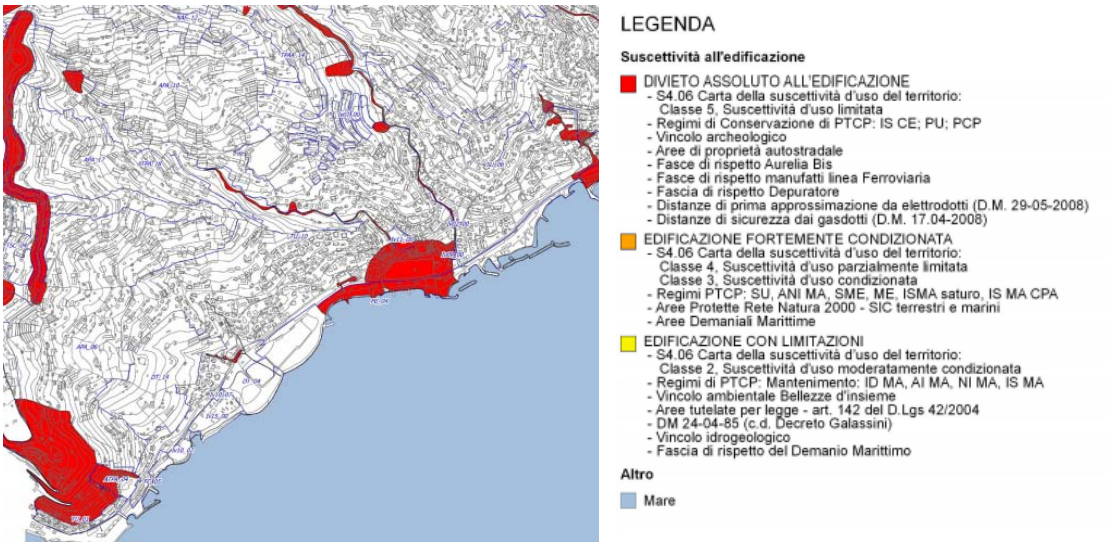


Figura 3.15. Stralcio "AggS.5.02.SOVRAPP. AMBITI E VINCOLI EDIFICABILITA' ASSOLUTI" P.U.C. di Sanremo"

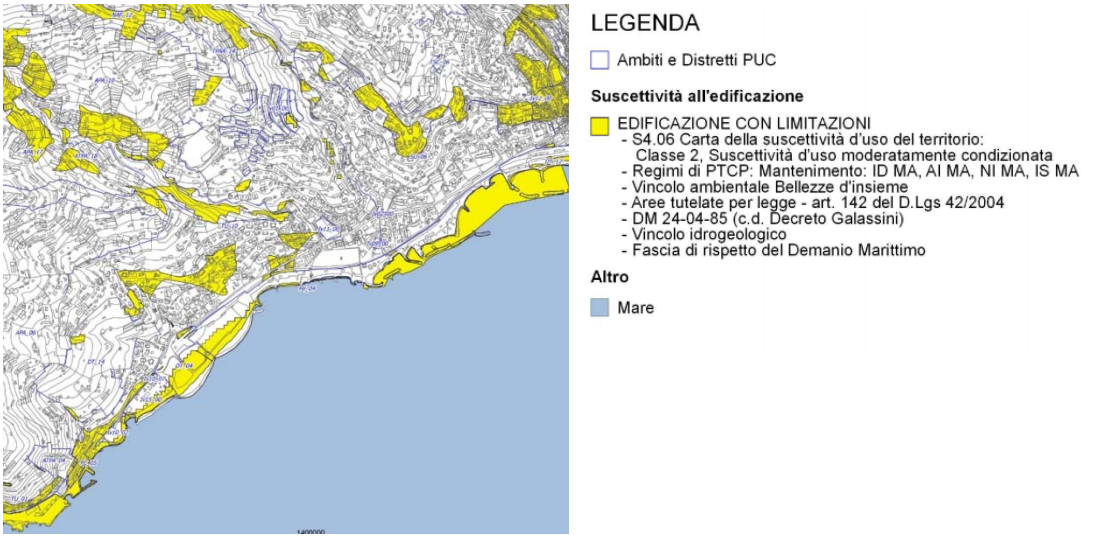


*Figura 3.16. Stralcio "*AggS.5.03.SOVRAPP. AMBITI E VINCOLI EDIFICABILITA' CONDIZIONATA*" P.U.C. di Sanremo"*

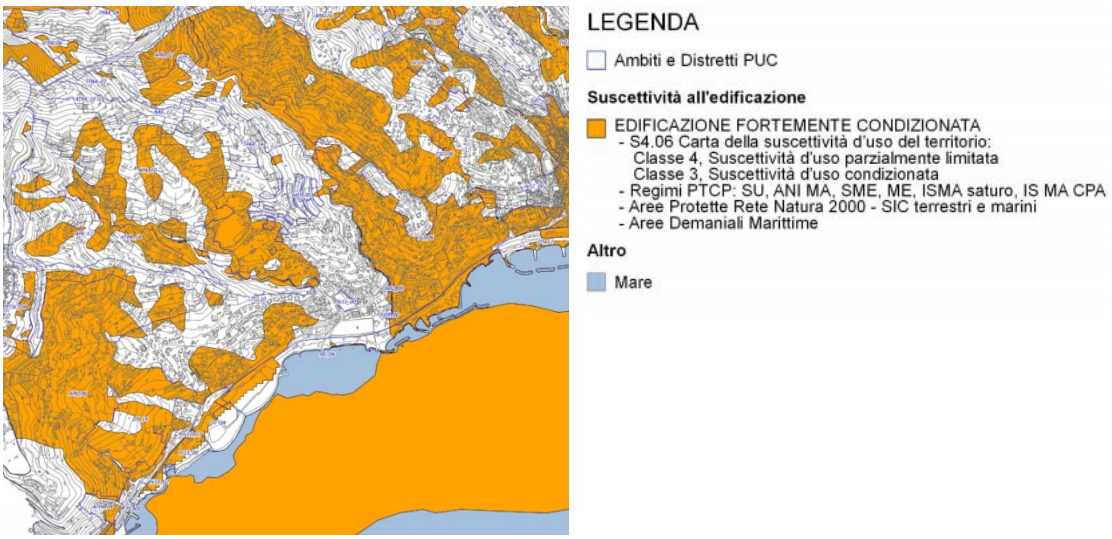


*Figura 3.17. Stralcio "*S.5.04.SOVRAPP. AMBITI E VINCOLI EDIFICABILITA' FORTEMENTE COND.*" P.U.C. di Sanremo"*

Vincoli Paesaggistico e Ambientali

Dalla ricerca effettuata emerge che l'intervento non interessa **Siti di Importanza Comunitaria (SIC)** ma attraversa un'area sottoposta a vincolo paesaggistico, ovvero un'area tutelata per legge ai sensi **dell'art.142 del D.Lgs. 42/04 comma *a) i territori costieri compresi in una fascia della profondità di 300 metri dalla linea di battigia, anche per i terreni elevati sul mare*.**

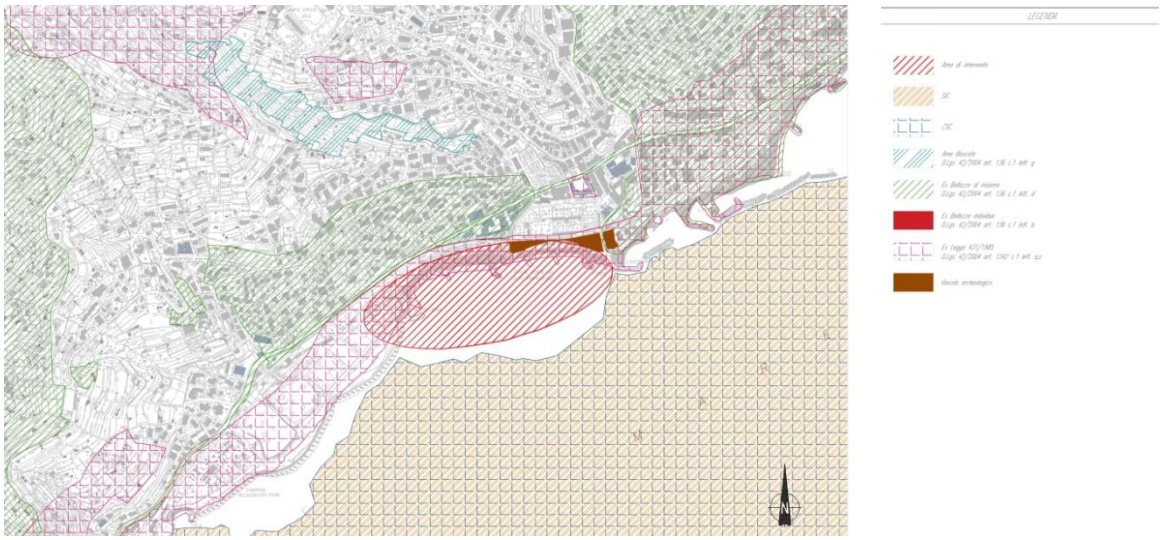


Figura 3.18. Stralcio "Carta dei vincoli paesaggistici e ambientali"

In virtù del regime vincolistico osservato, risulta necessario assoggettare gli interventi a procedura di autorizzazione paesaggistica (art. 146 e 149 DLgs 42/20004).

Vincoli Pai

La Regione Liguria, con decreto del Consiglio regionale n.94/1990, ha delimitato i bacini di competenza regionale, raggruppati in venti ambiti, che rappresentano le unità territoriali sulle quali attivare i processi conoscitivi e le successive fasi di programmazione e di intervento della pianificazione di bacino di propria competenza.
L'attività di pianificazione è stata prioritariamente sviluppata mediante i Piani Stralcio dell'Assetto Idrogeologico che riguardano gli aspetti connessi alle criticità conseguenti all'elevato rischio idrogeologico al quale è particolarmente esposto il territorio regionale.
I Piani Stralcio dell'Assetto Idrogeologico, approvati aggiornati e variati fino al 1 luglio 2015 dalle quattro Province quali organi dell'Autorità di bacino regionale, data in cui la Regione è subentrata nella competenza, sono stati, in vari casi, ulteriormente articolati in singoli bacini.

Dal 17 febbraio 2017 sono soppresse le Autorità di Bacino ex L. 183/1989 e i relativi organi, sostituite dalle nuove Autorità di Bacino Distrettuali.
Tuttavia continuano ad essere vigenti e pienamente applicabili, nei territori di riferimento, i Piani di Bacino stralcio, fino all'emanazione di corrispondenti atti adottati a livello distrettuale o a diverse disposizioni.
In data 29 ottobre 2018 è stato firmato l'accordo con l' Autorità di Bacino distrettuale Appennino Settentrionale ai fini di assicurare la continuità delle funzioni della soppressa Autorità di Bacino regionale, che prevede l'avvalimento delle strutture regionali operanti nel regime previgente.
Per l'area di interesse vige il PIANO DI BACINO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO SAN FRANCESCO (Ambito di Bacino di rilievo regionale:3–San Francesco), approvato con DCP n. 6 del 30/01/2003 e la cui Ultima variante è stata approvata con DDG n. 4145 del 15/07/2019 entrata in vigore il 31/07/2019.



APPROVAZIONE DEL PIANO
Delibera del Consiglio Provinciale di Imperia n. 6 del 30/01/2003
ULTIMA MODIFICA DEL PIANO
Decreto del Direttore Generale n. 4145 del 15/07/2019
ENTRATA IN VIGORE
BURL n. 31 del 31/07/2019 - parte II

Figura 3.19. Perimetrazione Bacino San Francesco (Piano di Bacino Stralcio per l'assetto Idrogeologico San Francesco)

Dall'analisi della Tav .14 "Carta del rischio idrogeologico", emerge che l'area di intervento è esente da Vincolo Idrogeologico.

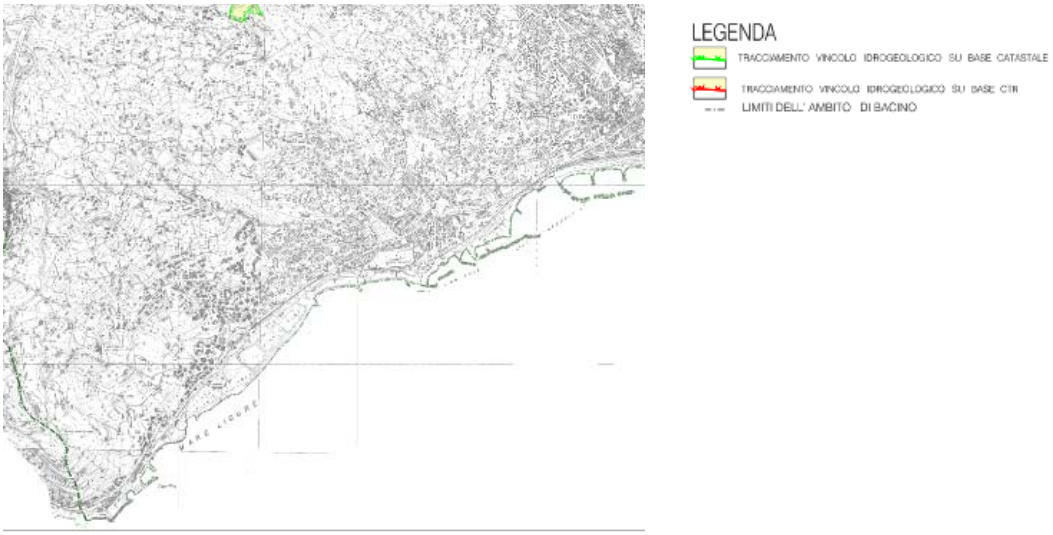


Figura 3.20. Stralcio "Tavola N.14_Carta del Vincolo Idrogeologico" (Piano di Bacino Stralcio per l'assetto Idrogeologico San Francesco)

Con riferimento alle Tav.16 bis "Carta del rischio idraulico" e Tav .16 "Carta del rischio geomorfologico", in cui sono stati individuati, ai fini della valutazione della priorità degli interventi di mitigazione del rischio e delle attività di protezione civile, le aree soggette a rischio idrogeologico di diverso livello in relazione agli elementi nelle stesse presenti, per l'area di intervento si hanno tratti classificate come:

- **Ri4- Aree a rischio molto elevato**
- **Ri2- Aree a rischio medio**
- **Rg0- Aree a rischio lieve o trascurabile**
- **Rg2- Aree a rischio medio**

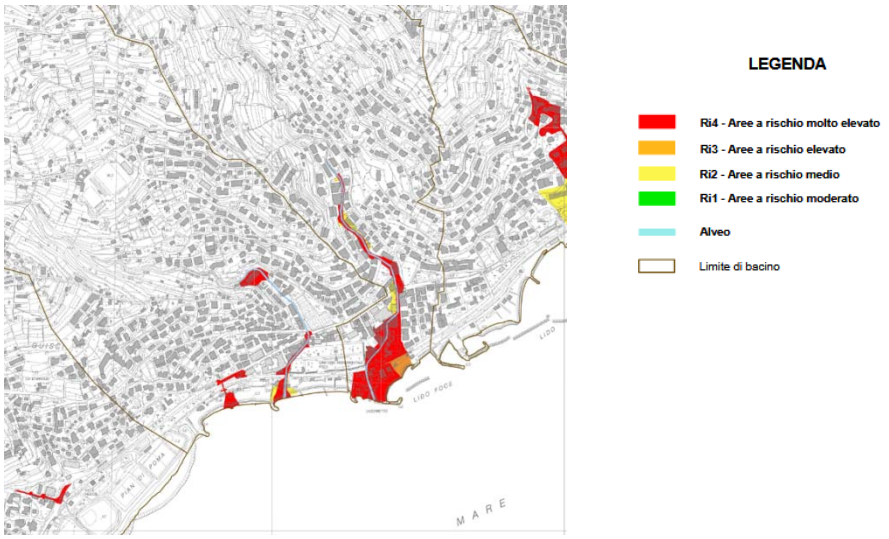


Figura 3.21. Stralcio "Tavola 16 bis_Carta del Rischio Idraulico" (Piano di Bacino Stralcio per l'assetto Idrogeologico San Francesco)

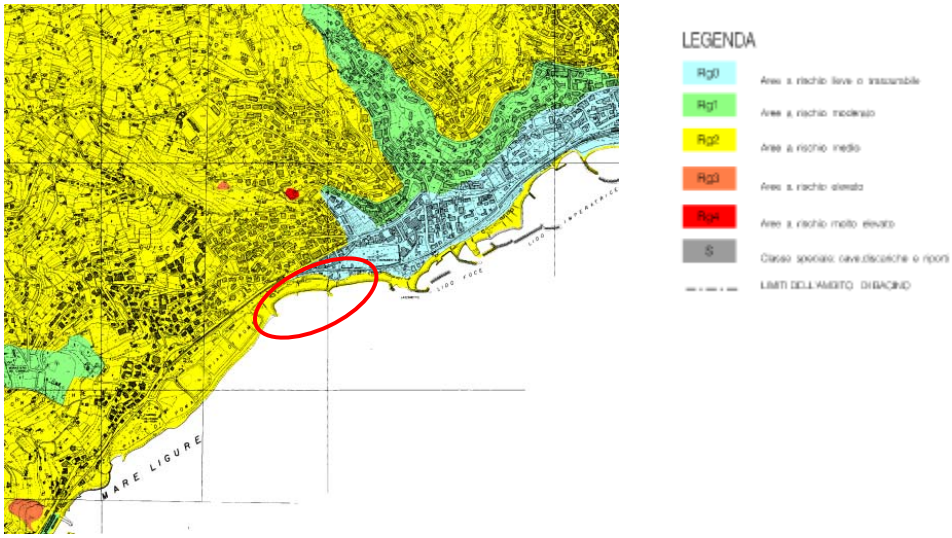


Figura 3.22. Stralcio "Tavola N.16_Carta del Rischio Geomorfologico" (Piano di Bacino Stralcio per l'assetto Idrogeologico San Francesco)

Vincoli Archeologici

L'area di intervento tocca in parte un'area soggetta a Vincolo Archeologico.



Figura 3.23. Estratto dal geoportale regionale Liguria.

Per le aree sottoposte a Vincolo Archeologico viene esclusa qualsiasi tipologia di intervento se non effettuata direttamente dal Ministero dei Beni Culturali e del Turismo tramite la Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la città metropolitana di Genova e le province di Imperia, La Spezia e Savona utilizzando operatori archeologici.

4 *STUDIO METEO MARINO*

Tale studio riguarda la modellazione del clima meteomarino al largo e sottocosta del paraggio di Sanremo.
La prima parte dello studio ha interessato i dati d'onda da cui poter effettuare le analisi delle registrazioni delle serie temporali delle grandezze sintetiche del moto ondoso (altezza d'onda significativa, periodo medio e di picco, e direzione media di provenienza del moto ondoso).
Successivamente, i dati d'onda dedotti dal modello atmosferico dell'ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) sono stati trasferiti al largo del paraggio di Sanremo, attraverso il metodo empirico della trasposizione geografica, che consente la determinazione dei valori di altezza e periodo nell'area oggetto di studio e, attraverso un altro approccio empirico, la determinazione della deviazione angolare che subiscono le onde nel trasferimento da un paraggio a un altro. Le analisi sono state effettuate in base all'esposizione geografica dei paraggi all'azione dei venti foranei attraverso la determinazione dei fetch geografici ed efficaci.
Le grandezze meteomarine al largo di Sanremo sono state opportunamente classificate in classi d'altezza d'onda significativa e direzione di provenienza del moto ondoso. Inoltre, sono state determinate le correlazioni esistenti fra i valori di altezza d'onda significativa, periodo medio e periodo di picco.
Le classi di altezza d'onda associate ai settori direzionali di provenienza delle onde sono state propagate da largo in un punto significativo sottocosta, con particolare attenzione alla batimetrica -10 m, in modo da quantificare precisamente gli effetti delle batimetrie sull'evoluzione delle grandezze del moto ondoso. La propagazione delle onde è stata effettuata attraverso un modello numerico basato sull'evoluzione spaziale dello spettro d'energia del moto ondoso, che tiene conto degli effetti combinati dello shoaling e della rifrazione.
Sulla base del clima meteomarino al largo, sono state determinate le mareggiate che hanno investito il paraggio di Sanremo ed è stata successivamente effettuata l'analisi degli eventi estremi di moto ondoso per differenti settori direzionali, ai fini della determinazione delle onde di progetto a prefissato tempo di ritorno. Per i tempi di ritorno più significativi, ovvero 10, 25, 50 e 100 anni,è stata quindi effettuata la propagazione delle onde di progetto nel punto sottocosta in esame, ai fini di eventuali dimensionamenti e verifiche delle opere di difesa costiera previste.
Ai fini di una successiva analisi morfologica e morfodinamica del tratto litoraneo di Sanremo, invece, vengono calcolate le onde di modellazione sottocosta, i flussi energetici del moto ondoso sottocosta e la profondità di chiusura di spiaggia.

4.1 *ANALISI DEI DATI D'ONDA*

La caratterizzazione del moto ondoso attraverso grandezze sintetiche rappresentanti stati di mare quali altezza d'onda significativa, Hs, periodo medio, Tm, periodo di picco, Tp, e direzione di provenienza del moto ondoso, Dir, al largo di Sanremo è stata effettuata a partire dal database ERA5 (attivato dal 2019) dell'istituto meteorologico dell'ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts). Si tratta di dati di moto ondoso ricostruiti, attraverso il modello di calcolo spettrale WAM, da dati meteorologici, in particolare da quelli di vento. I dati d'onda sono ricostruiti, sull'intero pianeta, in una serie di punti uniformemente distribuiti con un intervallo di 0.5° geografici e con intervallo temporale di 1 h. Tale database copre un lasso temporale che va dal 1° gennaio del 1979 al 31 dicembre 2018, per un totale di 350640 dati. Il nodo dei dati ERA5 di moto ondoso considerato al largo di Sanremo presenta le seguenti coordinate latitudine 43.50 e longitudine 8.00, e risulta corrispondere ad una profondità di 2480 m.
Le serie storiche dei dati d'onda dedotti dal dataset ERA5 sono stati sottoposti ad un'opportuna validazione, attraverso l'eliminazione degli eventi non registrati d e degli eventi considerati anomali. Sulla base di tali preliminari verifiche sui dati ondosi grezzi ricostruiti dal nodo ERA5 dell'ECMWF, gli eventi ondosi da considerare per le successive modellazioni meteomarine sono pari a 350640. Pertanto, il rendimento η,espressi in %, del nodo ERA5 nel periodo 1979-2018 risulta pari a:

$$\eta_{ERA5} = \frac{n.\,dati\ \ filtrati}{n.\,dati\ grezzi} \cdot 100 = 100\ \%$$

Le osservazioni ondose filtrate sono state ordinate per classi di altezza d'onda significativa pari a 0.5 m e per settori direzionali di provenienza del moto ondoso pari a 10°. Gli eventi caratterizzati da H_s<0.25 m sono stati considerati come calme.
I dati di moto ondoso in corrispondenza del nodo ERA5 sono stati ulteriormente elaborati per le succitate classi d'altezza significativa e settori direzionali di provenienza del moto ondoso, determinando per ciascuno di essa la frequenza semplice di apparizione delle onde. Gli stessi risultati ottenuti dai dati del nodo ERA5 sono riportati attraverso un istogramma in cui le calme (H_s<0.25 m) sono state separate dagli eventi di moto ondoso (H_s>0.25 m).

Inoltre sono state riportate, sotto forma di diagramma polare, le frequenze di apparizione delle classi di altezza d'onda significativa suddivise in settori direzionali di 10°. Gli eventi ondosi aventi H_s> 4 m sono stati raggruppati in una stessa classe in modo da avere una visualizzazione grafica più chiara. Si evince che il settore direzionale 220°-230°N rappresenta quello cui competono il maggior numero di eventi di moto ondoso.

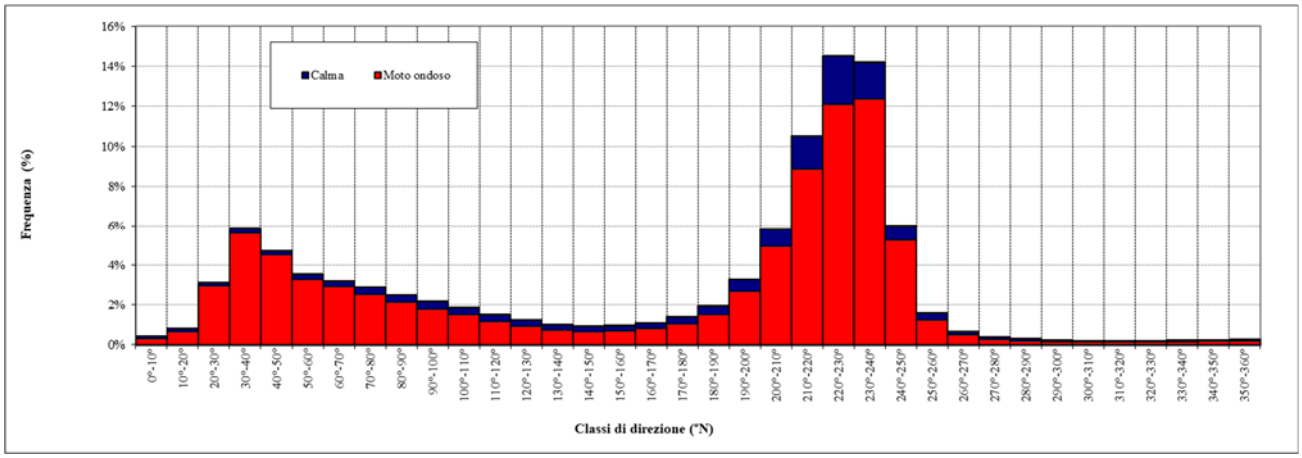


Figura 4.1. Percentuali di apparizione del moto ondoso in corrispondenza del nodo ERA5

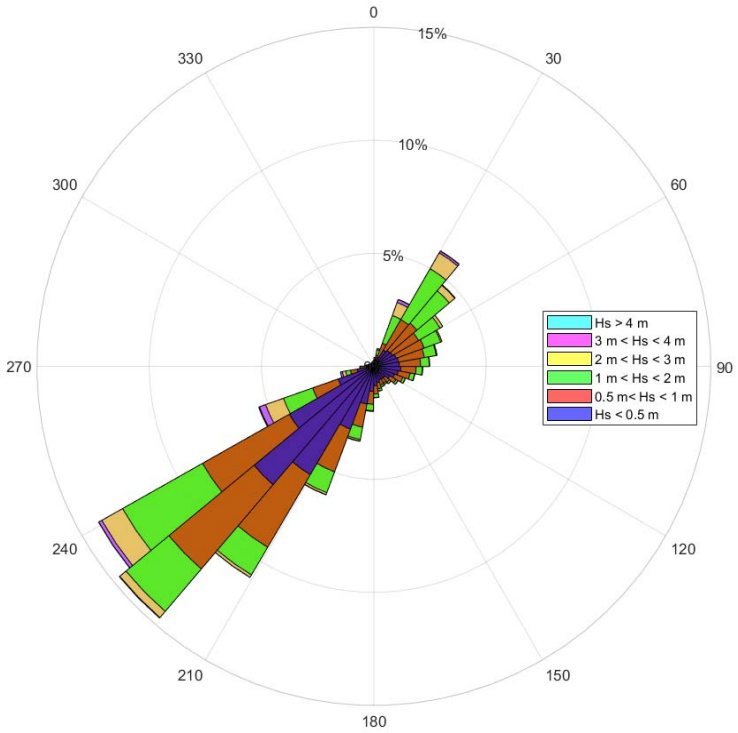


Figura 4.2. Diagramma polare delle frequenze di apparizione degli eventi di moto ondoso in corrispondenza del nodo ERA5

L'affidabilità dei dati ECMWF è stata valutata in diverse pubblicazioni scientifiche.

4.2 *CLIMA METEOMARINO AL LARGO DEL PARAGGIO DI SANREMO*

L'applicazione del metodo della trasposizione geografica dei dati di moto ondoso (altezza d'onda significativa, periodo medio e di picco) dal nodo ERA5 alla boa virtuale posta al largo del paraggio di Sanremo e del metodo per il calcolo delle direzioni del moto ondoso consente la determinazione del clima meteomarino al largo del paraggio in esame, con riferimento agli eventi ricadenti nel settore di traversia. Esso rappresenta un settore angolare comprendente tutte la

direzioni da cui si presumano possano provenire le agitazioni ondose determinate dai venti foranei. L'arco di circonferenza comprendente tutte le direzioni da cui possono provenire i venti foranei nel paraggio in esame è stato ottenuto considerando le possibili direzioni di provenienza delle onde sulla base della particolare esposizione del paraggio (Figura 4.3). Per il paraggio in esame il settore di traversia, su cui spirano i venti che possono creare significative agitazioni ondose, è compreso tra 60°N e 240°N, per un'ampiezza angolare pari a 180°. La scelta dell'ampiezza del settore di traversia è dettata dal fatto che, ampliando eventualmente tale settore, le onde risultano essere abbastanza sub-parallele alla costa e pertanto subiscono elevati abbattimenti per effetto del fenomeno della rifrazione nella loro propagazione sottocosta e quindi risultano essere ininfluenti nei riguardi dell'evoluzione morfodinamica del litorale e nella determinazione delle onde di progetto.
La totalità degli eventi di moto ondoso nel settore di traversia al largo di Sanremo risulta essere il 78.84 % delle registrazioni del nodo ERA5 che sono effettuate nell'intero settore angolare 0°-360°N.
Per gli stati di mare al largo di Sanremo dedotti dal nodo ERA5, gli eventi totali all'interno del settore di traversia, afferenti al periodo 1979-2018, risultano 276455, di cui 49862 eventi di calma, caratterizzati da H_S<0.25 m, che rappresentano il 18 % degli eventi totali nel settore.

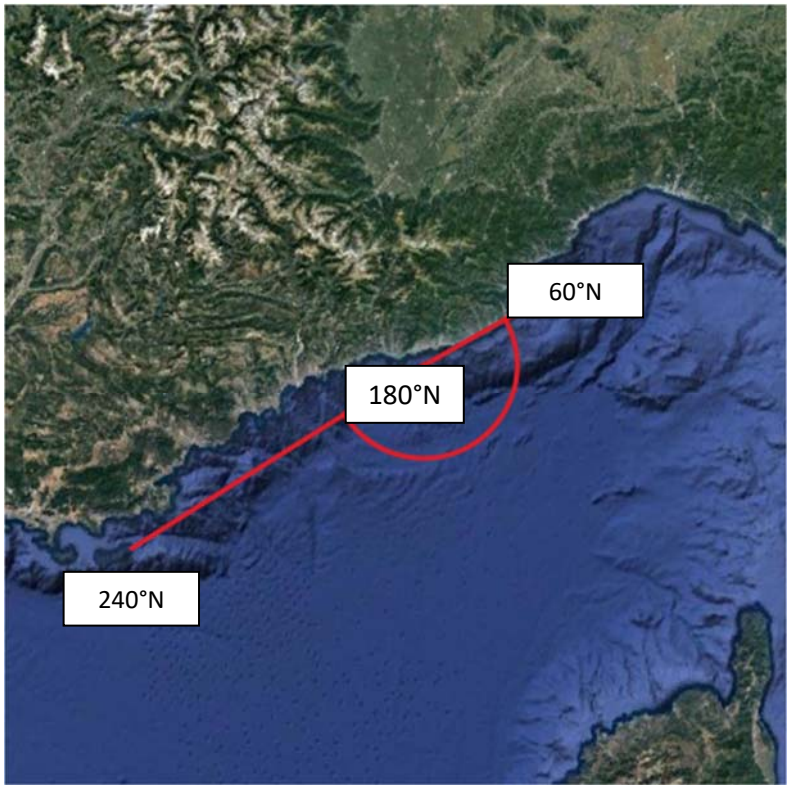


Figura 4.3. Individuazione del settore di traversia del paraggio di Sanremo

Come si può osservare dall'istogramma mostrato in Figura 4.4 e dal diagramma polare mostrato in Figura 4.5, risulta che, con riferimento alla suddivisione dei settori direzionali effettuati al largo del paraggio di Sanremo, gli stati di mari più frequenti provengono dai settori 230°-240°N

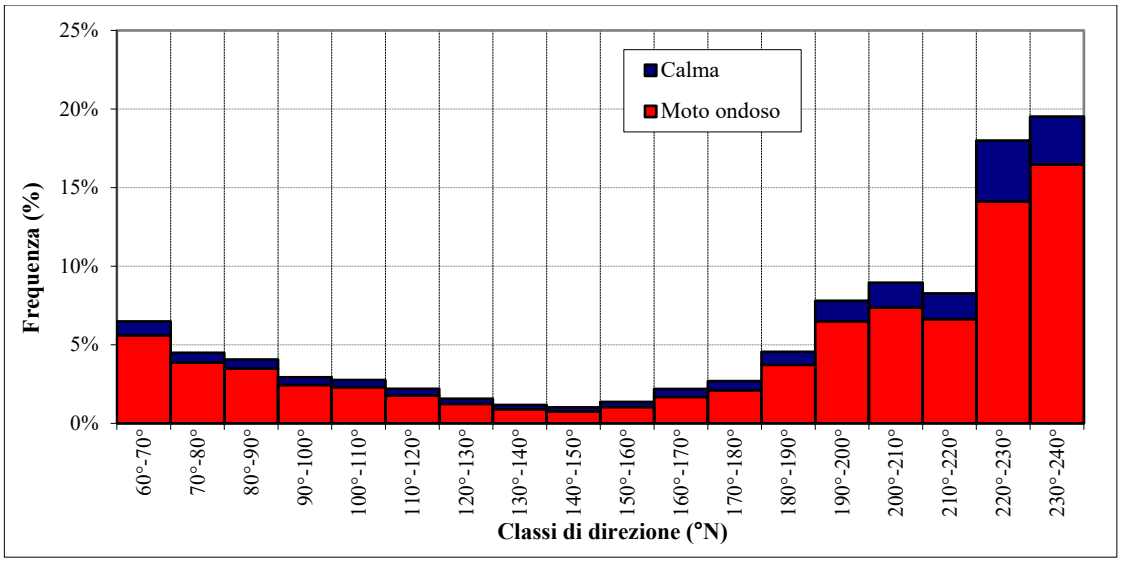


Figura 4.4. Percentuali di apparizione del moto ondoso al largo di Sanremo (dal nodo ERA5)

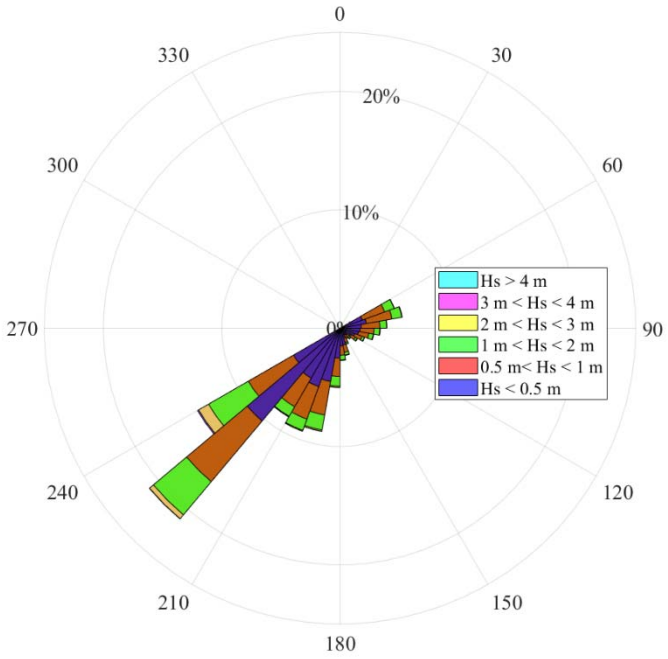


Figura 4.5 Diagramma polare delle frequenze di apparizione degli eventi di moto ondoso al largo di Sanremo (dal nodo ERA)

4.3 *EVENTI ESTREMI DI MOTO ONDOSO AL LARGO (ONDE DI PROGETTO)*

Al fine di verificare la stabilità delle opere marittime, è necessario conoscere l'onda di progetto, ossia quel valore dell'altezza d'onda che non sia superato in lunghi periodi di tempo. Ricorrendo a metodi propri dell'analisi probabilistica, la stima dell'altezza d'onda massima probabile è stata condotta secondo il seguente approccio:

- definizione dell'evento (eccedenze o massimi e quindi il livello di soglia o l'intervallo temporale);
- scelta della distribuzione probabilistica rappresentativa degli eventi statistici (campione degli eventi);
- valutazione del numero degli eventi nella vita presunta dell'opera;
- valutazione della distribuzione di probabilità dell'altezza d'onda massima.

L'individuazione dell'onda di progetto necessita la conoscenza delle caratteristiche delle mareggiate che si sono verificate nel paraggio considerato. L'approccio probabilistico porta alla determinazione di un valore di altezza significativa, H_s, in funzione del periodo di ritorno, T. Il periodo di registrazione dei dati di moto ondoso di input, ovvero quelli relativi ai 40 anni di dati dedotti dal nodo ERA5, risulta affidabile per la determinazione degli eventi estremi aventi tempi di ritorno

elevati, cioè pari a circa 3 volte la durata degli anni di osservazione (onde di progetto associate ad un valore massimo di T pari a 120 anni).
Partendo pertanto dalle serie storiche dei dati di moto ondoso trasposti al largo del paraggio di Sanremo(dai dati del nodo ERA5) riguardanti le altezze d'onda significative e la loro direzione di provenienza, è stata effettuata un'operazione di "estrazione" dalla popolazione dei dati, volta alla determinazione di un campione di eventi (altezze massime al culmine della mareggiata) omogenei e statisticamente indipendenti.
A tal fine, è stato assunto che l'agitazione della superficie libera possa essere considerata una mareggiata quando l'altezza significativa supera una determinata soglia, sulla base delle analisi delle mareggiate osservate per le boe italiane della RON (Corsini et al., 2002; Cavalieri et al., 2004), per un periodo di tempo significativo, considerato almeno di durata pari a 6 ore, e quando le direzioni di provenienza degli stati di mare rimangano confinati entro un settore angolare di massimo 30° (Corsini et al., 2002). La durata della mareggiata è quindi individuata da due attraversamenti della soglia, mentre la misura della sua intensità è data dalla massima altezza d'onda significativa verificatasi in tale durata. La direzione di provenienza della mareggiata viene posta pari alla direzione media registrata durante l'evento. Sulla base dell'indicazione dell'Atlante delle onde nei mari italiani dell'APAT (Corsini et al., 2002),è stata fissata una soglia di altezza d'onda significativa relative a 6 settori direzionali di riferimento, definiti ogni 30° e afferenti al settore di traversia in esame (Sanremo). In particolare, Hs_{soglia}= 2 m per i settori60°- 90°N, 90°-120°N, 120°-150°N, 150°-180°N, 180°-210°N e 210°-240°N.

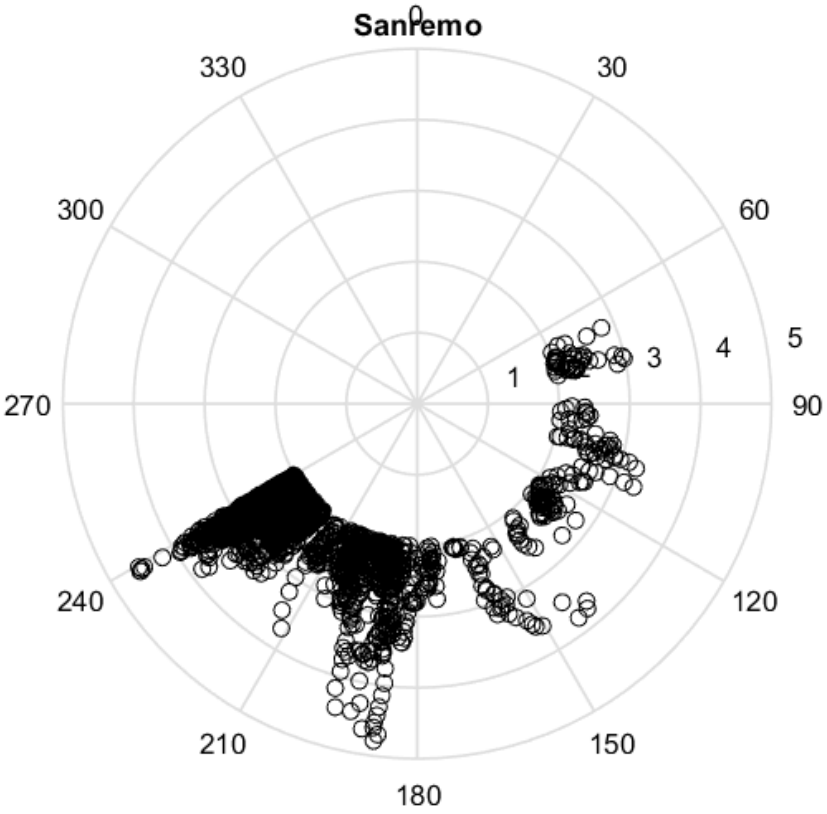


Figura 4.6 Diagramma polare delle altezze d'onda significative massime al culmine della mareggiata in funzione della direzione media di provenienza al largo di Sanremo (dai dati ERA5)

Al fine di determinare le altezze d'onda significative a prefissato tempo di ritorno *T*, si fa riferimento al metodo di Goda (1988), basato sulle seguenti ipotesi:

- tutte le altezze d'onda significative del campione provengono da una singola popolazione statistica di eventi di mareggiate;
- le altezze d'onda di una mareggiata sono ragionevolmente rappresentate dall'altezza significativa;
- le altezze d'onda estreme facenti parte del campione non sono limitate da qualche fattore fisico, come ad esempio la profondità in acque intermedie o basse.

In particolare, Goda considera le seguenti funzioni di distribuzione a lungo termine:

- $F\left(H_s \le \hat{H}_s\right) = e^{-e^{-\left(\frac{\hat{H}_s - B}{A}\right)}}$ distribuzione di Fisher-Tippet I (FT-I o Gumbel)

- $F\left(H_s \le \hat{H}_s\right) = 1 - e^{-e^{-\left(\frac{\hat{H}_s - B}{A}\right)^k}}$ distribuzione di Weibull

dove:
$F\left(H_s \le \hat{H}_s\right)$ è la probabilità che H_s non superi il valore di soglia di altezza significativa, $\hat{H}_s$ (in questo caso posto uguale a 3 m);

- *B* è il parametro del sito;
- *A* è il parametro di scala;
- *k* è il parametro di forma.

Il valore di *k* viene posto pari a 0.75, 1.00, 1.40 e 2.00. Al variare di tale coefficiente, si esaminano quindi 4 differenti distribuzioni a lungo termine di Weibull.
Il primo passo relativo all'applicazione della metodologia consiste nel prendere i valori di altezza d'onda significativa di input e posizionarli in ordine decrescente. A ogni valore di H_s viene assegnata una probabilità (plotting position) secondo le espressioni:

$$F\left(H_s \le H_{sm}\right) = 1 - \frac{m - 0.44}{NT + 0.12} \text{ (secondo la Fisher-Tippet I)}$$

$$F\left(H_s \le H_{sm}\right) = 1 - \frac{m - 0.20 - \frac{0.27}{\sqrt{k}}}{NT + 0.20 + \frac{0.23}{\sqrt{k}}} \text{ (secondo la Weibull)}$$

in cui:

- $F\left(H_s \le H_{sm}\right)$ rappresenta la probabilità che l'm-esima altezza significativa non venga superata;
- H_{sm} è l'*m*-esimo valore del campione delle altezze significative;
- *m* (livello del valore dell'altezza significativa) = 1, 2, …., N, in cui N rappresenta il numero totale delle mareggiate;
- *NT*è il numero totale degli eventi durante la lunghezza della serie storica considerata.
- I coefficienti ottimali della distribuzione Fisher-Tippet I (o di Gumbel) i coefficienti della plotting position sono stati ottenuti da Grigorten (1963), mentre quelli relativi alla distribuzione di Weibull sono stati ottenuti da Goda (1988).

Per tutte e 5 le distribuzioni (FT-I e Weibull con *k* = 0.75, 1.00, 1.40 e 2.00), sono stati considerati gli eventi a partire da un valore di soglia $\hat{H}_s$, fissato pari a 3 m o 4 m, a secondo del settore direzionale estremo selezionato. I parametri *A* e *B* vengono determinati verificando l'adattabilità ai dati delle 5 funzioni, attraverso un'analisi di regressione lineare effettuata con il metodo dei minimi quadrati. I calcoli sono basati sull'analisi di regressione lineare della relazione:

$$H_{sm} = \hat{A} y_m + \hat{B}$$

dove y_m (variabile ridotta) si calcola trasformando logaritmicamente le espressioni delle probabilità di non superamento, $F\left(H_s \le H_{sm}\right)$, ottenendo per le due distribuzioni selezionate:

$$y_m = -\ln\left[-\ln F\left(H_s \le H_{sm}\right)\right] \quad \text{(secondo la Fisher-Tippet I)}$$

$$y_m = \left\{-\ln\left[1 - F\left(H_s \le H_{sm}\right)\right]\right\}^{1/k} \quad \text{(secondo la Weibull)}$$

I valori di $\hat{A}$ e $\hat{B}$ rappresentano, rispettivamente, i parametri di scala e di sito ricavati dall'analisi di regressione lineare.
Per la selezione della funzione di distribuzione che meglio si adatta al campione dei dati in esame, con riferimento alle mareggiate afferenti ai diversi settori angolari di provenienza del moto ondoso al largo del paraggio in esame, si considera quella che fornisce il alto valore del coefficiente di correlazione, R^2. In Tabella 4.1 vengono mostrati, per il paraggio al largo di Sanremo, i valori dei coefficienti di correlazioni per le distribuzioni di probabilità adottate, evidenziando quelle

distribuzioni che forniscono il valore più elevato di R^2. Tali distribuzioni probabilistiche verranno considerate ai fini della determinazione delle altezze d'onda significative a prefissato tempo di ritorno. In particolare, per i settori60°-90°N, 150°-180°N e 210°-240°N si considera la distribuzione di Weibull con k = 1.4, per il settore angolare 90°-120°N si considera la distribuzione di Weibull con k = 2,per il settore angolare 120°-150°N si considera la distribuzione di Weibull con k = 0.75 eper il settore angolare 180°-210°N si considera la distribuzione di Weibull con k = 1.

Settore 60°-90°		Settore 90°-120°		Settore 120°-150°	
Distribuzione	R^2	Distribuzione	R^2	Distribuzione	R^2
Gumbel	0.944	Gumbel	0.978	Gumbel	0.796
Weibull k=0.75	0.894	Weibull k=0.75	0.799	Weibull k=0.75	0.908
Weibull k=1	0.953	Weibull k=1	0.903	Weibull k=1	0.874
Weibull k=1.4	0.962	Weibull k=1.4	0.971	Weibull k=1.4	0.806
Weibull k=2	0.932	Weibull k=2	0.995	Weibull k=2	0.728

Settore 150°-180°		Settore 180°-210°		Settore 210°-240°	
Distribuzione	R^2	Distribuzione	R^2	Distribuzione	R^2
Gumbel	0.961	Gumbel	0.966	Gumbel	0.989
Weibull k=0.75	0.846	Weibull k=0.75	0.939	Weibull k=0.75	0.903
Weibull k=1	0.937	Weibull k=1	0.989	Weibull k=1	0.976
Weibull k=1.4	0.976	Weibull k=1.4	0.982	Weibull k=1.4	0.997
Weibull k=2	0.967	Weibull k=2	0.935	Weibull k=2	0.974

Tabella 4.1 Coefficienti di correlazione per le distribuzioni di probabilità adottate al largo di Sanremo (dai dati ERA5)

Successivamente, i valori dell'altezza d'onda significativa per differenti periodi di ritorno sono calcolati, per le funzioni di probabilità considerate, mediante la seguente espressione:

$$H_{sr} = \hat{A} y_r + \hat{B}$$

dove:

$y_r = -\ln\left[-\ln\left(1-\frac{1}{\lambda T}\right)\right]$ (secondo la Fisher-Tippet I);

$y_r = \left[\ln(\lambda T)\right]^{1/k}$ (secondo la Weibull);

H_{sr} rappresenta l'altezza d'onda significativa, associata ad un periodo di ritorno T;

λ (numero medio degli eventi per anno) = NT/K;

K (lunghezza della registrazione dei dati di moto ondoso).

Per i periodi di ritorno più significativi, relativi a T = 10, 25, 50 e 100 anni e per i settori direzionali afferenti al settore di traversia di Sanremo, sono mostrati, rispettivamente, in Tabella 4.2 i valori di H_s a prefissato tempo di ritorno e i rispettivi valori di periodo medio, T_m, e di periodo di picco, T_p, ottenuti sulla base delle correlazioni altezze-periodi precedentemente determinate.

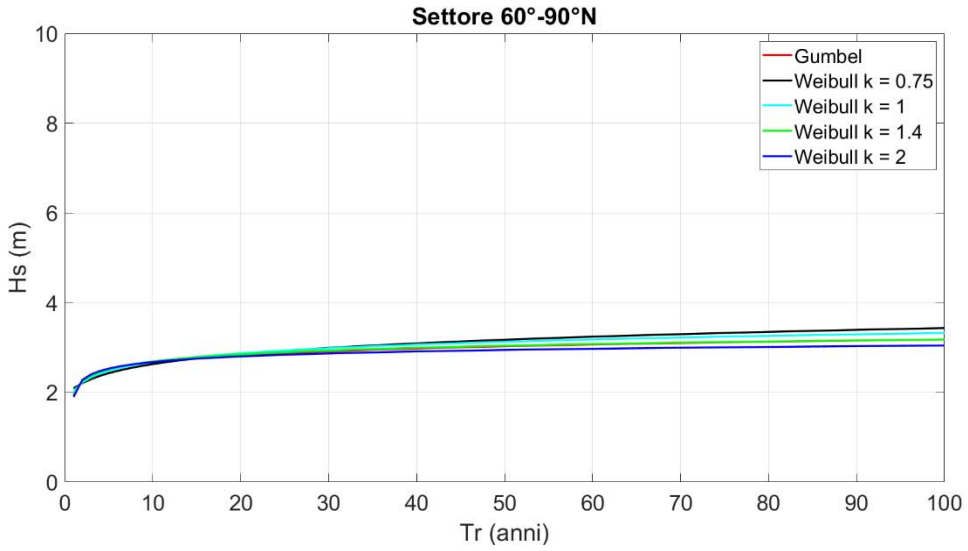
	Settore 60°-90°			Settore 90°-120°			Settore 120°-150°		
T (anni)	Hs (m)	Tm (s)	Tp (s)	Hs (m)	Tm (s)	Tp (s)	Hs (m)	Tm (s)	Tp (s)
10	2.69	6.52	7.57	3.02	6.76	7.85	3.00	6.75	7.83
25	2.89	6.67	7.75	3.19	6.89	7.98	3.41	7.03	8.15
50	3.04	6.78	7.86	3.31	6.97	8.07	3.75	7.25	8.39
100	3.18	6.88	7.97	3.42	7.04	8.16	4.11	7.47	8.63

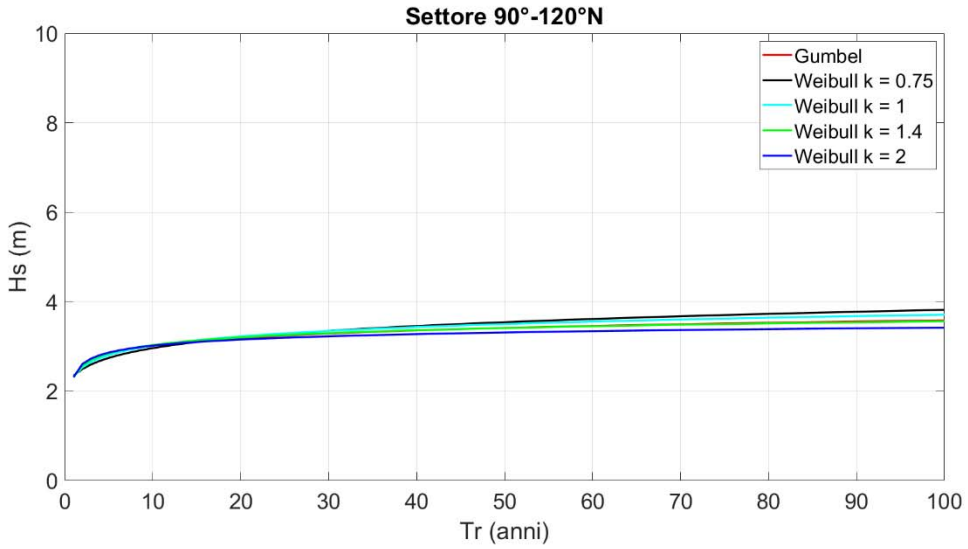
Settore 150°-180°	Settore 180°-210°	Settore 210°-240°

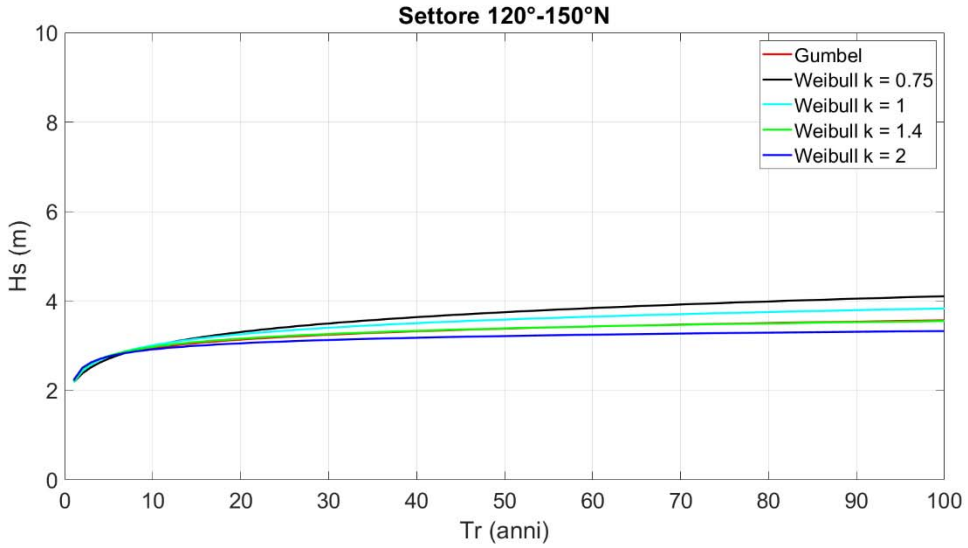
T (anni)	Hs (m)	Tm (s)	Tp (s)	Hs (m)	Tm (s)	Tp (s)	Hs (m)	Tm (s)	Tp (s)
10	3.32	6.97	8.08	4.58	7.73	8.92	4.30	7.58	8.75
25	3.62	7.17	8.30	5.08	7.99	9.21	4.63	7.76	8.96
50	3.84	7.30	8.45	5.46	8.18	9.42	4.88	7.89	9.10
100	4.04	7.43	8.59	5.84	8.36	9.62	5.12	8.01	9.24

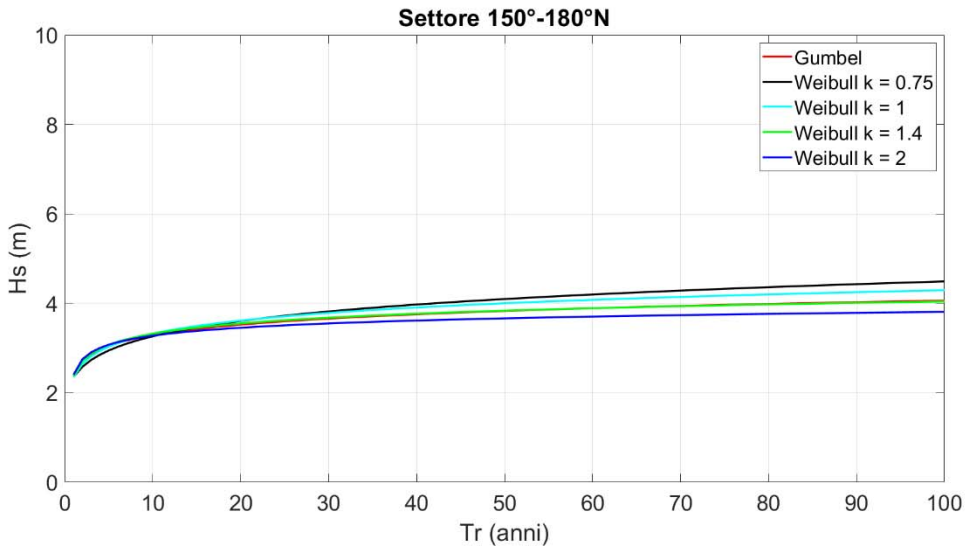
Tabella 4.2 Eventi estremi direzionali a prefissato tempo di ritorno al largo del paraggio di Sanremo (dai dati ERA5)

La Figura 4.6 mostra gli andamenti delle altezze d'onda significative in funzione del periodo di ritorno per i diversi settori direzionali considerati al largo di Sanremo e per le 5 distribuzioni probabilistiche utilizzate. I valori di altezza d'onda significativa presi in considerazione sono, come esposto in precedenza, quelli relativi alla distribuzione probabilistica che offre il maggior valore del grado di correlazione fra la variabile ridotta e l'altezza d'onda significativa al culmine della mareggiata.




Settore 90°-120°N
Gumbel
Weibull k = 0.75
Weibull k = 1
Weibull k = 1.4
Weibull k = 2
Hs (m)
Tr (anni)


Settore 120°-150°N
Gumbel
Weibull k = 0.75
Weibull k = 1
Weibull k = 1.4
Weibull k = 2
Hs (m)
Tr (anni)


Settore 150°-180°N
Gumbel
Weibull k = 0.75
Weibull k = 1
Weibull k = 1.4
Weibull k = 2
Hs (m)
Tr (anni)

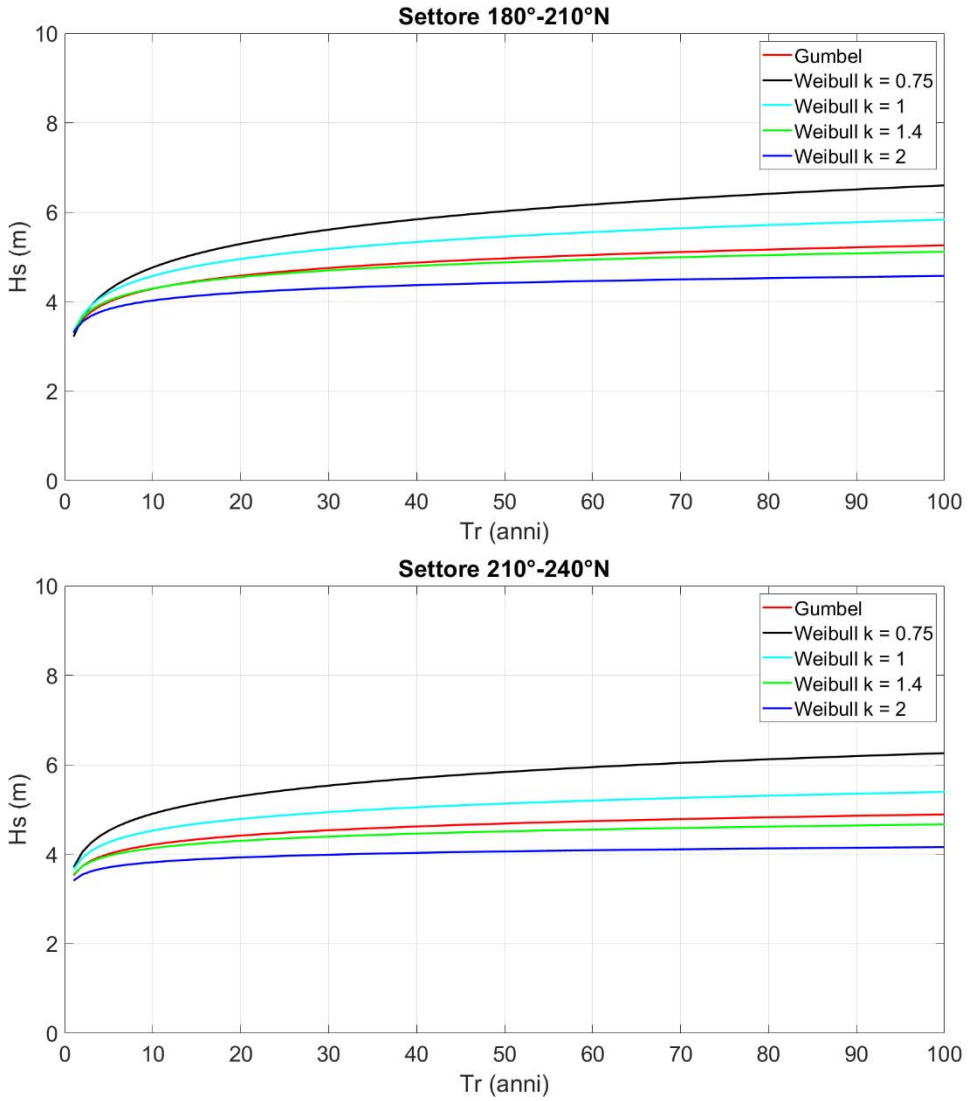


Figura 4.7 Variazione dell'altezza significativa, Hs (m), in funzione del periodo di ritorno per differenti settori direzionali al largo del paraggio di Sanremo (dai dati ERA5)

In Figura 4.9 vengono mostrate le percentuali di apparizione del moto ondoso sottocosta. Gli eventi di moto ondoso che caratterizzano il clima ondoso sottocosta sono suddivisi ogni 10° all'interno del settore angolare 60°-240°N. Gli eventi risultano ricadere prevalentemente nei settori direzionali 200°-210°N (23.34 %) e 190-200°N (20.71 %).

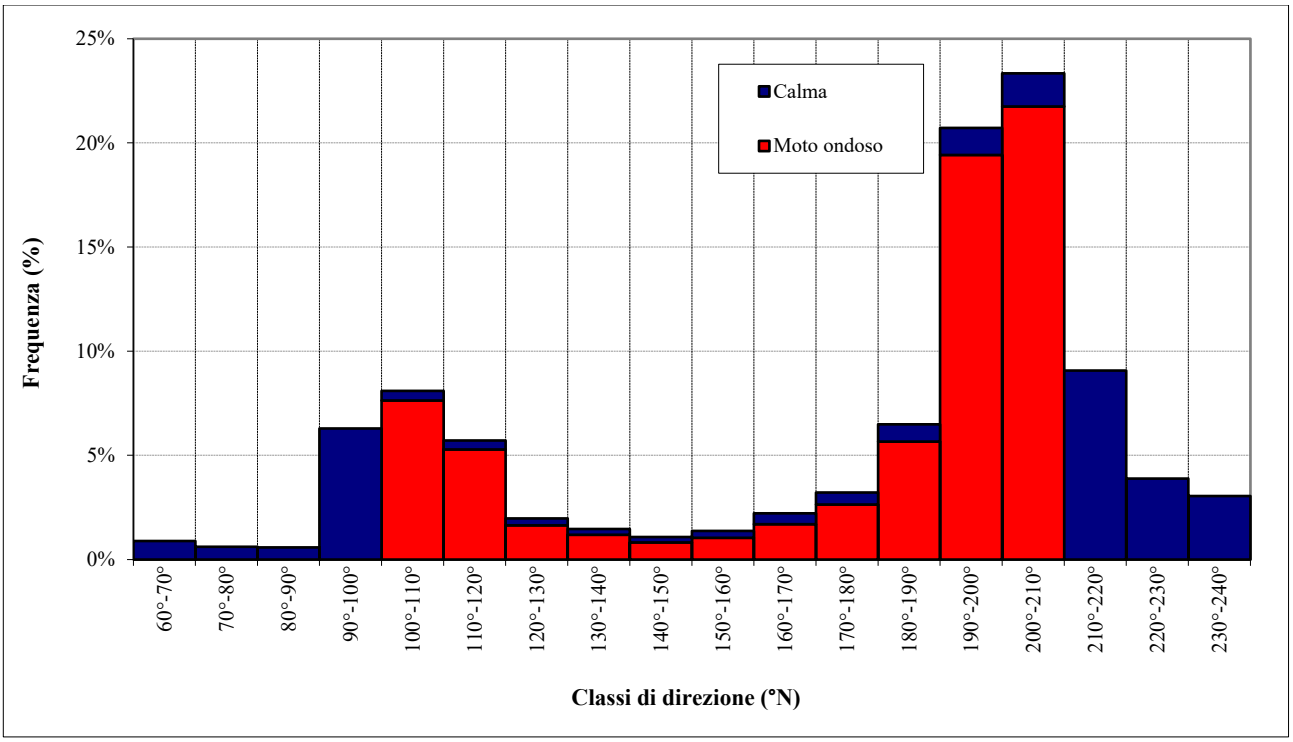


Figura 4.8 Istogramma relativo alle percentuali di apparizione del moto ondoso sottocosta per Sanremo (punto di coordinate nel dominio di calcolo: x = 5625 m, y = 2250 m)

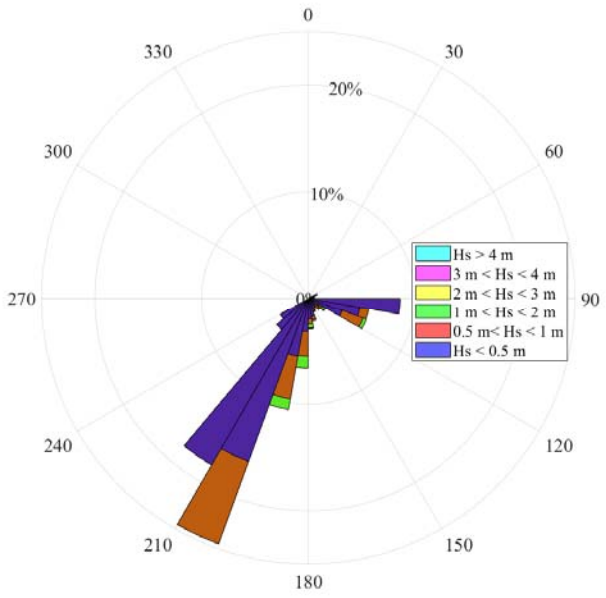


Figura 4.9 Diagramma polare delle frequenze di apparizione degli eventi di moto ondoso sottocosta per Sanremo(punto di coordinate nel dominio di calcolo: x = 5625 m, y = 2250 m)

Oltre alla propagazione del clima ondoso da largo verso riva, comprendente le diverse classi di altezza d'onda significativa suddivise per differenti settori direzionali, è stata effettuata attraverso il modello SWAN la propagazione degli eventi estremi di moto ondoso associati ai periodi di ritorni più significativi (T = 10, 25, 50 e 100 anni). Ciò risulta utile nel dimensionamento e nella verifica delle strutture di difesa costiera dall'erosione, in cui sono necessari i valori delle onde di progetto che possono direttamente incidere su di esse.

Dall'analisi dei risultati della propagazione effettuata con il modello numerico SWAN per gli eventi estremi direzionali di moto ondoso associati ai periodi di ritorno più significativi per il punto sottocosta in esame, si osserva un progressivo abbattimento delle altezze d'onda significative estreme da largo a sottocosta all'aumentare del tempo di ritorno.

4.4 *CLIMA METEOMARINO EQUIVALENTE (ONDE MORFOLOGICHE)*

Oltre alla modellazione del clima meteomarino al largo e sottocosta del paraggio di Sanremo, risulta utile conoscere, ai fini della caratterizzazione della dinamica del litorale in esame, in corrispondenza del punto sottocosta, il clima meteomarino equivalente annuale, ovvero le cosiddette onde di modellazione o morfologiche. Le analisi sono state effettuate a partire dall'analisi al largo delle serie di storiche del moto ondoso ottenute dalla trasposizione geografica dei dati ERA5 e dalla propagazione del clima meteomarino alla batimetrica - 10 m, in cui tutte le onde propagate con il modello SWAN non sono ancora frante per raggiunto limite di profondità.
L'onda di modellazione è caratterizzata da un'altezza d'onda, H_e, e da un periodo d'onda, T_e, rappresentative del contenuto energetiche per il settore considerato. Tale onda è in grado in indurre effetti sul litorale equivalenti a quelli indotti da tutte le onde sulla base delle quali è stata calcolata. Inoltre, in dipendenza dagli eventi selezionati per il calcolo, è possibile determinare l'onda di modellazione dell'anno statistico medio, attraverso una risultante annuale.
Derivando dalle serie di misure al largo e sottocosta dei paraggi di studio le coppie dei valori H_{si} e T_{pi}relative all'i-esimo tra gli N eventi di moto ondoso compresi in un dato settore di provenienza, l'onda di modellazione può essere determinata risolvendo il seguente sistema di due equazioni (Noli e Franco, 1989; De Girolamo e Di Risio, 2002):

$$\vec{F} = \left(\overrightarrow{H_e^{\,2} \cdot T_e}\right) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\overrightarrow{H_{si}^{\,2} \cdot T_{pi}}$$

$$R = \frac{H_e}{T_e^{\,2}} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{H_{si}}{T_{pi}^{\,2}}$$

dove $\vec{F}$ è la risultante del vettore del flusso di energia e R è la ripidità media delle onde.
In particolare, sulla base delle due precedenti equazioni, l'onda di modellazione è definita da un'altezza e da un periodo forniti dalle seguenti espressioni:

$$H_e = \left(|F|^2 \cdot R\right)^{\frac{1}{5}} = \left[\left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}H_{si}^{\,2} \cdot T_{pi}\right)^2 \cdot \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{H_{si}}{T_{pi}^{\,2}}\right]^{\frac{1}{5}}$$

$$T_e = \frac{|F|}{H_e^{\,2}} = \frac{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}H_{si}^{\,2} \cdot T_{pi}}{\left[\left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}H_{si}^{\,2} \cdot T_{pi}\right)^2 \cdot \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{H_{si}}{T_{pi}^{\,2}}\right]^{\frac{2}{5}}}$$

dove il modulo del flusso energetico totale, $|F| = \sqrt{F_E + F_N}$, essendo F_E e F_N, rispettivamente, le componenti del vettore del flusso energetico totale lungo la direzione O-E (Ovest-Est) e lungo la direzione S-N (Sud-Nord).
In particolare, i valori delle componenti F_E e F_N risultano:

$$F_E = Fsen(\alpha) \qquad \text{e} \qquad F_E = F\cos(\alpha)$$

essendo α la direzione di propagazione del singolo stato di mare registrato.
Per ciò che riguarda la direzione di provenienza dell'onda di modellazione annuale e direzionale, θ, pari a quella del vettore del flusso di energia, è stata applicata la seguente relazione, tenendo conto dei quadranti di esposizione del moto ondoso:

$$\theta = \arctan\left(\frac{F_E}{F_N}\right)$$

La durata delle onde di modellazione può essere calcolata facendo riferimento al numero di eventi *N* estratti dalla serie storica, tenendo conto che i dati di partenza ERA5 in esame sono a carattere orario. Si evidenzia inoltre che nei calcoli delle onde di modellazione è possibile escludere gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda significativa, H_s, inferiore a 0.5 m, in quanto dal punto di vista energetico, e quindi della capacità di "modellare" la spiaggia, si possono ritenere trascurabili.
In Tabella 4.3 sono mostrati i risultati relativi alle onde di modellazione annuali nel punto sottocosta in esame (-10 m).
Dall'analisi dei risultati ottenuti, l'onda di modellazione del paraggio in corrispondenza del punto sottocosta presenta:

	H_e (m)	T_e (s)	Dir (°N)
Paraggio	0.80	6.24	174.53

Tabella 4.3: Onda di modellazione

4.5 *FLUSSO ENERGETICO DEL MOTO ONDOSO SOTTOCOSTA*

L'energia totale, E, posseduta da un sistema di onde progressive può essere suddivisa in una componente di energia potenziale, E_p, e in una componente di energia cinetica, E_c. L'energia è generalmente espressa come media temporale per unità di superficie valutata su un'intera lunghezza d'onda. In base alla teoria di Stokes al 1° ordine, si ottiene che la densità media dell'energia totale del moto ondoso, espressa in N/m, è pari a:

$$E = E_p + E_c = \frac{1}{16}\gamma H^2 + \frac{1}{16}\gamma H^2 = \frac{1}{8}\gamma H^2$$

dove:
γ (peso specifico dell'acqua salata) ≈ 10104 N/m^3;
H è l'altezza d'onda.
Si definisce flusso di energia, P, espresso in W/m, di un'onda progressiva per unità di lunghezza di fronte d'onda, il prodotto dell'energia totale, E, per la celerità di gruppo dell'onda:

$$P = Ec_g = Enc$$

essendo:
c_g la celerità di gruppo;
n (funzione di dispersione) = $\frac{1}{2}\left(1 + \frac{2kd}{senh(2kd)}\right)$;
k (numero d'onda) = 2π/L;
d (profondità del fondale marino);
c (celerità di propagazione del moto ondoso) = L/T.
Spesso, nella caratterizzazione del clima meteomarino di un paraggio, si ricorre al concetto di flusso di energia introdotto in precedenza. Pertanto, a partire dalla determinazione dei dati d'onda sottocosta del paraggio di Sanremo, è possibile calcolare il flusso energetico ondoso, P, per unità di lunghezza di fronte d'onda. Per ogni settore angolare di provenienza del moto ondoso, viene determinato il valore medio annuo del flusso d'energia ondosa, P_{mj}, degli stati di mare ricadenti nel settore di traversia del paraggio in esame, attraverso l'espressione:

$$P_{mj} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i}{N}$$

dove:

- P_i è il flusso di energia del singolo stato di mare ricostruito;
- n è il numero di eventi totali ricostruiti per la singola classe di direzione e provenienza delle onde;
- N (numero di anni di ricostruzione del moto ondoso) = 40 anni.

La direzione risultante del flusso energetico del moto ondoso sottocosta lungo un litorale è utile per le considerazioni sul regime della dinamica litoranea. Infatti, la componente longitudinale del trasporto solido può essere correlata alla componente longitudinale del flusso di energia del moto ondoso al frangimento. Poiché il coefficiente di correlazione tra le due quantità risulta essere funzione di alcuni parametri che possono essere individuati solo sulla base della conoscenza storica dell'evoluzione planimetrica del litorale e delle caratteristiche dei sedimenti effettivamente presenti, quando ci si riferisce al solo flusso di energia del moto ondoso frangente, cioè in assenza degli elementi che consentono di calibrare la dipendenza funzionale tra le due quantità, si è soliti fare riferimento al trasporto solido potenziale.

In pratica, la conoscenza della componente longitudinale del flusso di energia del moto ondoso frangente implica la conoscenza del "motore" dei sedimenti (trasporto potenziale); l'effettivo trasporto solido ovviamente dipende sia dalla disponibilità dei sedimenti, sia dalle caratteristiche che ne determinano la mobilità. Pertanto, la conoscenza di una adeguata serie storica relativa alla componente longitudinale del flusso di energia delle onde al frangimento (trasporto potenziale) consente di determinare in modo accurato il verso del trasporto solido medio annuo, mentre fornisce solo una stima della sua effettiva quantità. Tuttavia, tale stima risulta di fondamentale importanza in quanto consente di eseguire numerose considerazioni di interesse applicativo e gestionale.
A tal fine risulta preliminarmente necessario ricostruire il clima ondoso poco oltre la linea di frangenti lungo una serie di punti considerati rappresentativi del litorale in esame.
Per ciascun punto è così possibile determinare, per ogni stato di mare ricostruito, il flusso di energia P del moto ondoso per unità di fronte d'onda. Successivamente, per ogni direzione di provenienza, è possibile determinare il valore medio del flusso energetico del moto ondoso, P_{mj}, degli stati di mare ricadenti nel settore di traversia.
Nel calcolo, in genere, si escludono gli eventi caratterizzati da un'altezza significativa inferiore a 0.5 m, in quanto dal punto di vista energetico e quindi della capacità di modellazione della spiaggia si possono ritenere trascurabili. Nelle Figure 4.10 e 4.11 sono mostrati i diagrammi polari del flusso energetico totale e medio annuo sottocosta.

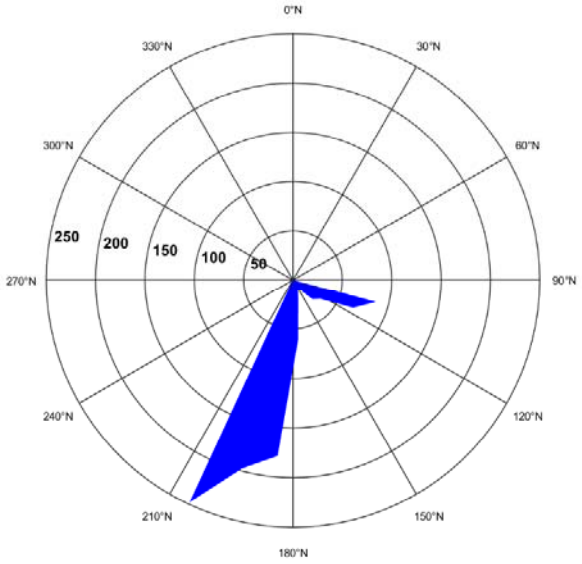


Figura 4.10 Flusso d'energia ondosa totale sottocosta

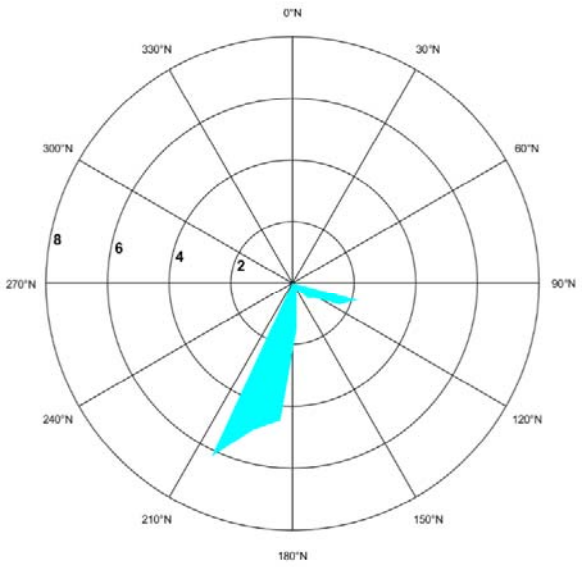


Figura 4.11 Flusso d'energia medio annuale sottocosta

Il flusso di energia per unità di lunghezza di spiaggia, Ps, espresso in W/m, è esprimibile mediante la seguente espressione:

$$Ps = Enc\cos\alpha$$

dove:
α è l'angolo di inclinazione delle onde rispetto alla normale alla linea di costa.
c_g la celerità di gruppo;
n (funzione di dispersione) = $\frac{1}{2}\left(1+\frac{2kd}{senh(2kd)}\right)$;
k (numero d'onda) = $2\pi/L$;
d (profondità del fondale marino);
c (celerità di propagazione del moto ondoso) = L/T.
La componente longitudinale del vettore del flusso di energia per unità di larghezza di spiaggia, Pls, espressa in W/m, viene espressa attraverso l'equazione:

$$Pls = \frac{1}{2}Encsen(2\alpha) = \frac{1}{2}Psen(2\alpha)$$

L'angolo medio della normale, α_{norm} (°), al litorale rispetto al Nord Cartografico, risulta pari a 155°N.
Si considera, per convenzione, positivo il valore del flusso longshore diretto da Sud a Nord e da Est verso Ovest. La direzione, $\alpha_{energia}$ = 174.53°N è coincidente con la risultante dei flussi energetici sottocosta caratterizzata dalla direzione dall'onda di modellazione annuale. Pertanto, ne conseguono dei valori di α (angolo di inclinazione delle onde rispetto alla normale alla linea di costa), molto simili fra loro, pari a:

$$\alpha_{P1} = \alpha_{energia\ P1} - \alpha_{norm\ P1} = -19.53°N$$

I risultati mostrano un valore del flusso longshore netto medio annuo diretto da Ovest a Est per il punto sottocosta, negativo per convenzione e pari a:

Pls= -11.94 W/m

4.6 *PROFONDITÀ DI CHIUSURA DI SPIAGGIA*

La profondità di chiusura di una spiaggia risulta la massima profondità del fondale in cui un'onda fa sentire i suoi effetti ai fini del trasporto solido litoraneo.
Il calcolo del suo valore può avvenire tramite la comparazione dei rilievi batimetrici delle medesime sezioni effettuate in anni diversi. In mancanza di queste informazioni, come nel caso del paraggio in esame, si può usare una delle relazioni semi-empiriche riconosciute in letteratura.
In particolare, per il paraggio di Sanremo si è fatto riferimento alla relazione di Hellermeier, secondo cui:

$$h_c = 1.6H_{0,12}$$

dove:
h_cè la profondità di chiusura;
$H_{0,12}$ è l'altezza d'onda a largo che compare per 12 ore l'anno, nel settore di traversia (345°-135°N) considerato per il paraggio oggetto di studio.
Il valore di $H_{0,12}$ si ricava dall'analisi statistica effettuata sui dati d'onda disponibili al largo di Sanremo (dedotti dal nodo ERA5), calcolando preliminarmente la percentuale di apparizione delle onde relative a tutti gli eventi registrati, *n*:

$$n = \frac{NT}{n_{H\alpha}} = 0.647$$

dove NT (numero totale di stati di mare individuati al largo del paraggio di Sanremo, esclusi gli eventi di calma) = 226593, ed $n_{H\alpha}$ rappresenta il numero di apparizioni che compete all'onda di altezza H_s e direzione α nei 40 anni di osservazione derivanti dalle registrazioni del nodo ERA5, pari a 350400, dato da 40*24*365.
Noto il valore di *n*, si ricava il tempo $t_{H\alpha}$:

$$t_{H\alpha} = n_{oreanno} \cdot n = 5664.8 \text{ ore}$$

essendo $n_{oreanno}$ (numero di ore in un anno) = 8760 ore.
Quindi, si contano tutte le classi d'altezza d'onda significativa determinate al largo di Sanremo, prescindendo dalla direzione e si sommano per tutte le direzioni considerate, determinando il tempo di apparizione totale della singola onda per tutto il settore di traversia, t_H:

$$t_H = \sum_{\alpha=\alpha_1}^{\alpha_2} t_{H\alpha}$$

dove α_1 e α_2 sono le direzioni estreme del settore di traversia.
Noto il valore di t_H è possibile ricavare una relazione fra H_s e t_H costruendo una curva che restituisce i tempi di apparizione di ogni singola onda.
Il valore di $H_{0,12}$ è immediatamente determinato intersecando la curva di apparizione con la retta parallela all'asse delle ascisse e passante per il punto di ordinata t = 12 h. In Figura 35 è mostrata la curva di apparizione delle onde per il paraggio di Sanremo. Dall'intersezione fra la curva di apparizione e la retta, si ricava $H_{0,12}$ = 3.35 m (vedi Figura 36) e si determina, attraverso la succitata relazione di Hallermeier, il corrispondente valore della profondità di chiusura, h_c **= 5.40 m**.

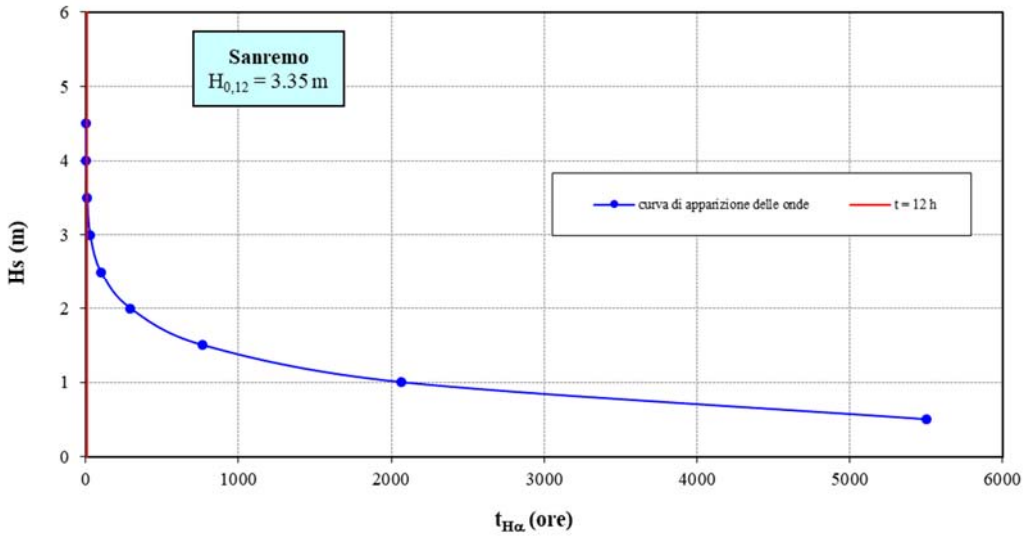


Figura 4.12Curva di apparizione delle onde (paraggio di Sanremo)

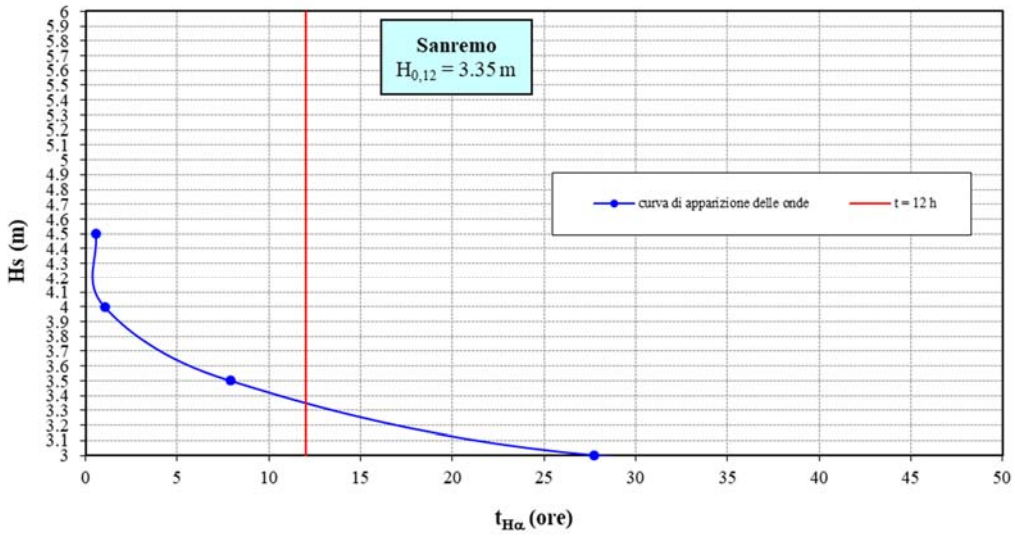


Figura 4.13 Particolare della curva di apparizione delle onde (paraggio di Sanremo)

4.7 *CONCLUSIONI*

I risultati ottenuti sono::

- Il trasporto solido sulla spiaggia è prevalentemente di tipo long-shore;
- La profondità di chiusura della spiaggia è -5,40 m;
- Non sono presenti torrenti nei pressi dell'area di intervento;

Tali condizioni al contorno suggeriscono l'impiego di opere di protezione di tipo TRASVERSALE (pennelli) poiché il trasporto solido prevalente si verifica LUNGOCOSTA. Il rischio di PERDITA DI SEDIMENTI verso il LARGO è ridottissimo per cui sono sconsigliate opere di difesa di tipo LONGITUDINALE (barriere emerse o sommerse). Infine, per avere un'opera a regime già al suo compimento vi è la necessità di attuare un ripascimento lungo tutto il tratto.

5 AMBIENTE

5.1 *STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE*

Lo studio di impatto ambientale è risultato necessario in quanto i lavori previsti rientrano fra quelli individuati al punto 7, lettera n, allegato IV alla parte II del D.lgs.152/06 (*opere costiere destinate a combattere l'erosione e lavori marittimi volti a modificare la costa, mediante la costruzione di dighe, moli ed altri lavori di difesa dal mare*), ossia progetti da sottoporre alla Verifica di Assoggettabilità alla procedura di V.I.A. Regionale.
Il suddetto studio ha messo in evidenza tutti quegli aspetti che possono avere un'influenza, seppur minima, in termini di impatto sull'ambiente delle opere da realizzare nell'ambito dell'Intervento di difesa della fascia litoranea. Sono stati quindi individuati gli impatti del progetto e le misure per mitigarli e compensarli.
Nel dettaglio, l'operazione di identificazione degli impatti consiste essenzialmente in un confronto fra le attività (o azioni) conseguenti al progetto in questione e le diverse componenti (o fattori) ambientali su cui esse hanno degli effetti (positivi o negativi).
Gli impatti sull'ambiente sono innescati, innanzitutto, da tutte quelle attività operative,esercitate per realizzare le opere in progetto. In base alle linee guida del 18/06/2001 dell'APAT (oggi ISPRA) si identificano le seguenti principali linee di impatto: aria, acqua, rumore, vibrazioni, vegetazione, fauna ed ecosistemi Per potere individuare e quindi valutare tutte le attività che, nel caso in esame,concorrono alla realizzazione dell'opera e alla determinazione di fattori causali di impatto, si è operata una scomposizione del progetto in tre fasi:

- Fase di cantiere;
- Realizzazione dell'opera;
- Fase di esercizio.

Per quanto attiene all'impatto sulla risorsa aria, lo stesso, è da ritenersi sostanzialmente contenuto. Lo si riscontra in fase di cantiere, laddove le operazioni dei mezzi provocano localizzate emissioni diffuse. È altresì opportuno evidenziare come tali emissioni diffuse possano efficacemente controllarsi attraverso idonee e costanti operazioni gestionali nel cantiere. In definitiva l'impatto sulla risorsa aria in fase di cantiere rappresenta comunque un impatto contenuto e limitato nel tempo. Le sostanze inquinanti immesse nell'atmosfera saranno temporanee e si prevede, oltre alle polveri derivanti dalle lavorazioni, anche altre emissioni, tra cui ossido di azoto, ossido di carbonio, ed una quantità minima di polvere di gomma derivante dalla fine polverizzazione dei pneumatici. In fase di esercizio, non vi sarà alcun incremento di impatto rispetto alla situazione attuale in fase di esercizio dell'area dopo la realizzazione dell'intervento.
L'impatto prodotto sulla risorsa aria,di entità media, è quindi reversibile e si esaurisce con la fine del cantiere.
Per quanto riguarda l'impatto indotto sul clima acustico in fase di cantiere, questo è legato ai mezzi di trasporto per l'approvvigionamento e il trasporto dei materiali e dalle macchine operatrici impiegate. Per quanto riguarda invece la fase di esercizio, il rumore prodotto non subirà incrementi. L'impatto prodotto da rumore, è quindi di entità media,reversibile e si esaurisce con la fine del cantiere.
Con riferimento alle opere a mare, in fase di cantiere, i principali aspetti da prendere in considerazione per le acque marine, potrebbero essere correlati a problemi di torbidità, in seguito al sollevamento dei sedimenti dal fondo verso la superficie, alla posa in opera delle opere e all'esecuzione del ripascimento. Si ritiene che non si possano avere particolari azioni di progetto, né nella fase di cantiere, né in quella di esercizio, che possano determinare impatti significativi sul suolo e sul sottosuolo, tranne localizzati disturbi.
La realizzazione delle opere non comporterà una modificazione degli assetti preesistenti del suolo e di conseguenza l'alterazione del sistema degli habitat di tali aree e di quelle immediatamente adiacenti. Per quanto attiene alla localizzazione (ambiente marino), la realizzazione delle opere in progetto non produrrà la sottrazione di aree importanti dal punto di vista trofico e riproduttivo per le specie presenti nell'ambito territoriale d'intervento. Nella fase di esercizio non si prevede l'uso di materiali e/o attrezzature tali da poter determinare inquinamenti o impatti negativi sul suolo e sottosuolo..
Le attività di cantiere per realizzare l'intervento provocheranno un aumento del rumore di fondo; tale rumore si segnala nell'immediato intorno dell'area di cantiere. Tale impatto, stante la localizzazione dell'intervento in un ambito alquanto

antropizzato, non interesserà comunque in maniera significativa alcuna area importante dal punto di vista delle presenze faunistiche. Tale impatto, da considerarsi comunque reversibile, risulta, come entità, alquanto trascurabile.
Il principale impatto potenziale negativo sulla componente ecosistemi marini può essere il versamento di sabbie e scogli sulle comunità che popolano l'area. Se questo crea un impatto lieve nella fase di cantiere, si può affermare che sarà completamente superato nella fase di esercizio.
Durante la realizzazione delle opere aumenterà il traffico in seguito ai trasporti dei materiali da e verso il cantiere. In fase di esercizio, l'intervento proposto non costituisce quindi alcuna intrusione visiva. Per quanto riguarda l'impatto socio-economico, si può osservare che l'intervento comporterà un collocamento più ottimale sul mercato turistico del tratto di litorale. Gli unici impatti negativi potrebbero riguardare, nella fase di cantierizzazione, i disagi alle abitazioni/locali limitrofi ed al traffico locale. Non si ravvisano quindi particolari interferenze con la salute pubblica ed il benessere della popolazione.
In sintesi, è possibile affermare che, le modalità di esecuzione prescelte garantiscono un minimo impatto ambientale sull'ecosistema costiero.
Le attività di realizzazione dell'opera sono state pensate per ridurre al minimo l'impatto ambientale di questa fase.
In fase di esercizio, l'impatto ambientale si può considerare praticamente nullo, anzi addirittura migliorativo nei confronti della zona.
Le opere previste non hanno impatti negativi sull'ambiente, e, non modificheranno il regime idrodinamico delle correnti marine per cui non potranno verificarsi effetti negativi sui litorali adiacenti.
La realizzazione delle opere di progetto non comporta modifiche della linea di costa (erosioni-accumuli) per le spiagge limitrofe in quanto l'unità fisiografica in oggetto può essere considerata isolata.

5.2 *RELAZIONE PAESAGGISTICA*

La Relazione Paesaggistica è stata redatta ai sensi del DPCM del 12 dicembre 2005, al fine di fornire la base di riferimento per le valutazioni di compatibilità paesaggistica previste dall'art. 146, comma 5 del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (di seguito chiamato Codice), di cui al Decreto Legislativo 22 gennaio 2004 n.42, inerente al suddetto Progetto.
Lo studio di impatto paesaggistico ha l'obiettivo di analizzare le opere in progetto in relazione alle unità di paesaggio che interessa, cercando di determinare i punti di "tensione paesistica" che si potrebbero generare.
Il testo legislativo di riferimento prevede la verifica della potenziale incidenza degli interventi in oggetto.
La realizzazione delle opere di progetto non comporta modifiche della linea di costa (erosioni-accumuli) per le spiagge limitrofe in quanto l'unità fisiografica in oggetto può essere considerata isolata. Tale asserzione risulta ulteriormente confermata dalla presenza , nelle spiagge adiacenti, di strutture di protezione fisse. Inoltre non si prevedono interazioni con il fondale marino; inoltre il posidonieto viene individuato a quote batimetriche ben distanti dal piede sommerso della nuova spiaggia o dal piede dei nuovi pennelli.
La realizzazione di nuove opere comporta inevitabilmente la trasformazione del territorio e dell'ambiente circostante. Tale effetto assume maggiore rilevanza quando l'intervento ricade in aree caratterizzate da un'elevata connotazione paesaggistico-ambientale; pertanto, al fine di evitare ingenti danni ambientali, a volte irreversibili o sanabili a costi elevatissimi per la società, occorre evitare la realizzazione di interventi non ecosostenibili, mediante una preventiva valutazione. La mitigazione degli impatti ambientali ha lo scopo, quindi, di reperire quelle soluzioni progettuali che favoriscano il miglioramento ambientale e paesaggistico del contesto, verificando la rispondenza dell'intervento ai canoni previsti da eventuali piani paesaggistici o urbanistici, la valutazione degli effetti che la realizzazione dell'intervento può avere nei confronti della salute dei cittadini e dell'ambiente, l'illustrazione delle ragioni che hanno portato alla scelta della soluzione progettuale in riferimento all'impatto ambientale e la determinazione degli eventuali interventi di ripristino ambientale, nonché l'indicazione delle norme di tutela ambientale cui l'intervento deve sottostare e dei relativi criteri tecnici utilizzati per rispettarle.
In effetti, in corso d'opera potrebbero verificarsi intorbidimenti del mare a causa del versamento dei materiali di ripascimento; si provvederà pertanto ad adottare quale misura di salvaguardia ambientale il preventivo lavaggio dei materiali. l'intervento in oggetto verrà realizzato con materiali idonei al versamento in mare quali materiale di fiume opportunamente vagliato e materiale di cava. Non si prevedono pertanto effetti negativi sulla salute umana.
Inoltre, ai fini della mitigazione degli impatti visivi la progettazione delle opere tenderà a realizzare il miglior compromesso tra dimensioni ed efficacia. Pertanto l'emergenza dei pennelli sarà contenuta entro i valori di altezza minimi in grado di garantire la funzione protettiva nel confronto del moto ondoso . Inoltre saranno utilizzati materiali cromaticamente coerenti con il contesto in cui l'opera viene inserita

6 GEOLOGIA E GEOTECNICA

6.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'estremo ponente ligure, in cui ricade l'area in studio, costituisce un anello fondamentale per la conoscenza del segmento meridionale delle Alpi Marittime, in cui sono presenti, procedendo da W verso E, sia zone dell'avampaese europeo sia il fronte delle falde alpine. Queste ultime vengono a costituire la parte sommitale dell'edificio alpino e sono rappresentate da successioni sedimentarie originariamente ubicate nell'area oceanica mesozoica interposta tra la placca europea (blocco Iberico-Sardo-Corso) e la placca africana (blocco Adriatico). Nell'area a partire dall'Eocene superiore, vengono a contrapporsi realtà geologiche diverse che testimoniano le ultime fasi dell'orogenesi europavergente, documentate dalla presenza sia di settori di avampaeseavanfossa sia dal fronte più avanzato delle falde alpine. La peculiarità è rappresentata dal fatto che il fronte delle falde risulta costituito dalle unità più interne, e quindi di pertinenza dell'oceano Piemontese-Ligure, che sono di fatto traslate e quindi sovrascorse sui domini più esterni, Piemontese e Brianzonese. Questo evento si sviluppa tra la costa ligure ed il colle di Tenda. Più a nord il fronte delle falde pennidiche risulta caratterizzato da unità Brianzonesi e Sub-Brianzonesi. Quanto sopra determina che nell'estremo ponente ligure compaiono sia unità tettoniche riconducibili a bacini sedimentari con substrato di crosta oceanica, sia unità di crosta continentale. Queste ultime risultano sia in posto che tettonicamente interposte tra l'avampaese ed il fronte delle falde. Assumendo un trasporto tettonico prevalentemente verso SW, l'attuale posizione geometrica delle unità tettoniche e le caratteristiche litostratigrafiche dei settori da esse non interessate documentano unità appartenenti ad almeno due domini paleogeografici, ciascuno caratterizzato da una propria sequenza stratigrafica e storia deformativa. L'estensione temporale delle coperture sedimentarie presenti in questi domini risulta, nell'area variabile. Quelle legate al substrato oceanico risultano di più breve durata, non potendo essere anteriori a quest'ultimo e non posteriori agli eventi collisionali. Va inoltre sottolineato che, nell'ambito delle varie unità tettoniche, gli spessori delle varie unità litostratigrafiche non sono sempre costanti, in quanto hanno subito laminazioni e rabotage basale.

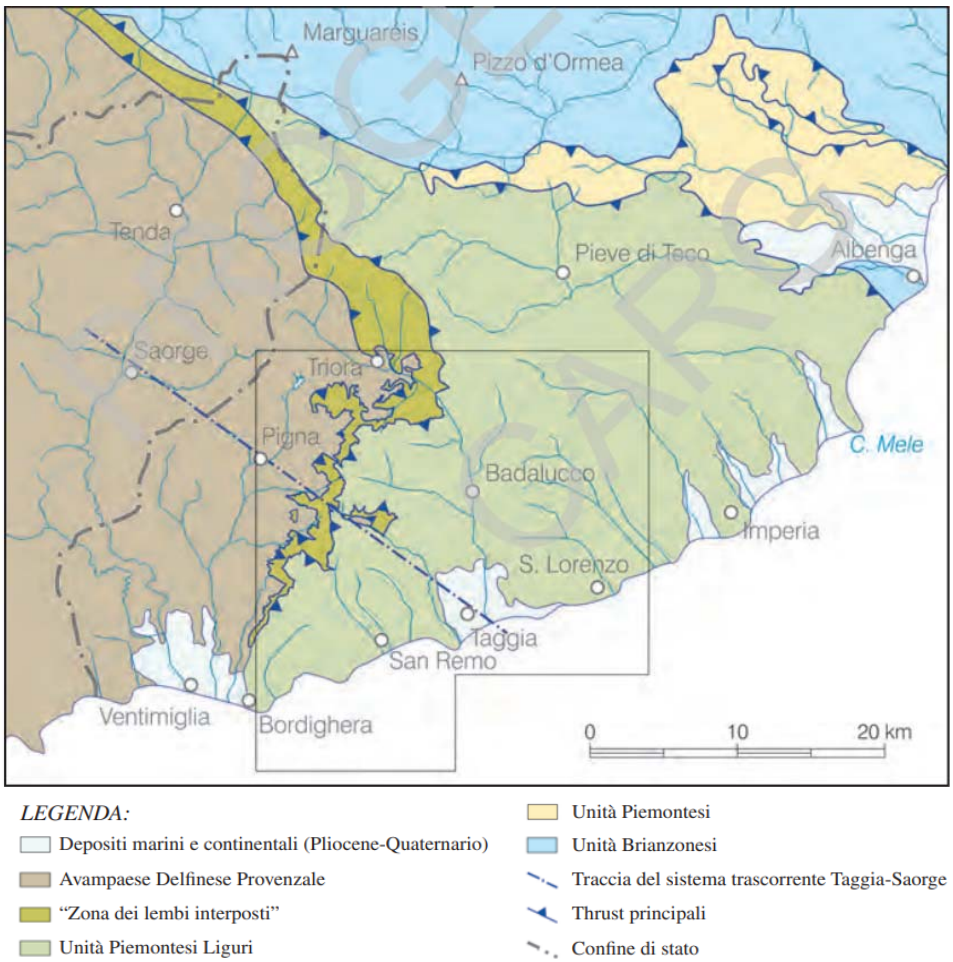


Figura 6.1–Schema geologico del segmento ligure delle Alpi occidentali

L'attuale catena montuosa delle Alpi Liguri è formata da enormi masse rocciose che, in seguito alle deformazioni della litosfera durante l'orogenesi, sono state dislocate dalla loro posizione originaria ed impilate una sull'altra. La loro posizione

geografica iniziale, precedente l'orogenesi, doveva quindi essere sostanzialmente diversa da quella odierna. Le fasi principali dell'orogenesi alpina si realizzarono nel settore delle Alpi Liguri all'incirca tra 90 e 40 milioni di anni, attraverso l'avvicinamento e la successiva collisione dei due paleocontinenti. Ciò produsse, oltre a subduzioni e riesumazioni, le deformazioni sia dei materiali oceanici interposti, sia di quelli continentali più vicini alle zone di margine, e quindi la loro traslazione verso l'avampaese venendo a formare un edificio a falde di ricoprimento. Ciascuna di queste costituisce oggi un'unità tettonica o stratigrafico-strutturale caratterizzata da una certa successione di terreni e da una determinata posizione geometrica nell'edificio, elementi che sono spesso sufficienti per identificare, con le limitazioni sopra dette, il Dominio paleogeografico da cui provengono. L'unità tettonica San Remo-Monte Saccarello (affiorante immediatamente a monte del tratto di litorale in esame) si è deposta all'interno dell'oceano Piemontese- Ligure in prossimità del margine Europeo. Con la chiusura dell'oceano Piemontese-Ligure, viene traslata fino alla posizione attuale e cioè al di sopra del Dominio Delfinese-Provenzale. Questa unità è quella che, all'interno dell'area, presenta l'assetto tettonico più complesso.

In ordine di sovrapposizione, dall'alto verso il basso, le unità tettoniche che affiorano nell'estremo ponenteligure e nel territorio comunale sono: unità tettonica San Remo-Monte Saccarello e unità tettonica Baiardo-Triora. Queste due unità sono presenti lungo un ampio settore che si estende dal Colle di Tenda sino a Bordighera, che rappresenta il fronte più avanzato dell'edificio Alpino.

6.2 *INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO*

Allo stato attuale il litorale compreso tra la scogliera frangiflutti del Lido Foce e la scogliera del terrapieno di Pian di Poma è costituito da spiagge, alcune ad uso pubblico ed altre ad uso privato, ad intenso utilizzo antropico.
I depositi afferiscono ai depositi delle aree emerse e sono distinguibili in:

- ✓ Depositi fluvio-marini terrazzati (gn1-2) – costituiti da depositi sabbioso-ghiaiosi, talvolta ciottolosi di ambiente di transizione marino-continentale, sospesi e localmente terrazzati, con spessore medio di circa 5 m.
- ✓ Depositi di spiaggia (g2) – costituiti da depositi ghiaiosi sabbioso-ghiaiosi di spiaggia emersa di origine sia naturale che antropica.
  Più in particolare la spiaggia emersa presenta granuli di dimensione crescente procedendo da ovest a est (salvo nel tratto centrale) e le berme principali arretrano progressivamente procedendo nella stessa direzione. Laspiaggia sommersa presenta granulometrie del campo delle sabbie con ghiaia presente in percentuale inferiore al 3,5%. E' presente anche un 6% di pelite, rilasciata dal terrapieno di Pian di Poma.
  Il sedimento della spiaggia sommersa presenta le seguenti caratteristiche granulometriche:
  - o il parametro "media" mostra valori crescenti verso Levante e verso le batimetrie maggiori a indicare la localizzazione delle zone più esposte;
  - o il parametro "classazione" peggiora spostandosi verso Levante, a causa del riflesso dovuto alla presenza delle scogliere dell'Imperatrice, e verso il largo;
  - o il parametro "asimmetria" presenta valori negativi alle batimetriche profonde indicazione dell'asportazione delle frazioni più fini.

  La distribuzione della classe modale 0.125-0.250 mm (sabbie fini) mostra un drift principale verso Levante, sostenuto dalle correnti long-shore.
  La composizione mineralogica del materiale presente oggi su queste spiagge è la seguente:
  - o calcari ≥ 90%
  - o silice ≤ 10%
  - o altro ≤ 2%

In particolare durante i periodi autunnali-invernali si osserva un irripidimento della linea di battigia ed una asportazione del materiale fine per effetto delle mareggiate; il suddetto materiale fine tende in particolari condizioni di mare, spesso coincidenti con la stagione estiva ad adagiarsi sulla battigia, in condizioni comunque raramente stabili.
Nel corso degli anni si sono osservate notevoli modifiche della presenza antropica sul litorale; infatti nel secolo diciannovesimo il tratto di costa si presentava a prevalente carattere naturale senza la presenza di difese o costruzioni artificiali.
Dopo la realizzazione del terrapieno di Pian di Poma si è osservato un aumento del litorale conseguenti agli apporti di materiale provenienti dal terrapieno stesso, prevalentemente costituiti da terre e smarino di cava

A monte del tratto di litorale strettamente in esame si rinviene il substrato roccioso che caratterizza l'areale di studio appartenente alla formazione del Flysch di San Remo – Membro di San Lorenzo (FSM4)costituito da strati arenaceo - argillitici, con intercalazioni di calcilutiti e rari strati marnoso - arenacei, attribuita al Maastrichtiano Sup.

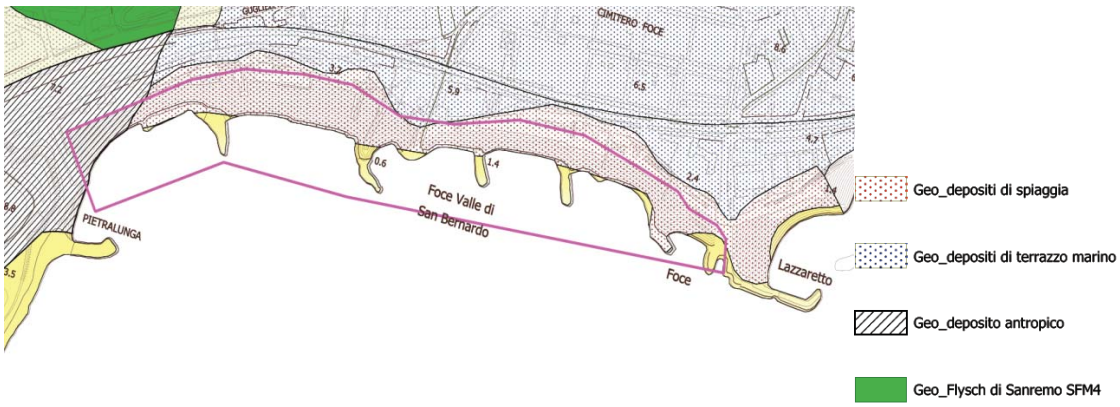


Figura 6.2–Stralcio, non in scala, della Carta Geologica

Lungo l'asta del Torrente Armea, dal quale potrebbero essere approvvigionati i materiali per il ripascimento, sono stati rilevati alluvioni sabbiosi-ghiaiosi mobili e/o stabilizzati.

6.3 *INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO*

Per una caratterizzazione idrogeologica dei terreni affioranti nell'area in studio le formazioni presenti sono state raggruppate in complessi idrogeologici aventi grado di permeabilità omogeneo. I fattori che condizionano la circolazione idrica sotterranea sono molteplici, ma tutti riconducibili alle caratteristiche idrologiche dei terreni. Queste ultime sono stimate in fase di rilevamento in maniera qualitativa.
Com'è noto le proprietà idrogeologiche dei terreni valutabili qualitativamente durante le fasi di rilevamento di campagna sono: il tipo di permeabilità, identificabile nella natura genetica dei meati (primaria o per porosità, e secondaria o per fessurazione), ed il grado di permeabilità relativa definibile in prima analisi attraverso le categorie elevato, medio, scarso e impermeabile a cui sono associabili ampi intervalli di variazione del valore della conducibilità idraulica, (Civita, 1973; Bureau of Reclamation, 1985; Celico, 1988).Considerando a grande scala il territorio di interesse, la circolazione idrica sotterranea è influenzata dalla presenza di terreni molto eterogenei in termini di valori di permeabilità.

La permeabilità delle varie formazioni geologiche nell'areale di interesse èstata valutata con riferimento al litotipo costituente principale. È stato quindi possibile eseguire la seguente distribuzione in classi di permeabilità:

- ✓ Semipermeabile:
  - Flysch di Sanremo.

In considerazione della tipologia delle formazioni di cui sopra e delle loro eterogeneità strutturale ecomposizionale, nonché della loro storia tensionale e del livello di fratturazione presente e infine dellefrequenti intercalazioni pelitiche impermeabili, che consentono talora la circolazione idrica solamentenelle porzioni arenacee e/o calcaree più fratturate, determinando la divisione dell'acquifero in piùcompartimenti stagni, si è ritenuto opportuno inserirle tutte all'interno della classe semipermeabile.

- ✓ Molto permeabile:
  - Depositi di spiaggia
  - Depositi fluvio-marini terrazzati.

I depositi di spiaggia, quelli alluvionali e i depositi fluvio-marini terrazzati consentono la formazione difalde generalmente libere, con circolazione concentrata nei litotipi ghiaiosi e/o sabbioso-ghiaiosi.

6.4 *MORFOLOGIA E DINAMICA DELLA LINEA DI RIVA*

L'intero litorale risulta essere orientato a circa 230° N ed è particolarmente esposto alla direzione di vento di libeccio; anche lo scirocco incide su direttrici critiche, ma il litorale risulta essere parzialmente protetto dal molo del Lido foce.
Allo stato attuale il litorale compreso tra la scogliera frangiflutti del Lido Foce e la scogliera del terrapieno di Pian di Poma è costituito da spiagge, alcune ad uso pubblico ed altre ad uso privato, ad intenso utilizzo antropico.
In particolare durante i periodi autunnali-invernali si osserva un irripidimento della linea di battigia ed una asportazione del materiale fine per effetto delle mareggiate; il suddetto materiale fine tende in particolari condizioni di mare, spesso coincidenti con la stagione estiva ad adagiarsi sulla battigia, in condizioni comunque raramente stabili.

Nel corso degli anni si sono osservate notevoli modifiche della presenza antropica sul litorale; infatti nel secolo diciannovesimo il tratto di costa si presentava a prevalente carattere naturale senza la presenza di difese o costruzioni artificiali.
Dopo la realizzazione del terrapieno di Pian di Poma si è osservato un aumento del litorale conseguenti agli apporti di materiale provenienti dal terrapieno stesso; tali materiali prevalentemente costituiti da terre e smarino di cava hanno però prodotto un inquinamento del fondale marino con conseguente soffocamento del posidonieto. Tale osservazione è stata poi confermata anche da studi specialistici che sono concordi nell'affermare che la realizzazione del terrapieno che in passato, non essendo protetto da scogliere ha provocato un continuo rilascio di materiale terrigeno.

La tendenza evolutiva rilevabile dal confronto delle cartografie storiche recenti e dalle riprese aeree disponibili è descritta nelle immagini riportate nelle seguenti figure. In esse sono poste a confronto le linee di battigia corrispondenti agli anni 2003 - 2017 con l'assetto attuale descritto dalle foto ricavate da Google Earth. I dati illustrati vanno così ad integrare quelli a base di gara che mostrano la tendenza evolutiva della linea di costa fino al 2007.



Figura 6.3–Confronto tra l'immagine della linea di costa al 2003 con quella del 2011 a seguito della realizzazione di alcuni interventi di difesa costiera, quali pennelli che hanno generato un avanzamento della line adi costa (freccia verde)



Figura 6.4– Immagine della linea di costa relativa al 2013, nella quale rispetto al 2011 si evidenziano tratti in arretramento e tratti in avanzamento



Figura 6.5–Immagine della linea di costa relativa al 2017, nella quale rispetto al 2013 si evidenzia un generale avanzamento, anche se minimo, della linea di costa.

La topografia della spiaggia emersa nella zona di Corso Marconi è stata profondamente modificata con la costruzione di un bauletto rigido a protezione della condotta fognaria a levante del torrente S. Bernardo realizzato nel 1990. In questo modo si è determinato un limite a cui si riconduce inevitabilmente la spiaggia invernale. Questo fatto se da un lato impedisce alle mareggiate più violente di sconvolgere la morfologia costiera del tratto in questione dall'altro non permette alla spiaggia di raggiungere il suo profilo di equilibrio. Infatti in occasione delle mareggiate il materiale di spiaggia che si accumula a valle del bauletto fognario risulta estremamente grossolano e sistemato su angoli di scarpa molto acclivi tanto da risultare difficilmente ridistribuitile lungo il profilo. E' necessaria quindi la continua opera antropica per eliminare il materiale grossolano e riportare la spiaggia verso pendenze più morbide compatibili con la stabilità dei sedimenti sabbiosi (che vengono riversati a seguito di ripascimenti stagionali).

La morfologia del fondale è caratterizzata da una pendenza piuttosto elevata che va dal 5% al 10% dagli 0 ai – 4m di fondale e più oltre, dai – 4m ai – 10 m la pendenza diminuisce sensibilmente assestandosi sul 2%. Nei rilevi batimetrici effettuati tra il 1997 e il 2001 (relazione Geol. Abbo) si evidenzia:

- 1997-1999 innalzamento dei fondali con individuazione, al largo, di zone di accumulo ed erosione orientate in direzione NNW e SSE. Questo fenomeno è da ricollegarsi ad azioni di "riequilibrio" del fondale, con allontanamento delle frazioni più fini (a seguito, prevalentemente, del deposito di materiale scaricato dai torrentidopo l'alluvione del 1998, secondo Abbo, e a causa principalmente del rilascio di materiale dal terrapieno, secondo Ferrari).
- 1999-2001 tendenza erosiva sottocosta con allontanamento di sensibili quantità di materiale verso il largo in corrispondenza della foce del San Bernardo. Verso il largo il fondale subisce un rialzo grazie principalmente al materiale apportato durante le alluvioni del 1999 e 2000 (o, secondo la teoria di Ferrari – Regione Liguria, per il rilascio di materiale dal terrapieno)
- 2001-2003 inversione di tendenza: erosione sui fondali al largo e depositi sottocosta ed in particolare nella zona di levante. Queste variazioni nella pendenza della spiaggia sono dovute alle correnti cross-shore che vanno considerate, insieme a quelle long-shore, durante la fase di progettazione in quanto incidono sulla stabilità del profilo di equilibrio.

6.5 *INQUADRAMENTO SISMICO*

In base alla zonazione denominata ZS9 (Meletti & Valensise, 2004) l'area in esame ricade all'interno della zona-sorgente denominata **910 (Arco Alpino)**. La zona 910 (22 in ZS4) è tuttora poco caratterizzata dal punto di vista sismotettonico, nonostante alcuni studi recenti (es. Eva et al., 2000; Larroque et al., 2001 e relativa bibliografia) ed il fatto che ad essa sia riferibile il forte terremoto del 1887 (Mw 6.29 in CPTI2). Dal punto di vista strutturale, essa è considerata (come il Vallese) l'area di svincolo che consente l'arretramento dell'arco alpino occidentale (Meletti et al., 2000). La zona 910 è peraltro caratterizzata da una sismicità più elevata dei settori in arretramento. Questo aspetto impone che essa venga separata dalle zone adiacenti. Nella tabella seguente sono riportati i dettagli delle misurazioni strumentali effettuate con riferimento alla zona 910, nella quale ricade l'area in esame.

ZONA	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (Km)	Profondità efficace (Km)
910	80	24	2	3.4	**8-12**	**10**

Tabella 6.6 - Dati emersi dal monitoraggio strumentale della zona 910.

Nella sottostante tabella si riporta la magnitudo momento massima "Mwmax" attesa per la ZS 910.

Zona sismica ZS9	Numero zona sismica	Mwmax
Liguria	910	6.27

Tabella 6.7 - Valori della Magnitudo momento massima "Mwmax" per la Zona Sismogenetica ZS9 923 (estratto da "Gruppo di Lavoro per la Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica" -2004).

Dalla carta delle MOPS, di seguito riportata, risulta che l'area in progetto è ubicata in un'area stabile, ma suscettibile ad amplificazione locale, associata ad una zona di attenzione per liquefazione.

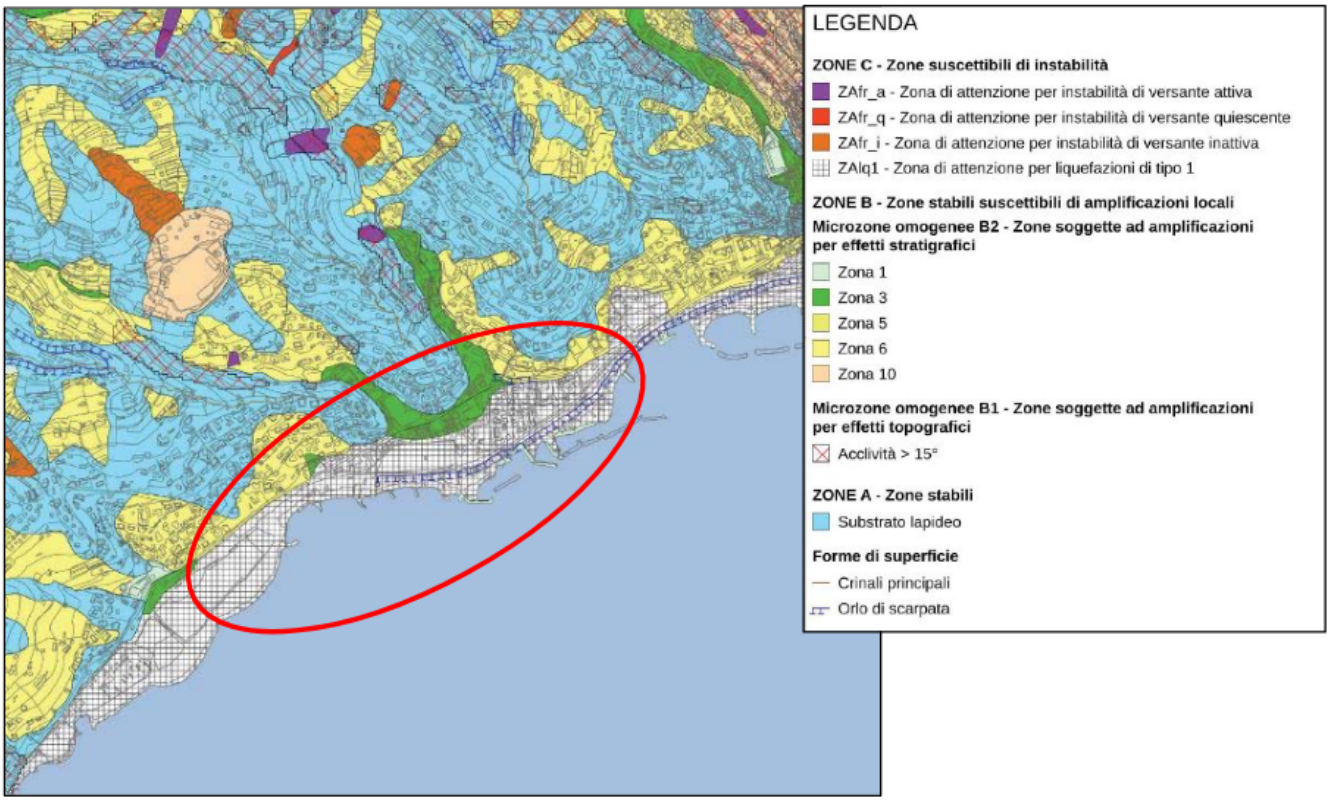


Figura 6.8– Stralcio Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) – Livello 1 , comune di Sanremo, con indicazione dell'area di studio

L'area in studio si inserisce in un contesto di alta pericolosità sismica; come si evince dalla figura seguente tratta dalla "carta delle zone sismiche della Regione Liguria", l'area in esame ricade in zona 3S con ag max=0,180g.

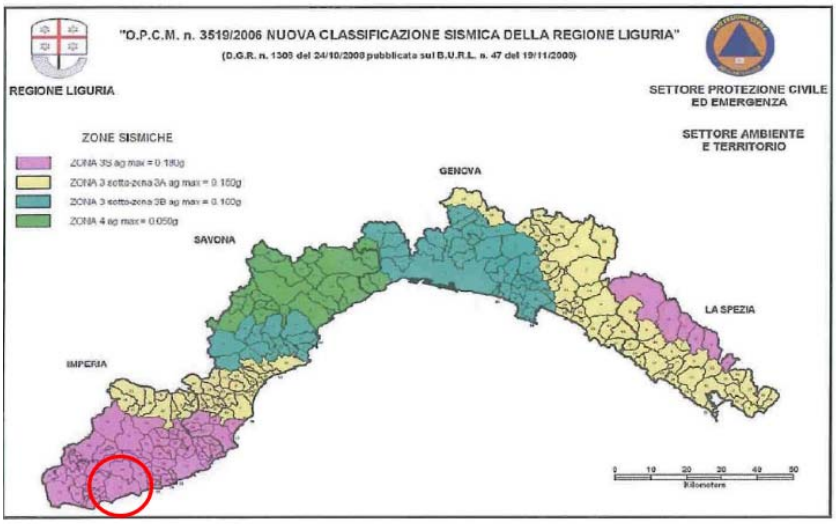


Figura 6.9– Carta delle zone sismiche, Regione Liguria , con indicazione dell'area di studio.

Dalla mappa di pericolosità sismica della figura seguente si evince come i valori medi (con deviazione standard) corrispondenti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni) della PGA (Peak Ground Acceleration, ovvero accelerazione massima al suolo) nel settore di interesse siano compresi nel range 0.150 – 0.175.

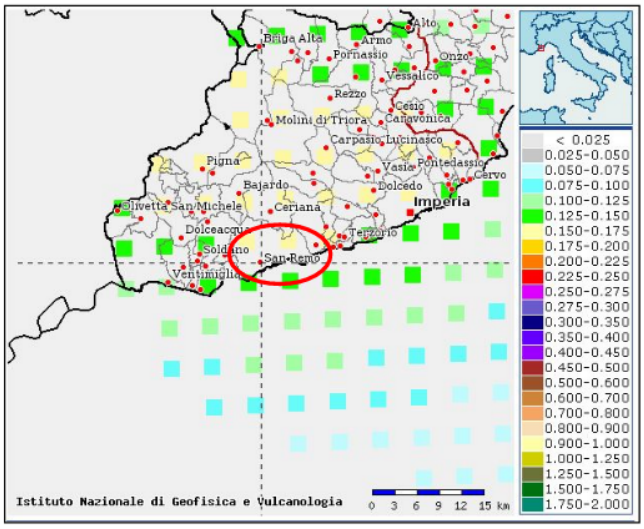


Figura 6.10– Mappa di pericolosità sismica di base tratta dal sito dell'INGV, con indicazione del settore di interesse.

In conclusione, l'area d'interesse progettuale si inserisce in un contesto di media pericolosità sismica.

6.6 *CATEGORIA DI SOTTOSUOLO*

Alla luce delle indagini geofisiche, reperite da altri studi nell'area di interesse, l'areale di progetto è caratterizzato dalla categoria di sottosuolo: B " Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

6.7 *SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE LOCALE*

Per la valutazione dello spettro di risposta elastico (componente orizzontale e componente verticale) dell'area investigata si è fatto riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

- Amplificazione topografica: Per il sito in esame, ricadendo nella porzione litorale di ponente a sud del centro abitato, si è fatto riferimento alla categoria topografica T1.

Categoria Topografica	Ubicazione dell'opera	ST
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

- Amplificazione stratigrafica: Nel caso in esame, si considerano i valori relativi alla categoria di sottosuolo B.

Categoria di sottosuolo	SS	CC
A	1.00	1.00
B	$1.00 \le 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \le 1.20$	$1.10 \cdot (T_C^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \le 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \le 1.50$	$1.05 \cdot (T_C^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \le 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \le 1.80$	$1.25 \cdot (T_C^*)^{-0.5}$
E	$1.00 \le 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \le 1.60$	$1.15 \cdot (T_C^*)^{-0.40}$

- Vita nominale: Nel caso del presente intervento si considera "Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari"; VN =50 anni. Le verifiche sismiche di opere di tipo 1 o in fase di costruzione possono omettersi quando il progetto preveda che tale condizione permanga per meno di 2 anni.

TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di VN (anni)
Costruzioni temporanee e provvisorie	10
Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

- Classe d'uso:All'opera in oggetto viene assegnato una Classe d'uso II "Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con

attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti", a cui corrisponde un coefficiente d'uso: Cu =1.0

CLASSE D'USO				
Classe	I	II	III	IV
Coefficiente Cu	0.7	1	1.5	2

- Periodo di riferimento per l'azione sismica: Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto VN per il coefficiente d'uso CU; pertanto, con riferimento a quanto esposto ai paragrafi precedenti risulta che: VR = Vn (Vita nominale) x Cu (coeff. d'uso) = 50 X 1 = 50 anni
- Stati limite di esercizio: Nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti;
  Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella tabella seguente.

Stati limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR si ricava il periodo di ritorno TR del sisma utilizzando la relazione: TR = - VR / ln (1- PVR) = - CU VN / ln (1- PVR)

- Azione sismica locale e spettro di risposta elastico Per descrivere la pericolosità sismica in un sito con precisione sufficiente, sia in termini geografici che in termini temporali, nonché nei modi previsti dalle NTC, i risultati dello studio di pericolosità sismica devono essere forniti in termini di valori di accelerazione orizzontale massima ag e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sottosuolo rigido affiorante. In particolare i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento PVR: aq = accelerazione orizzontale massima al sito; F0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; TC* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale. I valori dei parametri ag, F0 e Tc* dell'area in esame sono stati calcolati adoperando il programma "Spettri di risposta-NTC. ver.1.03." e sono di seguito esposti in funzione del relativo periodo di ritorno (Tr).

Pericolosità sismica			
TR [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc [S]
30	0,027	2,566	0,189
50	0,039	2,632	0,207
72	0,051	2,575	0,226
101	0,064	2,535	0,245
140	0,078	2,476	0,258
201	0,097	2,427	0,269
475	0,146	2,437	0,290
975	0,196	2,476	0,305
2475	0,282	2,496	0,325

Tabella 6.11 - Valori dei parametri ag, Fo, TC: variabilità col periodo di ritorno TR

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima ag su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di ag variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR.
I valori dei parametri ag, F0 e Tc* sono successivamente esposti nella tabella seguente per i diversi stati limite (SL) e relativo periodo di ritorno (Tr).

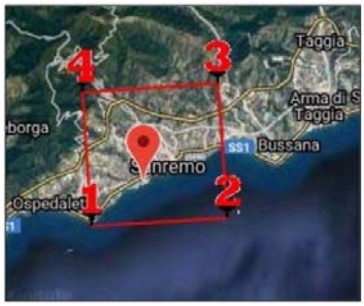


Figura 6.12– Ubicazione del sito nel reticolo di riferimento e coordinate dei nodi.

SITO	ID	LAT.	LON.	DIST.
1	19342	43,7943	7,7383	4010,086
2	19343	43,7976	7,8074	3244,114
3	19121	43,8475	7,8028	3972,475
4	19120	43,8441	7,7336	4619,281

Tabella 6.13 - Siti di riferimento, nodi sismici.

Stato limite	Tr Anni	Ag (g)	Fo (-)	T*c (s)
SLO	30	0,027	2,566	0,189
SLD	50	0,039	2,631	0,208
SLV	475	0,145	2,437	0,290
SCL	975	0,196	2,476	0,305

Tabella 6.14 - Parametri spettrali del sito di progetto per i diversi stati limite.

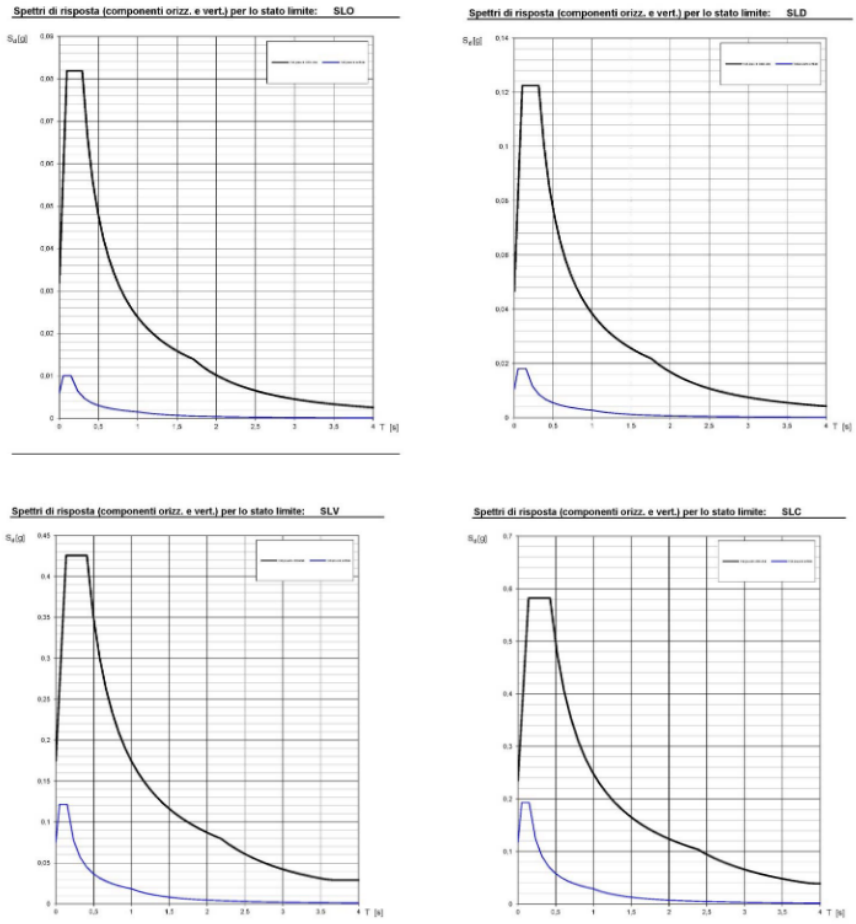


Figura 6.15– Spettri di risposta per le componenti orizzontali e verticali degli stati limite SLO, SLD, SLV, SLC.

In conclusione, le indagini geognostiche reperite da altri studi, hanno consentito un'analisi interpretativa approfondita per la definizione delle azioni sismiche in osservanza della normativa antisismica vigente nazionale e regionale. Lo studio

relativo alla pericolosità sismica locale, così come quello relativo alla Microzonazione Sismica evidenzia come l'intero territorio comunale sia soggetto a fenomeni di amplificazione locale. L'analisi territoriale (basata sui dati acquisiti) ha definito le forme spettrali previste dalle NTC/2018, definito i parametri ag (accelerazione orizzontale massima del terreno), Fo (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale), e Tc (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale), l'accelerazione massima attesa del sito amax e i coefficienti sismici di accelerazione orizzontale kh e verticale kv. In riferimento alle Categorie di suolo di fondazione, il sito in esame è stato classificato con suolo di fondazione ascrivibile alla Categoria B, "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s ".(3.2.II NTC-18). Il sito presenta un pendio con superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°, secondo la Tab. 3.2.III NTC-18, si può adottare una categoria topografica T1, con coefficiente di amplificazione topografica pari a St = 1.0.

7 BIOLOGIA MARINA

7.1 *CONOSCENZE ATTUALI*

Di fronte alle spiagge in oggetto si trova un posidonieto che, a seguito di valutazione dello stato di conservazione da parte della Regione ("Criteri diretti a salvaguardare l'habitat naturale prioritario "Prateria di *Posidonia Oceanica*" DGR 1533/2005), è stato valutato in "stato di conservazione soddisfacente" e quindi inserito all'interno della lista dei 26 Siti di Interesse Comunitario proposti dalla Regione Liguria alla CE. Questo ha reso i "Fondali di S.Remo-Arziglia" un ambiente degno di tutela a livello internazionale (Direttiva Habitat 43/92/CE) con l'obbligo di mantenerne lo stato di conservazione almeno soddisfacente.

La Regione Liguria ha redatto l'"Atlante degli habitat marini della Liguria"(Diviacco e Coppo, 2006), al fine di avere informazioni sullo stato delle principali biocenosi marine a cui bisogna fare riferimento ogni volta che si progettano opere costiere.

Per quanto riguarda le biocenosi antistanti le spiagge di Corso Marconi la situazione è quella di seguito riportata. In prossimità del paraggio di nostro interesse si trova il **Subsito C del SIC IT 1316274** (fondali di S.Remo-Arziglia).Il posidonieto ricompreso nel Sic si estende in una fascia di circa 5 Km di lunghezza (da Capo Nero a Porto Vecchio) e da 600 a 1300 m di larghezza per una superficie totale che raggiunge i 389 ha. Il limite superiore si attesta dai 3 ai 10 m e quello inferiore dai 22 ai 32 m di profondità a seconda dello stato in cui si trova il posidonieto.

Nel posidonieto in questione si individuano tre zone:

- Aree ad elevato ricoprimento di *P. oceanica* a varie profondità: nella zona di Capo Nero, dove si calcola un ricoprimento oltre il 75% con punte fino al 100%, fino alla zona antistante Pian di Poma dove a profondità di 12-18 m il ricoprimento si attesta tra il 50% e il 75%
- Aree poco profonde con ricoprimento significativo di matte morta e *C. nodosa*:nella zona antistante la discarica di Pian di Poma dal limite superiore ai 12 m di profondità il ricoprimento oscilla dal 5% a meno del 50%. La situazione di sofferenza in cui si trova la *P. oceanica* è evidenziata anche dall'indice che evidenzia la sua sostituzione con *C. nodosa*.
- Aree profonde con alto ricoprimento di matte morta ma non di *C. nodosa*: sono le zone profonde antistanti Pian di Poma che evidenziano una sensibile presenza di matte morta che fa scendere il tasso di ricoprimento di *P. oceanica* a meno del 50% mentre la *C. nodosa* è presente solo occasionalmente.

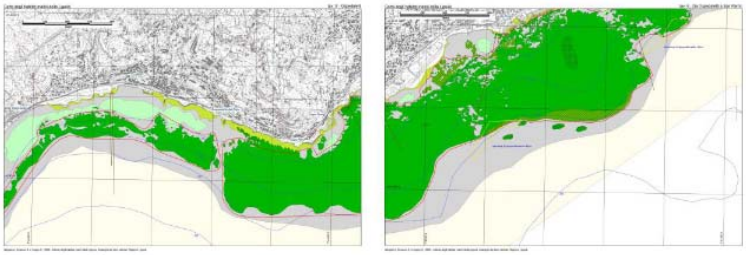


Figura 7.1. Sic nella zona oggetto di indagine(da Atlante degli Habitat marini , Coppo e Diviacco.

Da questa descrizione si evince che il Posidonieto in questione si mantiene in buono stato nonostante alcune problematiche evidenti in prossimità della zona in cui sorge il terrapieno di Pian di Poma (estensione 900x150 m).In questa zona le problematiche derivano dalla coesistenza di più fattori:

- la discarica rilascia materiale provocando un aumento di torbidità che determina una regressione del limite inferiore. La regressione è di due tipi: sfumata, laddove si ha deposizione di materiale sabbioso sui fasci e netta nelle zone in cui a depositarsi è un velo di fango che soffoca le fanerogame.
- La presenza di una condotta della fogna che sfocia a circa 30 m di profondità che attraversa il posidonieto lo danneggia in più punti lungo il percorso lasciando delle zone prive di fanerogame.
- La presenza di barriere di ripopolamento ittico poste in prossimità del limite inferiore del posidonieto (anche se bisogna aspettare ancora qualche anno per avere dati certi su eventuali effetti sul limite inferiore della prateria).Nell'area interessata dal progetto la situazione è quella che si può osservare in questo stralcio estratto dalla Carta degli Habitat marini della Regione Liguria (Coppo e Diviacco 2006):

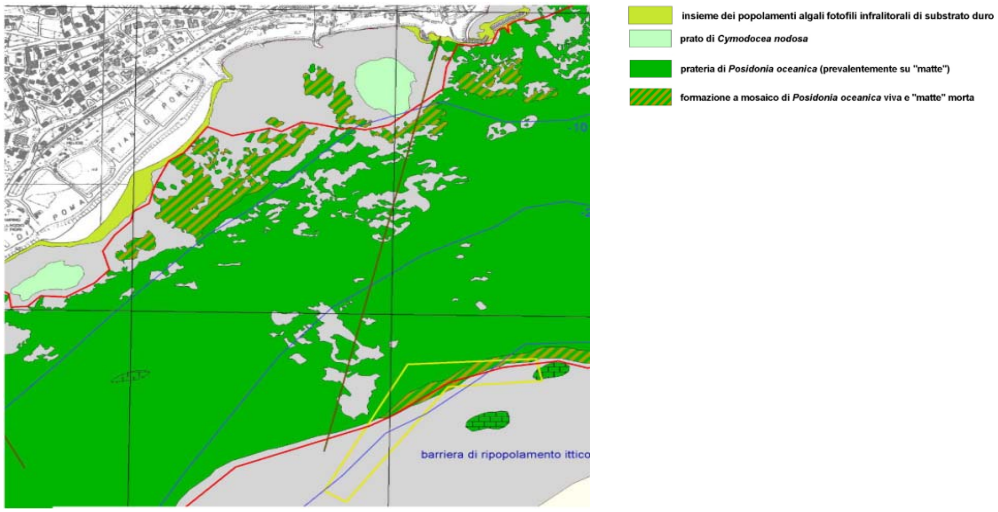


Figura 7.2. Stralcio dell'Atlante degli habitat marini della Liguria(Coppo e Diviacco, 2006)

7.2 *AREA DI INTERVENTO*

L'area interessata dalle opere si trova all'esterno del SIC "Fondali di S.Remo-Arziglia" ed è caratterizzata dalla presenza di un ampia prateria a *C. nodosa* con estensione di circa 20,381 m2 distante circa 100 m dalla linea di costa.
Più ad ovest è presente una formazione discontinua a "mosaico di *P. oceanica* viva e Matte morta" che forma due aree rispettivamente di 4766.2 m^2 e 709.11 m^2 frammezzate da matte morta. L'intera formazione inizia a circa 70 m dalla linea di costa fino ad arrivare a limite del SIC (380 m circa). Il resto dell'area sembra caratterizzato da sabbie litorali in senso lato.

7.3 *PIANO DI MONITORAGGIO*

Il monitoraggio della prateria diventa di principale interesse al fine di salvaguardarne lo stato e consentire il mantenimento dello stato "soddisfacente". Il monitoraggio consterà in 2 fasi:

1. Analisi e inquadramento biocenotico dell'area oggetto dello studio
2. Fase di monitoraggio della qualità delle biocenosi

<u>Fase 1</u>

In seguito ai rilevamenti morfobatimetrici, si individuano i siti a maggior rischio di impatto e si procede ad una raccolta dati al fine di una determinazione generale delle biocenosi presenti e del loro grado di sensibilità. I dati sono raccolti mediante l'analisi di filmati effettuati mediante R.O.V. o operatori subacquei muniti di videocamere L'analisi restituisce una lista di specie e di habitat presenti nell'area interessata con, eventualmente il grado di protezione delle stesse.

<u>Fase 2</u>

Fermo restando la presenza eventuale di altre specie o habitat sottoposti a vincoli di protezione, allo stato attuale il principale habitat da tutelare è quello formato dalla *P. oceanica* che è la specie maggiormente rappresentata nell'area di intervento.
Essendo un habitat estremamente sensibile a ogni variazione dello stato chimico-fisico della colonna d'acqua, la prateria di *P. oceanica* rappresenta un ottimo indicatore della qualità della stessa.
Si propone un sistema di indagine non distruttivo basato su rilevamenti condotti in Visual Census atti alla determinazione dello stato di conservazione della prateria mediante indici biologici. Questa metodica, già utilizzata in altre praterie della Liguria, Monitoraggio della prateria di *P. oceanica* in località Rio Chiaraventi Spotorno (SV) e monitoraggio delle praterie di *P. oceanica* dell'Area Marina Protetta "Isola di Bergeggi", consente di ottenere una risposta sul grado di pressione delle opere senza aggiungerne ulteriormente.

7.4 *DISEGNO DI CAMPIONAMENTO*

Verranno individuate 2 aree nelle zone in cui si riscontra la maggiore stabilità della prateria e contestualmente maggiore esposizione ad eventuali impatti derivanti dalle operazioni di cantiere.
All'interno di ciascuna area si individua un sito perpendicolare alla costa sul quale verranno individuate due batimetriche di riferimento:

- batimetrica del limite superiore (- 5 metri) in quanto maggiormente esposta ad impatti di tipo naturale e/o antropico e particolarmente ad essi particolarmente sensibie
- batimetrica dei -15 metri in quanto a questa profondità la prateria risulta essere stabile e spesso al climax.

Per ogni batimetrica verranno posizionati 3 transetti paralleli alla costa distanziati di almeno 10 metri, lungo i quali verranno effettuati i rilevamenti LIT (*Line Intercept Transect*) (Montefalcone, 2009)
Lungo ogni transetto verranno effettuati 5 conteggi dei fasci mediante quadrati 40x40 cm per calcolare i dati inerenti al ricoprimento della prateria.
I campionamenti verranno effettuati da sub esperti in immersione con ARA (AutoRespiratori ad Aria)

7.5 *DESCRITTORI E INDICI*

Dai dati raccolti verranno ricavati:

- Densità assoluta
  - La densità assoluta è stata poi espressa come numero dei fasci presenti su ogni m^2 di fondo. I valori medi di densità densità assoluta per stazione verranno successivamente riportati applicando la classificazione prevista da Giraud (1977) e da Pergent et al. (2005).

- Ricoprimento del fondo
  - Lungo i transetti LIT vengono rilevate le stime di ricoprimento del fondo di *P. oceanica*, dei sostituti (*Caulerpa racemosa* o altre specie) e di matte morta al fine del calcolo degli indici sintetici ecologici.

- Densità relativa
  - La densità relativa è stata calcolata in ciascuna stazione rapportando i valori di densità assoluta dei fasci fogliari ai valori di ricoprimento percentuale del fondo con *P. oceanica* stimati visivamente in corrispondenza di ciascuna stazione (Romero, 1986). Per le porzioni più superficiali delle praterie della Liguria (presenti a profondità minori di 10 m), poiché maggiormente soggette ad un notevole grado di pressione antropica, la Regione Liguria ha proposto di introdurre un fattore di correzione finalizzato ad un maggiore grado di tutela.

7.6 *INDICI ECOLOGICI*

Verranno inoltre calcolati i seguenti indici biologici per la valutazione dello stato di salute della prateria:

- Il **CI** indice di Conservazione misura l'abbondanza relativa di matte morta rispetto a *P. oceanica* viva

- Il **SI** Indice di Sostituzione misura il grado di sostituzione di *P. oceanica* da parte delle specie sostitutrici

- Il **PSI** Indice di Phase Shift misura l'intensità del phase shift in atto all'interno di una prateria

- Il **PI** Indice di Frammentazione fornisce informazioni sul grado di frammentazione dell'habitat

8 IDROLOGIA E IDRAULICA

8.1 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE

Lo studio idrologico è stato sviluppato sulla base delle indicazioni consigliate dalla metodologia C.I.M.A..
Tale rapporto ha lo scopo di definire, per ogni corpo idrico individuato, le portate di piena per assegnato tempo di ritorno; per i corsi d'acqua naturali esse rappresentano anche le portate di progetto per le successive verifiche idrauliche delle opere.

8.1.1 Analisi Pluviometrica

La verifica dello stato di fatto e la successiva progettazione degli interventi è stata effettuata a partire dall'analisi idrologica dell'area oggetto di studio, condotta a partire dalle informazioni pluviometriche dell'area di interesse, quest'ultime deducibili dagli Annali Idrologici; in particolare si è fatto riferimento alle massime altezze di pioggia oraria annua, registrate con intervalli temporali di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.
Nel caso in esame, per tutte le durate fino a 24 ore la distribuzione di probabilità può essere ritenuta costante nella sua forma adimensionale. Ciò significa che, una volta fissato il periodo di ritorno, il rapporto tra il quantile corrispondente a tale periodo di ritorno ed il valore atteso è costante per qualunque durata.
Attraverso tali parametri è stato possibile stimare la pioggia indice e successivamente, moltiplicando per gli opportuni coefficienti di crescita, definire le altezze di pioggia a differente tempo di ritorno T.

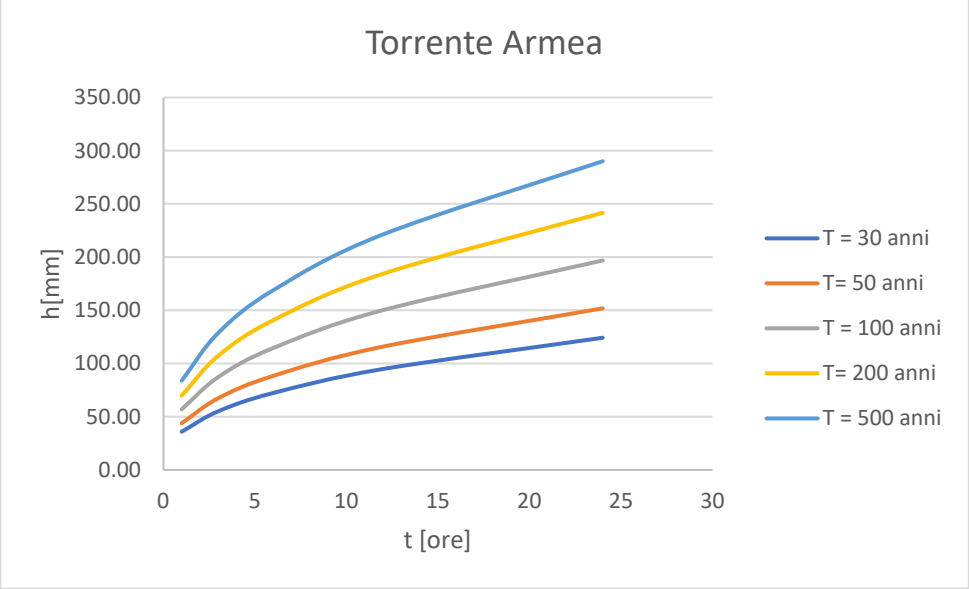


Figura 8.1. CPP Torrente Armea

8.1.2 Inquadramento del reticolo e studio dei bacini idrografici

All'interno dell'area di studio, è stato delimitato il bacino idrografico per il quale sono state definite le seguenti caratteristiche geometriche:

- Superficie del bacino in [kmq];
- Lunghezza asta principale in [km];

e altimetriche

- Altitudine massima [m.s.l.m]
- Altitudine minima [m.s.l.m]
- Altitudine media [m.s.l.m]

Per quanto riguarda la definizione delle caratteristiche geometriche, la delimitazione della superficie e l'individuazione dell'asta principale sono state effettuate facendo riferimento alla cartografia IGM 1:25.000



Figura 8.2. Bacino idrologico

È stato calcolato il tempo di corrivazione, ovvero il tempo che occorre alla generica goccia di pioggia caduta nel punto idraulicamente più lontano a raggiungere la sezione di chiusura, mediante la formula di *formula di Giandotti*:

$$t_c = \frac{4 * \sqrt{A} + 1.5 * L}{0.8 * \sqrt{H_m - H_0}}$$

in cui t_c è misurato in ore, L indica la lunghezza dell'asta fluviale in km, Hm altezza media del bacino, H0 quota sezione di chiusura bacino in me A superficie del bacino in km.
Nella tabella seguente si riportano i risultati ottenuti:

Bacino	A [mq]	A [kmq]	L [km]	Hmin [m.s.l.m]	Hmax [m.s.l.m]	Hmed [m.s.l.m]	tc [h]
Armea	38000000	38,00	16,00	0	1245,00	540,00	2,62

Figura 8.3. Dati del torrente Armea

8.1.3 Stima delle portate

La stima delle portate è stata effettuata facendo riferimento al modelli Afflussi/deflussi, nello specifico con l'ausilio del metodo razionale, seguendo la metodologia C.I.M.A. (della Regione Liguria).
I risultati ottenuti sono stati i seguenti:

BACINO	A[kmq]	tc[h]	Q_{30}[mc/s]	Q_{50}[mc/s]	Q_{100}[mc/s]	Q_{200}[mc/s]	Q_{500}[mc/s]
Armea	38,00	2,62	137,34	167,86	217,46	267,05	320,46

Figura 8.4. Risultati metodo razionale

8.1.4 Trasporto Solido

Le correnti idriche, in relazione ai valori di velocità e ai caratteri della loro turbolenza, sono in grado di trasportare materiali solidi di differente granulometria. Questo fenomeno fisico, denominato trasporto solido, costituisce il punto di unione tra i fenomeni di erosione che interessano, prevalentemente, la parte montana del bacino e quelli di deposito che si verificano nella zona valliva e alla foce del corso d'acqua. Il trasporto solido riguarda sia i sedimenti originati dall'erosione dei versanti che quelli provenienti dall'evoluzione naturale del reticolo idrografico (fenomeni di scavo del fondo alveo, di erosione delle sponde etc.) e pertanto il suo studio deve essere posto alla base della scelta degli interventi di sistemazione della rete fluviale e del relativo bacino idrografico. Il materiale che la corrente liquida rimuove dal fondo può essere trasportato, per tratti più o meno lunghi, con balzi, rotolamenti, oppure in sospensione, a seconda del tipo di sedimento (coesivo o non),

delle sue proprietà fisiche (dimensione dei grani, forma e densità), della sua velocità di sedimentazione e delle caratteristiche della corrente idrica (velocità, altezza idrica etc.).Lo studio del trasporto solido viene in genere effettuato in base alla teoria di Shields, per determinare le condizioni di incipiente movimento, e alla teoria di Meyer-Peter e Müller per quanto riguarda la valutazione della portata solida; per la stima del materiale solido prodotto dal bacino, invece, verranno sinteticamente descritti alcunimetodi di tipo empirico. Si vuole infine sottolineare che le metodologie utilizzate per la determinazione dei caratteri del trasporto solido discendono, in generale, dall'analisi dei risultati di prove di laboratorio che si riferiscono a situazioni necessariamente schematizzate. Applicando tali metodologie a situazioni reali e più complesse si incorre quindi in errori ed incertezze difficilmente quantificabili di cui bisogna però tenere conto attraverso un'analisi critica dei risultati ottenuti.

8.1.5 Capacità di trasporto solido

La capacità di trasporto solido può essere calcolata con la formula di Meyer-Peter e Müller, ricavata in base ad un elevato numero di prove sperimentali. Tale formula può essere espressa nelle variabili adimensionali Øe τ*, che rappresentano rispettivamente la portata solida adimensionale ed il parametro di mobilità di Shields.
Di seguito si riportano i risultati ottenuti:

STIMA DELLA PORTATA SOLIDA										
T[anni]	H (cm)	Q[mc/s]	pendenza [%}	S (densità relativa)	d[m] (particelle)	τcr (sforzo tangenziale critico)	τ* (agente)	τ*-τcr	ϕ (portata solida adimensionale)	qsf [mq/s] (portata solida per unità di larghezza)
30	71	137,340	0,04	2,5	0,02	0,056	0,873	0,817	5,910	0,064
50	81	167,860	0,04	2,5	0,02	0,056	0,986	0,930	7,177	0,078
100	94	217,460	0,04	2,5	0,02	0,056	1,130	1,074	8,903	0,097
200	107	267,050	0,04	2,5	0,02	0,056	1,270	1,214	10,707	0,116
500	117	320,460	0,04	2,5	0,02	0,056	1,376	1,320	12,139	0,132

Figura 8.5. Trasporto solido [mq/s]

Dai risultati ottenuti si evince la pericolosità idraulica per il torrente Armea e secondo quanto indicato nella "Delibera della giunta regionale 06/03/2009 N° 226" si può giustificare il prelievo di materiale litologico nel rispetto delle seguenti:
"L'asportazione dei materiale litoide dagli alvei dei corsi d'acqua e dalle aree di demanio fluviale e lacuale è consentita, salvo obblighi derivanti da norme speciali in materia ambientale, solo nei seguenti casi:
a) interventi che si rendano necessari per finalità di riduzione delle condizioni di rischio idraulico e di connessa tutela della pubblica e privata incolumità. Si possono configurare in particolare come:

- interventi finalizzati alla conservazione della sezione utile di deflusso, alla eliminazione di manifesti sovralluvionamenti di alveo a seguito di eventi di piena eccezionali, al mantenimento o al recupero dell'officiosità delle opere e delle infrastrutture, laddove, sulla base di adeguati studi, verifiche e progettazioni, tali interventi risultino necessari ed adeguati alla mitigazione del rischio idraulico;
- asportazioni incluse, sulla base di adeguati studi e verifiche, in interventi di difesa e sistemazione idraulica finalizzati alla riduzione delle condizioni di rischio idraulico, purché conformi ai criteri ed indirizzi dell'Autorità di bacino regionale;"

Secondo quanto riportato sul "Piano tecnico della Costa" della regione Liguria solo per motivi legati alla manutenzione e alla funzionalità idraulica i sedimenti possono essere riportati più a valle o sulla costa. Di conseguenza Il materiale prelevato sarà usato nel ripascimento della spiaggia per garantire i fattori che contribuiscono a regolare l'equilibrio di un tratto di costa: la conformazione morfologica emersa e sommersa, il regime degli apporti solidi dei principali corsi d'acqua, l'orientamento della di riva (unità fisiografica). L'unita fisiografica rappresenta un tratto di costa, sotteso a uno o più bacini idrografici, identificabile in base a specificità morfologiche, idrografiche ed infrastrutturali, che lo contraddistinguono rispetto ai tratti contigui. I limiti possono essere costituiti, oltre che da elementi morfologici naturali, anche da opere marittime di grandi dimensioni che interrompono gran parte del trasporto solido litoraneo.

9 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI

Lo scopo principale alla base della presente progettazione è determinato dalla rivalorizzazione del tratto di litorale attualmente dotato di una scarsa valenza turistica. Al fine di ovviare a ciò si è cercato di trovare una soluzione tecnica rispondente ai dettami normativi imposti dalla Regione Liguria e in grado di dare sufficienti garanzie di stabilità. Pertanto ed alla luce dei numerosi studi già svolti nei siti di intervento si è optato per la seguente soluzione progettuale. Ovvero:

- OM1 -PENNELLO N°1 IN MASSI NATURALI IN SPONDA DX RIO S. BERNARDO

- OM2 - PENNELLO N°2 IN MASSI NATURALI IN SPONDA DX RIO FOCE
- OM3 – RIPASCIMENTO SPIAGGIA (PIEDE SOMMERSO+SPIAGGIA SOSPESA)

9.1 *RAGIONI DELLA SCELTA PROGETTUALE.*

Nel corso degli ultimi anni la problematica relativa ad una necessità di valorizzazione è stata affrontata in diversi studi progettuali, i quali fornivano elevati valori di accettabilità relativi alla stabilità e protezione della spiaggia, ma rappresentano allo stato attuale, vista la recente normativa Regionale del dicembre 2009, una condizione inaccettabile. Infatti nella suddetta normativa le protezioni parallele alla costa sono di fatto vietate.
La soluzione scelta è anche in accordo con le indicazioni del DCR n° 29 del 17/11/20009 secondo le quali "è consentita la realizzazione di nuovi pennelli od altre opere trasversali con scopi di difesa costiera a condizione che facciano parte di un sistema di protezione basato su opere opportunamente distanziate tra di loro ed associate a ripascimento artificiale in modo tale da non innescare fenomeni puntuali erosivi. In ogni caso pennelli o altre opere trasversali devono avere lo scopo di limitare il trasporto lungo costa dei sedimenti ma non di bloccarlo completamente salvo quando non esistano spiagge sottoflutto all'opera" (art. 5 comma 2). La scelta tra l'altro appare in qualche modo obbligata da quanto scritto nell'art.6 comma 5 dello stesso DCR che evidenzia come "nella fascia dinamica della spiaggia non è consentita la realizzazione di nuove opere marittime di difesa costiera parallele alla costa, sia aderenti sia distaccate, fatti salvi gli interventi di manutenzione di opere esistenti finalizzati alla tutela della pubblica e privata incolumità".

9.2 *INTERVENTI DI RIPASCIMENTO*

Nel tratto oggetto di interventi è previsto un ripascimento dell'intero tratto di litorale e la creazione di spiaggia sospesa con l'utilizzo di ammassi granulometrici differenziati per la costituzione di un piede sommerso di sostegno (ammasso granulometrico di ciottoli e massi di piccola media pezzatura) e della spiaggia stessa(ammasso in ghiaia).
Tale intervento viene condotto previa la preparazione del piano di posa del materiale; in tale fase si prevede la rimozione dei pennelli in scogliera artificiali realizzati in situ; in particolare è prevista la demolizione e l'accatastamento dei massi per il loro successivo riutilizzo, dei pennelli ubicati a ponente della spiaggia Anfas, in prossimità dei Bagni Tartaruga e Bagni Matuzia, ai lati dello sbocco del rio S. Bernardo ed in corrispondenza dei Bagni Stella e Kontichi. Il pennello ubicato in sponda destra dello sbocco del rio Foce verrà riutilizzato come radice del nuovo pennello di progetto.
Realizzati i pennelli si può quindi procedere con le operazioni di ripascimento delle spiagge; si prevede la realizzazione dapprima del piede sommerso con ciottoli e massi di piccola-media pezzatura; la pendenza adottata per tale manufatto è stimata pari al 10%. Il materiale, idoneo per il versamento in mare, proviene da cave di prestito. Realizzato il piede si procederà con la formazione della spiaggia sospesa; si prevede l'utilizzo di un ammasso granulometrico caratterizzato da un D50= 20 mm. L'esatta curva granulometrica verrà stabilita in sede di progettazione definitiva alla luce degli ulteriori studi di approfondimento. Le pendenze di progetto sono previste pari al 5%, valore ampiamente cautelativo dal punto di vista delle perdite annuali per effetto delle mareggiate.

9.3 *PENNELLI*

La fase successiva prevede la creazione dei due pennelli di progetto; il primo (pennello 1) viene ubicato in sponda destra del rio S. Bernardo ed è costituito da una struttura in massi naturali , con nucleo in tout-venant e massi di piccole dimensioni e mantellata con massi di grossa pezzatura. La lunghezza del pennello è di circa 110 ml e la mantellata di copertura è dotata di pendenze di 1:4 in testata e 1:1 sull'asta.
I massi necessari per la costruzione del manufatto proverranno dai pennelli esistenti già demoliti integrati da apporti di nuovi massi di grossa pezzatura da cave certificate. Il secondo pennello ha le medesime caratteristiche costruttive del primo ed una lunghezza dalla radice al piede della testata di circa 122 ml. Sarà ubicato in sponda destra del rio Foce e la testata è appoggiata su un fondale di circa -5 mslm.
Entrambi i pennelli sono del tipo emerso con una quota massima fuori acqua di 1,00 mslm. La loro funzione principale è quella di trattenere quella quota di materiale di ripascimento che viene movimentato durante le mareggiate

10 GESTIONE TERRE

10.1 *PIANO DI UTILIZZO*

Con il presente documento sono state definite le modalità di gestione ed utilizzo, in qualità di sottoprodotto, delle terre e rocce da scavo derivanti dall'esecuzione delle opere previste dal presente Progetto Definitivo.
Per la redazione del suddetto Piano si è fatto prevalentemente capo al D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i. (art. 183, Definizioni, 184bis, 185) e all'ultimo regolamento riguardanti le terre e rocce da scavo approvato, il Dpr n. 120 del 13 giugno 2017, recante *disciplina semplificata per la gestione delle terre e rocce da scavo*, pubblicato in Gazzetta Ufficiale del 7 agosto 2017.

Per il riutilizzo dei materiali in situ occorre realizzare una caratterizzazione ambientale delle terre e rocce da scavo, con riferimento a quanto riportato *nell'Allegato 4 - Procedure di caratterizzazione chimico-fisiche e accertamento delle qualità ambientali (articolo 4)*.

Procedure di campionamento

La caratterizzazione ambientale dovrà essere eseguita preferibilmente mediante scavi esplorativi (pozzetti o trincee) e, in subordine, con sondaggi a carotaggio.

La densità dei punti di indagine nonché la loro ubicazione verrà basata su un modello concettuale preliminare delle aree (campionamento ragionato).

Il numero di punti d'indagine non potrà essere inferiore a tre. Tale caratterizzazione si rimanda alla fase di progettazione esecutiva.

10.1.1 BILANCIO TERRE E ROCCE DA SCAVO

I materiali da scavo provenienti dagli interventi in progetto ammontano a circa 3840,5 m^3. Il materiale prodotto dagli scavi, se ritenuto verrà impiegato internamente all'opera.

Qualora fossero ritenuti non idonei al riutilizzo verranno gestiti come rifiuti.

Nella seguente tabella si riporta, per maggiore chiarezza espositiva, il quadro riepilogativo delle terre prodotte dalle attività di demolizione.

QUANTITA' OPERE ESISTENTI DA DEMOLIRE					
ELENCO OPERE	**h media (m)**	**AREA (m2)**	**PESO SPECIFICO (kg/m3)**	**VOLUME (m3)**	**PESO (kg)**
P1	3	425	2500	1275	3187500
P2	3	226	2500	678	1695000
P3	2,5	247	2500	617,5	1543750
P4	2,5	291	2500	727,5	1818750
P5	2,5	155	2500	387,5	968750
P6	2,5	62	2500	155	387500
TOT	/	/	/	3840,5	9601250

I quantitativi di materiale necessario alla realizzazione delle opere in progetto è riportato nella tabella che segue:

QUANTITA' MATERIALI REALIZZAZIONE OPERE EX-NOVO: OM1 - OM2							
ELENCO OPERE	COMPOSIZIONE OPERA	h media (m)	AREA (m2)	**VOLUME (m3)**	**VOLUME MANTELLATA (m3)**	**VOLUME FILTRO (m3)**	**VOLUME NUCLEO (m3)**
OM1	MANTELLATA (massi III-IV cat.)	1,00	708,00	708,00	2397,47	/	/
		1,00	1689,47	1689,47			
	FILTRO (massi I-II cat.)	0,97	560,00	543,20	/	1813,41	/
		1,12	1134,11	1270,21			
	NUCLEO (Tout Venant)	0,43	560,00	240,80	/	/	1264,61
		1,55	660,52	1023,81			
OM2	MANTELLATA (massi III-IV cat.)	1,00	795,00	795,00	3298,64	/	/
		1,00	2503,64	2503,64			
	FILTRO (massi I-II cat.)	0,97	640,00	620,80	/	2647,50	/
		1,12	1809,56	2026,70			
	NUCLEO (Tout Venant)	1,06	640,00	678,40	/	/	3003,34
		2,05	1134,11	2324,94			
TOTALE	/	/	/	/	5696,11	4460,91	4267,94

QUANTITA' MATERIALI REALIZZAZIONE OPERE EX-NOVO: OM3 - OM4								
ELENCO OPERE	**SEZIONI**	**AREA OM3 (m2)**	**AREA OM4 (m2)**	**LUNGHEZZA OM3 (m)**	**LUNGHEZZA OM4 (m)**	**VOLUME OM3 (m3)**	**VOLUME OM4 (m3)**	**VOLUME TOTALE OM3+OM4 (m3)**
OM3+OM4	1	20,45	92,25	96,36	122,12	1970,56	11265,57	
	2	25,70	83,10	86,62	125,40	2226,13	10420,74	
	3	17,45	74,70	114,23	107,18	1993,31	8006,35	
	5	15,90	76,25	94,42	98,38	1501,28	7501,48	
	6	13,20	74,60	85,22	116,75	1124,90	8709,55	
	7	13,25	52,75	58,17	76,18	770,75	4018,50	
TOTALE	/	/	/	535,02	646,01	9586,94	49922,18	59509,12

I materiali necessari alla realizzazione dell'opera saranno approvvigionati soprattutto dall'esterno e reperiti presso cave autorizzate

10.2 *PIANO DI GESTIONE DELLE MATERIE*

Il piano di gestione materie si pone l'obiettivo di illustrare la procedura da adottare per il corretto utilizzo delle terre da roccia e scavo e dei materiali di risulta derivanti dalle operazioni necessarie per la realizzazione delle opere definite nel Progetto.
La finalità dello studio è quella di definire tutti i rifiuti strettamente correlati alle attività di demolizione delle opere previste in progetto e quello in eccedenza conferito in discarica.
I rifiuti prodotti in cantiere, verranno allocati nelle aree di stoccaggio temporaneo (AST), le cui dimensioni ed estensioni saranno definite in sede di progettazione successiva, ed il cui utilizzo è strettamente legato alle fasi lavorative da svolgere.
L'Area di Stoccaggio sarà adibita oltre che alla raccolta e stoccaggio dei rifiuti, allo stoccaggio ed alle attività di carico e scarico dei materiali.
Il deposito dei rifiuti dovrà essere posto al riparo dagli agenti atmosferici e dovrà provvedere al mantenimento del deposito dei rifiuti per comparti separati per tipologie (CER) in quanto, in caso di presenza di rifiuti pericolosi, consentirebbe una accurata gestione degli scarti ed inoltre perché la norma italiana vieta espressamente la miscelazione dei rifiuti pericolosi tra loro e con i rifiuti non pericolosi (articolo 187 del D.Lgs. 152/06).
I produttori di rifiuti sono tenuti a compilare un registro di carico e scarico dei rifiuti. Nel registro vanno annotati tutti i rifiuti nel momento in cui sono prodotti (carico) e nel momento in cui sono avviati a recupero o smaltimento (scarico). I rifiuti propri dell'attività di demolizione e costruzione – purché non pericolosi - sono esentati dalla registrazione.
Il Coordinatore della gestione ambientale di cantiere è individuato nella figura dell'impresa appaltatrice, la quale, tra le atre cose, deve:

- coordinare la gestione ambientale rispetto alle diverse imprese sub-appaltatrici eventualmente presenti;
- indicare il nome del luogo di smaltimento ed i relativi costi di gestione;
- individuare le aree da destinare a deposito temporaneo e provvedere al coordinamento delle operazioni di gestione dello stesso.

Il CGAc dovrà provvedere alla riduzione della produzione di rifiuti in loco durante la costruzione, prendendo specifici accordi di collaborazione con i fornitori dei materiali per la minimizzazione del packaging e/o del ritiro dell'imballaggio e la consegna della merce solo nel momento di utilizzo della stessa (just-in-time). Specificare chi ha il compito di coordinamento, se diverso dalla figura del coordinatore gestione ambientale (il quale comunque svolge la funzione di vigilanza).
Il CGAc dovrà illustrare le misure da adottare in cantiere individuando i soggetti incaricati (il chi fa cosa).
La localizzazione dell'area da adibire a deposito temporaneo dei rifiuti prodotti dalle attività di cantiere, dovrà essere selezionata dalla figura del Coordinatore della gestione ambientale di cantiere sulla base di determinati criteri.

10.3 *DISPONIBILITA' SITI DI CAVA E DI RACCOLTA RIFIUTI*

Per il conferimento a discarica o società di raccolta dei rifiuti, del materiale stoccato e delle sostanze pericolose eventualmente prodotte dalle lavorazioni, sono state prese come riferimento:

- ***Amaie Energia e Servizi s.r.l***- via Quinto Mansuino, zona Mercato dei Fiori, Sanremo (IM), distante dall'area di cantiere 15 Km da percorrere quasi totalmente sulla SS1;
- ***Ars Ecologia***- via Martiri della Libertà, 115, Sanremo (IM), distante dall'area di cantiere circa 3,5 Km;
- ***Riviera recuperi s.r.l.***- Regione Gazzi, Sanremo (IM), distante dall'area di cantiere all'incirca 4 KM.

Per quanto concerne l'approvvigionamento dei materiali lapidei per la realizzazione degli interventi di progetto sono state prese come riferimento le seguenti cave:

- ***Cave di prestito di Verezzo*** - Sanremo (IM), distante all'incirca 10 km; i primi 4 km sulla viabilità comunale,*Strada Comunale Verezzo*, successivamente, attraverso via della Repubblica ci si immette nella più ampia SS1 che permette di giungere all'area di cantiere;
- ***Pietra arenaria*** – Sanremo (IM), distate circa 8,5 km;i primi 3 km sulla viabilità comunale, *Strada Comunale Verezzo*, successivamente, attraverso via della Repubblica ci si immette nella più ampia SS1 che permette di giungere all'area di cantiere.



Figura 10.1-Individuazione area lavoro, cantiere, siti di cava e società per lo smaltimento e conferimento dei rifiuti e delle sostanze pericolose

11 INTERFERENZE

L'attività progettuale, relativamente a tale argomento è consistita nel censimento delle interferenze e nell'ulteriore approfondimento dello studio del territorio attraversato, analizzando le interferenze esistenti

Le interferenze riscontrabili nella fase di realizzazione possono essere ricondotte a tre tipologie principali:

- Interferenze aeree. Fanno parte di questo gruppo tutte le linee elettriche ad alta tensione, parte delle linee elettriche a media e bassa tensione, l'illuminazione pubblica e parte delle linee telefoniche;
- Interferenze superficiali. Fanno parte di questo gruppo le linee ferroviarie e i canali e i fossi irrigui a cielo aperto.
- Interferenze interrate. Fanno parte di questo gruppo i gasdotti, le fognature, gli acquedotti, le condotte di irrigazione a pressione, parte delle linee elettriche a media e bassa tensione e parte delle linee telefoniche, nonché rinvenimenti archeologici.

Perciò nello specifico si è fatta una analisi relativamente agli aspetti riguardanti la presenza di linee impiantistiche interne ed esterne alle opere in progettazione/esecuzione.

Il riferimento normativo, per tale attività è costituito dal *D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 - Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE». (G.U. n. 288 del 10 dicembre 2010)* Tale norma è stata successivamente modificata e integrata dai seguenti:

- legge 106 del 2011
- d. Lgs. 169 del 2012
- d. Lgs. 192 del 2012

- legge 27 del 2012
- legge 35 del 2012
- legge 94 del 2012
- legge 119 del 2012
- legge 221 del 2012.

Dall'indagine realizzata emerge la presenza, per tutto il tratto compreso tra i due torrenti di una condotta fognaria posizionata a livello del bagnasciuga in un bauletto di cls
Tale manufatto determina un ulteriore parametro di instabilità della spiaggia per effetto di fenomeni di riflessione dell'onda e conseguente innesco di uno stato erosivo.

12 CANTIERIZZAZIONE E SICUREZZA

12.1 *ORGANIZZAZIONE DELLA CANTIERIZZAZIONE*

Facendo riferimento allo stato dei luoghi, in cui verranno eseguiti gli interventi ed alla distribuzione delle opere, è stata ipotizzata una programmazione del processo di cantierizzazione in modo da fornire uno scenario operativamente plausibile associato all'indicazione della viabilità ordinaria che è preferibile far percorrere agli automezzi di cantiere.
Per la realizzazione delle opere di difesa proposte nel progetto è stato quindi ipotizzato che gli interventi siano governati da un unico processo di cantierizzazione, suddiviso in più fasi operative, al fine di velocizzare la realizzazione degli interventi.
Per quanto riguarda le aree di cantierizzazione, l'individuazione delle stesse è avvenuta in relazione ai principi di seguito descritti:

- collocazione delle aree di cantiere stabili in posizione limitrofa o poco distanti dall'area delle opere, al fine di consentire un facile raggiungimento dei siti di lavorazione, limitando per quanto possibile il disturbo e l'impatto determinato dalla movimentazione dei materiali lapidei;
- aree di cantiere sufficientemente estese e tali da consentire l'espletamento delle attività previste, ma nel contempo quanto più possibile contenute e sufficienti allo svolgimento delle lavorazioni, al fine di limitare l'occupazione del territorio;
- ottimizzazione degli spostamenti di tutti i mezzi utilizzati per il completamento delle lavorazioni previste;
- possibilità di garantire un accesso viario a tutte le aree (anche quelle temporanee) di cantiere in relazione anche alle modalità di approvvigionamento/movimentazione/posa in opera dei materiali;
- allaccio alla rete dei servizi (elettricità, rete acque bianche/nere) per l'area di cantiere, per tutta la durata dei lavori;
- limitazione, per quanto possibile, degli impatti indotti sugli eventuali ricettori insediati in prossimità delle aree operative e, più in generale, riduzione al minimo delle potenziali interferenze ambientali lungo i contorni e le vie di accesso;
- utilizzo di aree che potranno essere facilmente recuperate e risistemate al termine dei lavori, minimizzando l'occupazione temporanea delle aree.

Sull'area demaniale interessata dai lavori, (battigia e parte della spiaggia) libera da strutture, sono state individuate aree di stoccaggio temporaneo (AST), le cui dimensioni ed estensioni saranno definite in sede di progettazione successiva, ed il cui utilizzo è strettamente legato alle fasi lavorative da svolgere.
La tipologia organizzativa proposta è quella di un cantiere base, che insiste su un suolo libero da strutture, utilizzato normalmente come zona sosta per roulotte e camper, facilmente raggiungibile attraverso la viabilità ordinaria utilizzando via Aurelia (sulla SS1). La superficie individuata per l'area di cantiere è di circa 4600 m^2, situata in un'area il più possibile vicina all'ambito dei lavori (la spiaggia compresa tra Pian di Poma e il lido la Foce), ma al contempo fuori dall'intricato contesto urbano della città di Sanremo, facilmente raggiungibile dai mezzi terrestri che effettueranno lo scarico del materiale lapideo trasportato, cui seguirà l'eventuale movimentazione, stoccaggio all'interno del cantiere ed il successivo carico su mezzo marittimo. L'area appena descritta è stata ipotizzata suddivisa in tre sotto-aree, ognuna delle quali aventi una specifica funzionalità, nel dettaglio: Area Uffici; Area Mezzi; Area Stoccaggio.
Infine al termine dei lavori l'area di cantiere dovrà essere ripristinata o comunque si dovrà riportare lo stato dei luoghi almeno alle condizioni iniziali.



Figura 12.1--Individuazione cantiere base



Figura 12.2-individuazione AST

12.2 *FASI ESECUTIVE DELL'INTERVENTO*

Per le caratteristiche dell'area di intervento, è nata la necessità di suddividere i lavori in tre fasi successive, ciò al fine di poter operare senza determinare sovrapposizioni/interferenze tra i mezzi terrestri con i mezzi marittimi. Le fasi operative così individuate, meglio specificate di seguito, sono state scelte tenendo presente la distribuzione lungo la linea di riva delle opere da realizzare, la struttura dell'esistente viabilità ordinaria e la disponibilità di aree idonee da destinare alle attività di cantiere, ma con il vincolo della vicinanza reciproca:

FASE 0- ATIVITA' PRELIMINARE

- Preliminarmente all'avvio delle lavorazioni è necessario procedere alla risoluzione delle interferenze con eventuali sottoservizi presenti nell'area di realizzazione del cantiere (previa verifica con Enti gestori)
- Realizzazione piste di accesso/uscita dal cantiere
- Realizzazione recinzione per delimitazione aree di cantiere
- Installazione/allaccio alla rete dei servizi (elettricità, rete acque bianche/nere) per le aree di cantiere
- Installazione baracche di cantiere

FASE 1 – ATTIVITA' DI DEMOLIZIONE

- Preliminarmente all'avvio delle lavorazioni è necessario procedere alla risoluzione delle interferenze con eventuali sottoservizi presenti nell'area di lavoro, arenile (previa verifica con Enti gestori)
- Preparazione aree di lavoro
- Demolizione opere esistenti (n° 5 pennelli)
- La demolizione dei pennelli nonché la movimentazione dei materiali avverrà per il tramite di una nave pontone, procedendo dal mare verso l'entroterra

FASE 2 – REALIZZAZIONE OPERE

- Allestimento AST per stoccaggio temporaneo materiale
- Realizzazione OM1 (pennello n°1), ubicato sulla sponda destra del rio S. Bernardo
- Realizzazione OM2 (pennello n°2), ubicato sulla sponda destra del rio Foce
- Realizzazione OM3 (piede sommerso + spiaggia sospesa)
- Le lavorazioni sono condotte grazie all'ausilio di un pontone nautico
- Dismissione AST
- Dismissione aree di cantiere

12.3 *PROGRAMMAZIONE DEI LAVORI*

Il programma delle tempistiche realizzative degli interventi è stato pianificato in coerenza con il processo di cantierizzazione. Al fine di consentire un'immediata valutazione delle tempistiche programmate per la realizzazione delle opere previste si rimanda all'elaborato specifico "Cronoprogramma".
Dal cronoprogramma, si evidenzia che la durata complessiva dei lavori è stimata in circa 360 giorni. L'avanzamento dei lavori è stato impostato seguendo le seguenti fasi:

ID	Nome attività	Durata
1	**INTERVENTI DI DIFESA E RIPASCIMENTO DEL LITORALE COMPRESO TRA PIAN DI POMA ED IL LIDO FOCE NEL COMUNE DI SANREMO**	**360 g**
2	Cantierizzazione	15 g
3	Demolizione pennelli e barriere attuali	70 g
4	Asportazione materiale di demolizione dei pennelli e le barriere attuali	90 g
5	Ripascimento intero tratto di litorale	70 g
6	Creazione di spiaggia sospesa con l'utilizzo di ammassi granulometrici differenziati per la costituzione di un piede sommerso di sostegno	90 g
7	Realizzazione di nr 2 pennelli in massi naturali , trasversali alla costa , mediante riutilizzo parziale dei massi precedentemente asportati ed integrazione con massi di notevole pezzatura.	140 g
8	Smobilizzo Cantiere	15 g

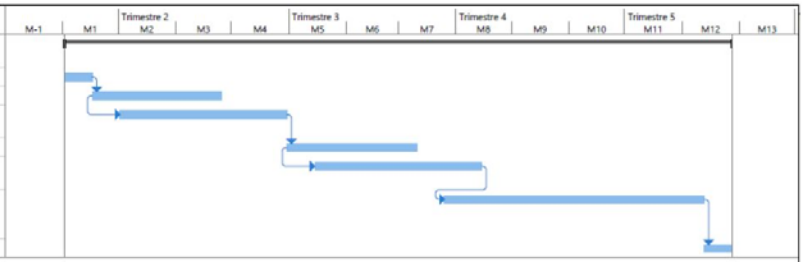


Figura 12.3---Stralcio cronoprogramma

12.4 *PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO*

Al fine di ridurre i rischi del cantiere verso l'esterno e quelli provenienti dall'ambiente circostante, tutte le aree di cantiere e di lavorazione dovranno essere opportunamente segregate e ben delimitate. Gli elementi interni al cantiere che possono costituire un rischio anche per l'ambiente esterno, vengono valutati in relazione ai seguenti fattori:

- presenza del cantiere;
- produzione di emissioni inquinanti;
- presenza di agenti potenzialmente inquinanti il suolo e le acque;
- presenza di materiali pericolosi;
- interferenza con le viabilità limitrofe in esercizio.

12.4.1 Recinzioni

L'accesso involontario di non addetti ai lavori nelle zone interne alle aree di cantiere dovrà essere impedito mediante recinzioni, munite di scritte ricordanti il divieto di accesso e di segnali di pericolo.
Le recinzioni saranno dei seguenti tipi:

- Per le aree di stoccaggio temporaneo (AST), rete HDPE di colore arancio
- Per il campo base, rete HDPE di colore arancio



Figura 12.4--Esempio di rete in HDPE colore arancione

Qualora, per la natura dell'ambiente o altre problematiche relative all'area di cantiere, non fosse realizzabile la recinzione completa, sarà necessario provvedere almeno ad apporre sbarramenti e segnalazioni in corrispondenza delle eventuali vie di accesso alla zona proibita, nonché recinzioni in corrispondenza dei luoghi di lavoro fissi, degli impianti e dei depositi che possano costituire pericolo. Ad esempio nelle situazioni ove sia necessario garantire l'accessibilità a privati si prevede la delimitazione dell'accesso mediante nastro plastico bicolore e segnalazione della presenza del cantiere con divieto d'accesso per i non autorizzati.



Figura 12.5---Cartelli delimitazione accesso

Per le parti di cantiere che hanno una estensione progressiva, cantiere lungo strada attiva, soggetto ad una occupazione limitata nel tempo, ad esempio per sezionamenti di impianti o lavori di durata pari o inferiore ad un giorno, dovranno essere adottati provvedimenti che seguano l'andamento dei lavori e che comprendano, a seconda dei casi, mezzi materiali di segregazione e segnalazione oppure uomini con funzione di segnalatori o sorveglianti.Sulle recinzioni dovrà essere apposta specifica segnaletica di divieto di accesso nell'area di cantiere e indicazione dei pericoli.

La separazione dell'area di cantiere dall'esterno comprenderà: una recinzione su tutto il perimetro. Le aree di stoccaggio saranno recintate mediante rete munita di telo antipolvere.

12.4.2 Ingressi

L'accesso al cantiere o alle aree di lavorazione sarà dotato di uno o più ingressi carrabili con cancelli a battente in acciaio, in corrispondenza dei quali dovrà essere apposta la dovuta segnaletica. Gli accessi dall'esterno verranno sempre tenuti sorvegliati o chiusi durante il giorno e chiusi con catena e/o lucchetti di sicurezza durante la sera e comunque durante eventuali periodi di fermo del cantiere.

13 QUADRO ECONOMICO

QUADRO ECONOMICO			
A	**LAVORI**	**IMPORTO**	**TOTALE**
A.1	**REALIZZAZIONE SPIAGGIA**	€ 623.528,03	
A.2	**DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE PENNELLI**	€ 1.614.868,22	
A.3	**ECONOMIE**	€ 20.000,00	
A.4	**ONERI PER LA SICUREZZA**	€ 50.000,00	
	TOTALE STIMA		**€ 2.308.396,25**
B	**SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRZIONE**		
B1	Progettazione definitiva/esecutiva e CSP	€ 50.000,00	
B2	Rilievi topografici e celerimetrici	€ 20.000,00	
B3	Verifica archeologica	€ 7.000,00	
B4	Geologica-sedimentologica	€ 12.000,00	
B5	Modellistica Idraulica	€ 20.000,00	
B6	V.I.A.	€ 3.500,00	
B7	Studio morfologico "Armea" e rilievo	€ 19.000,00	
B8	Elaborati specialistici definitivi	€ 19.000,00	
B9	Direttore operativo	€ 8.000,00	
B10	Collaudo	€ 20.000,00	
B11	Coordinamento Sic in fase esecutiva	€ 8.000,00	
B12	Indagini e rilievi a supporto della DL	€ 2.500,00	
B13	Indagini e rilievi a supporto del collaudo	€ 2.000,00	
B14	Spese pubblicità, contributo ANAC e accessori	€ 3.000,00	
B15	Spese per commissioni giudicatrici	€ 6.000,00	
B16	Oneri di cassa su spese tecniche (4% di B.1+B.5+B.6+B.7+B.8+B.9+B.10+B.1	€ 5.900,00	
B17	IVA 22% sulle spese tecniche (22% da B.1 a B.15)	€ 44.000,00	
B18	IVA 22% sui lavori (22% di A)	€ 507.847,18	
B19	Incentivo per funzioni tecniche (art. 113 Dlgs 50/2016)	€ 23.083,96	
B20	Oneri per espropri ed occupazioni temporanee	€ 0,00	
B21	Imprevisti (IVA compresa)	€ 20.772,61	
	TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE		**€ 751.603,75**
	TOTALE GENERALE		**€ 3.060.000,00**