

PORTO SANT'AMPEGLIO

**Procedimento di VIA del progetto di realizzazione di un
approdo turistico per nautica da diporto
in ampliamento dell'esistente porto di Bordighera**

ELEMENTI RIEPILOGATIVI E DI CHIARIMENTO

SETTEMBRE 2020

I Tecnici:

Ing. Luca Tarantino

Ing. Giovanni Spissu

Sommario

Premessa	3
1 Potenziali interferenze con l'ambiente marino e costiero	7
1.1 Valutazioni qualitative sulla dinamica del litorale	7
1.2 Analisi meteomarine di riferimento	17
1.2.1 Dati storici a disposizione	17
1.2.2 Determinazione delle altezze d'onda spettrali su profondità infinita	17
1.2.3 Confronto dei risultati ottenuti con i dati meteomarini a disposizione	26
1.3 Trasporto solido e morfodinamica costiera	28
1.4 Regime idraulico nell'area della foce del Rio Sasso	32
1.5 Agitazione interna portuale	39
1.6 Ricambio idrico dello specchio acqueo interno	42
2 Elementi relativi al Rio Sasso	45
2.1 Sintesi degli interventi in progetto	45
2.2 Valutazioni sullo sbocco in mare	46
2.3 Valutazioni sul trasporto solido	51
2.4 Caratterizzazione delle acque superficiali	53

Premessa

In data 31/10/2018 la società Porto Sant'Ampeglio (di seguito "PsA") ha presentato istanza di VIA al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ("MATTM") per il progetto di un approdo turistico da diporto in ampliamento dell'esistente porto di Bordighera (IM).

Ciò, **a seguito di un iter pregresso estremamente lungo e articolato di approvazione** condotto sulla base del DPR 509/97 (cd. "Decreto Burlando"), che disciplina la fase autorizzativa dei porti turistici, e considerando che il progetto è inserito, anche nelle sue caratteristiche dimensionali e localizzative, tra le opere previste dal Piano della Costa (PTC) della Regione Liguria, che costituisce il riferimento **per lo sviluppo economico, in modo armonico e ambientalmente sostenibile, delle aree costiere regionali**. E che tale Piano, a sua volta, è il frutto di un complesso iter approvativo in cui hanno trovato posto tutte le istanze, i vincoli e le caratteristiche di natura economica, ambientale, paesaggistica, ecc., così come rappresentate dai rispettivi Enti di riferimento.

Ciò premesso, l'istruttoria di VIA **ha dato luogo, in data 18/04/2019, ad una richiesta di integrazioni da parte della Commissione VIA/VAS ("CVIA")** del MATTM.

E' inoltre pervenuto il parere del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo ("MIBACT"), che ha ritenuto sussistere alcune criticità di inserimento paesaggistico dell'opera, ancorché riferibili, in buona parte, ad un quadro che non appare tener conto della natura stessa dell'opera (in particolare, con riferimento al tema della sua visibilità), della presenza del porto esistente e della pianificazione sopra citata, oltre che, a giudizio di PsA, anche dello stesso stato effettivo dei luoghi e della loro relazione con il quadro vincolistico.

Si osserva anche che in data 13/02/2019 la Regione Liguria si è espressa con una nota che ha posto soprattutto, quale pregiudiziale, il tema della necessità di una verifica preliminare della coerenza del progetto con il citato iter autorizzativo pregresso intervenuto ai sensi del DPR 509/97.

In tale quadro, data anche la parziale sovrapposizione temporale delle suddette osservazioni, pareri e richieste, **PsA ha ritenuto di predisporre un unico documento di risposta**, trasmesso al MATTM (con relativi allegati) nei mesi di dicembre 2019 e gennaio 2020, conformemente alle tempistiche previste dal D.Lgs 152/06. Ciò allo scopo di:

- rimuovere anzitutto ogni eventuale criticità residua di quelle ipotizzate dal MIBACT, **sviluppando una revisione progettuale che ha attuato una importante riduzione del porto, sia a mare che a terra.** Ciò, naturalmente, nei limiti di fattibilità e sostenibilità di un'opera **già in sé di modeste dimensioni**, tanto che la stessa rientra ampiamente tra le opere da sottoporre ad Assoggettabilità a VIA e che la scelta di avviare una procedura di VIA è **intervenuta autonomamente da parte di PsA** per dare il maggior livello possibile di chiarezza e trasparenza per il pubblico dell'iter di valutazione ambientale;
- rispondere contestualmente alle richieste della CVIA nel mutato quadro derivante dal nuovo layout progettuale;
- dare conto alla Regione della sussistenza delle caratteristiche di coerenza del progetto, anche nella sua nuova versione, con quanto precedentemente valutato e autorizzato ai sensi del DPR 509/97.

Per rispondere alle esigenze sopra prospettate PsA ha ritenuto opportuno integrare, già a livello descrittivo, l'illustrazione delle modifiche progettuali da un lato, e le relative connessioni con le osservazioni e le richieste ricevute, dall'altro.

Purtroppo, in conseguenza dei rilevanti disguidi derivanti, a quanto è stato possibile comprendere, dalla riorganizzazione del MATTM avviata a gennaio 2020, **la suddetta documentazione è pervenuta all'attenzione della CVIA con notevole ritardo**, sovrapponendosi poi anche alla sopravvenuta emergenza COVID-19, **che ha ulteriormente e fortemente prolungato la fase di stallo dell'iter istruttorio**, il quale, non appena ripreso, **ha infine subito un ulteriore stop legato all'insediamento, a fine maggio 2020, della nuova Commissione VIA**, con tutte le inevitabili conseguenze in ordine alla finalizzazione del procedimento.

Per tutti questi motivi, e considerando che alla data della presente relazione non vi sono riscontri da parte della CVIA, PsA ha ritenuto di produrre, in pieno spirito collaborativo e in modo volontario, il presente documento, la cui finalità non è ovviamente quella di fornire un riepilogo dell'intero progetto e delle sue caratteristiche ambientali e paesaggistiche, quanto piuttosto quello di **fornire possibili ed ulteriori elementi di chiarimento e approfondimento sul progetto e sulle integrazioni richieste** che, a causa dell'interruzione sostanziale del precedente iter

istruttorio, si ritiene possano comportare anche difficoltà di interpretazione da parte della CVIA subentrata a maggio 2020, con conseguenti ulteriori ritardi ed anche possibili motivi di incertezza.

Ciò, anche tenendo conto degli ulteriori elementi intervenuti durante la fase di interruzione sopra descritta, ed in particolare del parere della Regione prot. PG/2020/187597 del 16/6/2020 che, accertata la coerenza del progetto con quanto in precedenza valutato nell'ambito del procedimento ex DPR 509/97, **ed anzi il suo miglioramento**, ha posto alcune questioni di merito **per le quali il presente documento fornisce i necessari elementi di chiarimento**, fermo restando che una parte di tali questioni sarà oggetto di successivi approfondimenti nella fase di progettazione definitiva ed esecutiva delle opere, in quanto afferenti a tematiche non direttamente connesse al procedimento di VIA in corso.

Per quanto riguarda invece gli aspetti paesaggistici, gli stessi sono stati oggetto di una significativa revisione della Relazione Paesaggistica, trasmessa contestualmente ai documenti integrativi sopra descritti, così come consegnati a dicembre 2019/gennaio 2020, alla quale si rimanda per i relativi dettagli. Su tale revisione si è espresso il MIBACT, valutando che l'opera in progetto, nonostante l'ulteriore riduzione a livelli minimi, risulta ancora visibile (**cosa del resto intrinsecamente inevitabile per un'opera portuale**) e che pertanto la stessa incide in modo ritenuto ancora significativo sulle visuali dalla città di Bordighera. Ciò, nonostante lo studio presentato abbia dimostrato che in realtà, sempre negli ovvi limiti di un'opera di questo tipo, i punti di intervisibilità significativi sono ridotti ad un numero estremamente esiguo. E che le mitigazioni previste per armonizzare le opere con il contesto attuale risultano in linea con quanto richiesto dalla Soprintendenza.

Viceversa, **da parte della Regione è stato espresso parere positivo sul progetto dal punto di vista paesaggistico.**

In conseguenza di quanto precede, e tenuto conto della sua natura, il presente documento è strutturato **in riferimento ai seguenti due macrotemi:**

1. **Elementi legati alle potenziali interferenze dell'opera con il contesto marino e costiero di riferimento** (aspetti morfodinamici, trasporto solido, ecc.), con specifica attenzione sui temi, tra gli altri, anche dell'agitazione e del ricambio idrico all'interno delle aree portuali, attuale e futura;
2. **Elementi connessi agli interventi di progetto per quanto riguarda il Rio Sasso**, sia per le possibili conseguenze nell'area della foce (e, viceversa, per quanto riguarda il ruolo del Rio Sasso rispetto ai temi di cui al punto 1 che precede), sia in relazione agli interventi di tipo compensativo previsti sullo stesso.

Si ribadisce che quanto qui indicato è finalizzato a fornire elementi di chiarimento su quanto già indicato in sintesi nei documenti agli atti dell'istruttoria (tra cui in particolare le integrazioni), **fornendo, laddove ritenuto opportuno, ulteriori dettagli**. Inoltre, anche in relazione alle questioni poste dalla Regione (che, pur esprimendo parere sostanzialmente positivo ha evidenziato alcune possibili carenze di tipo documentale), lo stesso contiene **alcuni ulteriori approfondimenti**, necessari da un lato **a dare risposta alla Regione** e dall'altro comunque di interesse per il procedimento di VIA in corso, **e segnatamente per le esigenze istruttorie della CVIA**.

1 Potenziali interferenze con l'ambiente marino e costiero

Il presente capitolo si compone delle seguenti parti:

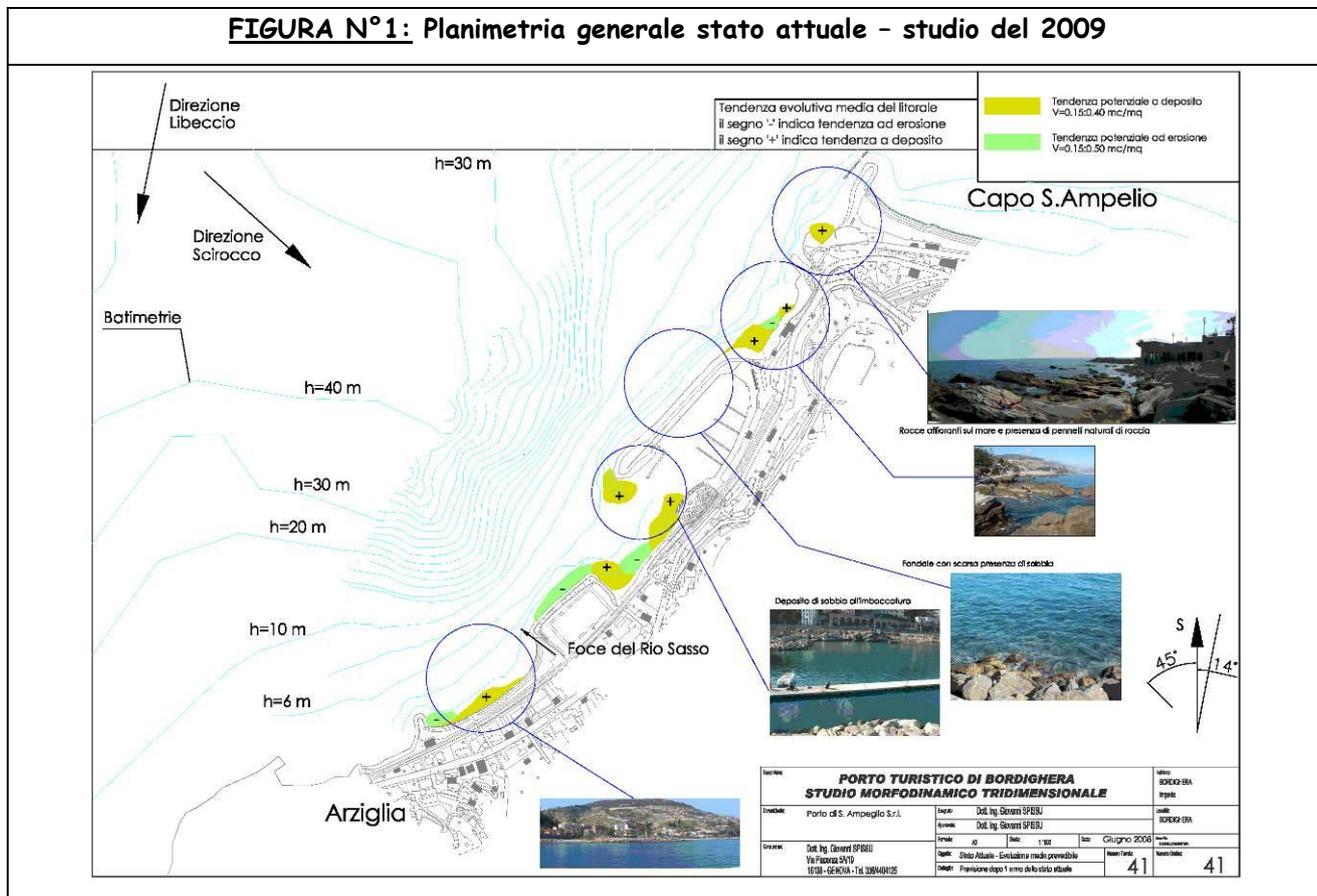
- **inquadramento** dei parametri di riferimento per le analisi descritte nei paragrafi successivi;
- **analisi del trasporto solido e della morfodinamica costiera**, contenente l'esame della tendenza evolutiva del litorale attorno all'area in esame. Tale studio preliminare, unitamente alle valutazioni qualitative sulla dinamica del litorale, illustra l'idrodinamica del paraggio, in corrispondenza dei regimi meteomarini più frequenti, al fine di valutare la tendenza evolutiva del litorale nel paraggio in esame con e senza il progetto;
- **analisi del regime idraulico nell'area della foce del Rio Sasso**, contenente le valutazioni idraulico-marittime al riguardo;
- **analisi dell'agitazione interna portuale e del ricambio idrico delle acque interne.**

1.1 Valutazioni qualitative sulla dinamica del litorale

Questo paragrafo e il successivo contengono elementi di inquadramento sulla morfodinamica in gran parte già presentati in precedenza, che qui si ripropongono per mera comodità, in modo da consentire di illustrare meglio le considerazioni generali derivanti dal nuovo layout progettuale.

Come già mostrato nello studio del 2009, il tratto di costa in oggetto presenta, attualmente due zone distinte, posizionate ai lati del porto attuale, come di seguito mostrato:

FIGURA N°1: Planimetria generale stato attuale - studio del 2009



A sud (ponente) del porto attuale, la costa è caratterizzata da rocce affioranti, fino a Capo S. Ampelio.

FIGURA N°2: Foto litorale verso capo S.Ampelio



La foto sopra mostra le caratteristiche del litorale a sud del porto attuale (verso capo S.Ampelio).

FIGURA N°3: Foto litorale da capo S.Ampelio al porto attuale



La foto sopra mostra le caratteristiche del litorale situato tra capo S.Ampelio ed il porto attuale.

In breve il litorale di ponente sito tra il porto attuale ed il Capo S.Ampelio, è caratterizzato da una linea di riva piuttosto rigida.

FIGURA N°4: Foto fondale del litorale tra capo S. Ampelio al porto attuale



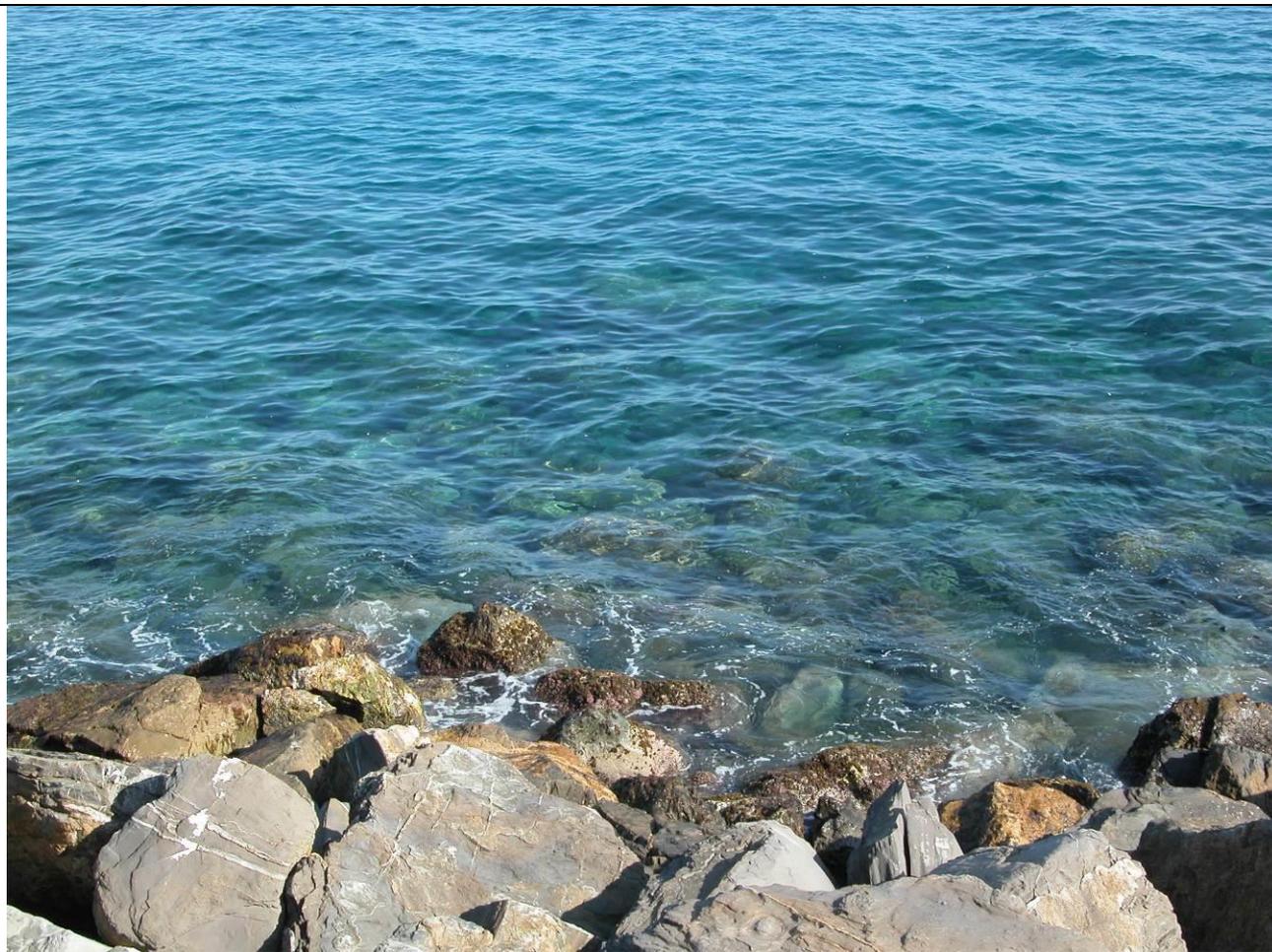
La foto sopra mostra il fondale caratterizzato da ciotoli di diametro piuttosto elevato e scarsa presenza di materiale fine.

FIGURA N°5: Foto fondale a ponente ed a levante di capo S. Ampelio



La foto sopra mostra Capo S. Ampelio: a ponente il litorale presenta materiale piuttosto fine, a levante (verso il porto attuale), il materiale è piuttosto grossolano, come mostrato nella foto precedente. Tale situazione mostra che Capo S. Ampelio di fatto traccia il limite delle due unità fisiografiche, site rispettivamente a ponente ed a levante dello stesso Capo, impedendo di fatto il passaggio degli apporti di trasporto solido verso l'attuale porto di S. Ampelio.

FIGURA N°6: Foto fondale a mare della diga di sottoflutti attuale



La foto sopra mostra la zona a mare dell'attuale diga sottoflutti del porto caratterizzata da un fondale costituito da ciotoli di elevate dimensioni.

FIGURA N°7: Foto fondale del litorale tra capo S.Ampelio al porto attuale



La foto sopra mostra la zona del porto attuale caratterizzata da depositi piuttosto importanti di sabbia.

FIGURA N°8: Foto fondale del litorale tra capo S.Ampelio al porto attuale



La foto sopra mostra la zona del litorale a levante del porto attuale caratterizzata anch'essa da depositi di sabbia ai margini della scogliera emersa.

FIGURA N°9: Foto dell'evoluzione del litorale dal 1944 al 1983



La foto sopra, tratta dal sito internet della Regione Liguria, mostra l'andamento storico della linea di costa dal 1944 al 1983. Da essa si deduce quanto segue:

- A. il litorale a ponente del porto, nel tratto tra il porto e Capo S. Ampelio, non presenta sostanziali modifiche nel tempo (vedi linea ciano). Tale situazione conferma quanto illustrato precedentemente circa la stabilità e la rigidità di tale tratto di costa;
- B. il litorale a levante del porto presenta una linea di riva piuttosto stabile. Tale situazione si registra sia prima che dopo la costruzione del piazzale a mare.

FIGURA N°10: Foto dell'evoluzione del litorale dal 1983 al 1996



La foto sopra, tratta dal sito internet della Regione Liguria, mostra l'andamento storico della linea di costa dal 1983 al 1996. Da essa si deduce quanto segue:

- A. si ribadisce quanto indicato nella foto precedente per quanto riguarda il litorale a ponente del porto, nel tratto tra il porto e Capo S.Ampelio;
- B. il litorale a levante del porto presenta una linea di riva in erosione, in corrispondenza della spiaggia a levante della foce del Rio Sasso.

Si nota dunque quanto segue:

- a. La disponibilità di materiale al fondo nell'area in oggetto risulta piuttosto limitata. Tale aspetto non consente un trasporto litoraneo apprezzabile nel paraggio in esame, come di seguito illustrato:
 - Per quanto riguarda il litorale di ponente, tale circostanza è dovuta alla presenza del Capo S. Ampelio che di fatto delimita le due unità fisiografiche a levante ed a ponente dello stesso Capo. Non si registrano quindi, come ampiamente dimostrato nella soluzione progettuale del 2009, possibilità di trasporti litoranei da libeccio (e né tantomeno da altri settori di traversia minori);
 - Per quanto riguarda il litorale a levante della foce del Rio Sasso la spiaggia è in erosione e la linea di riva in arretramento. Tale circostanza è dovuta sostanzialmente ad i limitati apporti di materiale solido del Rio Sasso;
- b. Nella zona del porto attuale sono presenti depositi stabili di sabbia, probabilmente proveniente dal largo e trasportata durante le mareggiate più severe;

Si illustrano dunque di seguito le valutazioni qualitative sulla tendenza evolutiva del litorale:

- A. La zona a ponente del porto (sita tra il porto e Capo S.Ampelio), non viene modificata dalla realizzazione delle nuove opere portuali, poiché la linea di riva è rigida e stabile (come anche dimostrato dalle carte storiche della zona e dalle considerazioni suddette);
- B. La zona di ingresso del porto, attualmente presenta depositi stabili di sabbia, che devono essere dragati. Per le stesse motivazioni di cui sopra, non si registrano altre possibilità di insabbiamenti provenienti da ponente. Considerati tuttavia i rilevanti depositi di sabbia, situati al largo del porto, potranno eventualmente verificarsi fenomeni di insabbiamento dell'imboccatura dovuti a trasporti di sabbia provenienti dal largo, in occasione di eventi estremi;
- C. La zona a levante del nuovo porto presenta una spiaggia adiacente al Rio Sasso. Nei paragrafi seguenti viene calcolato il diametro D50 di inizio modellamento al fondo, che sarà propedeutico per la progettazione del ripascimento stabile della spiaggia stessa. Dunque il

problema dell'erosione attuale della spiaggia verrà risolto con un'adeguata progettazione del ripascimento della spiaggia.

- D. Per quanto riguarda il Rio Sasso, i paragrafi seguenti dimostrano che il porto in oggetto non modifica il regolare deflusso delle acque alla foce del Rio stesso. La nuova configurazione di progetto non varia, dunque in generale, il regolare deflusso del Rio Sasso.

1.2 Analisi meteomarine di riferimento

1.2.1 Dati storici a disposizione

I dati utilizzati per le simulazioni effettuate per l'analisi e la progettazione del porto sono stati i seguenti:

- dati meteorologici (campo di vento) prelevati dalle pubblicazioni dell'Istituto Idrografico della Marina;
- dati meteomarini prelevati dalle pubblicazioni dell'Istituto Idrografico della Marina;

I dati meteorologici di velocità e direzione del vento, prelevati dalle pubblicazioni dell'Istituto Idrografico della Marina, si riferiscono al paraggio di Bordighera. Tramite un appropriato modello numerico è stata eseguita una conversione di tali dati in altezza e frequenza d'onda significativa.

Ricavate le caratteristiche del moto ondoso su profondità infinita, in base ai dati suddetti, si è proceduto alla determinazione dei parametri da utilizzare nel modello numerico impiegato per la valutazione del regime meteomarino su acqua bassa (modello di propagazione spettrale).

In particolare, tali parametri si tarano in base ai risultati del modello spettrale per la profondità infinita. La propagazione del moto ondoso si esegue impiegando i dati batimetrici del paraggio di Bordighera, ricavati da un rilievo del 2009 e dalle carte batimetriche dell'Istituto Idrografico della Marina.

1.2.2 Determinazione delle altezze d'onda spettrali su profondità infinita

Nella pubblicazione "Il vento e lo stato del mare" dell'Istituto Idrografico della Marina sono raccolte le frequenze medie percentuali dell'intensità del vento per le direzioni della rosa dei

venti. Esse sono state ottenute dalle osservazioni ricavate dall'anemometro situato a Bordighera ed avente quota di 67 m sopra il livello del mare.

Le direzioni relative alle frequenze medie più alte sono quelle corrispondenti alle direzioni:

- E-SE, corrispondente ad uno stato del mare di scirocco;
- W-SW, corrispondente ad uno stato del mare di libeccio.

Per ogni frequenza sono state dedotte le velocità del vento raccolte nella tabella seguente:

Direzione E - SE		Direzione W - SW	
Frequenza %	Veloc. Vento (m/s)	Frequenza %	Veloc. Vento (m/s)
9.50	3.70	7.50	1.55
12.00	5.55	5.30	5.55
3.50	10.75	1.00	10.75
0.30	25.00	0.05	25.00

Cfr. Tabella. Si evidenzia che le suddette frequenze sono riferite a tutte le direzioni comprese nella rosa dei venti e quindi la somma di ogni colonna non può essere pari all'unità.

I dati suddetti sono stati calibrati per l'inserimento nel modello di conversione, effettuando alcune correzioni, che nel caso in oggetto sono state:

1. correzione per la quota dell'anemometro;
2. correzione per la localizzazione a terra dell'anemometro;
3. correzione per ottenere la velocità efficace per la generazione;

Nel paragrafo successivo sono espone le quattro correzioni suddette, evidenziando per ognuna i dati di vento prima e dopo la correzione.

Correzione dei dati meteorologici

Il modello di conversione utilizza velocità del vento riferite alla quota di 10 m sul livello del mare. I dati rilevati sono invece riferiti alla **quota anemometrica di 67 m sul livello del mare**. Si è quindi

operata una correzione dei dati suddetti, tenendo in conto la perdita di potenza del vento per l'interazione con lo strato limite aerodinamico. Il calcolo è stato eseguito con la seguente formula:

$$U(10) = U(y) * \left(\frac{y}{y_{10}}\right)^{(-1/7)}$$

ove:

- U(10) è la velocità del vento alla quota di 10 m;
- U(y) è la velocità del vento alla quota y=67 m;
- y=67m;
- y₁₀=10 m;

Le velocità del vento prima e dopo la correzione sono riportate nella tabella seguente:

U(y) (m/s)	U(10) (m/s)
3.70	2.50
5.55	4.23
10.75	8.19
25.00	19.05

Cfr. Tabella. Le velocità del vento alla quota di 10 m sono minori di quelle riferite alla quota anemometrica di 67 m, per effetto dell'interazione con lo strato limite aerodinamico.

Per tener conto della **localizzazione a terra dell'anemometro** e cioè della diversa resistenza che il vento incontra a terra, rispetto a quella che incontra a mare, si è applicato un adeguato coefficiente correttivo

La correzione è indipendente dalla direzione del vento ed i coefficienti correttivi sono mostrati nella tabella seguente:

Velocità del vento U(10) (m/s)	Coefficiente correttivo RL
2.82	1.75
4.23	1.5
8.19	1.25
19.05	0.90

Cfr. Tabella. Il coefficiente RL risulta maggiore di 1 per bassi valori di velocità del vento (la resistenza incontrata dal vento a terra è maggiore di quella sul mare), viceversa per gli alti valori di questa risulta minore di 1 (la resistenza incontrata dal vento a terra è minore di quella sul mare, dove le onde possono risultare, date le alte velocità, particolarmente severe).

La velocità misurata con l'anemometro corrisponde generalmente al valore massimo rilevato nell'intervallo del tempo di osservazione (qualche minuto). Per adattare le singole osservazioni alla durata dello stato del mare in osservazione (circa 20 minuti), si deve adottare un adeguato coefficiente correttivo.

Moltiplicando la velocità del vento riferita alla quota di 10 m, per i coefficienti correttivi RL ed RF, si ottiene **la velocità efficace per la generazione**.

La correzione RF è indipendente dalla direzione del vento.

Velocità del vento U(10) (m/s)	Coefficiente correttivo RF	Velocità del vento corretta (m/s)
2.82	1.01	4.49
4.23	0.94	5.90
8.19	0.92	10.85
19.05	0.83	19.90

Cfr. Tabella. Il coefficiente RF è pari a 1 (valore di riferimento) per uno stato del mare di durata 1 h.

Modello di conversione dati metereologici - dati meteomarini

Il modello di conversione si basa sulle seguenti fasi di calcolo:

- A. determinazione dei parametri adimensionali del fetch e della durata;
- B. determinazione del regime meteomarino;

Nei paragrafi successivi si illustrano le modalità di calcolo, sulla base di queste determinazioni, dell'altezza e del periodo d'onda spettrali, sulla profondità infinita, che permettono di implementare lo spettro di energia. Le operazioni sono state articolate in due punti, A e B.

Al punto A, si sono eseguite in dettaglio le seguenti operazioni:

1A. Determinazione del parametro adimensionale del fetch, desunto a partire dalla seguente relazione:

$$\bar{x} = gx / U_o^2$$

ove:

- g è l'accelerazione di gravità, assunta pari a 9,81 m/sec²;
- x è il fetch, cioè l'estensione di mare priva di ostacoli che possano impedire la propagazione del moto ondoso;
- U_o è la velocità del vento alla quota di 10 m e corretta come visto nel paragrafo precedente;

2A. Determinazione del parametro adimensionale della durata, desunto a partire dalla seguente relazione:

$$\bar{t} = gt / U_o$$

ove:

- g è l'accelerazione di gravità, assunta pari a 9,81 m/sec²;
- t è la durata del vento;
- U_o è la velocità del vento alla quota di 10 m e corretta come visto nel paragrafo precedente;

Al punto B si sono eseguite in dettaglio le seguenti operazioni:

1B. Calcolo del parametro minimo adimensionale della durata:

$$\bar{t}_m = gt_m / U_o = 21.88 * (gx / U_o^2)^{0.797}$$

ove:

- g è l'accelerazione di gravità, assunta pari a 9,81 m/sec²;
- tm è la durata minima del vento per il regime stazionario;
- x è il fetch;
- Uo è la velocità del vento alla quota di 10 m e corretta come visto nel paragrafo precedente;

2B. Determinazione del regime meteomarinario.

Confrontando il parametro minimo adimensionale della durata (punto 2A), con il parametro adimensionale della durata (punto 1B), si determina il regime meteomarinario. In dettaglio si ha:

$$gt / U_o \geq gt_m / U_o \quad \text{regime stazionario}$$

$$gt / U_o \leq gt_m / U_o \quad \text{regime transitorio}$$

3B. Assunzione dei parametri del fetch e della durata del vento

Per le due traversie considerate, libeccio (W-SW) e scirocco (E-SE), sono stati assunti i seguenti parametri:

- libeccio: x=800 Km t=36h;
- scirocco: x=200 Km t=12h;

ove:

- t è la durata media delle burrasche di vento;
- x è il fetch;

4B. Valutazione del regime meteomarinario.

Nella tabella seguente sono indicati, per ogni valore di velocità del vento, i regimi meteomarini di appartenenza:

Direzione W - SW				Direzione E - SE			
U_0 (m/s)	gt/ U_0	gt _m / U_0	R.M.	U_0 (m/s)	gt/ U_0	gt _m / U_0	R.M.
4.50	282242	621225	transitorio	4.50	94081	205782	transitorio
6.30	201802	363923	transitorio	6.30	67267	120550	transitorio
13.33	95374	110197	transitorio	13.33	31791	36503	transitorio
28.11	45225	33545	stazionario	28.11	15075	11112	stazionario

Il significato dei simboli adottati è il seguente:

- U_0 è la velocità del vento alla quota di 10 m e corretta come visto nel paragrafo precedente;
- gt/ U_0 è il parametro adimensionale della durata;
- gtm/ U_0 è il parametro minimo adimensionale della durata;
- R.M. indica il regime meteomarinario.

Per Regime stazionario si intende che l'area interessata dalla burrasca di vento di durata t determina un moto ondoso mediamente organizzato.

Nel regime transitorio, che si registra per intensità di vento più basse, il moto ondoso è ancora nella fase di generazione. Nella tabella seguente, sono riepilogate le intensità del vento per le varie frequenze medie percentuali di accadimento.

Direzione W - SW			Direzione E - SE		
Freq. %	U_0 (m/s)	R.M.	Freq. %	U_0 (m/s)	R.M.
9.50	4.50	transitorio	7.50	4.50	transitorio
12.00	6.30	transitorio	5.30	6.30	transitorio
3.50	13.33	transitorio	1.00	13.33	transitorio
0.30	28.11	stazionario	0.05	19.90	stazionario

Stima dei parametri spettrali e determinazione dell'altezza e del periodo d'onda spettrale

Lo spettro in frequenza su profondità infinita è assunto della forma JONSWAP medio:

$$S_{j_o}(f) = S_{PH_o}(f) * \Phi_{PM_o}(f, f_{p_o}) * \Phi_{j_o}(f, f_{p_o}, \gamma_o, \omega_o)$$

OVE:

- $S_{PH_o}(f) = (\alpha_o / 2) * g^2 * (2\pi)^{-4} * f^{-5}$ è lo spettro in frequenza di Philips;
- $\Phi_{PM_o}(f, f_{p_o}) = \exp\{-1.25 * (f / f_{p_o})^{-4}\}$ è la funzione di forma di Pierson & Moskowitz;
- $\Phi_{j_o}(f, f_{p_o}, \gamma_o, \omega_o) = \exp\left\{\ln \gamma_o \exp\left[-0.5 \left(f / f_{p_o} - 1\right)^2 / \omega_o^2\right]\right\}$ è la funzione di forma di Hasselmann;

I parametri dello spettro sono dunque:

1. frequenza di picco: pari ad f_{p_o} su profondità infinita;
2. parametro di equilibrio α_o ;
3. fattore di amplificazione dello spettro γ_o ;
4. parametro di larghezza del picco ω_o ;

In riferimento a quanto ricavato al punto 1.1.2. , dove è stato valutato il regime metomarinico per le due direzioni di traversia considerate, sono stati determinati i parametri spettrali. Le relazioni impiegate sono le seguenti:

1. frequenza di picco: $f_{p_o} = 3.5 \cdot x^{-0.33} g / U_o$
2. parametro di equilibrio: $\alpha_o = 0.076 \cdot x^{-0.22}$
3. fattore di amplificazione dello spettro $\gamma_o = 3.3$
4. parametro di larghezza del picco $\omega_o = 0.07$ per $f \leq f_{p_o}$
 $\omega_o = 0.09$ per $f \geq f_{p_o}$;

Nelle tabelle seguenti sono raccolti i valori dei parametri spettrali, ricavati per le due direzioni di traversia considerate.

Per la traversia di libeccio (W-SW), $x=800$ Km $t=36$ h, si ha

DIREZIONE W - SW				
Freq. %	U_0 (m/s)	f_{po} (Hz)	α_0	γ_0
7.50	2.77	0.201001843	0.004872399	3.3
5.30	5.90	0.129156166	0.006001624	3.3
1.00	13.33	0.090381846	0.007101226	3.3
0.05	13.88	0.065893609	0.07355384	3.3

Per la traversia di scirocco (E-SE), avente $x=200$ Km e $t=12$ h, si ha:

DIREZIONE E - SE				
Freq. %	U_0 (m/s)	f_{po} (Hz)	α_0	γ_0
9.50	2.77	0.316810675	0.006598967	3.3
12.00	5.90	0.203570532	0.008128342	3.3
3.50	13.33	0.142456076	0.009617596	3.3
0.30	13.88	0.117691126	0.009978346	3.3

Impiegando i parametri spettrali stimati, si è costruito lo spettro d'onda sulla profondità infinita. Integrando lo spettro si è poi determinato, per ognuna delle due direzioni di traversia, il momento di ordine "0" dello spettro e l'altezza d'onda spettrale corrispondente.

I risultati ottenuti sono raccolti in tabella per le due direzioni di traversia considerate:

Direzione E - SE				Direzione W - SW			
U ₀ (m/s)	m ₀ (m ²)	H _{mo} (m)	T _{mo} (s)	U ₀ (m/s)	m ₀ (m ²)	H _{mo} (m)	T _{mo} (s)
2.77	0.0130	0.46	3.05	2.77	0.0560	0.95	4.39
5.90	0.0820	1.15	4.83	5.90	0.4050	2.55	7.20
13.33	0.4000	2.53	7.18	13.33	1.9980	5.65	10.73
13.88	1.7100	5.23	10.32	13.88	4.0109	8.01	12.05

Cfr. Tabella. Si notino le differenze tra le due traversie considerate ad esempio in termini di altezza spettrale: nella traversia di libeccio, a parità di velocità del vento, si hanno moti ondosi più severi. Ciò è dovuto al fatto che il fetch e la durata del vento sono maggiori di quelli corrispondenti alla traversia di scirocco.

1.2.3 Confronto dei risultati ottenuti con i dati meteomarini a disposizione

Dati meteomarini prelevati dalle pubblicazioni dell'Istituto Idrografico della Marina

I dati meteomarini a disposizione sono riferiti al paraggio di Bordighera.

Nella tabella seguente sono riportati i dati ricavati sulla base di osservazioni giornaliere relative ad un periodo di 6 anni. Essi sono riferiti al massimo mare verificatosi nei singoli mesi dell'anno. Sono raccolte la frequenza in giorni, relativa frequenza nei 6 anni di osservazione, e la direzione di provenienza delle mareggiate:

MESE	STATO DEL MARE	FREQUENZA IN GIORNI	DIREZIONE DI PROVENIENZA
Gennaio	6	2	1 S-SW 1 W-SW
Febbraio	6	2	1 E 1 W-SW
Marzo	5	4	3 E 1 SW
Aprile	5	5	2 E 2 W 1 W-SW
Maggio	5	1	E
Giugno	5	3	1 E 1 SW 1 W-SW
Luglio	5	1	SE
Agosto	5	3	1E 1SW 1 W-SW
Settembre	5	4	1 E-NE 1E 2 W-SW
Ottobre	5	2	2E
Novembre	6	1	E
Dicembre	6	1	E
Totale		29	

Cfr. Tabella. Lo stato del mare forza 6, corrisponde ad un'altezza d'onda compresa fra 4 e 6 metri; lo stato del mare forza 5, corrisponde ad un'altezza d'onda compresa fra 2.5 e 4 metri.

Si noti che:

- gli stati di mare più severi, sono nella maggior parte dei casi, provenienti da W - SW (traversia di libeccio) e da E - SE (scirocco).
- 12 casi sui 29 osservati, cioè il 40 % circa, hanno direzione di provenienza di libeccio, di cui 3 casi con stato del mare forza 6, ed i rimanenti 9 con stato del mare forza 5.
- 10 casi sui 29 osservati, cioè il 35% circa, hanno direzione di provenienza di scirocco, di cui 3 casi con stato del mare forza 6, ed i rimanenti 7 con stato del mare forza 5.

Le suddette rilevazioni confermano le indicazioni dedotte dal modello di conversione dei dati di vento in stati del mare.

I dati di altezza e periodo d'onda spettrali (modello dello spettro di energia) sono raccolti nella tabella seguente:

Tab. C1 Modello dello spettro di energia					
Direzione W - SW			Direzione E - SE		
Freq. %	H _{mo} (m)	T _{mo} (s)	Freq. %	H _{mo} (m)	T _{mo} (s)
7.50	0.95	4.39	9.50	0.46	3.05
5.30	2.55	7.20	12.00	1.15	4.83
1.00	5.65	10.73	3.50	2.53	7.18

Considerando che il modellamento del fondo è dovuto a stati di mare molto frequenti, nelle valutazioni numeriche descritte nei paragrafi successivi si sono considerati gli stati di mare corrispondenti alla prime tre righe della tabella precedente (escludendo di fatto gli stati di mare estremi), che sono riportati nella tabella sopra, in cui l'ultima riga evidenzia lo stato del mare riconducibile ad un evento avente periodo di ritorno pari a 5 anni.

1.3 Trasporto solido e morfodinamica costiera

Considerato che il litorale compreso tra il porto S. Ampelio e Capo S.Ampelio risulta avere una linea di riva rigida e stabile lo studio del trasporto solido si è concentrato nella zona di litorale a levante del nuovo porto, come indicato nella figura sotto riportata.

Si rileva che il litorale a levante della foce del Rio Sasso risulta in erosione, come illustrato nel presente documento.

Il presente paragrafo illustra i calcoli preliminari del diametro stabile al fondo, utile per eseguire il ripascimento della spiaggia in oggetto e limitare al massimo l'erosione della spiaggia stessa.

FIGURA N°11: litorale presso Bordighera



Vista aerea da ovest
Nuova proposta 2019

Nel presente paragrafo si illustra lo studio morfodinamico eseguito per l'area in esame.

In particolare, si sono determinate le condizioni medie di inizio modellamento al fondo nelle condizioni di moto ondoso più frequente, utilizzando il modello di Shields modificato per il moto ondoso (Università degli studi di Genova - G. Scarsi & L. Rebaudengo). In pratica si è calcolato il diametro medio dei sedimenti che possono essere potenzialmente trasportati dalla corrente, in quanto tale calcolo serve per verificare se nelle zone considerate è potenzialmente da attendersi il trasporto dei sedimenti ivi depositati, e la fascia media di sedimenti potenzialmente trasportabili.

Calcolo della tendenza evolutiva

I parametri sedimentologici e meteomarini riportati di seguito si riferiscono alla sezione trasversale della battigia, situata in corrispondenza del paraggio in esame.

Determinazione del diametro di inizio modellamento al fondo

In questo paragrafo si descrivono le condizioni di inizio modellamento del fondo utilizzate per l'analisi. L'inizio del modellamento del fondo è caratterizzato da un movimento d'insieme delle particelle. Il diametro caratteristico delle particelle, che sotto l'azione del moto ondoso di maggiore frequenza annuale modifica e modella il fondo è qui inteso come diametro di inizio del modellamento al fondo. Tutte le particelle aventi diametro inferiore partecipano al modellamento del fondo, viceversa maggiore è la dimensione della particella è minore è la probabilità che essa si muova.

Di seguito si illustrano le fasi del calcolo effettuato:

- a) determinazione dei parametri meteomarini di entrata del modello
- b) determinazione del diametro di inizio del modellamento al fondo in corrispondenza della profondità di frangimento delle ondate più frequenti, nelle zone d'interesse.
- c) Confronto tra il diametro calcolato al punto precedente ed il diametro D_{50} rilevato.

Parametri di input del modello

Per la definizione del modello si sono utilizzati i seguenti parametri:

- parametro d'onda H/gT^2 ;
- parametro di profondità h/gT^2 ;
- parametro di periodo g^2T^3/v ;

Diametro di inizio modellamento al fondo per le zone considerate.

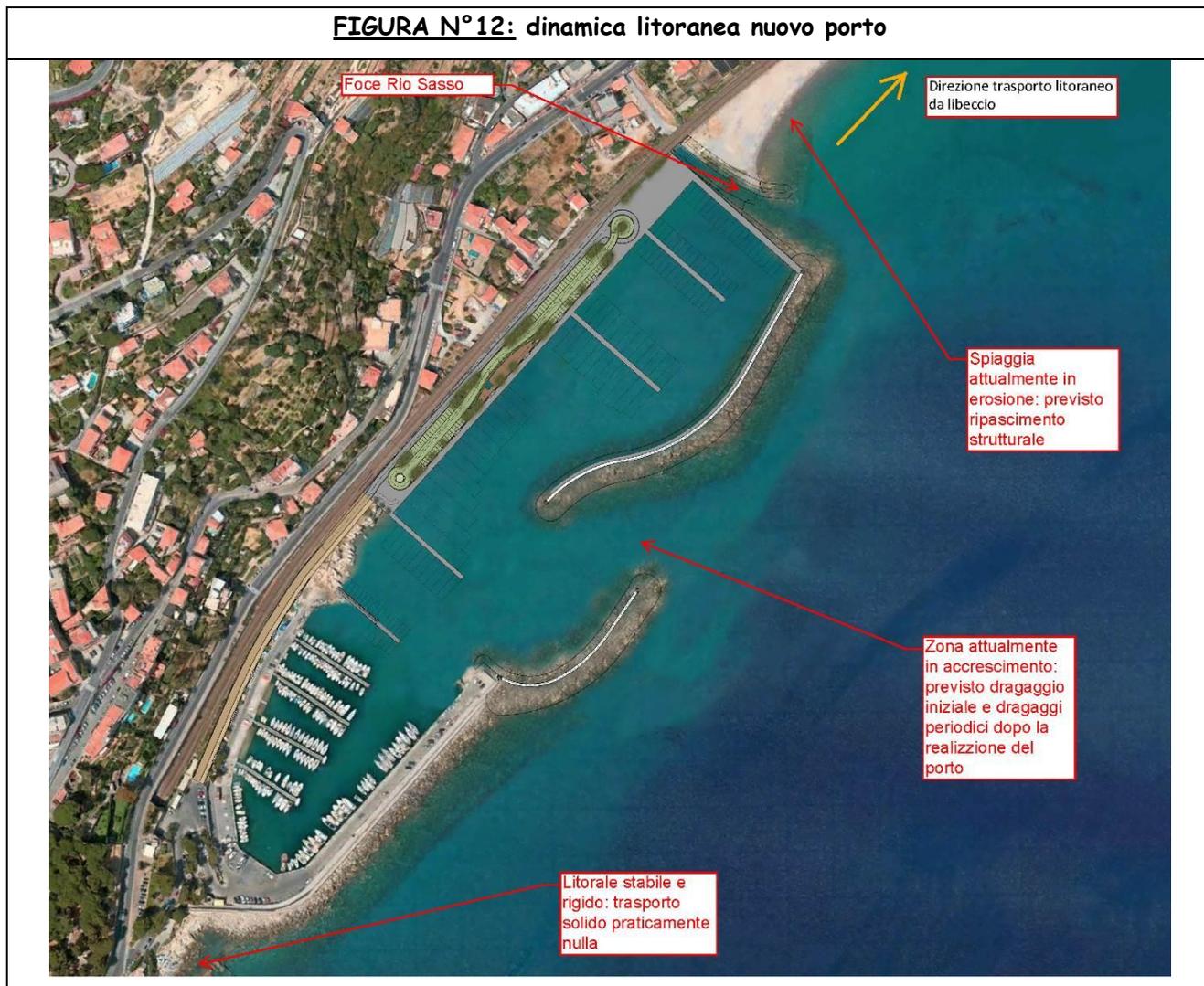
Nelle tabelle seguenti, per ogni ondazione più frequente, si illustra il diametro di inizio modellamento al fondo, che per il Libeccio presenta un valore pari a $D50=2$ mm:

Tab. C2 DIAMETRO DI INIZIO MODELLAMENTO AL FONDO - ZONA 1						
Traversia	Periodo d'onda su profondità infinita (s)	Frequenza di annuale di accadimento (%)	Altezza d'onda al frangimento (m)	Periodo d'onda su profondità finita (s)	Profondità di frangimento (m)	Diametro di inizio modellamento al fondo (mm)
Libeccio	4.39	7.50	0.85	4.39	1.0	0.5
Libeccio	7.20	5.30	1.25	5.60	2.5	1.1
Libeccio	10.73	1.00	3,55	9.42	5.0	2.0
Scirocco	3.05	9.50	0.40	3.47	1.0	0.1
Scirocco	4.86	12.00	0.40	4.61	2.3	0.3
Scirocco	7.18	3.50	0.45	6.23	2.5	0.4

Il calcolo delle condizioni d'onda sulla spiaggia a levante del porto è stato effettuato applicando un modello spettrale di propagazione del moto ondoso dal largo all'area di interesse. Nella propagazione spettrale dell'energia del moto ondoso dal largo alle profondità di riferimento è stata imposta la costanza del periodo d'onda. Tale assunzione è pienamente soddisfatta nelle presenti condizioni operative.

La figura seguente illustra la dinamica litoranea del litorale adiacente al nuovo porto:

FIGURA N°12: dinamica litoranea nuovo porto



Conclusioni

Le considerazioni conclusive derivanti dallo studio sono state le seguenti:

- La disponibilità di materiale al fondo nell'area in oggetto risulta piuttosto limitata. Tale circostanza è dovuta alla presenza di campo S.Ampelio (che blocca il trasporto litoraneo proveniente da ponente) ed anche dallo scarso apporto di materiale al fondo del Rio Sasso (v.anche dopo). **Da ciò segue, tra l'altro, la già indicata assenza di effetti sostanziali derivanti dal nuovo porto sulla dinamica dei sedimenti;**

- le profondità di frangimento valutate in corrispondenza delle ondate più frequenti sono inferiori a 5 m per le ondate da libeccio e sono inferiori ed a circa 2.5 m per le ondate da scirocco;
- il diametro D50 del ripascimento di progetto deve essere pari o superiore a 2.0 mm, come indicato nella tabella delle risultanze del modello di calcolo del diametro di inizio modellamento al fondo.

Considerazioni più approfondite circa la curva sedimentologica più appropriata per il ripascimento in oggetto verranno effettuate ai livelli di progettazione di dettaglio, successivamente al procedimento di VIA.

1.4 Regime idraulico nell'area della foce del Rio Sasso

Nel presente paragrafo si valuta il regolare deflusso del Rio Sasso, considerando le interazioni con gli elementi strutturali dell'opera in oggetto. La valutazione si basa su uno studio preliminare di compatibilità idrologico-idraulica dell'area alla foce del Rio Sasso con le condizioni meteomarine aventi periodo di ritorno pari a 50 anni.

Dal punto di vista del regolare deflusso del Rio Sasso, si registra che l'opera in progetto non varia, in generale, il regolare deflusso del Rio Sasso

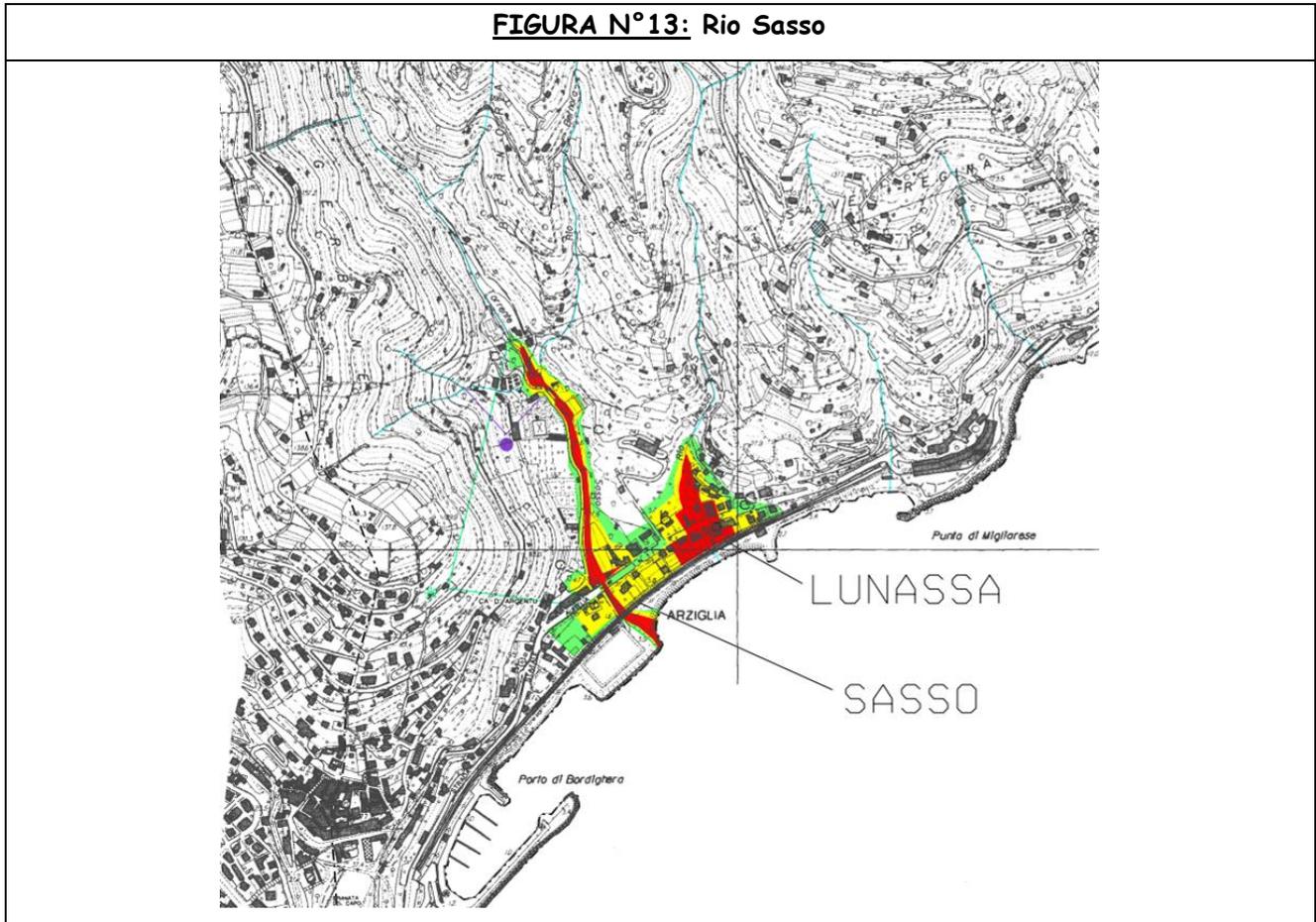
Generalità relative allo studio morfodinamico tridimensionale del Paraggio.

Nel presente paragrafo si illustra l'inquadramento generale del Rio Sasso e si descrive la valutazione effettuata per l'interazione idraulica tra la foce dello stesso e la nuova opera in progetto. La valutazione è stata eseguita considerando l'azione del moto ondoso in corrispondenza della foce del Rio, prima e dopo la costruzione dell'opera.

Nel confronto tra i due scenari si rileva che lo Stato di progetto provoca un miglioramento delle condizioni meteomarine alla foce del Rio Sasso rispetto alle condizioni attuali.

La figura seguente mostra la localizzazione del Rio Sasso. Si noti in particolare la foce, che in sponda destra è occupata da un terrapieno a mare:

FIGURA N°13: Rio Sasso



Le massime portate di piena, assunte anche alla base dei calcoli idraulici già svolti, sono state desunte dagli elaborati del Piano di bacino e sono riportate nella seguente tabella:

Superficie	QT=50	QT=200	QT=500
[kmq]	[m3/s]	[m3/s]	[m3/s]
5,81	76	110	133

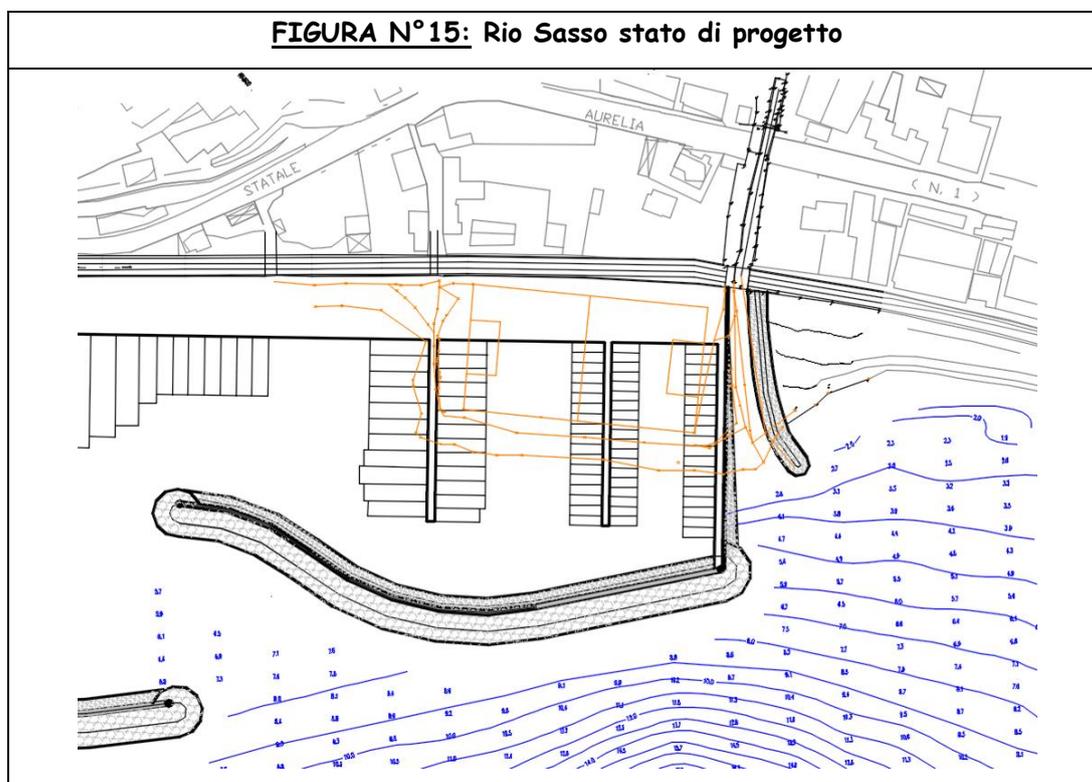
La figura seguente mostra la localizzazione a sinistra la foce del Rio Sasso nello stato attuale ed a destra, in corrispondenza del molo di levante la foce del Rio Sasso nello stato di progetto.

FIGURA N°14: Rio Sasso: confronto tra stato attuale e stato di progetto



La figura seguente mostra la i dettaglio del progetto in corrispondenza della foce del Rio Sasso:

FIGURA N°15: Rio Sasso stato di progetto



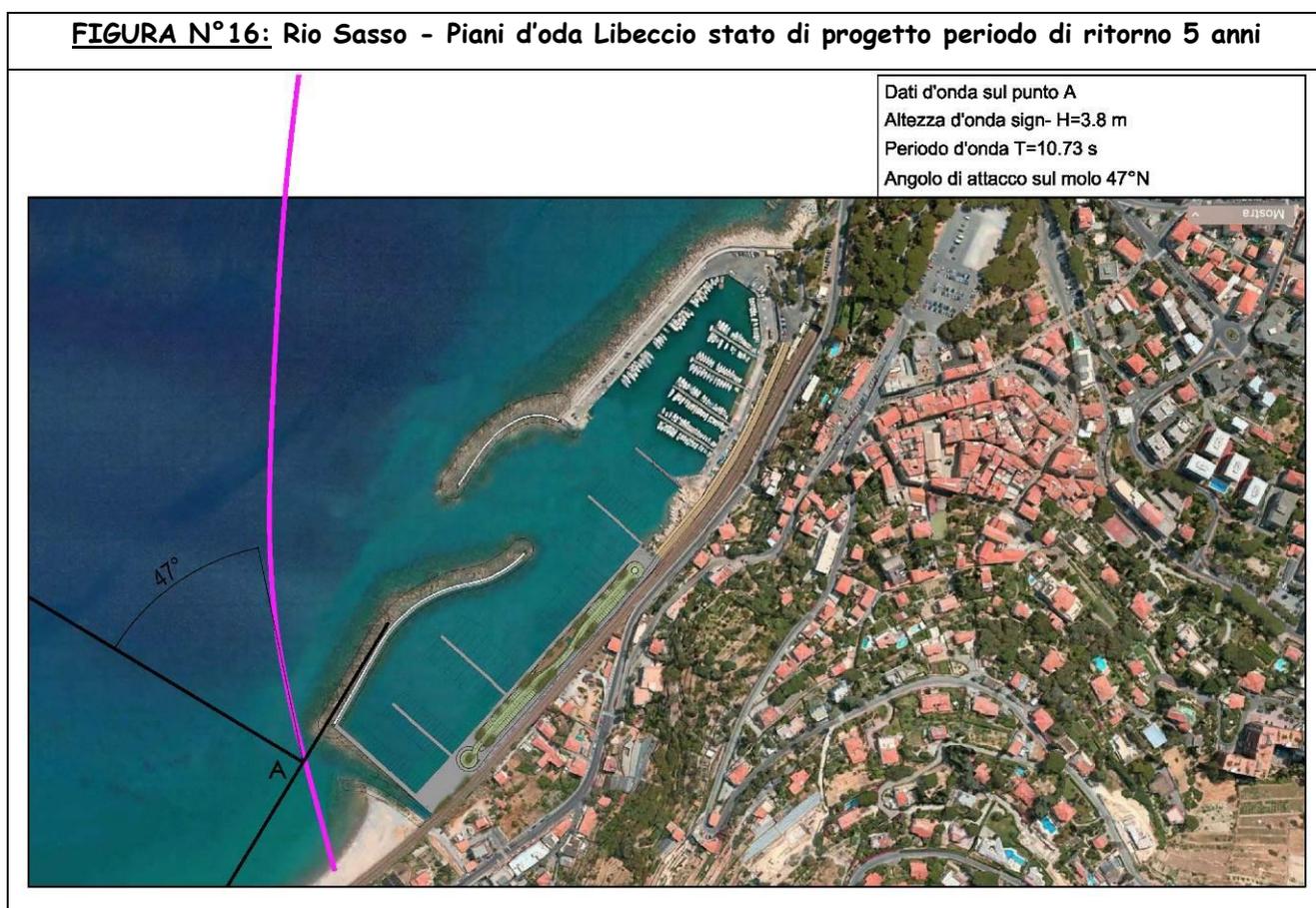
Dal confronto tra lo stato attuale ed il progetto si evince che la foce del Rio Sasso risulta più protetta dal moto ondoso, specie in corrispondenza delle mareggiate provenienti da Libeccio (le più intense). Infatti il molo di sottoflutti del porto in progetto protegge particolarmente la foce del

Rio, per azione della diffrazione che di fatto crea una zona d'ombra e riduce le altezze d'onda incidenti

Verifiche di calcolo

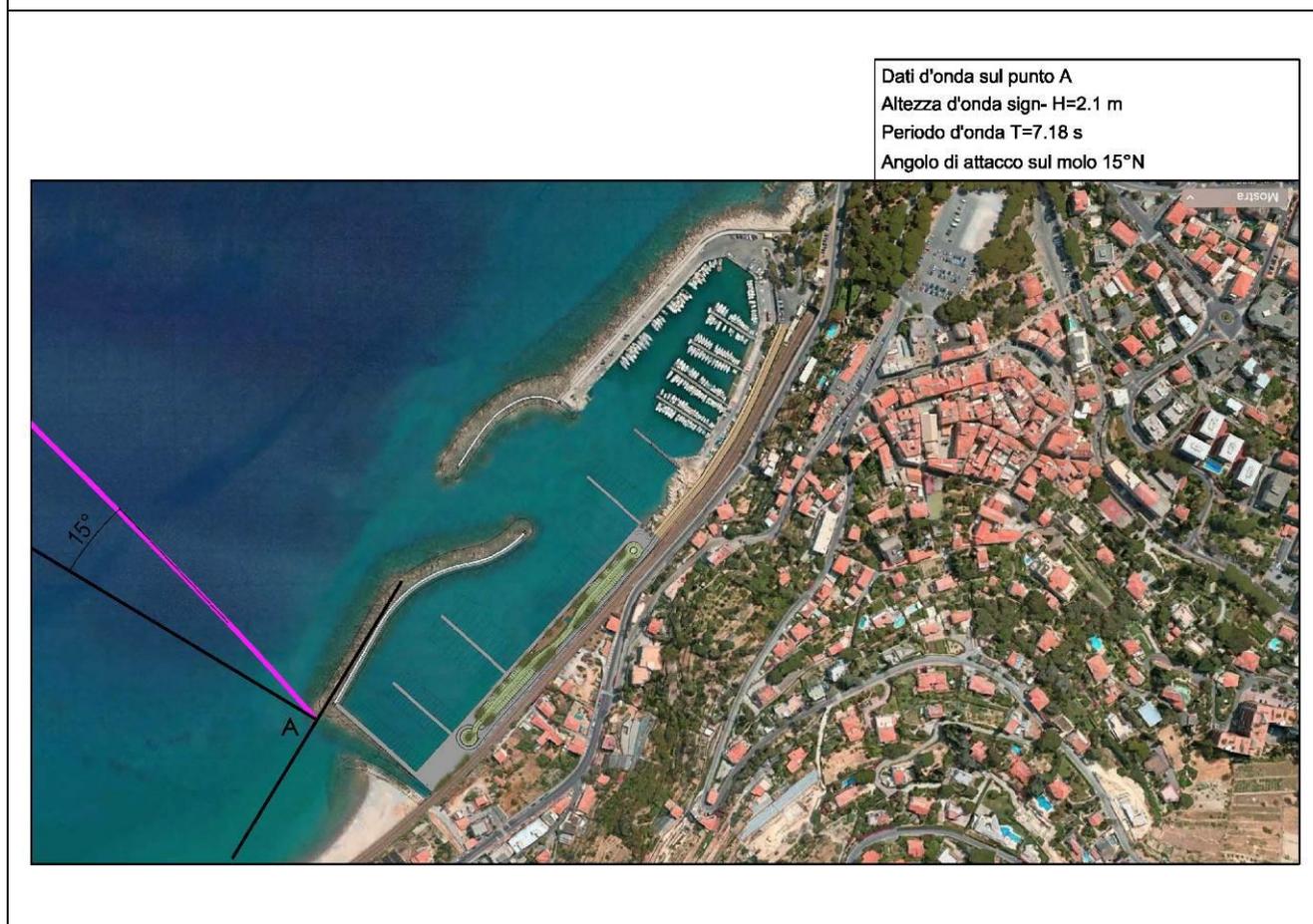
Il calcolo del moto ondoso interagente con le strutture in progetto, ed in particolare con la foce del Rio Sasso, si è eseguito secondo quanto indicato di seguito.

Come mostrato nei piani d'onda, le onde vengono diffratte dal molo sopraflutti. La figura seguente si illustra l'andamento dell'ortogonale d'onda da libeccio corrispondente ad un periodo di ritorno pari a 5 anni:



La figura seguente illustra l'andamento dell'ortogonale d'onda da scirocco corrispondente ad un periodo di ritorno pari a 5 anni:

FIGURA N°17: Rio Sasso - Piani d'onda Scirocco stato di progetto periodo di ritorno 5 anni



Il calcolo del coefficiente di diffrazione si esegue considerando il diagramma di Wiegel (la figura sotto rappresenta un esempio) e valutando le ondatazioni da libeccio. Tale figura mostra dal punto di vista qualitativo che per le ondatazioni da libeccio la radice del molo sopraflutti genera una zona d'ombra proprio in corrispondenza della foce del Rio Sasso, permettendo di fatto una lieve diminuzione dell'altezza d'onda incidente.

FIGURA N°18: abaco di Wiegel

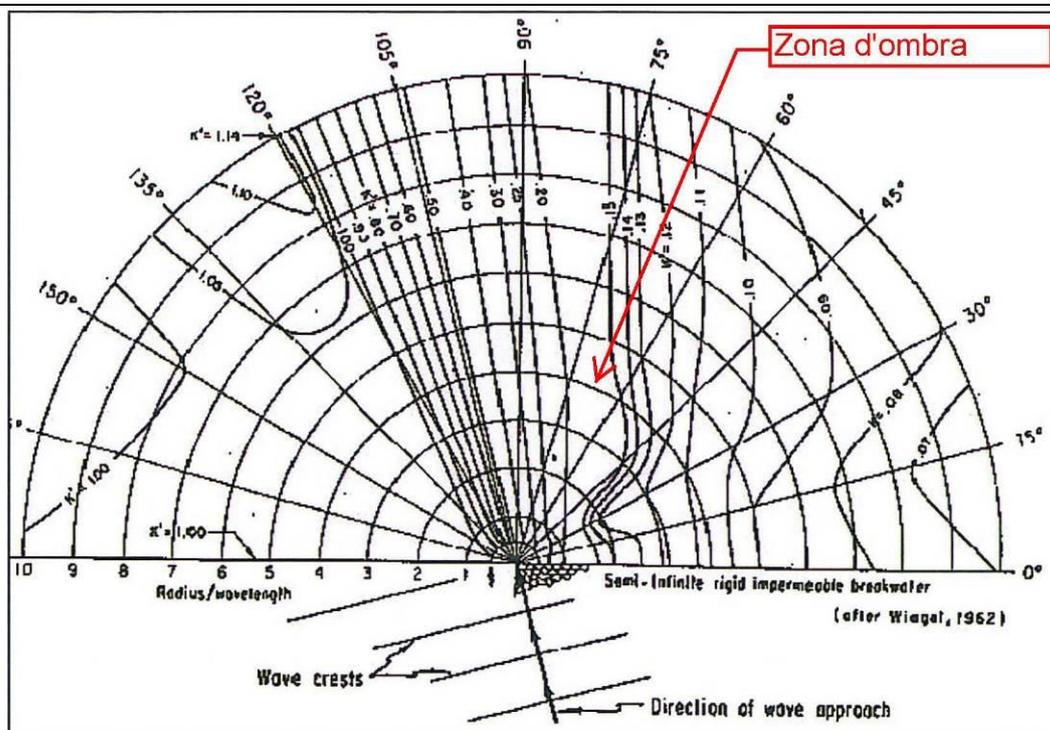


fig.11 - Abaco di Wiegel: direzione di incidenza -15° (240°N)

Nelle seguenti tabelle si illustrano, per ogni traversia, i risultati dei calcoli eseguiti. Da essi si desume che nel confronto tra lo stato attuale e lo stato di progetto si registra, rispetto allo stato attuale, una forte diminuzione dell'altezza d'onda di progetto per le due traversie di libeccio e scirocco.

In conclusione, quindi, **la configurazione di progetto comporta un aumento della capacità di deflusso del Rio Sasso e il porto in progetto comporta dunque un effetto positivo.**

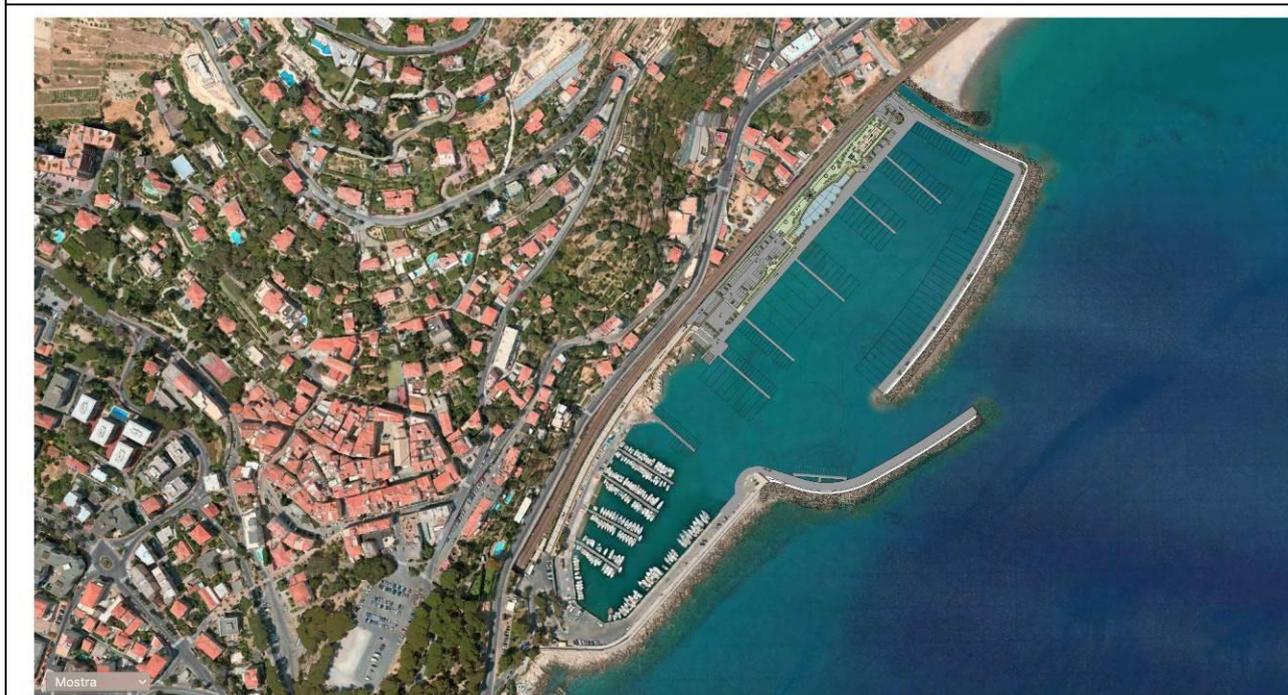
Tab. C3 : DIREZIONE DI TRAVERSIA DA LIBECCIO					
MOTO ONDOSI IN CORRISPONDENZA DELLA FOCE DEL RIO SASSO					
Settore di traversia	Altezza d'onda Stato Attuale (m)	Periodo d'onda (s)	Altezza d'onda Stato di progetto (m)	Lunghezza d'onda Stato di progetto (m)	Periodo di ritorno (y)
Libeccio	3.80	10.73	2.1	75	1/5 anni
Scirocco	2.10	7.18	1.0	50	1/5 anni

Cfr. Tabella. L'altezza d'onda di stato attuale è stata calcolata come indicato nei paragrafi precedenti (propagazione moto ondoso dal largo a riva. L'altezza d'onda di Stato Attuale è stata calcolata considerando gli effetti di diffrazione del molo sopraflutti

1.5 Agitazione interna portuale

Relativamente a questo tema gli studi pregressi facevano riferimento alla soluzione del 2009, di seguito riportata.

FIGURA N°19: Planimetria generale di progetto del 2009



I valori raccomandati (raccomandazioni AIPCN-Febbraio 2002) per i porti turistici dell'altezza d'onda significativa ammissibile all'interno del porto (con periodi di picco spettrali compresi tra 2 e 8 s) si riportano qui di seguito:

- condizione di "comfort" (particolarmente importante nel caso di porti in cui si prevede la presenza prolungata di persone a bordo delle imbarcazioni): $H_s = 0.15$ m per eventi con frequenza massima complessiva indicativamente non superiore a 5 giorni/anno;
- condizione di "sicurezza": $H_s = 0.30$ m per eventi con periodo di ritorno indicativamente non inferiore a 5 anni;
- condizione "limite": $H_s = 0.50$ m per eventi con periodo di ritorno indicativamente non inferiore a 50 anni.

Gli studi pregressi riportano le seguenti conclusioni:

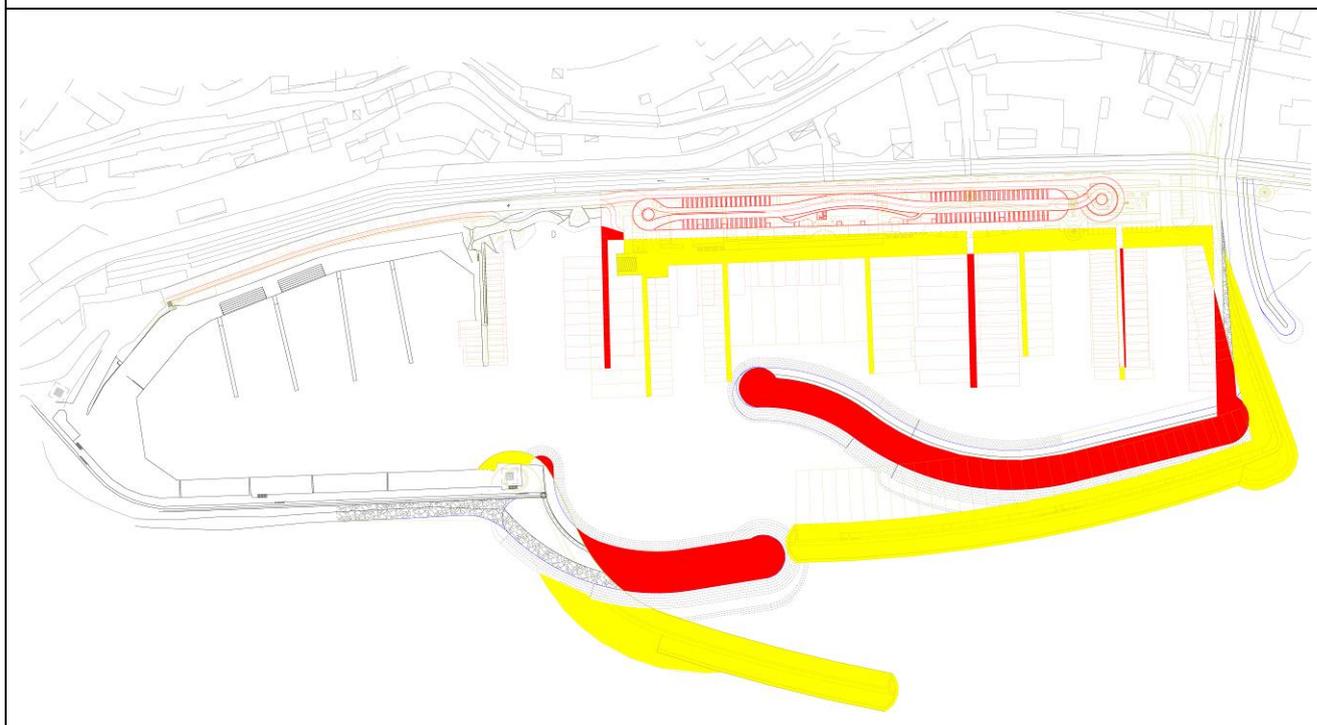
Agitazione interna portuale provocata dal moto ondoso incidente				
Moto ondoso	Altezza d'onda Bacino n°1 (esistente) [cm]	Altezza d'onda Bacino n°2 (ex-novo) [cm]	Frequenza di accadimento	Note
Libeccio – T=4.39 s	< 5	< 5	7.50 %	stabile
Libeccio – T=7.20 s	< 5	< 10	5.30 %	stabile
Libeccio – T=10.73 s	< 15	< 15	1.00 %	stabile
Scirocco – T=3.05 s	< 5	< 5	9.50 %	stabile
Scirocco – T=4.83 s	< 5	< 5	12.00 %	stabile
Scirocco – T=7.18 s	< 15	< 15	3.50 %	stabile
Libeccio – T=11.06 s	< 15	< 15	5 anni	stabile
Libeccio – T=12.05 s	< 15	< 15	50 anni	stabile

La morfologia del porto, nella nuova configurazione di progetto, permette un adeguato abbattimento dell'altezza d'onda incidente. La protezione effettuata dal nuovo molo foraneo radicato sul molo esistente, e la copertura effettuata dal nuovo molo del porticciolo ex-novo, unitamente all'utilizzo di banchine del tipo assorbente nella zona dell'ampliamento, favorisce l'instaurarsi di oscillazioni stazionarie con altezza d'onda inferiore a 15 cm per le mareggiate più frequenti. Non si verificano inoltre fenomeni di 'clapotis' (losanghe), lungo tutto lo sviluppo delle banchine portuali ed in particolare lungo le banchine esistenti del porto attuale, che sono del tipo "totalmente riflettente".

Per la soluzione del 2009 i valori raccomandati (raccomandazioni AIPCN-Febbraio 2002) sono tutti soddisfatti.

La figura seguente mostra la sovrapposizione tra il progetto del 2009 ed il progetto del 2019:

**FIGURA N°20: Planimetria generale sovrapposizione soluzione del 2009 (giallo)
con soluzione del 2019 (rosso)**



La sovrapposizione suddetta permette di effettuare alcune considerazioni qualitative sull'agitazione interna portuale:

- l'imboccatura del bacino nelle due soluzioni presenta maggiore copertura nella soluzione del 2019, sia per la traversia di libeccio e sia per la traversia di scirocco, ciò è dovuto alla rientranza verso ponente del molo sottoflutto;
- la forma del porto non cambia sostanzialmente tra le due soluzioni dal punto di vista delle interazioni con l'ambiente marino e delle caratteristiche di interesse per le racc.AIPCN;
- la profondità interna del porto non cambia sostanzialmente tra le due soluzioni.

Tali considerazioni, unite alla conformità alle raccomandazioni sui porti turistici della soluzione del 2009, permettono di affermare che anche la soluzione del 2019 è conforme a tali raccomandazioni. Ulteriori studi più approfonditi verranno effettuati nelle successive fasi progettuali.

1.6 Ricambio idrico dello specchio acqueo interno

La trattazione di questo tema risulta in buona parte indipendente da quanto illustrato nei paragrafi precedenti, ma viene comunque qui riportata in quanto comunque correlabile al macrotema delle interazioni con l'ambito marino.

Prima di entrare nel merito delle considerazioni sulla qualità delle acque interne portuali si precisa che una buona circolazione, indotta dalla marea o da particolari condizioni meteomarine, favorisce il ricambio idrico delle acque, disperdendo rapidamente eventuali inquinanti presenti all'interno del porto e limitando fenomeni di riduzione dell'ossigeno disciolto e/o proliferazione algale.

Lo studio sul ricambio idrico è finalizzato a stimare i tempi necessari al ricambio completo e parziale delle acque interne al bacino portuale. Esso viene effettuato utilizzando modelli di calcolo bidimensionali consentono di simulare i fenomeni idrodinamici che si verificano nel flusso di masse d'acqua superficiali.

Gli studi di circolazione sono fortemente influenzati dalla scelta di quale forzante, in grado di innescare la circolazione, introdurre nel sistema. Le forzanti che svolgono un ruolo rilevante nelle dinamiche di circolazione idrica sono essenzialmente tre:

- azione del vento;
- marea astronomica;
- moto ondoso.

Spesso, in via cautelativa, vengono usate soltanto le prime due forzanti, o addirittura la sola variazione del livello dovuta alla marea.

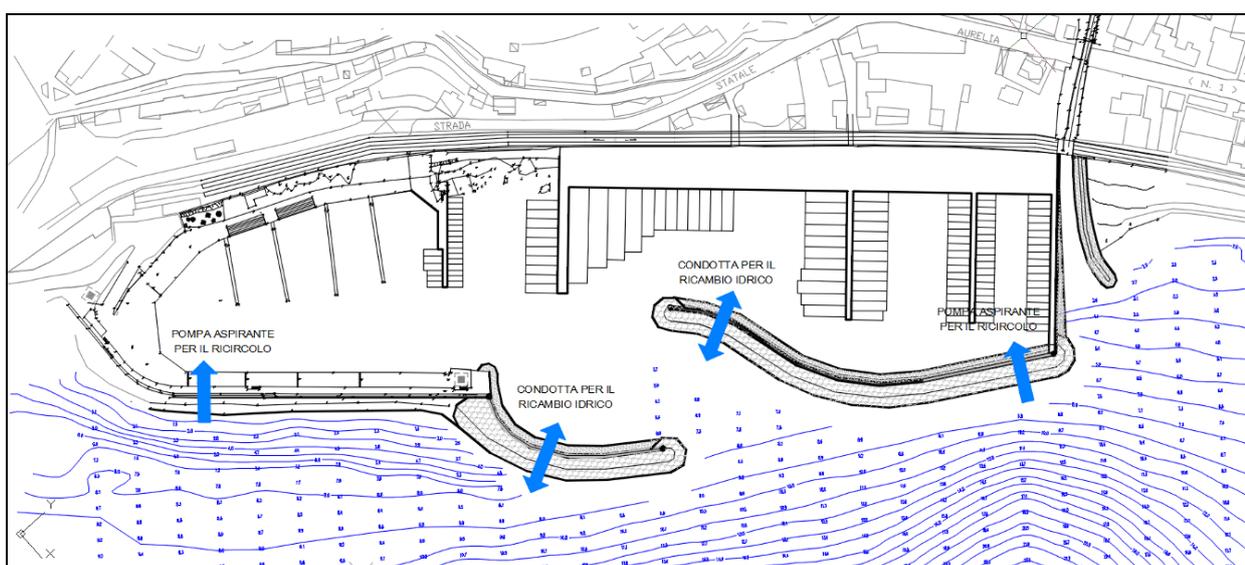
All'interno del modello di calcolo, composto dallo schema geometrico agli elementi finiti (la "mesh" del fondale interno al porto e un'area significativa esterna), vengono quindi definite le condizioni idrodinamiche al contorno, come sopra definite, che sono imposte lungo il contorno che rappresenta il limite dell'imboccatura portuale. Nel modello è inoltre possibile considerare l'immissione di acqua dall'esterno del bacino portuale e variazioni sul campo di velocità generate da appositi impianti di miscelazione.

Lo studio completo sul ricambio idrico, ovvero lo studio su modello matematico sulla qualità delle acque interne portuali, come richiesto dal D.M. 14 aprile 1998, verrà svolto nella successiva fase del progetto definitivo. In questa sede, comunque, vengono meglio specificate le considerazioni già svolte sulla qualità delle acque interne portuali, sia per ciò che riguarda il porto esistente sia per ciò che riguarda l'ampliamento in progetto.

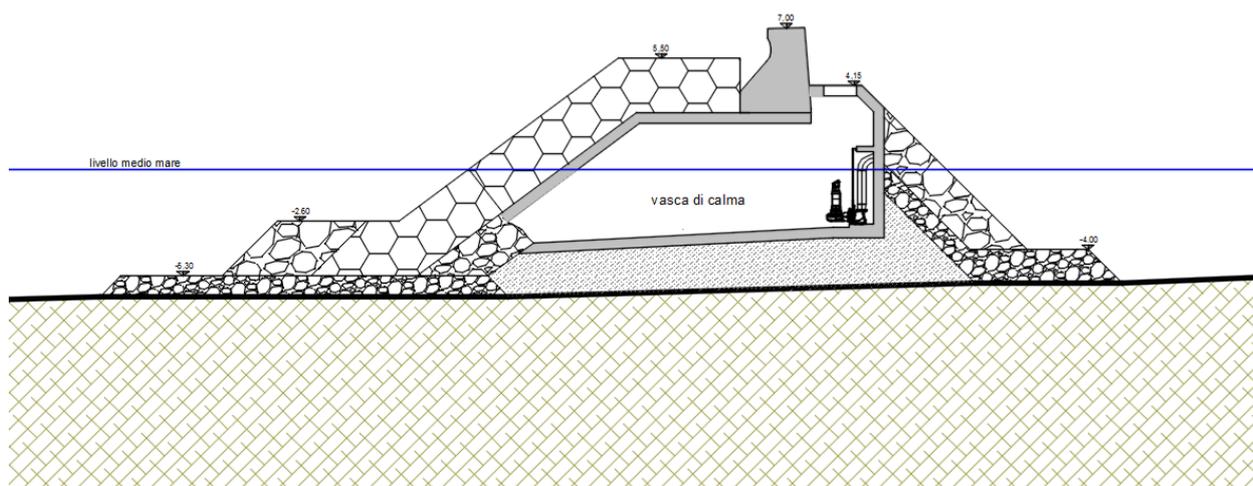
Lo schema di progetto prevede che nei punti di maggior prevedibile ristagno d'acqua, ovvero alla radice del molo foraneo di entrambi i due bacini portuali, venga inserito un dispositivo di pompaggio dell'acqua di mare dall'esterno del porto verso il bacino interno, di portata pari a circa 1.000 l/s ciascuno.

Tali pompe saranno quindi in grado di immettere nel bacino portuale, complessivamente, fino a circa 170 mila metri cubi d'acqua al giorno, corrispondenti all'incirca a tutto il volume d'acqua delimitato dal porto. In pratica, però, considerato che lo scopo è quello di incrementare la capacità di ricambio idrico con riferimento al decadimento dell'ossigeno disciolto (o di eventuali inquinanti), si assume come intervallo di tempo della verifica 7 giorni, ciascuno con i suoi due cicli di marea, che implica l'attivazione delle pompe per poche ore al giorno durante la fase di riflusso della marea.

Al fine di favorire e aumentare il movimento della massa d'acqua verranno inoltre inserite delle condotte passanti di comunicazione tra il bacino interno e l'esterno del porto, il tutto come indicato nella figura seguente.



Per quanto riguarda l'impianto di pompaggio, si prevede di realizzare una vasca di calma all'interno della sezione del molo foraneo, secondo lo schema seguente, con il duplice scopo di non avere impatti sul paesaggio e garantire comunque la possibilità di manutenzione dell'opera.



Infine, per quanto riguarda l'immissione dello specchio acqueo protetto del porto, al fine di non generare fastidiose e pericolose onde con conseguente aumento dell'agitazione interna, è prevista una vasca con stramazzo del tipo di quella mostrata nella figura a lato.

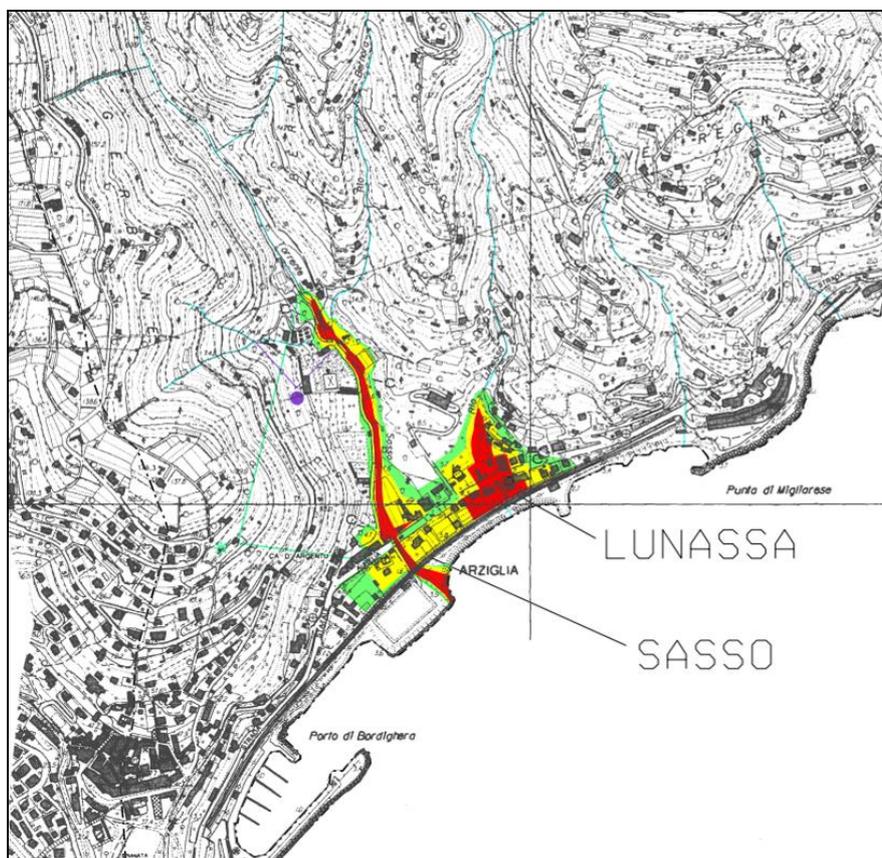


2 Elementi relativi al Rio Sasso

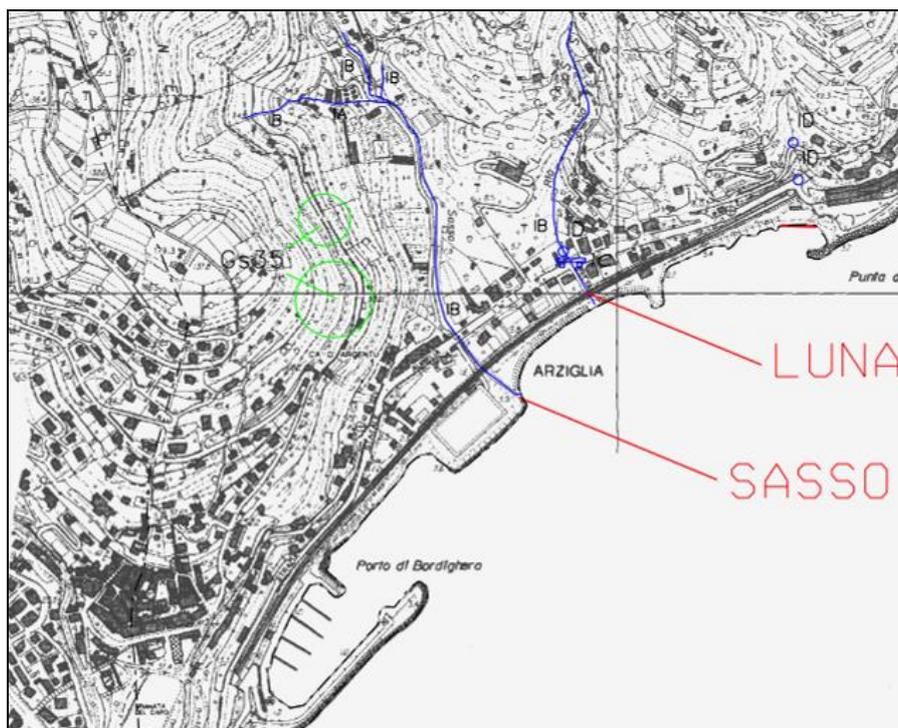
2.1 Sintesi degli interventi in progetto

Nell'ambito della progettazione del porto di Bordighera è prevista la sistemazione del tratto terminale di sbocco a mare del rio Sasso, interferente con le strutture in progetto.

Dall'esame degli elaborati del Piano di Bacino dell'ambito n° 3 San Francesco, zona Bordighera – Ospedaletti, all'interno del quale ricade il rio Sasso, si evince che il perimetro dell'intervento comprende le aree esondabili di sponda destra già con tempo di ritorno di 50 anni, prevedendo inoltre una fascia di riassetto fluviale di ampiezza non inferiore ai 3,0 m, per tutto il tratto indagato.



Dalla carta degli interventi relativa al vigente piano di bacino è indicata la necessità di realizzare opere di 'Sistemazione idraulica dell'alveo con realizzazione del fondo e degli argini' per gli ultimi 500 m circa di alveo del Rio Sasso, compresa la zona fociva dello stesso.



L'intervento già previsto dal progetto originario quindi, facendo proprie le considerazioni riportate nella Carta degli interventi, consiste nell'allargamento della sezione di deflusso tra i ponti dell'Aurelia e della ferrovia, rimuovendo la viabilità ora presente in alveo e riportando la foce del rio immediatamente a valle del ponte ferroviario, prevedendo il rifacimento degli argini con sopraelevazione degli stessi a quote adeguate a contenere la massima portata di piena con il necessario franco di sicurezza. È evidente che per la messa in sicurezza complessiva del rio occorrerà in futuro proseguire gli interventi di adeguamento della sezione di deflusso anche a monte dell'Aurelia, che non sono oggetto del presente intervento di ampliamento del porto.

2.2 Valutazioni sullo sbocco in mare

In riferimento agli effetti dell'avanzamento della foce del rio Sasso si precisa ancora quanto segue.

L'avanzamento della foce del rio è fittizia in quanto lo sbocco in mare previsto a progetto viene addirittura arretrato rispetto alla configurazione attuale.

Ad oggi, infatti, il rio, oltrepassato il ponte della ferrovia, scorre in un solco più o meno definito sulla spiaggia, fino ad arrivare sulla linea di riva. L'alveo sul tratto di spiaggia è variabile sia per

dimensioni trasversali sia per quote di fondo, in funzione della portata defluente, del trasporto solido e della presenza o meno della barra fociva.

Per meglio comprendere quanto descritto si allegano 2 riprese fotografiche aeree della zona, tratte dal sito ufficiale della Regione Liguria, in due anni diversi.

Il progetto, pertanto, prevede di realizzare due opere di protezione laterali, una costituita dalla radice del molo sopraflutto del porto in progetto, l'altra costituita da un pennello in massi naturali che funga da "appoggio" per la spiaggia di levante, lasciando pertanto libero lo sbocco e garantendo il contenimento del livello idrico all'interno del "canale" così realizzato a valle della ferrovia, la cui larghezza sarà pari a quella dello sbocco per poi allargarsi e divergere verso mare.



Foto 1: foto aerea storica – anno 2006 – si nota il solo completamente asciutto a valle della ferrovia



Foto 2: foto aerea storica – anno 2006 – si nota la presenza di acqua nel solco a valle della ferrovia, soprattutto lato di levante ove non c'è alcuna opera di protezione.



Si precisa inoltre che dal punto di vista idraulico si è previsto di far coincidere lo sbocco con la sezione immediatamente a valle della ferrovia, la cui quota di fondo alveo è di circa +1.20 m sul livello medio mare, mentre il “canale” verso mare viene scavato ed approfondito a quota di -1.00 m sul livello medio mare.

Il salto di fondo in progetto garantisce quello che in idraulica viene definita la condizione al contorno di “sbocco libero”, ovvero il livello idrico di monte del rio Sasso non è influenzato dal livello del mare e soprattutto dal suo eventuale sovrizzo in caso di tempesta. In caso di piena, si è visto dalle simulazioni idrauliche svolte (cfr. Relazione idraulico-idrologica rio Sasso – allegato B.1 ottobre 2018), il profilo di rigurgito assume le caratteristiche di una corrente lenta. Essendo lo sbocco libero in quel punto la corrente passa per la profondità critica e nel tratto del “canale” a valle della ferrovia si instaura un risalto ondulato, ovvero con oscillazioni stazionarie e smorzate del pelo libero intorno alla quota del mare (altezza massima delle oscillazioni stimata in circa 1 m).

Per meglio comprendere l'intervento a progetto si riportano due immagini, ante e post operam, dello sbocco del torrente San Francesco in Comune di Sanremo (IM), ove è stato realizzato un analogo progetto di sistemazione della foce, e dalle quali si può notare la creazione di un “canale” marino che ha arretrato lo sbocco in mare, portando indubbi benefici sul deflusso di piena senza creare problematiche di insabbiamento della foce, che da quando è stato realizzato l'intervento ha richiesto ben pochi interventi di manutenzione per l'asportazione del materiale solido.

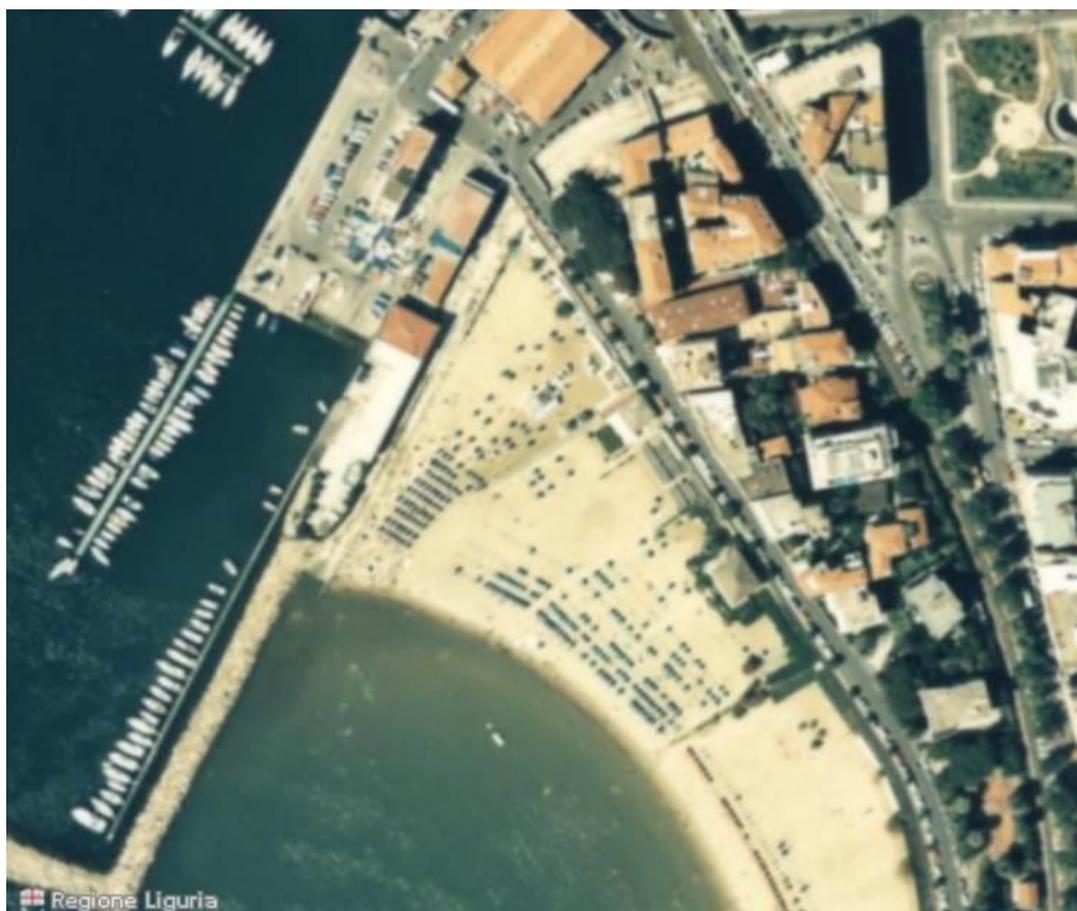


Foto 3: foto aerea storica – anno 1993 – foce T. San Francesco.

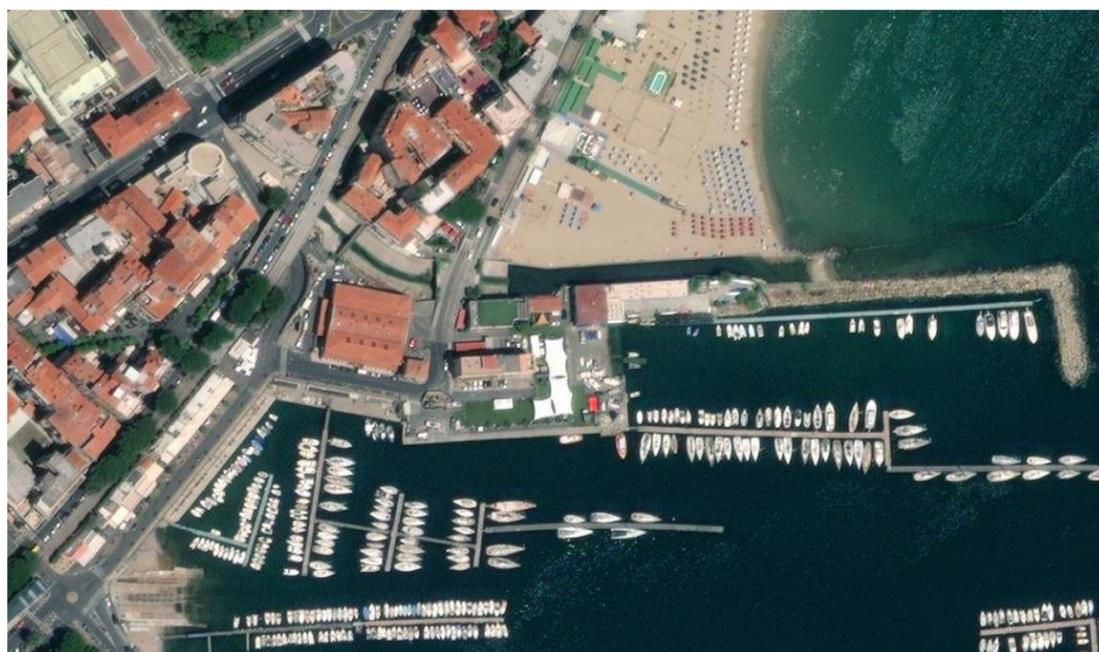


Foto 4: foto aerea recente – foce T. San Francesco, si nota l'arretramento della foce con la creazione del "canale" marino

2.3 Valutazioni sul trasporto solido

In relazione al trasporto solido del rio Sasso si specifica quanto segue, come già in precedenza illustrato.

Il bacino del rio Sasso ha una superficie di 5,81 Km², ed ha una forma stretta e allungata, con direzione Nord-Sud fino alla frazione di Sasso per poi ruotare verso NE. Il bacino è costituito da un'asta principale – lunghezza circa 7 Km – e tanti piccoli affluenti, quasi tutti in sponda sinistra.

Le massime portate di piena, assunte anche alla base dei calcoli idraulici già svolti, sono state desunte dagli elaborati del Piano di bacino e sono riportate nella seguente tabella:

Superficie	QT=50	QT=200	QT=500
[km ²]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
5,81	76	110	133

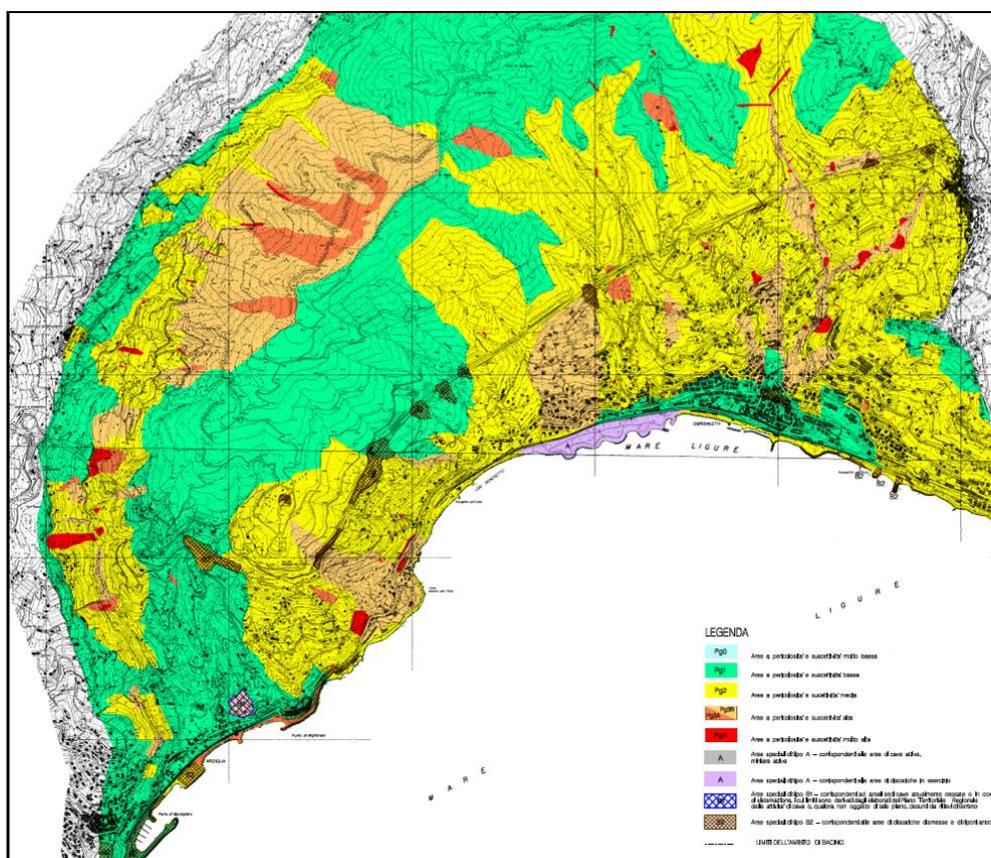
Tali valori sono stati dedotti dall'applicazione del metodo di regionalizzazione proposto dal CIMA, e in particolare si è adottata la formulazione semplificata per bacini di piccole dimensioni, ovvero di estensione compresa tra i 2 e i 10 Km². Quest'ultimo metodo prevede il calcolo di una portata indice (associata al tempo di ritorno di 2.9 anni), dalla quale si ottiene il valore corrispondente al tempo di ritorno voluto, attraverso un coefficiente correttivo che dipende esclusivamente dal tempo di ritorno. Si ricorda, infine, come la stima della portata indice sia piuttosto semplice, in quanto essa viene a dipendere dall'area sottesa dalla sezione di chiusura e da un coefficiente che tiene in conto della longitudine e del grado di impermeabilità del terreno.

I principali parametri caratterizzanti il bacino sono riassunti nella seguente tabella:

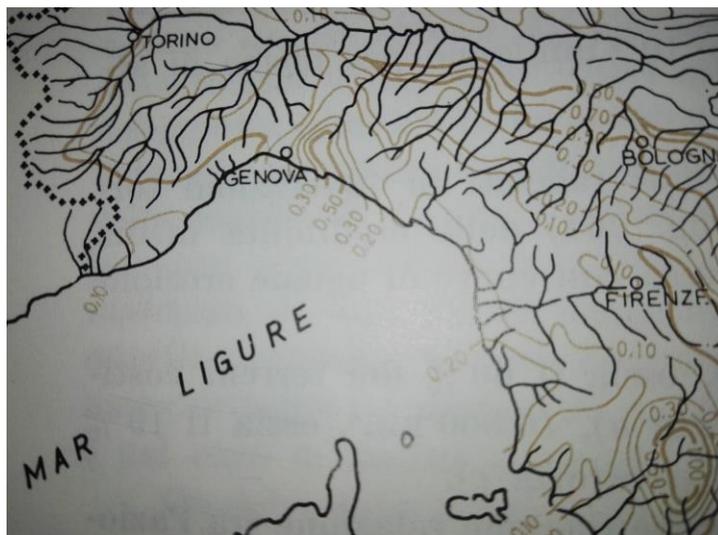
Superficie bacino	S	5,81	km ²
Lunghezza asta principale	L	7,2	km
Quota massima bacino	Hmax	875	m s.l.m.
Quota media bacino	Hmed	376	m s.l.m.
Pendenza media	ia	12	%

Il rio Sasso scorre in alveo naturale per la gran parte del suo percorso, ad esclusione della zona fociva in cui scorre all'interno di un canale artificiale delimitato – in sponda destra – da via al Camposanto e dalla stradina di accesso al campo sportivo. L'alveo presenta un andamento planimetrico leggermente curvilineo fino alla parte che costeggia il cimitero, mentre il tratto terminale è pressoché rettilineo fino allo sbocco in mare nei pressi della spiaggia dell'Arziglia, a lato del terrapieno del campo sportivo.

Nella parte alta del bacino i versanti, e di conseguenza i piccoli affluenti, hanno pendenze piuttosto elevate. Proprio a causa di tali pendenze, durante l'alluvione del 2006 che ha colpito duramente Bordighera, si sono generati fenomeni di trasporto solido rilevanti, associati anche a modesti movimenti franosi. Le zone più critiche, pertanto, sono risultati gli attraversamenti stradali, quasi tutti idraulicamente insufficienti, che con il materiale proveniente da monte si sono occlusi, generando locali esondazioni. La carta della suscettività al dissesto del Piano di Bacino mostra in effetti come una parte significativa del bacino ricada in area a pericolosità o suscettività media o alta.



Da ciò dipende la stima effettuata sul trasporto solido annuo, che è stato ipotizzato pari a 5.000 mc/anno, decisamente superiore a quanto, ad esempio, ricavabile utilizzando la Carta della erodibilità media (Gazzolo e Bassi, da Desio 1989), costruita utilizzando i valori raccolti in 70 stazioni torbiometriche e riguardanti buona parte del territorio nazionale. Le curve



riportate caratterizzano località con uguale erosione progressiva media in mm/anno.

La zona di Bordighera è posta in un'area con valore di 0.10 mm/anno. Applicando tale valore alla superficie del bacino del rio Sasso si ottiene:

Trasporto solido = $S_{\text{bacino}} * 0.1 \text{ mm/anno} = 5.81 * 10^6 * 0.1 * 10^{-3} = 581 \text{ mc/anno}$

Utilizzando invece metodi più complessi, che tengono conto di molti più fattori (cfr. Piano di Bacino ambito n. 1 Roia – capitolo 4), si ottengono solitamente valori molto superiori. Si può pertanto stimare per il caso in esame un fattore di erosione di 1 mm/anno, che porta al valore complessivo di circa 5.000 mc/annui già indicato.

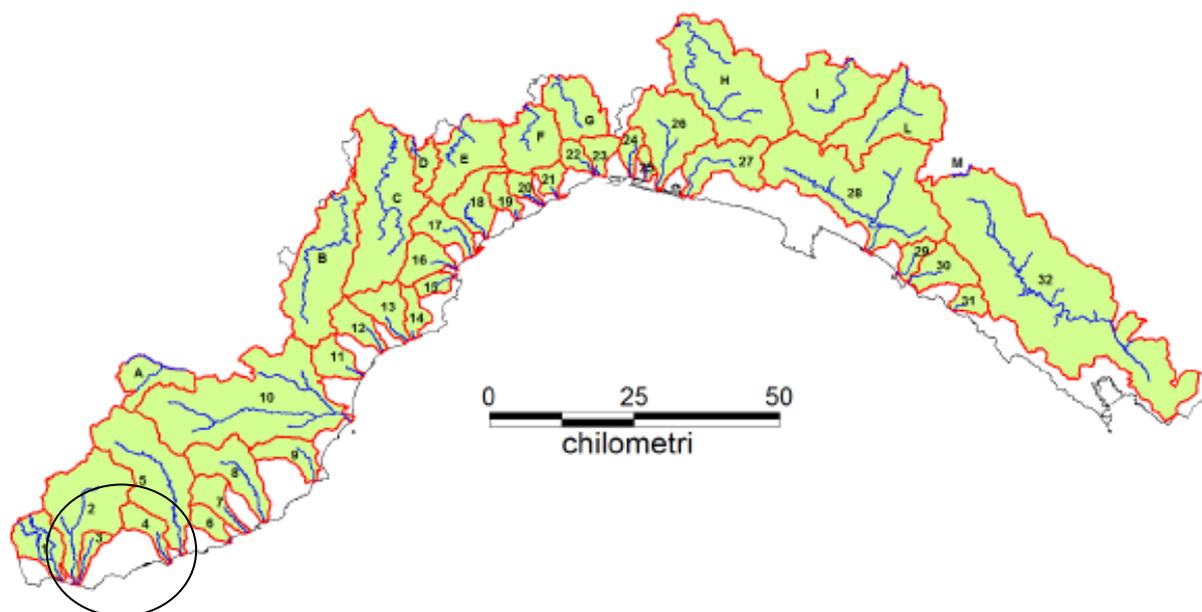
2.4 Caratterizzazione delle acque superficiali

Il Piano di tutela delle acque è lo strumento di pianificazione regionale per le strategie di azione in materia di acque, come previsto dal decreto legislativo n.152/2006. Esso contiene l'insieme delle norme e misure per la gestione delle acque superficiali e sotterranee necessarie alla tutela qualitativa e quantitativa dei sistemi idrici.

La zona di Bordighera ricade nei bacini nel Distretto dell'Appennino Settentrionale. Il Piano di Gestione del Distretto Appennino settentrionale ed il Piano di Tutela delle Acque regionale sono stati aggiornati alla fine del 2015 e definitivamente approvati ad inizio 2016, rispettivamente ai sensi degli articoli 117 e 121 della parte III del Dlgs n.152/06.

Il Primo aggiornamento del Piano di tutela delle acque 2016-2021 è stato approvato dal Consiglio Regionale con deliberazione n. 11 del 29 marzo 2016.

La D.G.R. 430/2009 ha individuato in Liguria 186 corpi idrici fluviali, di cui 126 in bacini tirrenici e 60 in bacini padani. Dalla tipizzazione delle acque superficiali contenuta nel PTA si evince che il rio Sasso non fa parte dei corpi idrici fluviali identificati e classificati.



L'area ove è previsto l'ampliamento del porto ricade, per quanto concerne le acque marino costiere, nel tratto di costa denominato "Sanremo", che va da Capo Sant'Ampelio a ponente fino a Capo Verde a levante.

La D.G.R. 430/2009 ha individuato 26 corpi idrici marino-costieri, le cui principali caratteristiche sono indicate nella seguente tabella.

Nome	codice	codice tipizzazione	descrizione tipizzazione	naturalità
Capo Mortola	1	ACA3	acque costiere: rilievi montuosi/bassa stabilità	naturale
Ventimiglia-Bordighera	2	ACA3	acque costiere: rilievi montuosi/bassa stabilità	naturale
Sanremo	3	ACA3	acque costiere: rilievi montuosi/bassa stabilità	naturale

Dall'esame della documentazione facente parte del Piano di Tutela, ed in particolare la Classificazione dei corpi idrici superficiali, si evince che lo stato complessivo del corpo idrico "Sanremo" è non buono, a causa sostanzialmente della presenza, nei sedimenti marini, di dosi

ancora piuttosto importanti di pesticidi utilizzati in floricoltura e di idrocarburi policiclici aromatici (IPA), nonché della presenza sulla matrice acqua del Tributilstagno, sostanza che veniva usata in passato come vernice antivegetativa sugli scafi delle imbarcazioni.

Si precisa che tali dati sono riferiti alle campagne di monitoraggio eseguite nel quinquennio 2009-2013.

Si riporta di seguito un estratto del documento sopracitato.

Come sintesi di quanto finora esposto, la seguente tabella riporta i risultati:

- dello stato ecologico con la sola considerazione degli indicatori ecologici: elementi di qualità biologica ed indice trix
- dello stato ecologico comprensivo delle sostanze chimiche "non prioritarie"
- dello stato chimico riferito alle sostanze chimiche "prioritarie"
- dello stato complessivo, tenuto conto della conformità allo stato ecologico e chimico

Corpo idrico	Stato bioindicatori	Stato ecologico	Stato chimico	Stato complessivo
Capo Mortola	Buono	Buono	Buono	Buono
Ventimiglia-Bordighera	Buono	Buono	Buono	Buono
Sanremo	Buono	Sufficiente	Non buono	Non buono

Non si ritiene pertanto che le opere in progetto sul rio Sasso, così come lo stesso ampliamento del porto, possano creare impatti significativi sulle acque superficiali già peraltro in uno stato complessivo non buono.