



# REGIONE CALABRIA

COMUNE DI TROPEA

PROVINCIA DI VIBO VALENTIA



P.O.R. Calabria FERS - FSE 2014/2020. Asse prioritario 7 - Obiettivo specifico 7.2 - Azione 7.2.2.

Potenziamento, riqualificazione e messa in sicurezza del porto di Tropea

## PROGETTO DEFINITIVO

ELAB.

1

rev03\_2021

SCALA

TITOLO

RELAZIONE GENERALE

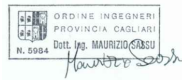
Progettazione, Direzione dei lavori e geologia

Il Responsabile Unico del Procedimento

R.T.P. **TEC MED S.r.l.**

Tec Med s.r.l.

Ing. Stefano Ponti  
Ing. Giovanni Oggiano  
Ing. Maurizio Sassu



Arch. Gabriele CRISAFIO

E3 società cooperativa

Ing. Giuseppe Maradei  
dott.ssa Paola Angela Basta



Consultec società cooperativa

Ing. Omero Bassola  
Ing. Marco Consola



Ing. Rosario Bruzzaniti

Ing. Francesco Bagnato

Arch. Maria Carmela Giuditta



Responsabile della sicurezza: Ing. Rosario Bruzzaniti

## INDICE

PREMESSA.....	3
1 Descrizione del paraggio .....	5
2 Descrizione delle problematiche esistenti .....	8
2.1 Parziale danneggiamento del molo foraneo .....	8
2.2 Problematiche inerenti il trasporto solido litoraneo .....	11
2.3 Occlusione dei canali di ricircolo delle acque interne al porto .....	12
2.4 Allagamento delle aree limitrofe al porto in occasione di eventi piovosi anche non eccezionali.....	14
2.5 Problematiche relative ai parcheggi e alla viabilità locale.....	14
2.6 Deficit di dotazioni impiantistiche .....	15
2.7 Mancanza di un punto servizi passeggeri nella zona turistico/commerciale.....	17
3 Gli studi a supporto della progettazione .....	18
3.1 I rilievi plano-altimetrici e topo-batimetrici.....	18
3.1.1 Rilievo topografico .....	18
3.1.2 Rilievo aerofotogrammetrico .....	18
3.1.3 Rilievo batimetrico.....	18
3.2 Studi meteomarini .....	19
3.2.1 La fonte dei dati .....	19
3.2.2 Il paraggio di riferimento e l’elaborazione dei dati .....	19
3.2.3 Le analisi degli eventi estremi .....	20
3.2.4 La propagazione delle onde da largo a sottocosta .....	20
3.2.5 La propagazione degli eventi estremi .....	21
3.2.6 Clima morfologicamente equivalente .....	22
3.3 Studi morfodinamici.....	22
3.3.1 L’evoluzione della costa osservata dal Toraldo (1830 – 1947) .....	23
3.3.2 L’evoluzione della linea di costa in epoca recente (1954 – 2008).....	23
3.3.3 La circolazione idrodinamica.....	25
3.3.4 Analisi dei risultati e impostazione del progetto marittimo.....	26
3.3.5 La modellazione a “1 linea”.....	26
3.4 Studi idrologici.....	27
3.5 Studi geologici e sismici .....	27

3.6	Studi urbanistici.....	30
4	I vincoli presenti nell'area d'intervento.....	31
4.1	Vincoli idrogeologici.....	31
4.2	I Vincoli ambientali.....	32
4.3	Vincoli culturali.....	33
4.4	Vincoli archeologici .....	33
4.5	Vincoli paesaggistici .....	34
5	Descrizione della soluzione progettuale .....	35
5.1	Opere marittime: dotazioni infrastrutturali .....	37
5.1.1	Ripristino e potenziamento del molo sopraflutto e risoluzione dell'insabbiamento dell'area d'imbocco al porto.....	37
5.1.2	Verifica modellistica dell'efficacia delle opere .....	40
5.1.3	La verifica della tracimazione della diga .....	42
5.1.4	Ripristino del sistema di ricircolo delle acque interne al bacino portuale .....	43
5.2	Dotazioni impiantistiche e servizi alle utenze interne al porto .....	44
5.2.1	Revamping dell'impianto di illuminazione esistente.....	44
5.2.2	Installazione di un sistema interno di boe di segnalazione luminosa .....	45
5.2.3	Realizzazione di pensiline fotovoltaiche a protezione dei parcheggi .....	45
5.2.4	Realizzazione di impianto antincendio .....	46
5.2.5	Realizzazione terminal passeggeri e riqualificazione funzionale area .....	46
5.3	Accessibilità al porto .....	49
5.3.1	Riqualificazione e potenziamento della viabilità locale .....	49
5.3.2	Realizzazione di un efficiente sistema di raccolta delle acque piovane .....	51
5.3.3	Riqualificazione scalinata storica .....	53
5.3.4	Rimodulazione e incremento dei parcheggi.....	53

## PREMESSA

La presente relazione riporta le principali finalità e caratteristiche del progetto definitivo a titolo “Potenziamento, riqualificazione e messa in sicurezza del porto di Tropea”.

La relazione, così come tutti gli elaborati progettuali, sono stati aggiornati in seguito alle osservazioni e prescrizioni scaturite a seguito dell’espletamento della conferenza dei servizi.

Il progetto è stato finanziato con i fondi del “Patto per lo Sviluppo della Regione Calabria”, a seguito della decisione di inserire la portualità turistica come elemento strategico per lo sviluppo regionale. La Regione Calabria, infatti, con Delibera di Giunta Regionale n.412 del 24.10.2016, ha reso le linee di indirizzo per la programmazione di interventi infrastrutturali nel settore portuale, conformemente alla proposta definitiva del Piano Regionale dei Trasporti nonché al “Patto per lo sviluppo della Regione Calabria - Attuazione degli interventi prioritari e individuazione delle aree di intervento strategiche per il territorio”, sottoscritto in data 30 Aprile 2016 tra il Presidente della Regione Calabria ed il Presidente del Consiglio dei Ministri. Nell’ambito del suddetto atto deliberativo, con riferimento alle infrastrutture portuali di rilievo regionale ed interregionale, ha dato mandato ai competenti Dipartimenti della Regione di avviare una procedura di selezione di interventi da ammettere a finanziamento mediante avviso pubblico rivolto agli Enti locali titolari di funzioni di amministrazione attiva sulle infrastrutture.

Con Decreto n° 14427 del 18.12.2017 del Dirigente del “SETTORE N.16 “SISTEMA DELLA PORTUALITA” appartenente al DIPARTIMENTO N. 6 “INFRASTRUTTURE, LAVORI PUBBLICI, MOBILITA’ il Comune di Tropea risultava assegnatario del finanziamento complessivo pari a € 4.629.270,00.

Gli obiettivi del presente intervento risultano molteplici e affrontano una serie di criticità che limitano il pieno sviluppo di un porto turistico fra i migliori della Calabria e, forse, d’Italia, appartenente al circuito dei “I 12 porti di Ulisse”.

Il porto turistico di Tropea è ubicato nel cuore della costa tirrenica, nota come “Costa degli Dei”, ed è classificato come porto d’interesse regionale di IV classe. L’infrastruttura, collaudata nel 2003, è fornita di un bacino portuale complessivo (specchio d’acqua) pari a circa 52.000,00 mq, all’interno del quale è possibile distinguere tre zone principali, in cui si svolgono tre distinte attività.

L’attività principale che impegna la quasi totalità dei servizi portuali, viste le caratteristiche del territorio in cui insiste, è riservata al turismo diportistico. La restante parte è utilizzata come cantiere navale, per imbarcazioni prevalentemente turistiche e private, e per le attività di pesca e turistico-commerciali.

Le attività turistiche, dunque, sono di due tipologie:

- nautica da diporto;
- attività turistico-commerciali di tipo crocieristico: mini-crociere lungo la costa tirrenica e tra le isole del Tirreno (Isole Eolie).

Ad esse si aggiungono le restanti attività:

- pesca e mercato ittico;

- cantieristica navale, prevalentemente per imbarcazioni da diporto.

Gli ingressi al porto, via terra, sono ubicati lungo la strada comunale di via Marina del Vescovado individuati da Est ad Ovest in:

- ingresso al porto turistico (nautica da diporto);
- ingresso al cantiere navale;
- ingresso all'area prettamente commerciale, riservata alla pesca ed alle attività turistico-commerciali, come le mini-crociere.

L'accesso veicolare diretto dalla città storica alla zona marina è la discesa di via Marina del Vescovado, caratterizzata da due tornanti obbligati, che segue il più antico tracciato storico di lontana memoria. I collegamenti pedonali sono costituiti dalle scalinate storiche che dal centro della città raggiungono la zona marina.

Il nodo infrastrutturale costituito dal porto contribuisce fortemente all'economia locale, provinciale e regionale, in quanto serve una delle più note e più peculiari località turistiche del territorio regionale.

La messa in sicurezza e il potenziamento dell'infrastruttura, dunque, può risultare decisiva ai fini dello sviluppo del turismo locale.

A seguito di una serie di analisi dello stato di fatto, di cui ai successivi paragrafi, gli interventi previsti nel presente progetto sono stati concepiti con l'obiettivo di eliminare le criticità emerse e con lo scopo di un aumento dell'efficienza, dell'efficacia e dell'economicità del nodo marittimo di Tropea. Il perseguimento di tale obiettivo garantirà:

- il miglioramento dell'ambiente, con la riduzione dell'impatto delle fonti d'inquinamento attualmente presenti, sia all'interno del porto sia lungo le coste adiacenti;
- l'incremento della sicurezza all'interno del porto, sia per i natanti sia per i fruitori, tanto per il personale operativo quanto per gli utenti ed i passeggeri nautici;
- la maggiore fruibilità dell'infrastruttura e un incremento della capacità operativa della stessa;
- un sensibile abbattimento dei costi di gestione e di manutenzione;
- l'incremento delle attrattive turistiche e commerciali;
- il potenziamento delle vie di comunicazione terrestri e dell'accessibilità all'infrastruttura portuale.

In tale contesto si otterrà un incremento dell'offerta turistica e commerciale, in ragione della sempre più crescente domanda registrata negli anni, per via delle peculiarità naturali della zona, le quali rendono la costa di Tropea unica al mondo.

## 1 Descrizione del paraggio

L'area oggetto d'intervento si affaccia sul Mar Tirreno ed è situata nella parte centro-meridionale della Regione Calabria (Figura 1), nella parte Nord del territorio comunale di Tropea, ai confini con il comune di Parghelia (Figura 2). Il settore di traversia è compreso fra 249 °N e 56 °N, con normale al litorale pari a 336 °N (Figura 3). Il porto è ubicato in una stretta ansa pianeggiante, ai piedi di un altopiano che lentamente cresce di quota fino a raggiungere le colline che sovrastano la costa (Figura 4).



Figura 1: Ubicazione territoriale



Figura 2: Ubicazione di dettaglio dell'area di studio - cartografia base Google Earth.

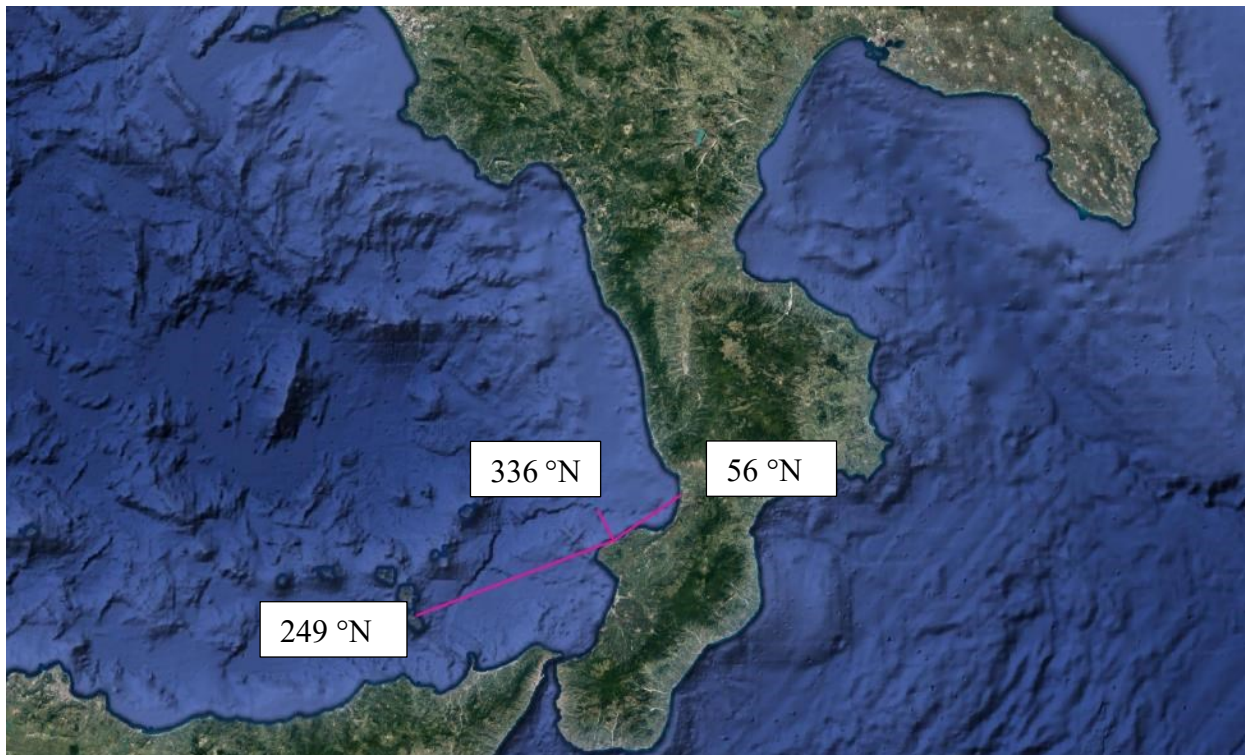


Figura 3: Settore di traversia



*Figura 4: Vista frontale tridimensionale del porto.*



## 2 Descrizione delle problematiche esistenti

Il porto attualmente presenta diverse criticità, alcune delle quali sono da affrontare con una certa urgenza per evitare il perdurare del rischio di crolli del molo foraneo. Le principali problematiche che il progetto affronta sono descritte negli allegati progettuali e riassunti nei seguenti paragrafi.

### 2.1 Parziale danneggiamento del molo foraneo

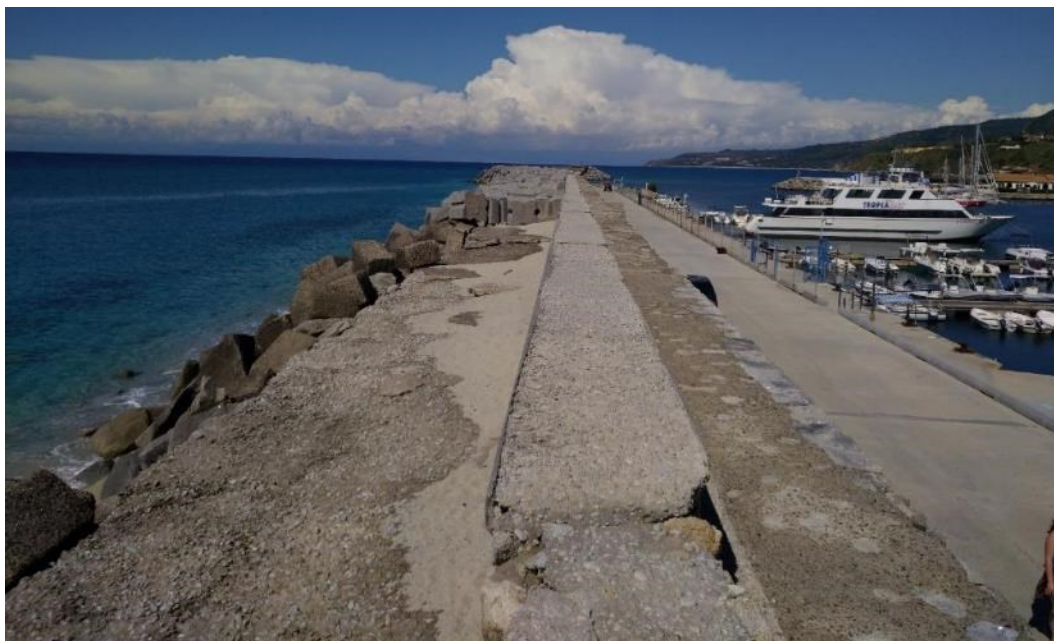
Il molo foraneo del porto di Tropea (Figura 5) ha una lunghezza complessiva di circa 480 m. Nella prima porzione dell'opera, lunga 85 m a partire dalla radice (Figura 6), è presente una platea in calcestruzzo che costituisce una berma posizionata prima della mantellata esterna che, in questo tratto, è costituita da blocchi cubici in calcestruzzo. Il resto della mantellata è realizzata, invece, con massi artificiali gettati alla rinfusa del tipo Antifer, aventi altezza pari a 1.6 m e con un peso pari a circa 10 t. Il muro paraonde (Figura 7) ha uno spessore in sommità di circa 1 m con quota, mediamente, +5.50 m s.m.m. I massi Antifer sono appoggiati su una mantellata di massi naturali che, a vista, appaiono essere mediamente di II° categoria.



*Figura 5: Vista del molo foraneo del porto di Tropea*

Il muro paraonde appare in buono stato di conservazione, eccetto per qualche zona limitata in cui sono presenti scotichi localizzati dovuti all'usura.

Il problema fondamentale del molo foraneo è rappresentato dalla mantellata esterna che si presenta in diversi punti con pendenze del paramento estremamente ripide e con diffusi dissesti dovuti al cedimento del piede a mare della struttura.



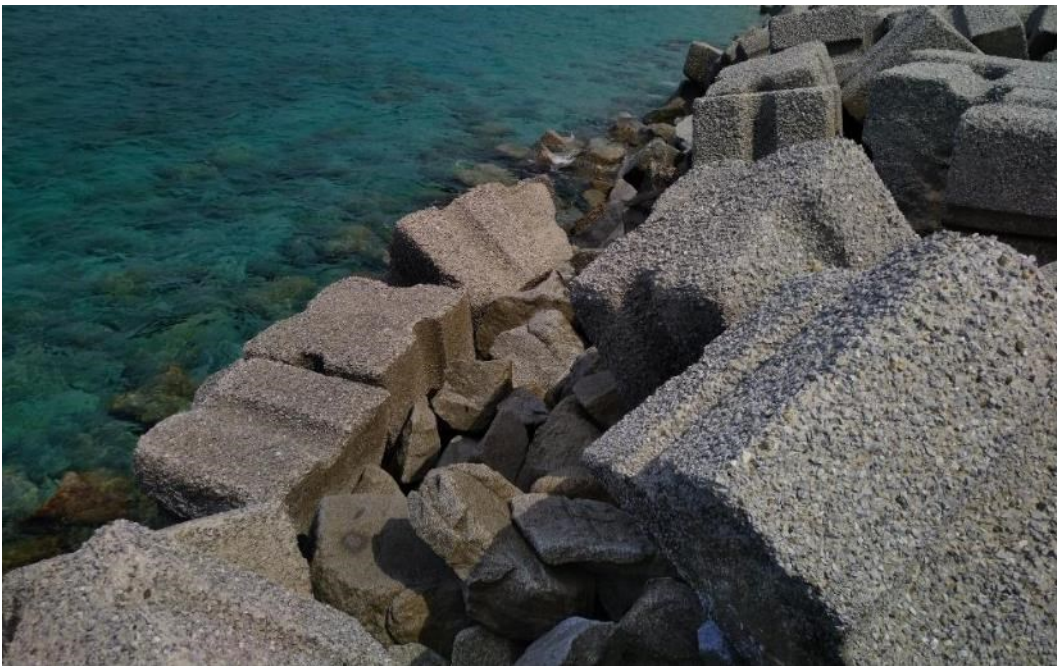
*Figura 6: Vista del molo foraneo – dalla radice.*



*Figura 7: Vista del molo foraneo e della mantellata di protezione- tratto finale.*



*Figura 8: Vista della mantellata nel tratto ad elevata ripidità.*



*Figura 9: Vista dei dissesti al piede della mantellata.*

Con riferimento alla successiva Figura 10, è possibile individuare tre diverse zone della mantellata, ognuna caratterizzata da una specifica problematica strutturale:

- nel Tratto A1 manca totalmente la protezione della mantellata con i massi tipo Antifer;
- nel Tratto A2 è presente un dissesto caratterizzato da un generalizzato scivolamento del piede della mantellata che comporta la riduzione della superficie resistente alle onde e una forma del paramento caratterizzata da un'elevatissima ripidità;
- nel Tratto A3 i dissesti sono sporadici ma manca una efficace protezione al piede.



Figura 10: Vista aerea del molo foraneo rilevata dal drone nel marzo 20202, con individuazione dei tratti soggetti a diversi problemi strutturali.

La causa dei dissesti in atto appare essere fondamentale legata al cedimento del piede della scarpata che ha determinato uno scivolamento e un crollo progressivo dei massi Antifer. A causa di tali fenomeni oggi la mantellata si presenta con il paramento esterno a pendenza prossima ai 90°. Questa condizione, oltre che comportare una riduzione della capacità di resistere alle mareggiate, comporta l’insorgenza dei fenomeni di tracimazione (overtopping) del muro paraonde anche per eventi ondosi ordinari.

La frequente tracimazione del muro paraonde rende impraticabile l’area dei pontili galleggianti, per cui, nel periodo invernale e durante le mareggiate estive, si riduce il numero effettivo di posti barca di circa 250 unità. A tali disagi si aggiungono problematiche indirette come l’aumento del moto ondoso all’interno del bacino portuale. In tale contesto, viene a mancare la sicurezza delle manovre e degli ormeggi all’interno dell’intero porto, con relativi disagi e i pericoli che ne derivano.

I disagi descritti hanno comportato una sensibile riduzione della domanda di utilizzo da parte dei fruitori, anche nei periodi estivi, cui consegue un danno economico per il territorio.

## 2.2 Problematiche inerenti il trasporto solido litoraneo

Una delle problematiche che affliggono il porto di Tropea è la presenza di accumuli di sabbia in corrispondenza dell’imboccatura (Figura 11), tali da determinare difficoltà di accesso e manovra per i natanti più grandi. La genesi del fenomeno è dovuta (come evidenziato ed ampiamente trattato nelle relazioni meteomarina e morfodinamica, in cui sono riportati i risultati della modellazione matematica) all’aggiramento della testata del molo di sopraflutto da parte dei sedimenti che seguono la deriva litoranea prevalente, da Ovest a Est, sospinti dalle correnti indotte dal moto ondoso (Figura 12).



Figura 11: Accumuli di sabbia in corrispondenza dell'imboccatura – Ortofoto marzo 2020.



Figura 12: Schema dell'andamento prevalente delle correnti indotte dal moto ondoso

### 2.3 Occlusione dei canali di ricircolo delle acque interne al porto

Un'altra importante problematica che è stato necessario affrontare nel progetto è la qualità delle acque interne del porto di Tropea, problema comune a tutti i porti turistici con conformazioni simili. La forma, infatti, induce una scarsa circolazione dell'acqua, con la formazione di aree a basso tenore di ossigeno disciolto e, di conseguenza, con l'eventualità che si creino condizioni anossiche che portano allo sviluppo di cattivi odori e di torbidità delle acque.

Il problema si verifica tipicamente durante l'estate, a causa della maggiore temperatura, ma potrebbe manifestarsi anche nei primissimi mesi autunnali, in giornate particolarmente calde e in presenza di condizioni di calma meteorologica che comportano condizioni di acqua praticamente ferma.

In particolare, con riferimento a quanto riportato nella Figura 13, è la zona evidenziata con la cornice rossa che, durante il periodo estivo e le prime settimane dell’autunno, può patire i maggiori problemi di qualità delle acque legati alla scarsa circolazione.



*Figura 13: il porto turistico di Tropea – vista dall'alto.*

Il problema era già stato previsto ai tempi della costruzione dell’infrastruttura tant’è che, come indicato in Figura 14, venne realizzato un canale in calcestruzzo armato, che passa sotto il piazzale portuale e sotto il muro paraonde, il quale in passato connetteva idraulicamente il porto con la zona di mare sottoflutto. La successiva formazione della spiaggia nel sottoflutto ha ostruito lo sbocco nel canale nelle acque esterne e quindi, nello stato attuale, non esiste alcuna possibilità di ricircolo delle acque.

Per quanto il progetto originario avesse tenuto conto dell’esigenza di realizzare un “by-pass” per la circolazione delle acque, l’esperienza accumulata nella gestione di molte strutture diportistiche simili, per conformazione, a quella di Tropea ha insegnato che la sola presenza di un canale non garantisce il gradiente di velocità necessario a consentire un sufficientemente rapido scambio di acqua con l’esterno e che è necessario intervenire con una circolazione forzata.



Figura 14: Schema planimetrico dell'esistente canale di ricircolo

## 2.4 Allagamento delle aree limitrofe al porto in occasione di eventi piovosi anche non eccezionali

L'area in cui è ubicato il porto si presenta come una delle zone maggiormente depresse di tutto il territorio comunale (Figura), tanto è vero che sono due i corsi d'acqua che vi sfociano (Figura 1815).

Una parte delle acque che si riversano durante gli eventi piovosi intensi non è in grado di confluire all'interno del reticolo idrografico principale e quindi, attraverso le strade, si accumula nelle aree evidenziate, che risultano di poco depresse rispetto alle aree limitrofe.

## 2.5 Problematiche relative ai parcheggi e alla viabilità locale

La strada via marina Vescovado collega la città storica al rione Marina, corre parallelamente al porto, si sviluppa in direzione est-ovest dall'ingresso principale del porto, ovvero dall'area destinata alla nautica da diporto, fino all'inizio del lungomare Sorrentino, che costeggia le spiagge cittadine, e incrocia, in direzione sud-ovest, la strada Discesa Vescovado. È attualmente una strada che versa in condizioni di degrado, priva di quegli elementi funzionali che rendono la percorrenza, veicolare e pedonale, sicura; mancano infatti i marciapiedi, non esistono aree sosta regolamentate, l'impianto di illuminazione pubblica è ormai inefficiente e obsoleto

Lungo il lato nord, contiguo alla recinzione del porto sono ubicati 37 alberi di Pino marittimo alti circa 7/8 mt e 17 alberi di Pioppo, distanti tra loro mediamente 10.00 mt e dalla recinzione circa 1.80 mt, tale fila di alberi si interrompe in corrispondenza del cantiere nautico, per consentirne l'ingresso. Gli alberi presentano porzioni di apparato radicale che fuoriescono dal manto stradale, occupando l'area su cui è prevista la realizzazione del marciapiede con il rischio futuro di danneggiamento

dell’opera che si andrà a realizzare; emerge, quindi, che la sistemazione definitiva della strada e la costruzione del marciapiede è negativamente condizionata dalla presenza delle suddette alberature. A tal proposito il gruppo di lavoro si è confrontato con l’amministrazione comunale e con l’Ufficio tecnico, i quali, resi edotti delle problematiche su esposte, hanno indirizzato le scelte progettuali nella direzione del mantenimento degli alberi.



*Figura15 e 16 : Gli alberi di Pino presenti lungo Raf Vallone*

## 2.6 Deficit di dotazioni impiantistiche

L’impiantistica a servizio del porto di Tropea presenta una serie di carenze e di lacune che si traducono in:

- mancanza di efficienza e di economicità degli impianti esistenti;
- seri e importanti rischi ai fini del fruimento in sicurezza della struttura portuale in oggetto.

Le principali carenze riguardano:

- l’assenza di un impianto antincendio nella zona Ovest, riservata ai pescatori e all’area turistico-commerciale;
- l’assenza di un sistema di segnalazione interno che regoli la viabilità marittima e le manovre delle imbarcazioni;
- l’impianto di illuminazione e l’impianto elettrico esistente;
- la carenza di servizi igienici pubblici nella zona turistico-commerciale;



- la carenza di una struttura atta ad accogliere i passeggeri e i fruitori delle attività turistico-commerciali.



Figura17: Ubicazione dell'area frequentemente soggetta ad allagamento.



Figura 1815: Reticolo idrografico superficiale principale.

In merito agli impianti elettrici esistenti, occorre specificare che, allo stato attuale, l'illuminazione è garantita esclusivamente nella zona del turismo da diporto, con presenza di soli punti luce di tipo alogeno, ad incandescenza, di elevato consumo elettrico e di ridotta efficienza. Il cablaggio risulta carente e fortemente usurato, ed anche il sistema di fornitura di energia elettrica alle imbarcazioni risulta malfunzionante.

L'assenza dell'impianto antincendio nella zona commerciale (lato Ovest del porto) potrebbe addirittura compromettere l'attuale fruibilità dello stesso per via degli elevati rischi che ne derivano nei confronti della sicurezza dei passeggeri.

## **2.7 Mancanza di un punto servizi passeggeri nella zona turistico/commerciale**

La carenza dei servizi pubblici e dei servizi ai passeggeri/fruitori della zona turistico-commerciale del porto crea notevoli disagi nel periodo estivo. Nonostante tali disagi nel periodo compreso tra i mesi di maggio e ottobre la zona accoglie mediamente 700 persone al giorno. L'assenza di servizi igienici e di attività di supporto, tuttavia, scoraggia un ulteriore sviluppo. A tali carenze si aggiunge l'assenza di adeguati ripari e di biglietterie a servizio degli utenti, ai quali, attualmente, si sopperisce mediante l'installazione di gazebo mobili lungo le strade limitrofe al porto, innestando il congestionamento della viabilità locale.

## **3 Gli studi a supporto della progettazione**

### **3.1 I rilievi plano-altimetrici e topo-batimetrici**

#### **3.1.1 Rilievo topografico**

Il rilievo topografico è stato eseguito con la metodologia DGPS in modalità cinematica (RTK) il 16, e il 27 Aprile 2020. La prima operazione è consistita nella definizione di una rete topografica di dettaglio per poter disporre di vertici di coordinate note stabili nel tempo. Per l'individuazione dei vertici di dettaglio, si è partiti da punti di coordinate note della rete IGM95 e della rete di raffittimento regionale, riferendosi al caposaldo Monteporo (N° 245901).

In fase di rilievo sono stati adottati parametri di osservazione e modalità di esecuzione che hanno assicurato una precisione relativa non inferiore a 1 ppm.

I caposaldi principali di appoggio, posti in opera in un sito protetto da eventuali manomissioni e dalla viabilità pedonale e/o di mezzi e veicoli, risultano materializzati all'interno del porto tramite chiodi in acciaio e potranno servire per i successivi rilevamenti in fase di esecuzione dei lavori.

#### **3.1.2 Rilievo aerofotogrammetrico**

Per effettuare il rilievo aerofotogrammetrico è stato utilizzato il drone multirottore (quadricottero) Matrice 210 RTK di DJI. Si tratta di un drone UAV (unmanned aerial vehicle), la cui gestione può essere effettuata mediante un piano di volo, con acquisizioni programmate: in tal caso il sistema diviene completamente autonomo, per quanto a costante controllo da parte dell'operatore abilitato. Le immagini possono essere acquisite anche in maniera manuale, mediante il pilotaggio remoto del velivolo, comunque a controllo sia visivo che per mezzo della sensoristica di bordo in comunicazione continua con la console di gestione.

Viste le dimensioni dell'area da rilevare sono stati programmati tre piani di volo, con altezza del velivolo tale da avere una risoluzione a terra di circa 3 cm/pixel.

Al ritorno alla base, le immagini contenenti anche le informazioni di scatto (posizione e assetto misurati dal GPS e IMU del drone) sono state scaricate e immagazzinate per le successive elaborazioni. Il processo di restituzione e di orto-mosaicizzazione è stato supportato dal riconoscimento di una serie di punti di rilievo a terra che ha incrementato la precisione topografica della restituzione. L'estrazione del rilievo finale è avvenuto in totale automazione, con una fase di post-processing, che ha riguardato il filtraggio della nuvola di punti, separando quelli appartenenti alla superficie del terreno da quelli associabili alla vegetazione e a strutture antropiche.

#### **3.1.3 Rilievo batimetrico**

I rilievi batimetrici sono stati eseguiti con l'ausilio di un battello pneumatico a basso pescaggio e con un ecoscandaglio idrografico di precisione multibeam. Il sistema assicura una elevata densità di misure batimetriche (soundings), a tutto vantaggio della risoluzione e precisione del DTM (Digital Terrain Model).

Il sistema multibeam, prima dell'inizio dei rilievi, è stato accuratamente calibrato, provvedendo altresì a effettuare misure di velocità del suono in acqua (tramite sonda multiparametriche CTD) per assicurarne il corretto funzionamento.

Per ottenere il corretto posizionamento di ogni singolo dato di profondità misurato, il sistema multibeam è stato interfacciato con il sistema di posizionamento, col modulo software di navigazione e acquisizione dati PDS-2000, con il sensore di moto (compensatore d’onda) e con la girobussola di bordo.

A video sono stati eseguiti i controlli di verifica tra le isobate e i nodi della maglia nei punti di singolarità. La rifinitura grafica finale delle isobate è stata eseguita con il modulo grafico AutoCad.

## 3.2 Studi meteomarini

### 3.2.1 La fonte dei dati

Per quanto concerne lo studio delle forzanti meteomarine, non essendo disponibili boe ondometriche o altri punti di misura in un intorno significativo (i dati di boa esistenti sono riferiti a Cetraro e coprono un arco temporale compreso fra il 1999 e il 2008), si è fatto riferimento ai dati di moto ondoso ricavati dal progetto europeo “Copernicus”, pubblicati sul sito internet <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home>. Si tratta di una fonte di dati attendibile e pienamente riconosciuta dalla Comunità Scientifica. Il portale è certificato dall’Unione Europea per quanto concerne la validità dei dati ambientali, ed è frutto della collaborazione dei principali istituti di ricerca dei paesi della Comunità Europea.

Il portale in parola condivide i dati del database ERA5, popolato da dati frutto di rianalisi di quinta generazione per il clima negli ultimi 4 -7 decenni effettuata dal European Center for Medium Weather Forecast (ECMWF), aggiornato “quasi” in tempo reale (in realtà qualche giorno di ritardo), il che consente un’osservazione dei fenomeni praticamente contestuale alle necessità di interpretazione.

### 3.2.2 Il paraggio di riferimento e l’elaborazione dei dati

Il paraggio è esposto principalmente ai mari provenienti dal 3° e dal 4° quadrante e, in parte, anche ai mari provenienti dal 1° quadrante. Al fine di scegliere e classificare in modo opportuno le onde acquisite dal portale del progetto “Copernicus” con l’obbiettivo di ricostruire correttamente il clima meteomarino a largo e, successivamente, il clima meteomarino sottocosta, sono stati determinati per il paraggio oggetto di interesse il fetch geografico e il fetch efficace.

L’elaborazione dei dati del sito oggetto di interesse, limitato al settore di traversia indagato, ha visto l’analisi complessiva di 267.969 onde e 57.997 calme (21.64% dei dati analizzati).

Le onde sono state classificate in funzione dell’altezza (con classi d’altezza di 50 cm) e direzione (intervallo di 30 gradi) predisponendo tutte le analisi di dettaglio previste dalla Normativa e dalla buona pratica tecnico-scientifica e descritte nella relazione che descrive lo studio idraulico marittimo.

Sinteticamente dalle analisi si evince che:

- il settore regnante, ossia caratterizzato da massime frequenze di accadimento, il settore dominante, ossia caratterizzato da massime altezze d’onda e il settore prevalente, ossia caratterizzato da massima frequenza e massime altezze d’onda, è sempre quello compreso tra 285 e 315°N, corrispondente al settore mediano del IV quadrante, nello specifico alla direzione Nord-Ovest,
- complessivamente da questo settore e da quello adiacente (da Ovest) proviene più dell’85% delle ondate, pari a circa 310 giorni all’anno, di cui circa lo 0,38 % hanno altezze superiori a 4 m;

- le onde che provengono dalle direzioni più settentrionali sono circa l'11% residuo degli eventi complessivi.

L'analisi dei dati ha consentito anche di stabilire la correlazione tra l'altezza ed il periodo di picco dell'onda e tra il periodo medio ed il periodo di picco, valori utilizzati per le successive analisi modellistiche e la progettazione degli interventi a mare.

### 3.2.3 Le analisi degli eventi estremi

La valutazione delle caratteristiche dell'onda (altezza, periodo e direzione), fondamentale nella progettazione di una qualunque opera marittima, si effettua attraverso un approccio statistico e l'analisi prende il nome di analisi delle onde estreme. Il problema è ricondotto alla determinazione dell'altezza d'onda  $H_s$  di assegnato tempo di ritorno  $T$ . Si definisce come tempo di ritorno (espresso in anni), di un'onda di assegnata altezza significativa, il numero di anni in cui tale altezza viene mediamente raggiunta o superata una sola volta. Attraverso le correlazioni tra altezza significativa e periodo medio o di picco, si attribuisce il valore del periodo all'onda con assegnato tempo di ritorno. L'approccio che si utilizza consiste nel ricostruire, mediante processi di *hindcasting* (cioè di confronto con dati storici), le tempeste più significative verificatesi in un qualunque punto di interesse.

Come è descritto nello studio idraulico marittimo, con l'applicazione dei metodi di calcolo ed analisi allo stato dell'arte, sono state determinate, per ogni settore di provenienze, le altezze d'onda per assegnato tempo di ritorno, utilizzate per le verifiche strutturali degli interventi a mare.

### 3.2.4 La propagazione delle onde da largo a sottocosta

Una volta determinato il clima ondoso al largo del sito in esame e gli eventi ondosi estremi, si è proceduto alla propagazione delle onde (altezza, direzione e periodo) fino a un punto significativo sottocosta, per poter valutare l'impatto dei fenomeni di trasformazione di moto ondoso dovuti, principalmente, a shoaling e rifrazione.

I valori delle ondazioni rappresentative del clima ondoso medio annuo, ricostruito dai dati al largo, sono stati quindi trasferiti sottocosta al paraggio di Tropea, mediante l'applicazione di modellistica numerica. In particolare è stato utilizzato il modulo Near-Shore Spectral Waves (NSW) del codice di calcolo MIKE21 sviluppato dal Danish Hydraulic Institute.

Le modalità ed i criteri di applicazione della modellazione matematica sono descritti nello studio idraulico marittimo. Come esempio, nella successiva Figura sono riportate le griglie di calcolo utilizzate per la traslazione delle onde dei tre diversi quadranti ed il punto di estrazione delle onde sottocosta. I dati batimetrici utilizzati nel modello, che si estende verso il largo fin oltre la batimetrica -200 m s.l.m. sono stati dedotti dalle Carte Nautiche.

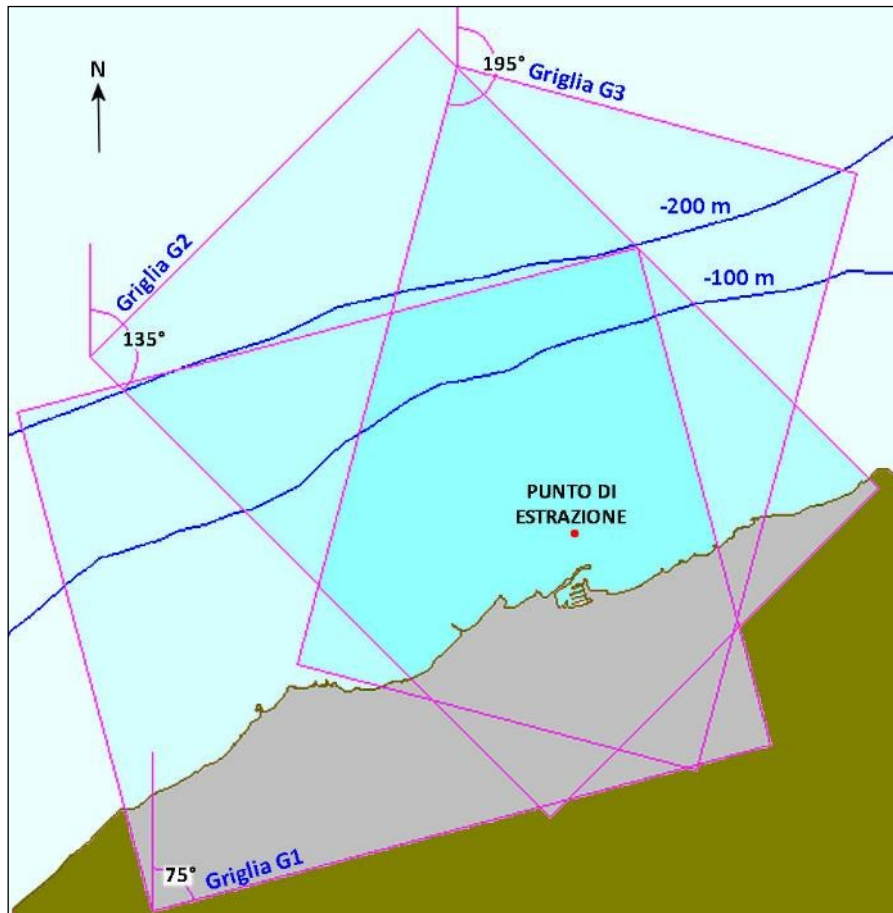


Figura 19: Griglie di calcolo del modello NSW.

I risultati della propagazione sono stati raccolti in appositi tabelle e grafici per il confronto dei dati esterni con quelli in prossimità della costa, che sono stati utilizzati per la modellistica meteomarina di dettaglio dell'intorno del porto.

### 3.2.5 La propagazione degli eventi estremi

Ai fini della verifica del comportamento delle opere portuali in condizioni di forte sollecitazione è stata calcolata l'altezza d'onda per un tempo di ritorno assegnato. A questo scopo è stata effettuata l'analisi statistica dei valori delle altezze d'onda rappresentative delle condizioni estreme di ogni singola mareggiata.

Gli stati di mare, caratterizzati da una altezza d'onda significativa ( $H_s$ ) superiore alla soglia individuata, sono quindi oggetto di una elaborazione statistica al fine di ricavare, mediante una regolarizzazione degli eventi estremi secondo note funzioni probabilistiche, le caratteristiche del moto ondoso da associare ad assegnati tempi di ritorno  $T_R$  (o probabilità di occorrenza).

Nel caso in esame è stata fissata una soglia di altezza d'onda pari a 5.0 m che ha permesso di estrarre una serie di massimi dai quali sono state ottenute le altezze d'onda per diversi periodi di ritorno.

Le onde al largo caratterizzate da direzione di provenienza di  $265^\circ N$ ,  $295^\circ N$  e  $325^\circ N$  sono state quindi traslate sottocosta con il modello di trasferimento costruito con il codice MIKE21 NSW.

### 3.2.6 Clima morfologicamente equivalente

Al fine di poter studiare correttamente le correnti costiere, l'interazione con lo stato attuale e lo stato di progetto, e ottenere risultati confrontabili ed interpretabili, per ridurre il tempo di computo necessario per l'applicazione dei modelli numerici è necessario fare riferimento ad un numero limitato di onde che rappresentano, da un punto di vista morfologico, l'intero clima ondoso medio annuo. A tal fine sono quindi state scelte quattro onde che sono energeticamente rappresentative dell'intera serie di onde del settore di traversia che caratterizza il paraggio di Tropea.

La metodologia utilizzata per l'individuazione delle onde rappresentative è esposta nello studio che illustra la relazione morfodinamica e l'applicazione dei modelli numerici per il calcolo dei campi di onde e di correnti sottocosta.

Il procedimento che consente di individuare quattro onde la cui energia è rappresentativa di tutto il campo ondoso che causa le variazioni morfologiche sulla costa è stato applicato alle condizioni di frangimento, sulla serie di onde estratte sotto costa, ottenendo le quattro onde caratteristiche, due provenienti da destra, R1 ed R2, e due provenienti da sinistra, L1 ed L2, rispetto alla normale alla costa. Rispetto a queste 4 condizioni ondometriche di riferimento è stata analizzata la situazione attuale per l'individuazione dei fenomeni idrodinamici che determinano le problematiche in essere ed è stata verificata l'efficacia delle proposte di intervento.

### 3.3 Studi morfodinamici

Per l'interpretazione dei fenomeni in atto sarebbe opportuno poter disporre di una serie storica di dati di monitoraggio che consenta la ricostruzione delle forzanti meteomarine che hanno determinato le modificazioni geometriche e morfologiche del sito di studio, ricordando che l'evoluzione dei litorali e delle opere antropiche finalizzate alla difesa o alla portualità subiscono sia fenomeni stagionali di medio-lunga durata, sia le conseguenze di fenomeni impulsivi dovuti ad eventi eccezionali di carattere meteomarinico o idrologico intenso.

Il delicato equilibrio della costa dipende, infatti, non solo dall'energia del mare, che ha la capacità di plasmare la morfologia della costa, ma anche dalle modalità con cui le foci del reticolo idrografico scaricano i sedimenti erosi dai bacini imbriferi sottesi dal paraggio di costa in esame.

L'analisi delle dinamiche attuali ha preso spunto dall'esame di una pubblicazione del 1947 dal titolo "Un interessante fenomeno di interrimento di una spiaggia tirrenica", redatta dal Ten. Gen. (Geografo) Orazio Toraldo di Francia e presentata al XIV Congresso Geografico Italiano svoltosi a Bologna dall'8 al 12 aprile del 1947, cui fa riferimento il sito "tropeamagazine.it".

È un documento decisamente molto interessante, scritto con riferimento ad una interpretazione delle dinamiche litoranee che è ancora prodromica all'impostazione della scuola di Morfodinamica che si è sviluppata in Italia nei decenni successivi all'epoca della redazione dell'articolo ma che, in base ad una interpretazione di approccio più "geografico" che tecnico-ingegneristico dei fenomeni, dà ragione di alcuni eventi significativi che hanno interessato il paraggio del Porto di Tropea a partire dalla metà del XIX secolo.

Grazie alla lettura ed all'interpretazione fenomenologica di questo importante documento storico è stato possibile impostare gli studi modellistici con una conoscenza di base approfondita dell'intorno costiero di interesse.

### 3.3.1 L'evoluzione della costa osservata dal Toraldo (1830 - 1947)

Sulla base di una serie molto accurata di informazioni storiche l'articolo esaminato spiega come la formazione della baia in cui oggi sorge il porto di Tropea sia avvenuta per mezzo della saldatura a terra dello scoglio di San Leonardo avvenuto nel giro di soli 10 anni, tra il 1860 ed il 1870, quando il deposito dei sedimenti trasportati dai tre torrenti che sfociavano in quel tratto di mare ha avuto la meglio sulla capacità di onde e correnti di disperdere le sabbie verso il largo.

Tra il 1919 ed il 1922 venne poi realizzato il primo braccio dell'attuale molo di sopraflutto che ha favorito la stabilizzazione della spiaggia nella baia. Una rappresentazione dell'evoluzione della linea di costa da 1830 fino al primo dopo guerra è riportata nella figura seguente.

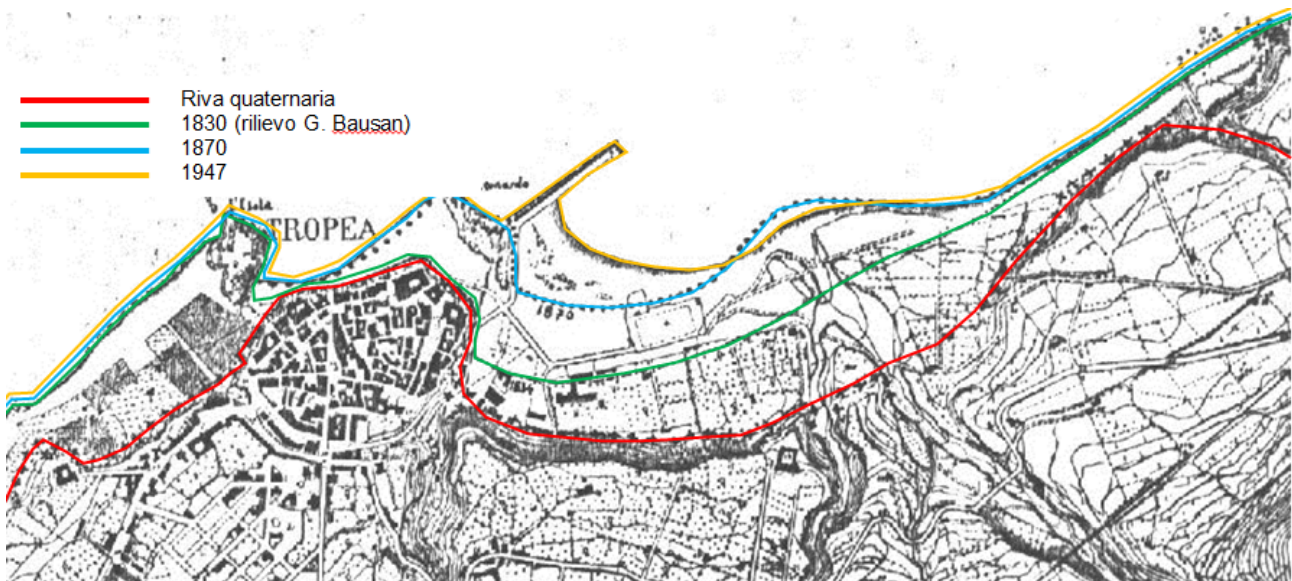


Figura 20 – Planimetria pubblicata nell'articolo del Toraldo con indicazione dell'evoluzione storica della linea di costa.

### 3.3.2 L'evoluzione della linea di costa in epoca recente (1954 - 2008)

Per proseguire l'analisi storica dell'evoluzione morfologica del paraggio in esame sono state considerate, opportunamente geo-referenziate e sovrapposte alle immagini satellitari attuali, le linee di costa rilevate nel 1954, nel 1998 e nel 2008, così come messe a disposizione nell'archivio cartografico dell'Autorità di bacino della Regione Calabria (oggi confluita nel Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale).

Nella figura successiva la progressione della linea di costa, a partire dal 1954, può essere considerata come la continuazione dell'evoluzione indicata nella precedente Figura .

Tra il 1954 ed il 1998 si nota la costruzione del porto, con l'escavo della darsena e il prolungamento del molo di sopraflutto. L'evoluzione più recente, nel decennio 1998 - 2008, evidenzia una progressiva, seppur minima, erosione del litorale a Ovest del porto, sotto la Rocca di Tropea. Le differenze geometriche tra le linee di riva sono comunque minime e, sostanzialmente, si può asserire che la linea di riva sia piuttosto stabile. Così a Est del porto dove le spiagge che si sono sviluppate nel sottoflutto, anche grazie alla presenza dei pennelli realizzati per la stabilizzazione, appaiono pressoché immutate, con processi di erosione ed avanzamento che possono essere giustificati con gli



effetti delle principali mareggiate del periodo, così come dell'apporto solido della foce del Torrente Grazie (che ha ricevuto l'immissione del Burmaria).



*Figura 21 – Evoluzione della linea di costa a partire dal 1954 fino al 2008.*

In termini molto generali e macroscopici quello che si legge dai caratteri dell'evoluzione complessiva è una progressiva migrazione dei sedimenti da Ovest verso Est, sospinti dalle mareggiate provenienti dal IV quadrante (Nord-Ovest): le spiagge a Ovest del porto sono andate progressivamente assottigliandosi e alcuni interventi di stabilizzazione sono stati effettuati per la stabilizzazione della costa, in particolare al piede dello Scoglio dell'Isola; le sabbie sono in grado di doppiare il molo di sopraflutto del porto disponendosi inizialmente a ostruire l'imboccatura (secondo un processo del tutto naturale e tipico di quasi tutte le strutture portuali che, per mezzo delle opere aggettanti, alterano la dinamica dei sedimenti costituendo delle "zone d'ombra" in cui si favorisce la deposizione, come si vedrà più avanti con l'interpretazione dei risultati della modellistica numerica) per poi disperdersi lungo il litorale orientale che appare sostanzialmente stabile se non in leggero protendimento.



Figura 22 – Sovrapposizione della mappa del litorale del 1947 (dall’articolo del Toraldo) con l’immagine satellitare attuale (2019).

I dettagli dell’esame storico-cartografico e morfodinamico sono riportati nella relazione morfodinamica, nella quale una serie di tavole esplicative descrive passo passo i caratteri evolutivi locali rispetto ai quali è opportuno inserire gli interventi in progetto.

### 3.3.3 La circolazione idrodinamica

Con l’applicazione dei modelli matematici PMS ed HD del codice di calcolo MIKE 21 del Danish Hydraulic Institute sono stati riprodotti, per le quattro onde rappresentative del clima morfologico, i campi di onde e di correnti sottocosta. Nella figura seguente è riportato, a titolo esemplificativo, il campo della circolazione idrodinamica per l’onda R1, proveniente dal IV quadrante.

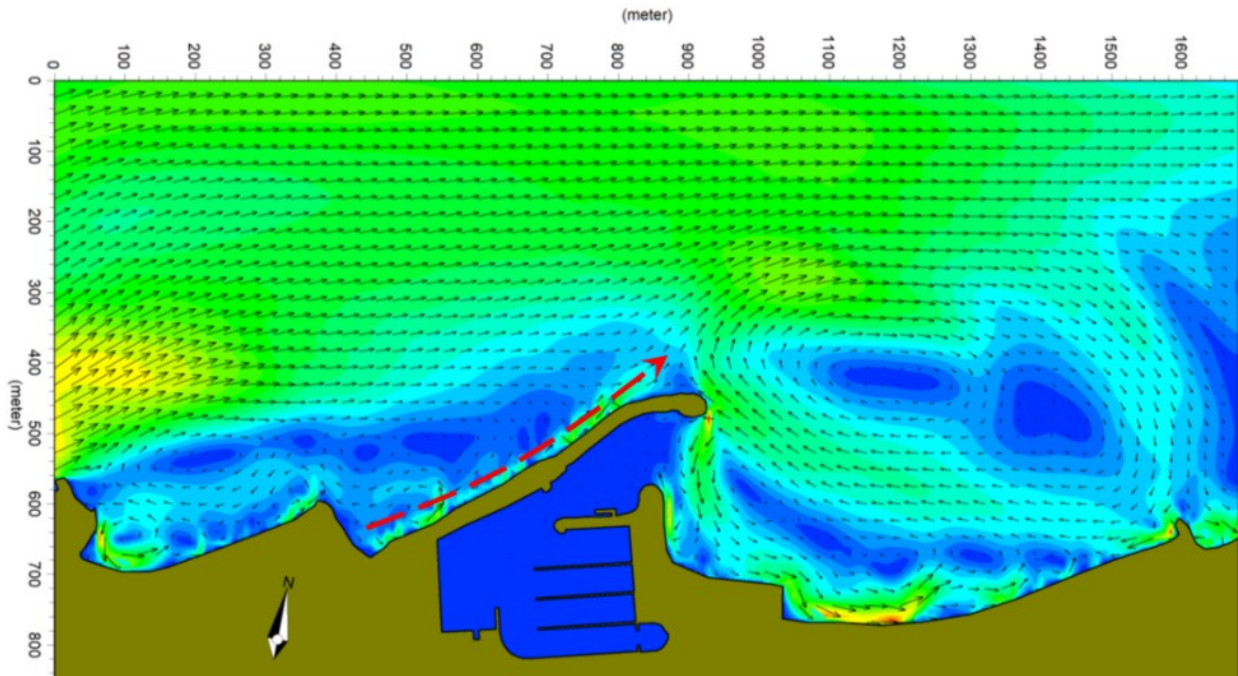


Figura 23 - Campo della circolazione idrodinamica sottocosta per l’onda R1.

I vettori indicano in ogni punto la direzione di propagazione del flusso idrodinamico: la lunghezza dei vettori è proporzionale alla velocità della corrente. La velocità idrodinamica è rappresentata anche dalla scala cromatica (dal blu al viola).

Per tutte e quattro le onde analizzate, sia per quelle provenienti da Ovest che per quelle da Est, è evidente la formazione di una circolazione locale che, lungo il piede del molo di sopraflutto del porto, tende a spostare i sedimenti dalle spiagge di Tropea al porto. Per effetto della “zona d’ombra” che la diffrazione delle onde crea a tergo del molo, i sedimenti tendono ad accumularsi all’imboccatura, creando il noto problema sulla navigabilità.

### **3.3.4 Analisi dei risultati e impostazione del progetto marittimo**

Nell’analisi dei risultati della propagazione del moto ondoso l’effetto che si rileva macroscopicamente è, infatti, la diffrazione indotta dalla testata del molo di sopraflutto. L’attenuazione dell’onda e la creazione di una “zona d’ombra”, così come è stata evidenziata nelle figure che riportano i risultati schematici ottenuti per le onde monocromatiche, è uno degli effetti desiderati con la costruzione delle opere portuali, perché in tale area protetta dall’effetto delle ondate si creano le condizioni ottimali per l’ingresso in sicurezza dei natanti anche durante le condizioni di mare più tempestose.

Nondimeno il rallentamento delle correnti che trasportano i sedimenti fini in sospensione, che si può notare con evidenza nei campi idrodinamici, determina la deposizione sui fondali dei sedimenti stessi proprio di fronte all’imboccatura generando quei fenomeni di insabbiamento che difficilmente possono essere risolti se non interrompendo il trasporto longitudinale (longshore) dei sedimenti.

Quello che è stato messo in evidenza con le simulazioni è un problema tipico di moltissime imboccature portuali e non solo di Tropea. Le desiderate condizioni di calma idrodinamica per onde e correnti devono essere mantenute in funzione dell’efficacia dell’imboccatura, mentre deve essere garantita la profondità dei fondali rispetto a fenomeni di insabbiamento che, come è stato sperimentato anche nel corso dell’inverno 2019-2020, possono manifestarsi con notevole rapidità.

La soluzione possibile, perseguita con gli interventi in progetto, è quella di allontanare dall’imboccatura il trasporto solido, trattenendolo al piede del molo di sopraflutto e disperdendolo al largo della zona del cono d’ombra. Per contrastare questo tipo di fenomeno si reputa efficace la soluzione progettata che prevede, oltre al rifiorimento della mantellata del molo di sopraflutto, anche la realizzazione di due corti pennelli che stabilizzeranno il piede della struttura favorendo la formazione di una spiaggia grazie all’intercettazione del trasporto solido.

Nel successivo paragrafo 5.1.1, e in particolare in Figura , sono descritti in dettaglio gli interventi progettati.

### **3.3.5 La modellazione a “1 linea”**

L’effetto delle opere di progetto sull’evoluzione futura del litorale adiacente al porto è stato valutato per mezzo dell’applicazione del modello “a 1 linea” GENESIS (Generalized Model for Simulating Shoreline Changes) sviluppato e messo a punto dal U.S. Army Corps of Engineers e diventato nel corso degli anni un software standard internazionale allo stato dell’arte.

La modellazione “a 1 linea” ha consentito di valutare l’impatto della presenza delle opere rispetto allo stato attuale, considerando la variazione della linea di costa in relazione alle forzanti meteorologiche presenti e alle caratteristiche del litorale.

Si nota, dai risultati sintetici mostrati nella figura seguente, che a fronte della formazione delle due spiaggette al piede del molo di sopraflutto per la presenza dei due pennelli, non ci sono effetti negativi sulla stabilità della spiaggia a Est del porto.

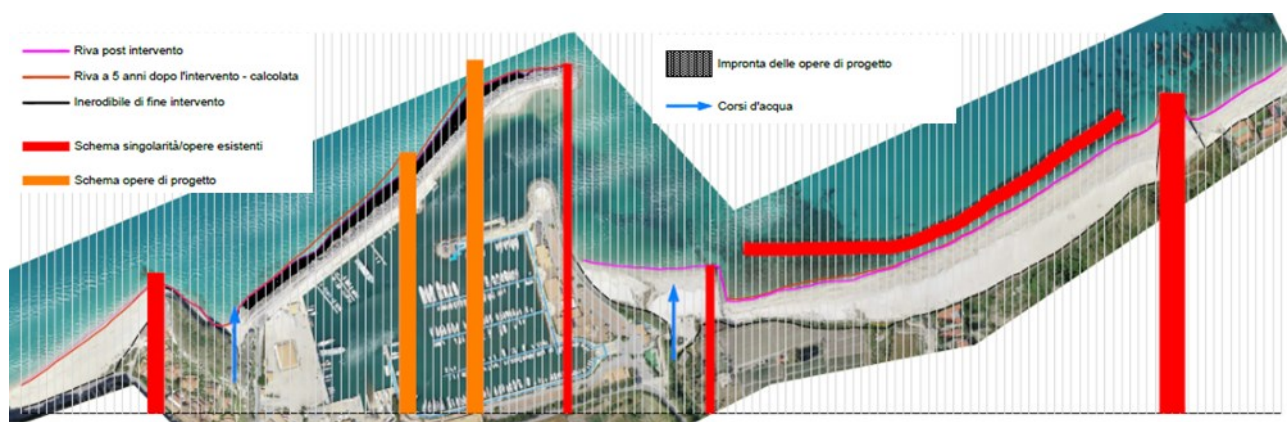


Figura 24: Risultati sintetici della simulazione morfologica a “1 linea”.

### 3.4 Studi idrologici

Gli studi idrologici sono stati alla base del calcolo delle piogge intense necessario alla progettazione idraulica del sistema di drenaggio delle aree periportuali spesso soggette ad allagamento.

I dati di base per la determinazione delle leggi di pioggia sono rappresentati dalle misure riportate sugli annali idrologici dell'ex Ufficio Idrografico e Mareografico dello Stato, attualmente Centro funzionale multi rischi dell'ARPACAL (<http://www.cfd.calabria.it/>). La stazione pluviometrica d'interesse è quella di Tropea, che contiene un numero di dati sufficientemente esteso per garantire un'affidabile collazione statistica delle piogge.

Le elaborazioni dei dati di pioggia sono state eseguite considerando i due principali modelli idrologici attualmente utilizzati in Italia: il modello di Gumbel e il modello TCEV, proposto nella procedura V.A.P.I. Per quanto riguarda le precipitazioni di notevole intensità e breve durata, riferite a 15, 20 e 30 minuti, la stazione pluviometrica di Tropea non è in grado di restituire un numero di osservazioni sufficienti a implementare un'elaborazione statistica sufficientemente affidabile. Si è allora utilizzata la procedura proposta da Ferro V. (La sistemazione dei Bacini Idrografici, 2002, Mc Graw-Hill – ISBN 88-386-0895-4) per legare le piogge di durata un'ora alle piogge di durata inferiore all'ora.

### 3.5 Studi geologici e sismici

Il promontorio di Capo Vaticano è ubicato lungo il versante ionico dell'Arco Calabro-Peloritano, tra il golfo di Sant'Eufemia a nord e il golfo di Gioia Tauro a sud. Il promontorio rappresenta un horst bordato da faglie orientate NE-SO sia a ovest (Faglia di Tropea) che a est (faglia di Mileto) e da una faglia orientata ONO-ESE a sud (faglia di Coccorino). Nell'area di Tropea il basamento è costituito dal complesso granitoide di Monte Poro (Unità di Polia-Copanella). Il basamento è ricoperto lungo una superficie trasgressiva da una successione sedimentaria miocenica costituita da sedimenti silicoclastici (conglomerati e arenarie) nella parte inferiore che passano a depositi carbonatici.

Con riferimento alla Carta Geologica della Calabria Scala 1:25000 Ex Casmez (1958 - 1962) foglio 245 I NEbis “Tropea” ed allo studio di Caracciolo L., P. Gramigna, S. Critelli, A.B. Calzona, F. Russo - Petrostratigraphic analysis of a LateMiocene mixed siliciclastic-carbonate depositional system (Calabria, Southern Italy): Implications for Mediterranean paleogeography *Sedimentary Geology* 284–285 (2013) 117–132, viene ricostruita la successione stratigrafica dell’area di Tropea affiorano i seguenti litotipi:

- basamento cristallino e metamorfico ( $\gamma$  e  $\gamma^q$ ), costituito da gneiss, scisti, graniti, granodioriti e tonaliti alterati e fratturati. La formazione è attraversata da vene pegmatitiche meno frequentemente da apliti. Si rinvencono sottili intrusioni di diorite alterata. La resistenza all’erosione è generalmente elevata ma può diminuire nelle zone di fratturazione e degradazione;
- Unità sabbiosa arenacea (Ms2-3) è costituita principalmente da arenarie e secondariamente da silt attribuibili a depositi paralici e di mare poco profondo (shallow water sandstone), coperte lungo una superficie di trasgressione da arenarie a clypeaster con alla base un conglomerato basale (ravinement surface). Le arenarie a clypeaster passano ad arenarie da medie a grossolane a Herostegina con una frazione carbonatica. Oggi questa unità arenacea costituiscono delle antiche piattaforme di abrasione marina che si rinvencono a quote di diversa altezza a causa delle variazioni del livello del mare e ai sollevati tettonici quaternari. Si tratta di rocce, da fortemente a mediamente permeabili e con resistenza all’erosione da bassa a moderata;
- Unità ghiaiosa sabbiosa (qcl-s) costituita da ghiaie, sabbie e subordinatamente limi mediamente compatti, con spessori di circa 10 m., da fortemente a mediamente permeabili, a granulometria grossolana, che sovente presentano intercalazioni di sabbie limose giallastre;
- alluvioni mobili e fissate (ac, af) ciottolose e sabbiose dei letti fluviali e dei depositi di litorale. Talvolta frammisti alle alluvioni si ritrovano prodotti di solifluzione e dilavamento

L’area del porto è ubicata sul blocco ribassato dalla “Faglia di Tropea”. L’attività di tale sistema di faglia a prevalente componente normale ha prodotto un ribassamento del basamento igneometamorfico permettendo la formazione di una spessa successione sedimentaria che include sia i depositi mio-pliocenici che quelli quaternari (depositi dei terrazzi marini e sedimenti alluvionali e litorali recenti).

L’indagine HVSR realizzata nell’ambito di questo progetto ha messo in evidenza la presenza di un picco con  $f_0$  pari a 1,4 Hz correlabile al tetto del basamento igneo-metamorfico e collocabile ad una profondità dell’ordine degli 80 m dal piano campagna. La stessa indagine HVSR mostra un picco secondario con  $f_0$  pari a 5,9 Hz, collocabile ad una profondità dell’ordine dei 45 m, che può essere correlata al tetto della successione miocenica.

Sulla base delle indagini geotecniche eseguite, sono state riconosciute le seguenti due unità litotecniche:

- Unità litotecnica A, costituita da sabbie medio-grossolane con locale intercalazione di livelli con ciottoli granitici;
- Unità litotecnica B, costituita da sabbie medio-fine debolmente limosa.

Si tratta di unità litotecniche riferibili a sedimenti costieri recenti, probabilmente olocenici, connesse a processi di rimaneggiamento dei depositi torrentizi ma soprattutto di trasporto litoraneo costiero.

Sulla base delle prove SPT, le unità litotecniche sono state dal punto di vista geotecnico come segue:

Unità litotecnica	Descrizione	Parametri geotecnici						
		Nspt	Peso unità di volume	Angolo d'attrito	Coesione	Qc (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo edometrico (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulo elastico (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>A</b>	Sabbia medio-grossolana	34	$\gamma=1.9$ t/m <sup>3</sup>	$\phi=32^\circ$	c= 0kPa	98	280	315
<b>B</b>	Sabbia medio-fine debolmente limosa	46	$\gamma=2$ t/m <sup>3</sup>	$\phi=30^\circ$	c=0 kPa	114	320	360

Figura 16: Parametri geotecnici ricavati dalle prove di campo

Sulla base delle analisi granulometriche, dei valori delle Nspt e della profondità della falda, il sito oggetto degli interventi in progetto, presenta condizioni di potenziale liquefazione sismica.

La campagna di indagini sedimentologiche di cui si è raccomandata l’esecuzione è stata condotta nelle fasi di indagini propedeutiche al progetto. Nell’elaborato “SSP\_Relazione tecnica attività indagine” sono riportate tutte le indagini eseguite, fra le quali il prelievo di 3 carote di fondale, ciascuna da 1 m di altezza, attività eseguita con i sub. La posizione dei prelievi è indicata nell’elaborato “SSP 01 Planimetria Indagini”.

Ciascuna carota è stata suddivisa in tratti di 20 cm e su ognuno dei tratti è stata eseguita l’indagine granulometrica. Come è possibile apprezzare, lo strato superficiale, principalmente interessato dai processi morfodinamici costieri, ha un D<sub>50</sub>=compreso fra 2 e 3 mm

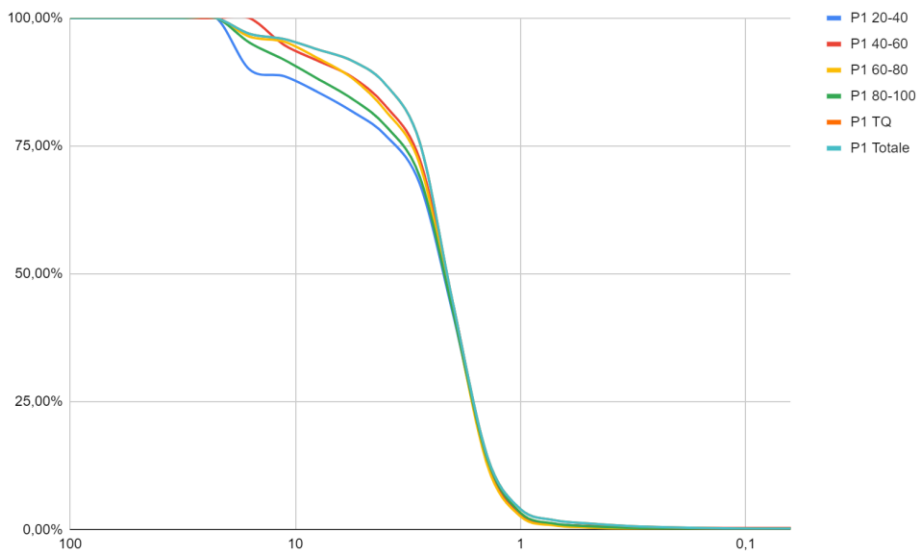


Figura 17: Curva granulometrica per il prelievo P1

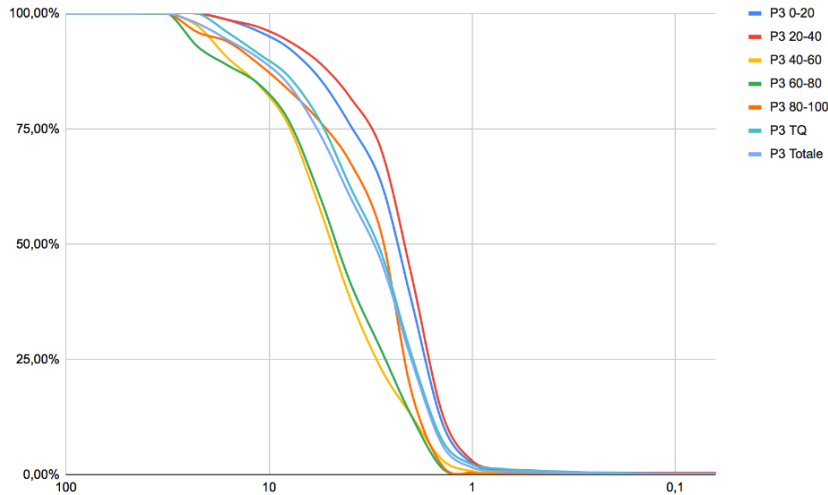


Figura 18: Curva granulometrica per il prelievo P3

### 3.6 Studi urbanistici

Il vigente Piano Regolatore Generale (PRG) di Tropea è stato redatto alla fine degli anni 90 ed è stato approvato nel 1998.

Il quadro urbanistico di riferimento non mai stato modificato; in coerenza alla L.R. 19/02 è attualmente vigente; l'amministrazione comunale ha deliberato per l'adozione del consumo del suolo ai sensi dell'art. 27 della L.R.19/02, attualmente è in fase di redazione

Per quanto di interesse del presente progetto, si segnala che il Piano Regolatore Generale (PRG) classifica l'area in zona omogenea "G" (zona portuale).

## 4 I vincoli presenti nell’area d’intervento

### 4.1 Vincoli idrogeologici

L’area oggetto di interesse è parzialmente interessata dai vincoli del PAI Calabria per quanto concerne il “Rischio Frane” (Figura ). Non è interessata, invece, ai vincoli dovuti al Rischio Alluvioni. A tal proposito, però, il nuovo PGRA, adottato dall’” Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale”, ma non ancora esecutivo, prevede che un tratto interessato dalle opere di progetto sia interno all’area di attenzione (Figura).

Un piccolo tratto di intervento, infine, è interno al vincolo del Piano Stralcio dell’Erosione Costiera (Figura).

Per quanto riguarda la fattibilità degli interventi previsti si fa rilevare che:

- 1) All’interno dell’area di rischio frane ricade l’intervento di riqualificazione della scalinata storica, ammesso ai sensi dell’art. 16 comma 2 delle vigenti NORME DI ATTUAZIONE E MISURE DI SALVAGUARDIA del PAI Calabria - Testo aggiornato con Delibera del C.I. n°27 del 02/08/2011; non è previsto parere.
- 2) All’interno dell’area P3 relativa al PSEC ricade la posa di parte della condotta del nuovo sistema di ricircolo delle acque interne al porto, ammesso ai sensi dell’art. 9 comma 1 delle Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Bacino Stralcio per l’Erosione Costiera (PSEC), approvate con Delibera di C. I. n. 4/2016.
- 3) Per quanto riguarda la parte di interventi interessati dall’area PGRA si fa presente che il suddetto piano non è ancora vigente e, comunque, le opere previste appartengono alla categoria di opere pubbliche essenziali tutelate dall’art. 21 comma 2 lettera g delle vigenti NORME DI ATTUAZIONE E MISURE DI SALVAGUARDIA del PAI Calabria - Testo aggiornato con Delibera del C.I. n°27 del 02/08/2011; non è previsto parere.



Figura 25 - Ubicazione delle opere sulla cartografia PAI





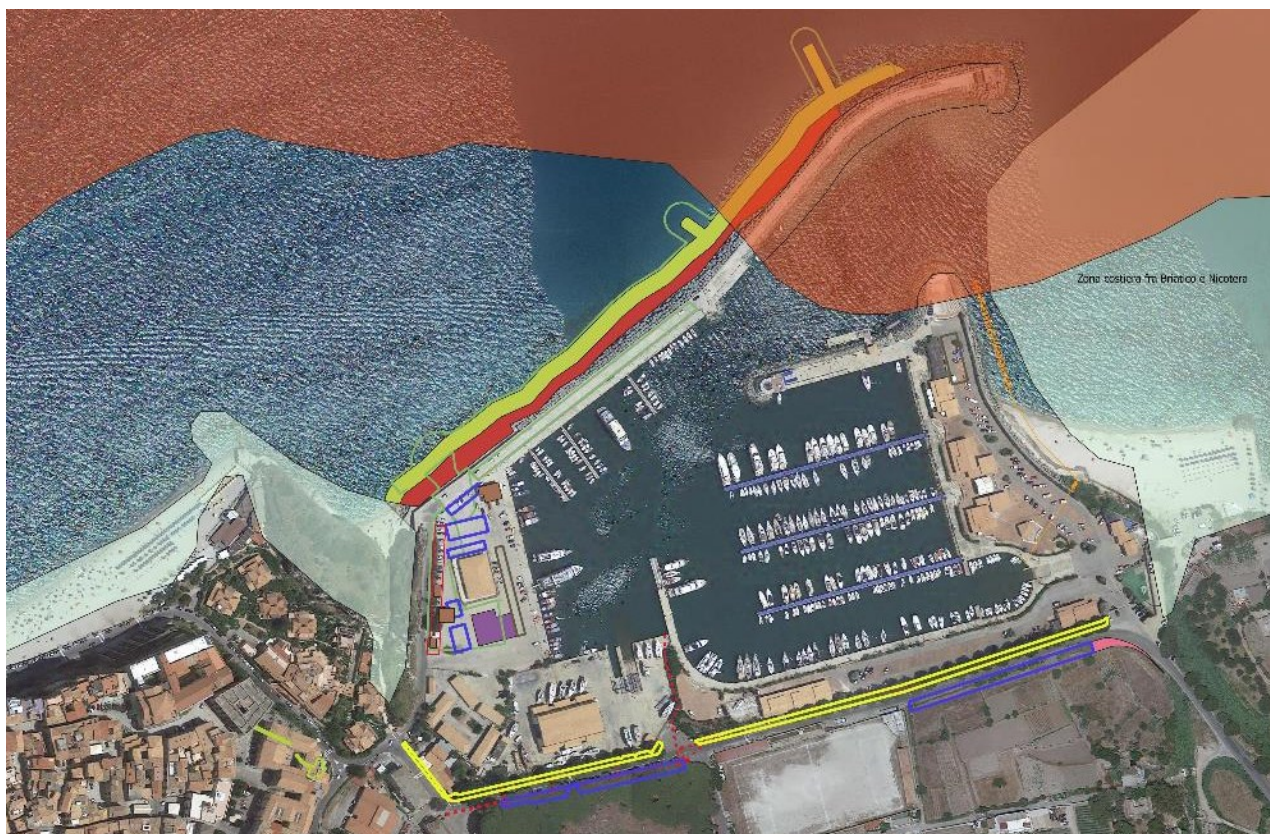
Figura 26 : Ubicazione delle opere di progetto su cartografia PGRA



Figura 27: Ubicazione delle opere di progetto su cartografia PSEC

## 4.2 I Vincoli ambientali

Le opere di progetto ricadono parzialmente all'interno del parco marino Regionale Fondali di Capocozzo - S. Irene, Vibo Marina-Pizzo, Capo Vaticano -Tropea ma sono del tutto esterne all'area protetta ZSC (ex SIC) IT9340091 "Zona costiera fra Briatico e Nicotera" (Figura).



*Figura 28: Planimetria delle opere rispetto alle aree protette*

#### **4.3 Vincoli culturali**

Non sono presenti vincoli di carattere culturale

#### **4.4 Vincoli archeologici**

Non sono presenti vincoli di carattere archeologico

## 4.5 Vincoli paesaggistici

Per tutta la città di Tropea è vigente il vincolo paesaggistico ambientale ai sensi dell'art. 136 D.lgs 42/04 dichiarato con provvedimento ministeriali D.M 10.01.1977 la cui motivazione è la seguente  
*Riconosciuto che la zona ha notevole interesse pubblico perché possiede rilevante importanza per il suo particolare aspetto ambientale e paesistico*



Figura 29 - Vincoli paesaggistici

## 5 Descrizione della soluzione progettuale

Alla luce degli elementi emersi dalle analisi sullo stato dei luoghi e delle criticità presenti, il progetto definitivo di cui alla presente riguarderà le aree relative a :

- il **porto turistico**, dotato di una serie di infrastrutture, quali ponti, banchine e darsene, adatte allo scopo, dove sono ubicati edifici di un piano fuori terra con tetto a falde e porticato esterno che ospitano i servizi relativi; spazi di relazione, un teatro all’aperto e un ampio parcheggio. Sono previsti per questa area importanti interventi di potenziamento delle infrastrutture esistenti;
- la **zona Ovest** del porto di circa 8.000 mq, staccata dall’ingresso principale del porto e dalle attività per natanti, raggiungibile facilmente dalla via marina Vescovado. Da qui è possibile accedere al cantiere navale, all’area riservata ai pescatori, alla banchina di partenza delle motonavi che raggiungono giornalmente nel periodo estivo le Isole Eolie; in quest’area è ubicato l’edificio destinato alla Guardia Costiera, originariamente pensato per realizzare il mercato ittico e successivamente adattato allo scopo, l’edificio che ospita i servizi igienici, una struttura aperta sui quattro lati con copertura a falde e due baracchini destinati a biglietteria per le motonavi in partenza per le Isole Eolie. Una vasta porzione di quest’area è destinata alla sosta veicolare non regolamentata. Qui è prevista la realizzazione di un edificio destinato a Terminal- biglietteria e la riqualificazione di tutto il comparto;
- la **via Marina Vescovado**, tratto di strada urbana che si sviluppa in direzione est-ovest dall’ingresso principale del porto, ovvero dall’area destinata alla nautica da diporto, fino all’inizio del lungomare Sorrentino, che costeggia le spiagge cittadine, e incrocia in direzione sud-ovest, la strada Discesa Vescovado, che collega la città storica al rione Marina di cui è prevista la totale riqualificazione .

Gli interventi previsti nel progetto sono stati concepiti con l’obiettivo, prima individuato, di eliminare le criticità emerse che possono così elencarsi:

- miglioramento dell’assetto infrastrutturale del molo di sopraflutto,
- dotazioni impiantistiche e servizi alle utenze,
- accessibilità al porto

Sulla base di tale distinzione gli interventi previsti sono accorpati in tre sezioni, rispettivamente in :

- A (opere marittime),
- B ( dotazioni impiantistiche e servizi alle utenze interne al porto),
- C (accessibilità al porto).

Per ogni sezione sono previsti delle azioni di intervento così distinte:

Classificazione gruppo	Gruppo interventi	Sottogruppo	Interventi previsti	Ubicazione
<b>A</b>	<b>Opere marittime – dotazioni infrastrutturali</b>	A.1	Ripristino e potenziamento del molo sopraflutto	<b>Molo sopraflutto</b>
		A.2	Risoluzione dell'insabbiamento dell'area d'imbocco al porto	
		A.3	Ripristino del sistema di ricircolo delle acque interne al bacino portuale	<b>Area interna molo sottoflutto</b>
<b>B</b>	<b>Dotazioni impiantistiche e servizi alle utenze interne al porto</b>	B.1	Relamping dell'impianto di illuminazione esistente	<b>Area interna molo sottoflutto</b>
		B.2	Installazione di un sistema interno di boe di segnalazione luminosa	
		B.3	Realizzazione di pensiline fotovoltaiche a protezione dei parcheggi	<b>Area ovest del Porto</b>
		B.4	Realizzazione di impianto antincendio	
		B.5	Realizzazione terminal passeggeri e riqualificazione funzionale area (sistemazione viabilità, illuminazione, parcheggi)	
<b>C</b>	<b>Accessibilità al porto</b>	C.1	Riqualificazione e potenziamento della viabilità locale	<b>Via Marina Vescovado</b>
		C.1.1	Realizzazione di un efficiente sistema di raccolta delle acque piovane	
		C.1.2	Riqualificazione scalinata storica	
		C.2	Rimodulazione e incremento dei parcheggi	

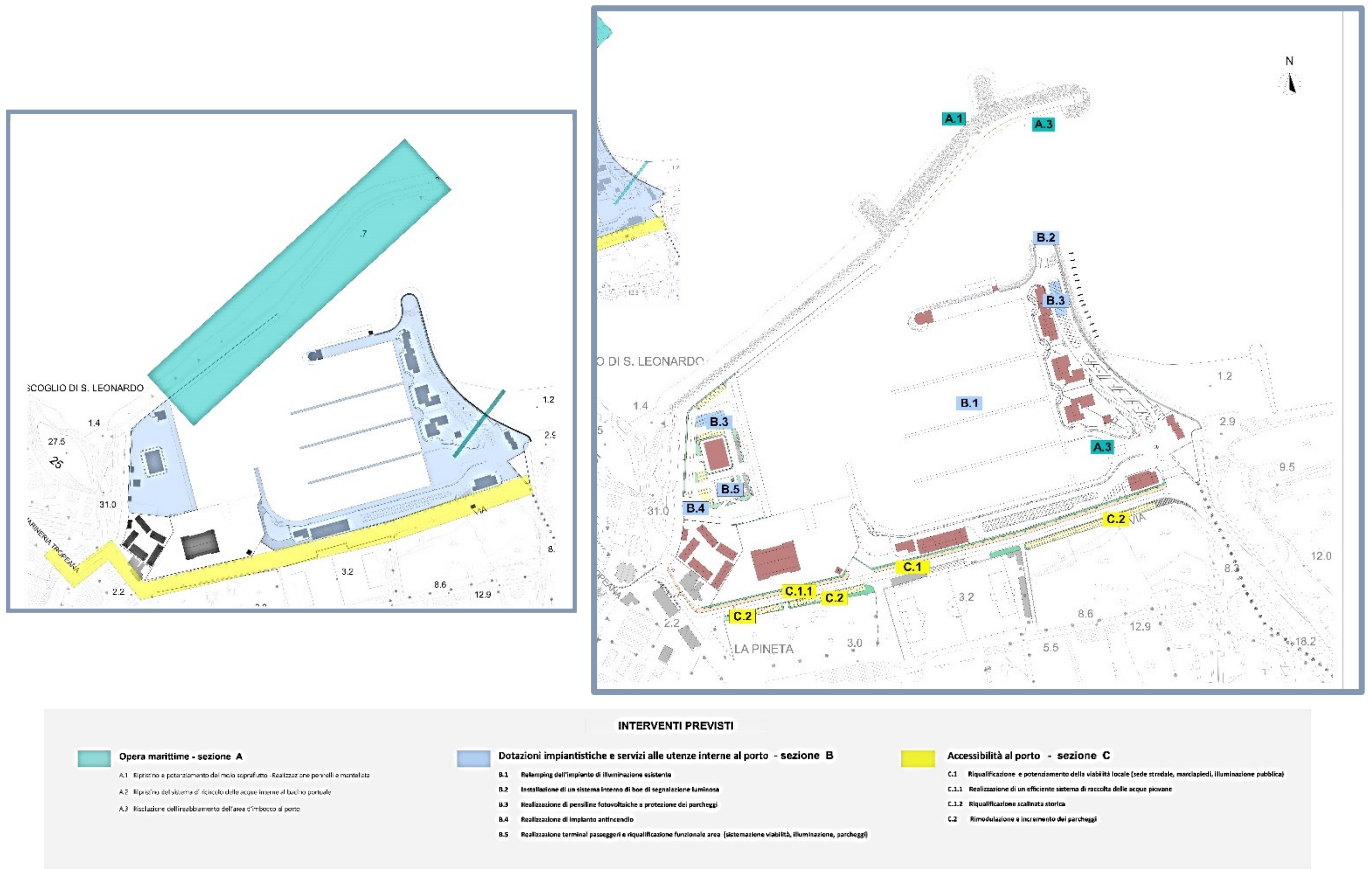


Figura 30: Rappresentazione schematica dei gruppi d'interventi e loro ubicazione

## 5.1 Opere marittime: dotazioni infrastrutturali

### 5.1.1 Ripristino e potenziamento del molo sopraflutto e risoluzione dell'insabbiamento dell'area d'imbocco al porto

Al fine di risolvere le problematiche in atto di dissesto della mantellata, della tracimazione da parte del moto ondoso e, infine, ridurre l'accumulo di sabbia in corrispondenza dell'imboccatura portuale, dopo opportune valutazioni supportate dalle verifiche modellistiche, si è optato per la soluzione progettuale che prevede i seguenti interventi, nei tratti in cui è stato precedentemente suddiviso il muro paraonde, riproposto in Figura 19 :

- il rifiorimento della mantellata esterna con il ripristino di pendenze opportune a contenere la risalita dell'onda (run-up) e la tracimazione dell'estradosso della struttura;
- la formazione di una importante e consistente berma al piede della mantellata per la stabilizzazione allo scivolamento;
- la costruzione di due pennelli, di lunghezza limitata, con lo scopo di favorire lo sviluppo di una spiaggetta davanti al molo foraneo e ridurre il transito dei sedimenti verso l'imboccatura.

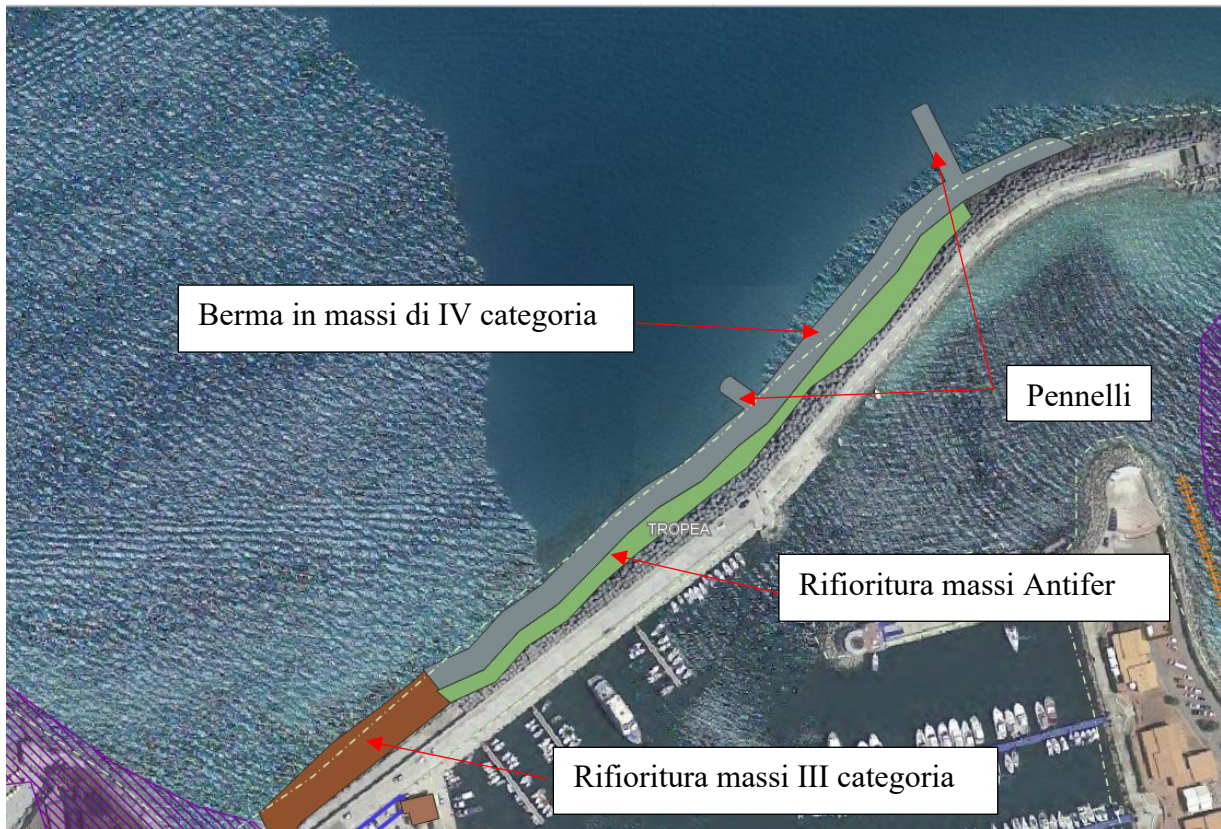


Figura 31: Schema planimetrico delle opere di progetto per ripristino della mantellata e la limitazione dell'insabbiamento dell'imboccatura.

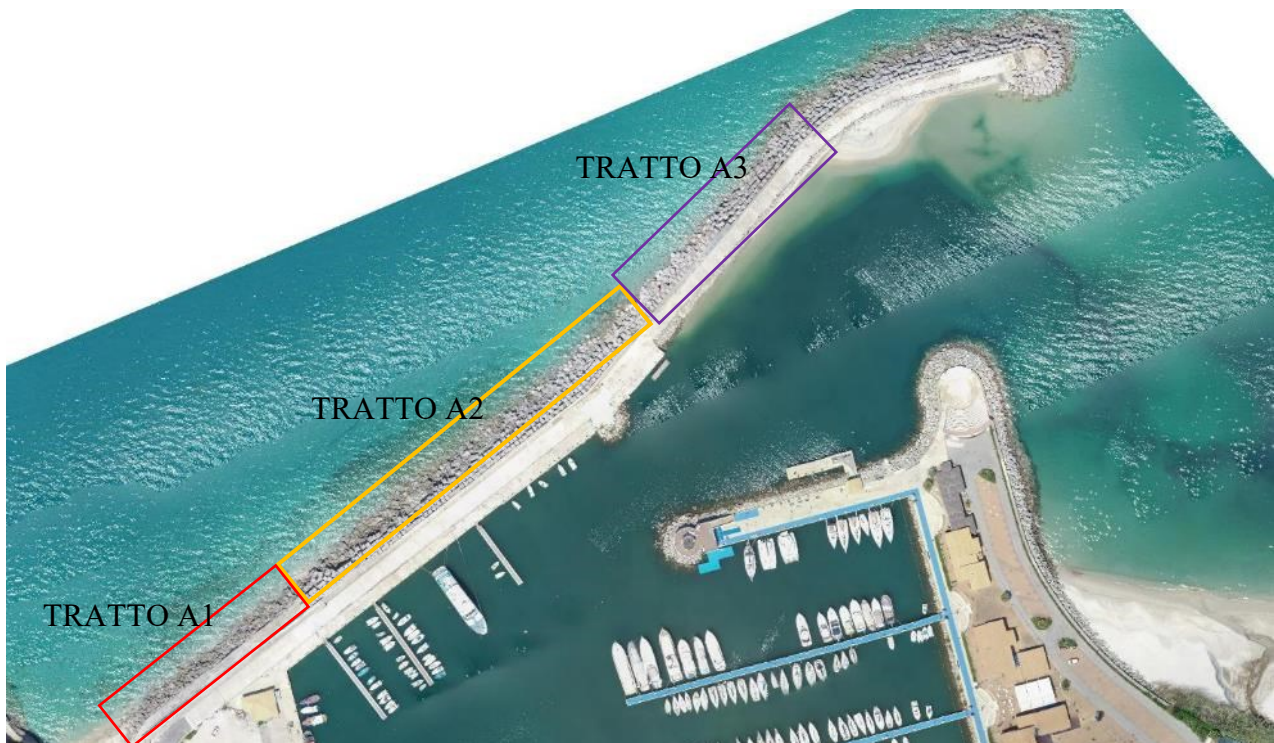


Figura 19: Suddivisione schematica del muro paronde

A seguito delle osservazioni giunte dall'ufficio periferico del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Provveditorato interregionale per le OO.PP. Sicilia – Calabria, Ufficio 6-Tecnico e

OO.MM. per la Calabria (ex Genio Civile Opere Marittime di Reggio Calabria) la soluzione progettuale è così configurata:

- 1) nel “Tratto A1” (sezioni 1-5 comprese) si è scelto di mantenere la presenza di massi naturali, considerando che i fondali antistanti la diga inducono il frangimento di onde energeticamente significative in uno spazio abbastanza distante dalla diga e, quindi, la protezione con massi “Antifer” non appare strettamente necessaria dal punto di vista tecnico.;
- 2) nel tratto “A2” dalla sezione 5 alla sezione 7 la scelta progettuale è ricaduta su una sezione trasversale composita, così come indicata nella successiva Figura 20.

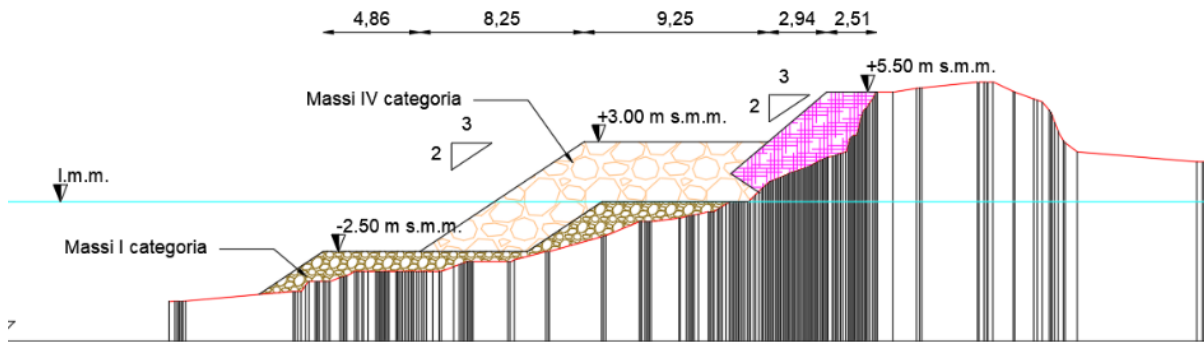


Figura 20: Sezione tipo del tratto compreso fra la sezione 5 e la sezione 7

Come è possibile osservare i nuovi Antifer saranno poggiati sui massi di IV categoria e davanti sarà presente una berma in massi di IV categoria lunga oltre 9 m, prima dell’inizio del tratto obliquo con pendenza 3:2. I massi di IV categoria saranno poggiati su un letto di massi di I categoria. Nel seguito saranno descritte le verifiche progettuali eseguite e descritte le modalità di esecuzione delle opere;

- 3) il tratto compreso fra la sezione 7 e la sezione 10 sarà costituito da un unico ammasso di massi di IV categoria (Figura 21).

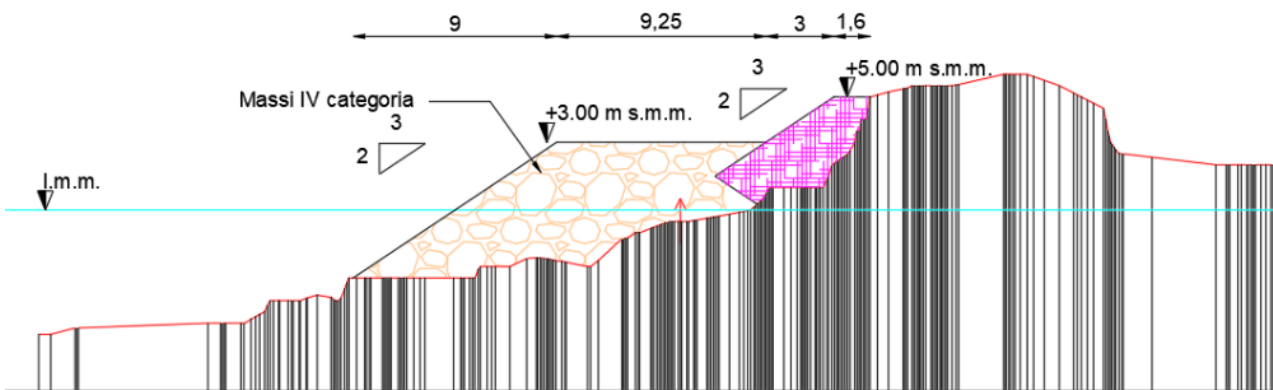


Figura 21: sezione tipo del tratto 7-10

Questa scelta è legata al fatto che attualmente il fondale antistante la mantellata di protezione è tappezzato da massi provenienti dal dissesto della mantellata ed è quindi inutile prevedere un livellamento del fondale, essendo invece preferibile ricoprire quello che c'è;

- 4) per il tratto compreso fra la sezione 10 e la sezione 20 si è deciso di utilizzare di nuovo una sezione composita che, a differenza del tratto compreso fra le sezioni 5 e 7, presenta una berma in sommità di massi di IV categoria più stretta (circa 7 m) e una seconda berma, posta al piede dei massi di IV, realizzata in massi di I categoria ed altrettanto pronunciata (circa 5 m);



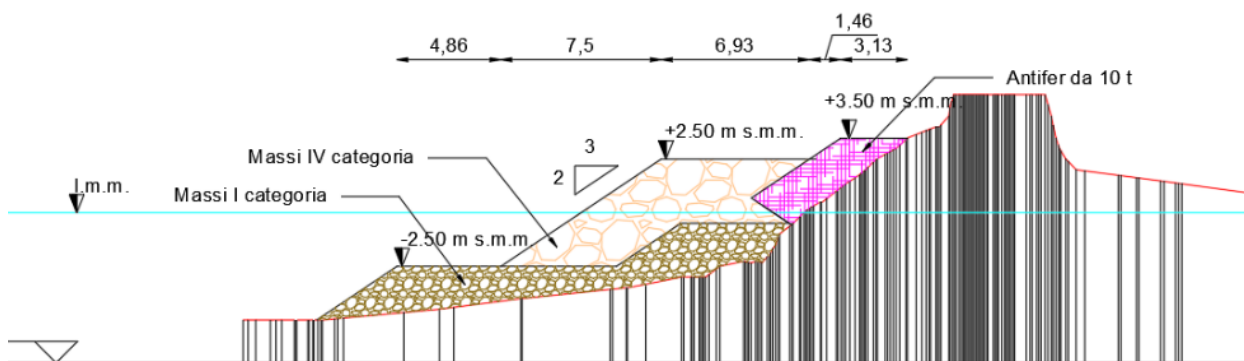


Figura 22: sezione composita per il tratto compreso fra la sezione 10 e la sezione 20

- 5) il tratto finale dell'intervento di protezione (sezioni 21 e 22) sarà realizzato con la posa di massi di IV categoria davanti agli Antifer esistenti, con la formazione di una berma di circa 7 m di larghezza (Figura 23). In questo caso l'unghia al piede dei massi di IV categoria è più contenuta rispetto al tratto precedente in quanto in tale tratto, ormai lontano dal punto angoloso dello sviluppo planimetrico prima individuato, il molo risulta meno dissestato.

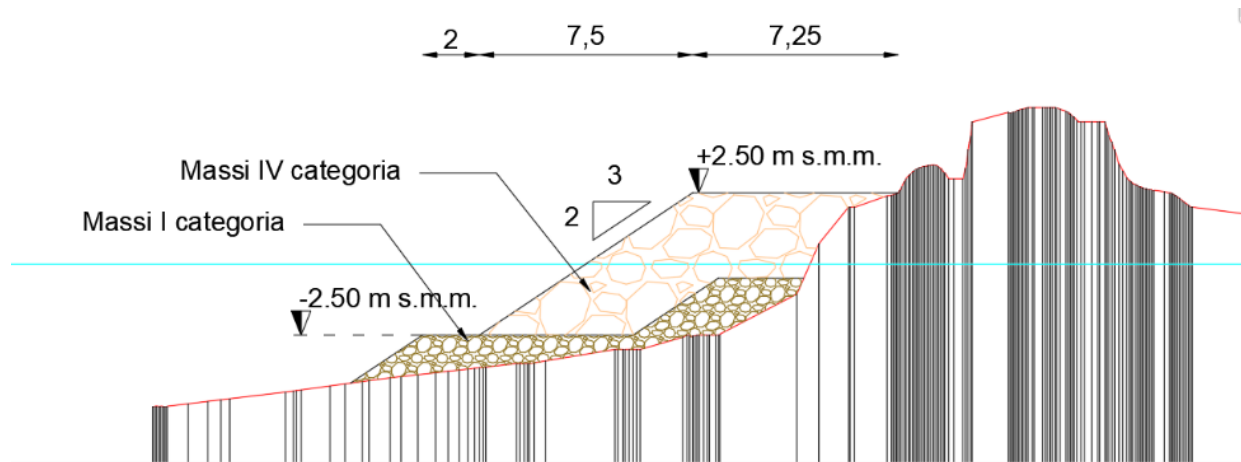


Figura 23: Sezione trasversale per il tratto compreso fra le sezioni 21 e 22

Come si è visto, quindi, l'impostazione progettuale non ha fatto solo riferimento ad una disomogeneità dei materiali accuratamente determinata, ma si è adattata alle situazioni locali esistenti nello spirito dell'ottimizzazione del progetto sia sotto il profilo dell'efficacia che sotto il profilo dei costi.

Per quanto riguarda, infine, i pennelli, essi sono stati progettati con gli stessi criteri delle barriere sopra descritte. La sola sezione di testata del pennello 2, quello più lungo, è stata prevista in Antifer a causa delle sollecitazioni ondose cui sarà sollecitata per l'entità dei fondali su cui poggia.

### 5.1.2 Verifica modellistica dell'efficacia delle opere

Nelle figure successive sono riportati i risultati delle simulazioni idrodinamiche che rappresentano la circolazione delle correnti indotte dal moto ondoso nella situazione attuale e nella situazione di progetto. A titolo esemplificativo e riassuntivo di tutte le simulazioni descritte e rappresentare nella relazione morfodinamica, nel seguito sono rappresentati i risultati relativi alla circolazione indotta

dall’onda R1, proveniente da Ovest. I risultati sono stati rappresentati nell’ambito locale costituito dal molo di sopraflutto con due diversi livelli di ingrandimento della mappa dei risultati, uno che abbraccia tutta la lunghezza del molo ed uno il tratto in cui sono posizionati i pennelli.

Per le quattro situazioni d’onda esaminate, come già osservato in precedenza, nella situazione attuale si nota al piede della mantellata del molo una corrente che trasporta, in modo continuo, le acque ed i sedimenti da Ovest verso Est. I nuovi pennelli svolgono una efficace funzione di “rompi-tratta” sulla continuità della corrente e, assieme alla complessa geometria del piede della mantellata, che svolge anche una funzione di efficace smorzamento delle onde incidenti sulla struttura, determinano la formazione di vortici di circolazione oraria nei quali, lungo il piede del molo, la direzione della corrente si presenta in direzione Est-Ovest. In tali vortici si ha quindi la rottura della corrente continua che caratterizza il comportamento attuale del trasporto litoraneo e si creano le condizioni idrodinamiche locali per la sedimentazione delle sabbie.

Era questo l’effetto progettuale che si è voluto verificare con l’applicazione modellistica che, oltre a garantire una maggiore stabilità all’opera, limita anche il trasporto delle sabbie verso l’imboccatura del porto e la successiva deposizione per effetto della “zona d’ombra” causata dalla diffrazione delle onde operata dalla testata del molo.

In definitiva si valuta che l’intervento sia efficace sotto entrambi i punti di vista e contribuisca, di conseguenza, alla soluzione sia del problema della tracimazione del molo di sopraflutto del porto che del problema della sedimentazione all’imboccatura.

I risultati della modellazione bidimensionale confermano quanto riscontrato con la modellazione morfologica a “1 linea” (rif. paragrafo 3.3.5 e Figura ) e rappresentato nelle tavole che riportano i risultati ottenuti.

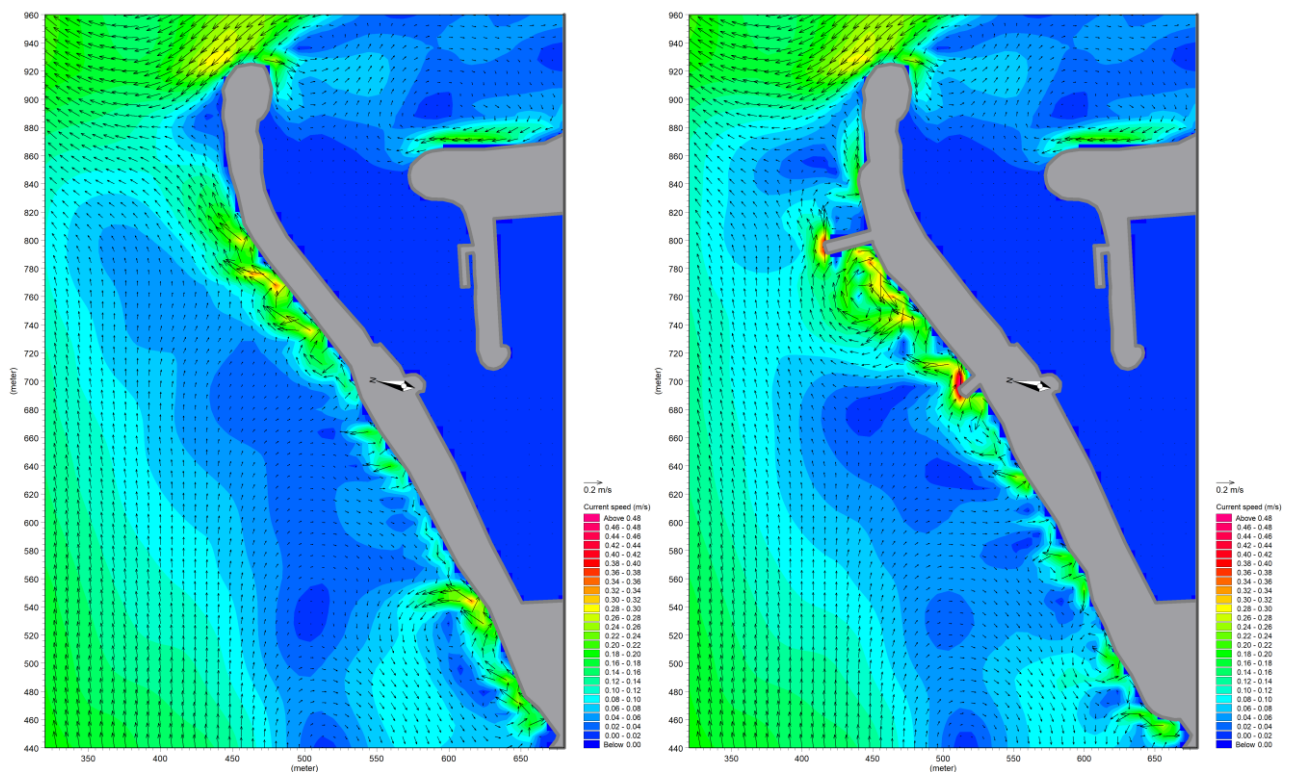


Figura 34 - Confronto simulazioni idrodinamico onda R2 nella configurazione attuale e nel layout 2

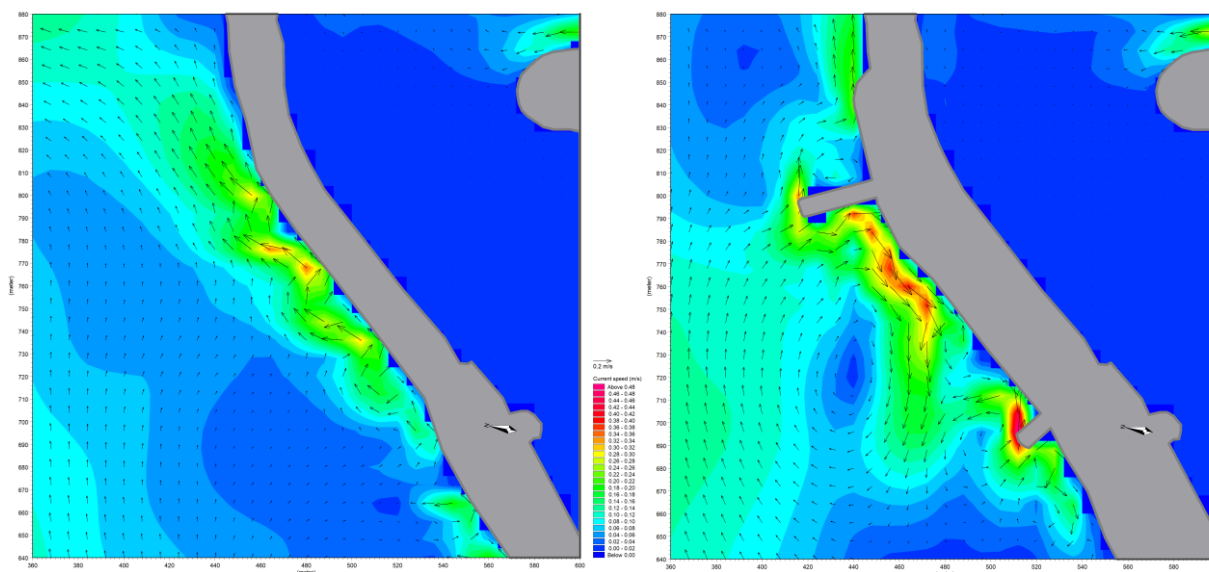


Figura 35 - Confronto simulazioni idrodinamico onda R2 nella configurazione attuale e nel layout 2.

Dall’analisi dei risultati possono essere tratte le seguenti considerazioni:

- il litorale di interesse risulta essere abbastanza stabile dal punto di vista dell’evoluzione morfologica recente: non si notano alterazioni significative della linea di riva negli ultimi anni;
- la relativa stabilità del litorale, comunque, non significa immobilismo della linea di riva: entrando nel dettaglio dei risultati, infatti, nella zona a Sud-Ovest del litorale si nota un leggero arretramento della linea di costa, mentre nella parte Nord-Est, corrispondente al litorale di Parghelia che è stato stabilizzato con la costruzione di due pennelli e una barriera frangiflutti, si nota un apprezzabile avanzamento della spiaggia;
- la costruzione dei due pennelli davanti alla barriera posta a protezione del piede del muro paraonde del porto di Tropea, come da progetto, comporterà una positiva azione stabilizzatrice dei fondali, consentendo la creazione di una spiaggia stabile che avrà un positivo impatto dal punto di vista della stabilità al piede della mantellata di progetto, intrappolando, allo stesso tempo, parte del trasporto litoraneo da Ovest a Est che è responsabile dell’insabbiamento dell’imboccatura;
- la costruzione dei pennelli, infine, avrà quindi anche come risultato l’allontanamento nel tempo della necessità di provvedere al dragaggio dell’imboccatura portuale.

### 5.1.3 La verifica della tracimazione della diga

Al fine di verificare la capacità delle opere di progetto di determinare sensibili miglioramenti in riferimento ai fenomeni di tracimazione del molo foraneo che creano problemi alla fruibilità dell’infrastruttura portuale, si è eseguito il calcolo del “run-up”, e della connessa risalita delle onde sul paramento del molo foraneo, utilizzando l’approccio di Van der Meer.

Si è concluso che, nelle condizioni strutturali che si otterranno con la realizzazione dell’intervento di rifiorimento e sistemazione della mantellata, si determina l’auspicata condizione di non tracimabilità del molo di sopraflutto.

### 5.1.4 Ripristino del sistema di ricircolo delle acque interne al bacino portuale

La finalità del progetto è quella di migliorare la circolazione interna del porto per permettere un ricambio totale delle acque portuali almeno una volta ogni due giorni. Al ripristino dell’officiosità del canale di collegamento con le acque esterne, è stato necessario progettare un sistema di ricircolo forzato.

Sono stati previsti, nel complesso, i seguenti interventi:

- 1) la pulizia interna dell’esistente canale di ricircolo, attualmente insabbiato;
- 2) l’integrazione, al canale, di un nuovo sistema di ricircolo così costituito:
  - a. da una condotta che parte dai pressi dell’imboccatura del porto, ad una profondità di 5.5 m, opportunamente zavorrata sul fondo con il varo di gabbionate di opportuna dimensione;
  - b. da un pozzetto di ricircolo, ubicato nei pressi del muro paraonde esistente, in corrispondenza dello sbocco dell’esistente canale ora ostruito, costituito da due camere:
    - i. la prima che accoglie la portata dalla condotta descritta al punto precedente e che accoglie l’idrovora necessaria al superamento della prevalenza che permette l’ingresso del deflusso desiderato, pari  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ , nel porto;
    - ii. la seconda che accoglie la tubazione di acciaio necessaria per il convogliamento dell’acqua all’interno dell’esistente canale di ricircolo.

Alcune immagini rappresentative del sistema progettato sono riportate nelle figure seguenti.



Figura 36: Planimetria della condotta di ricircolo di progetto



Figura 37: Ubicazione planimetrica dei pozzetti di ricircolo.

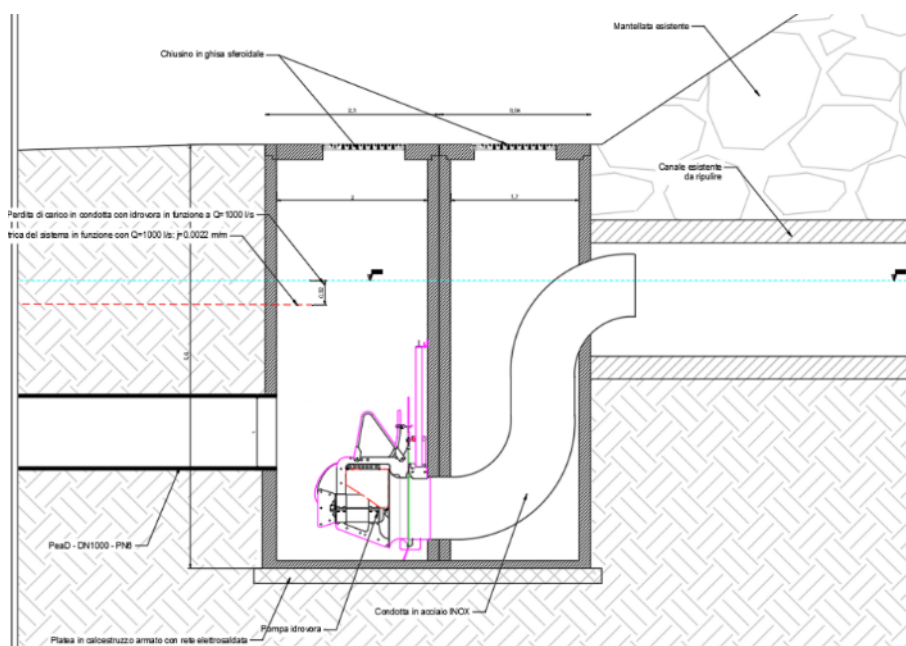


Figura 38: Pozzetti di ricircolo di progetto – sezione trasversale.

## 5.2 Dotazioni impiantistiche e servizi alle utenze interne al porto

### 5.2.1 Revamping dell'impianto di illuminazione esistente

L'intervento in progetto ha consistito, nel rilievo puntuale di tutto l'impianto di illuminazione esistente.

In particolare sono stati rilevati tutti i pali, sia per quanto riguarda altezza, posizionamento e tipologia di illuminazione (lampada).

Successivamente è stato costruito un modello digitale, per effettuare un dettagliato calcolo illuminotecnico, con l'obiettivo di mantenere i pali esistenti, in termini di posizione ed altezza, provvedendo esclusivamente ad un intervento di relamping.

Nell'area del nuovo Terminal, invece, l'impianto di illuminazione ad oggi non presente, è stato interamente progettato, in funzione di tutti gli interventi in progetto.

Dal calcolo illuminotecnico, è emerso di sostituire tutte le lampade esistenti in lampade a nuova tecnologia a Led. In particolare il numero di punti luce è pari ad 80, e pertanto verranno sostituite

tutte le lampade con nuove lampade a tecnologia a Led per i dettagli si veda la relazione di calcolo illuminotecnico.

Nell’area del Nuovo Terminal l’impianto di illuminazione è stato interamente progettato da zero.

Ad oggi erano presenti soltanto alcuni pali di illuminazione, non idonei ed incompatibili con gli interventi in progetto, pertanto si è deciso di eliminarli.

L’intervento su questa area è stato progettato in funzione di un calcolo illuminotecnico dettagliato che ha previsto l’installazione di pali di una determinata altezza ed un adeguata ubicazione tutto in funzione di tutte le opere in progetto (nuovo Terminal, parcheggi, pensilina , tettoie fotovoltaiche ecc.).

### **5.2.2 Installazione di un sistema interno di boe di segnalazione luminosa**

In questo progetto è stata data la priorità alla messa a norma dei fanali di ingresso al porto, prevedendo la sostituzione degli esistenti.

### **5.2.3 Realizzazione di pensiline fotovoltaiche a protezione dei parcheggi**

Gli interventi coordinati in fase di progetto, doteranno il porto di Tropea di ampie zone parcheggio; ciò offre l’occasione di poter posizionare delle pensiline fotovoltaiche a protezione delle stesse e contemporaneamente, consentendo la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili.

Sono previste due tettoie fotovoltaiche da dislocare una nell’area del Porto , e l’altra nell’area del nuovo Terminal.

Tali tettoie avranno il compito di proteggere dall’irraggiamento solare alcuni dei parcheggi, ed al tempo stesso, saranno dotate di postazioni per la ricarica delle auto elettriche.

A completamento dell’intervento, è stata prevista l’installazione sotto le due tettoie fotovoltaiche di tre colonnine ricarica auto elettriche.

In particolare sotto la Tettoia 1 è stata prevista l’installazione di una colonnina per la ricarica elettrica delle auto, con doppia ricarica in modo tale da ricaricare simultaneamente due auto.

Mentre sotto la Tettoia 2, nell’area Terminal è stata prevista l’installazione di due colonnine per la ricarica elettrica delle auto, con doppia ricarica in modo tale da ricaricare simultaneamente quattro auto.



*Figura 39 – Render della pensilina fotovoltaica all'interno del porto*

#### **5.2.4 Realizzazione di impianto antincendio**

La zona Ovest del porto oggetto di interventi esiste attualmente un sistema di protezione antincendio in pessime condizioni manutentive o del tutto assente in alcune aree.

Si prevede pertanto la realizzazione di un nuovo impianto con la messa in opera delle rete di distribuzione idrica interrata e l'installazione di idranti e valvole a cassetta di tipo UNI45.

Per quanto riguarda la riserva idrica attualmente è presente un serbatoio interrato in c.a. di capacità non adeguata all'impianto da realizzare. Verrà pertanto realizzata una nuova vasca idrica della capacità di 54 mc adiacente al locale pompe antincendio esistente ed alla vasca attualmente in servizio.

Si prevede inoltre la messa a norma del locale pompe antincendio esistente, la posa in opera di un nuovo gruppo pompa e il ripristino o eventuale sostituzione delle tubazioni e degli idranti già esistenti sull'intera area del porto rimanente.

Per le specifiche tecniche si rinvia alla relazione tecnica di riferimento.

#### **5.2.5 Realizzazione terminal passeggeri e riqualificazione funzionale area**

La zona Ovest del porto, staccata dall'ingresso principale del porto e dalle attività per natanti, è una vasta area di circa 8.000 mq raggiungibile facilmente dalla via marina Vescovado, attraverso una larga rampa di accesso, è attualmente riservata a diverse attività di tipo turistico-commerciali e di sosta temporanea.

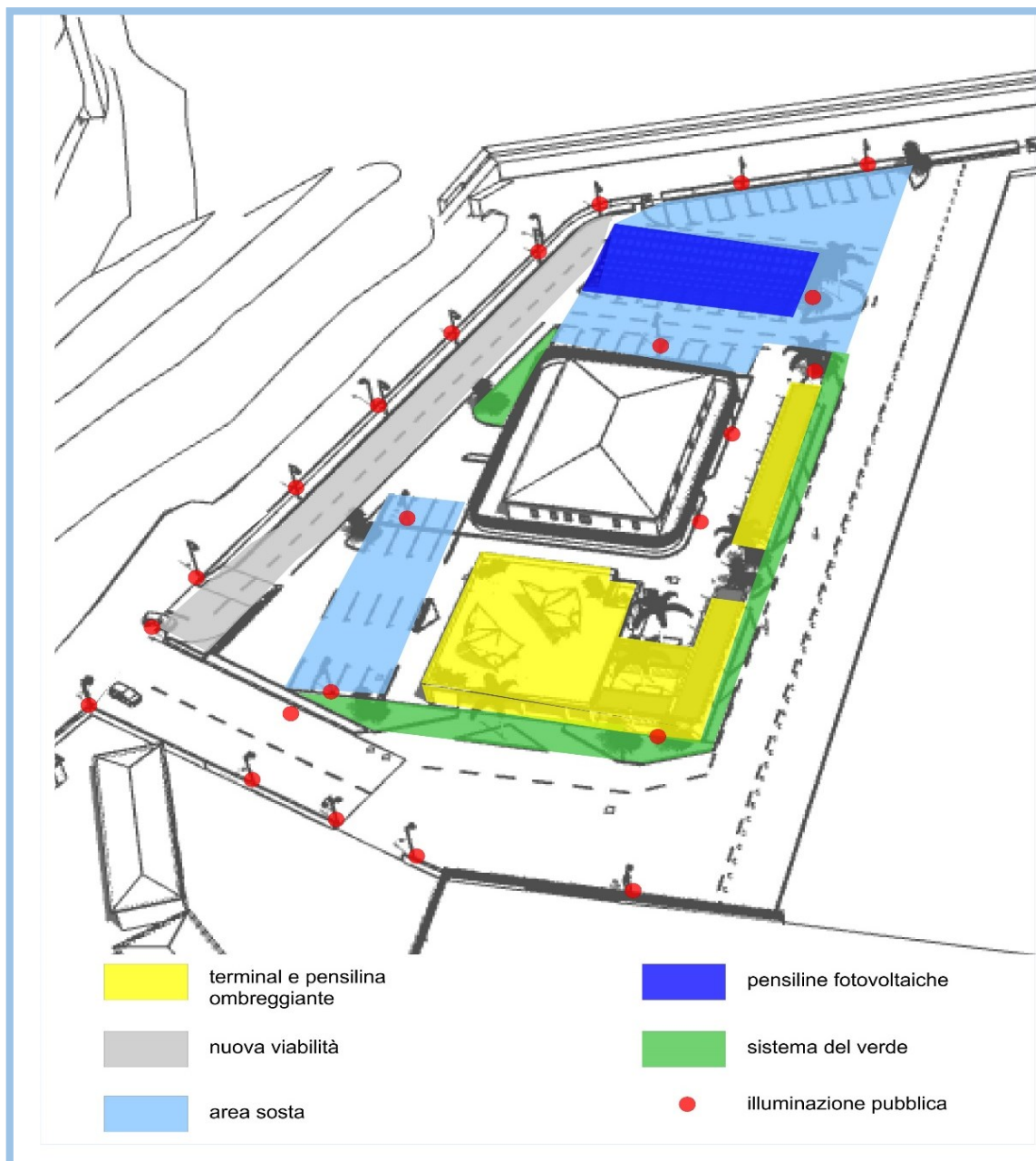
Da qui è possibile accedere al cantiere navale, all'area riservata ai pescatori, alla banchina di partenza delle motonavi che raggiungono giornalmente nel periodo estivo le Isole Eolie; in quest'area è ubicato l'edificio destinato alla Guardia Costiera, originariamente pensato per realizzare il mercato ittico e

successivamente adattato allo scopo, l'edificio che ospita i servizi igienici, una struttura aperta sui quattro lati con copertura a falde e due baracchini destinati a biglietteria per le motonavi in partenza per le Isole Eolie.

Una vasta porzione di quest'area è destinata alla sosta veicolare non regolamentata.

La distribuzione di tali edifici risulta casuale e le funzioni chiamate a svolgere avvengono con inefficienza e poca sicurezza, basti pensare che i servizi legati alla biglietteria vengono sopperiti attraverso l'installazione di gazebo mobili lungo la stessa area o lungo le strade limitrofe del porto, per i passeggeri in transito e per i pescatori che qui svolgono le proprie attività non esiste un'area di riparo o ristoro; i bagni risultano danneggiati e non operativi, creando notevoli disagi, soprattutto nel periodo estivo quando le attività legate alle minicrociere per le isole Eolie si intensificano interessando mediamente un'utenza di 700 persone al giorno, ma destinata ad aumentare, essendo prevista “una potenziale domanda di utenza che si può attestare ad oltre il 200% di quella attualmente presente” (fonte; relazione generale Progetto preliminare).





*Figura 40 - Rappresentazione schematica degli interventi previsti*

Obiettivo prioritario dell'intervento in tale zona riguarda la demolizione di quelle strutture su elencate ormai obsolete e, a parità di superficie e di volumetria, la realizzazione di un fabbricato da destinare a terminal passeggeri e a servizi complementari; la soluzione proposta interviene, di fatto, su un'operazione di rivisitazione ambientale più ampia dell'area turistico-commerciale dove ogni elemento qualificante del progetto contribuisce a riqualificare singolarmente ogni componente funzionale, nuova o preesistente, proponendo interventi relativi all'accesso dell'area, alla sosta, alla fruizione pedonale e alla sicurezza .

Per la descrizione dettagliata di progetto si rinvia alla relazione tecnica relativa.



Figura 41 fotoinserimento nell'area Ovest degli interventi previsti

## 5.3 Accessibilità al porto

### 5.3.1 Riqualificazione e potenziamento della viabilità locale

E' intendimento progettuale restituire a questo tratto di collegamento una configurazione più idonea all'uso veicolare, e, soprattutto all'uso pedonale, ad oggi inesistente in termini di sicurezza e di decoro, puntando anche al potenziamento delle aree sosta lungo la strada e ad un maggior coordinamento nell'utilizzo del parcheggio della Marina del Vescovado, che all'uopo può favorire il soddisfacimento delle esigenze di sosta di quanti vogliono fruire delle spiagge ubicate tra lo scoglio di S. Leonardo e lo scoglio dell'Isola e le immediate adiacenze.

Allo scopo, il progetto prevede sostanzialmente due categorie di interventi: il primo di tipo strutturale a cui fanno riferimento le caratteristiche geometriche del tracciato con l'obiettivo di adeguarle alle strade classificate come “strade locali interzonali” compatibilmente a vincoli e/o manufatti presenti non immediatamente eliminabili; il secondo di tipo funzionale, a cui fanno capo un insieme di opere atte a rendere l'utilizzo della strada più sicuro all'uso veicolare e soprattutto pedonale.

#### Interventi di tipo strutturale

Al primo tipo sono riconducibili i seguenti interventi:

- la riqualificazione dell'intera sede stradale attraverso la definizione di una sezione stradale pressoché costante in tutta la sua lunghezza;
- la realizzazione di un nuovo marciapiede, per agevolare il traffico pedonale, collegandolo con la scalinata esistente che porta al centro storico di Tropea;
- la realizzazione di opere di mitigazione ambientale attraverso la definizione di un'ampia area a verde che ingloba gli alberi di Pino marittimo presenti;

- la ridefinizione del sistema di sosta lungo la strada ad integrazione del vicino parcheggio di Marina Vescovado.

### Interventi di tipo funzionale

Alla seconda categoria corrispondono i seguenti interventi:

- la realizzazione ex novo del sistema di raccolta delle acque bianche;
- l'installazione di un sistema di illuminazione pubblica ex novo;
- la riqualificazione e messa in sicurezza della scalinata;
- la riqualificazione del manto stradale.

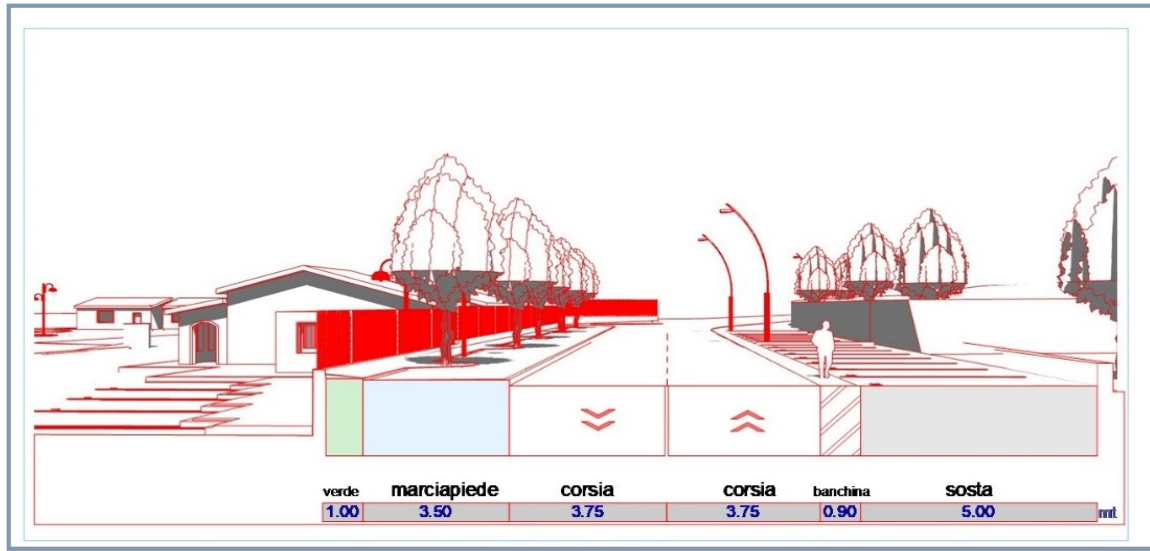


Figura 42: sezione prospettica di progetto di viale Raf Vallone



Figura 43 : Foto inserimento in viale Raf Vallone

### 5.3.2 Realizzazione di un efficiente sistema di raccolta delle acque piovane

La problematica del drenaggio delle acque piovane nelle aree prima individuate è stata affrontata considerando la conformazione territoriale in cui le opere si vanno ad inserire. Una dettagliata analisi del rilievo effettuato e delle osservazioni critiche dell’andamento locale del terreno ha portato a ricostruire le aree che contribuiscono alla generazione e all’andamento dei deflussi.

Il problema incontrato è stato la difficoltà di smaltire le portate nel reticolo idrografico naturale senza ricorrere a costosi impianti di accumulo e sollevamento che, allo stato attuale, risultano incompatibili con le risorse finanziarie a disposizione. La soluzione concordata con l’Amministrazione è quindi rimasta quella che prevede lo scarico degli eccessi di pioggia all’interno dello specchio acqueo portuale, nella zona del cantiere navale.

Questa scelta ha comportato una serie di difficoltà, sul piano progettuale, relative alla necessità di accumulare efficacemente il volume di acque di prima pioggia che non è opportuno (né consentito) recapitare nello specchio acqueo portuale senza che ci sia prima un trattamento primario: le acque di prima pioggia saranno quindi sollevate e convogliate in fognatura.

Un’altra difficoltà di progettazione riguarda il fatto che le aree oggetto di interesse sono a quote assolute molto basse, praticamente a ridosso del mare, e di conseguenza si è molto vicini alla quota della falda.

In base all’analisi dei diversi vincoli progettuali, è stata infine definita la soluzione sinteticamente illustrata in Figura, costituita da i seguenti elementi:

- le griglie di immissione, ovverosia le caditoie stradali;
- le condotte di accumulo e convogliamento, in grado di trattenere l’acqua di prima pioggia, che viene sollevata alla fognatura;
- il pozzetto di smistamento, da cui si diparte la
- condotta di espulsione che porta le acque in eccesso a quelle di prima pioggia al recapito portuale.



Figura 4424: Soluzione progettuale per il drenaggio delle acque di pioggia

Il pozzetto di smistamento (vedi Figura ) è il vero cuore del sistema di smaltimento idraulico delle acque pluviali ed è composto da due camere attigue:

- il primo pozzetto accoglie le acque provenienti dalla condotta di accumulo da Sud-Ovest e da esso si diparte la condotta di espulsione verso il porto;
- il pozzetto di sollevamento, idraulicamente connesso col primo, riceve le acque della condotta di collettamento dall'area Nord della strada e contiene la pompa di sollevamento per le acque di prima pioggia.

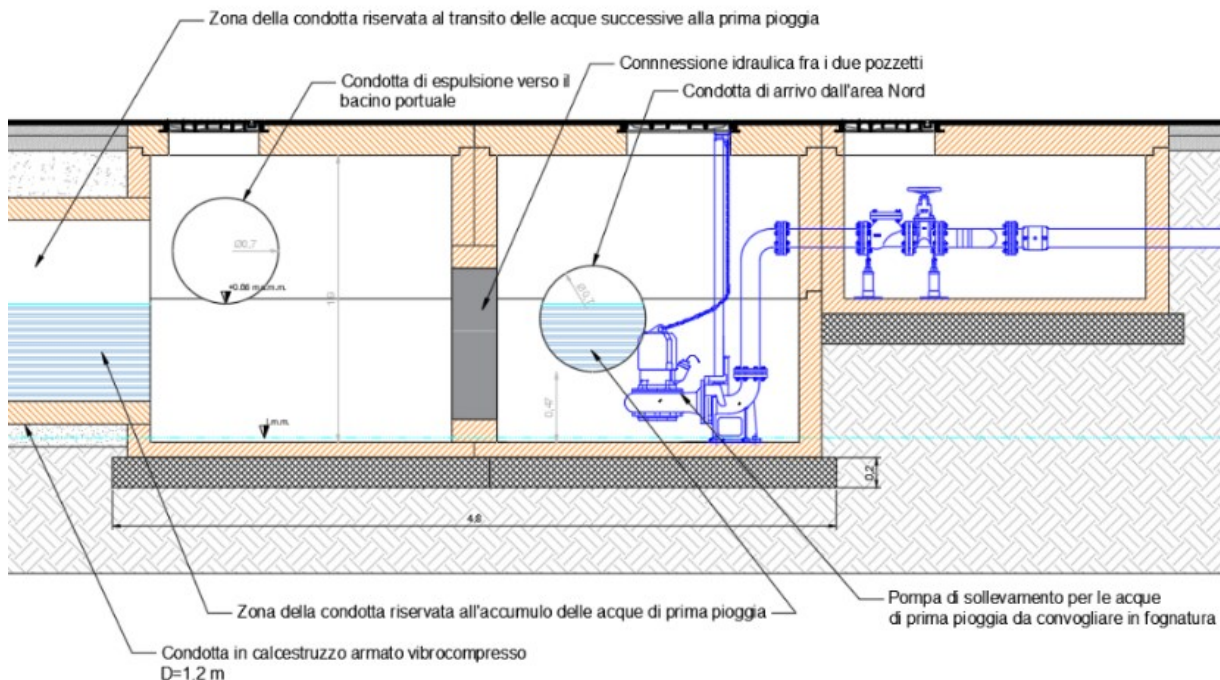


Figura 45– Sezione trasversale del pozzetto di smistamento.

Il funzionamento idraulico delle condotte e l'attivazione delle varie parti del sistema meccanico di drenaggio e sollevamento dipende dai livelli idraulici nei pozzetti, secondo la logica operativa che è descritta nella relazione idraulica.

### 5.3.3 Riqualificazione scalinata storica



Figura 46 - Individuazione della scalinata storica

Il collegamento pedonale di via Marina Vescovado con la scalinata storicizzata sarà messo in sicurezza con la delimitazione di una corsia pedonale demarcata da segnaletica orizzontale appropriata e dal posizionamento di paletti flessibili, rinviando interventi più strutturali a futuri interventi attualmente in programmazione da parte dell'Amministrazione comunale per discesa Vescovado e per il lungomare.

Gli interventi previsti per la riqualificazione della scalinata storica di collegamento con il centro storico riguardano opere murarie, riferite alle rampe ed ai pianerottoli intermedi, e opere riferite al sistema di illuminazione.

### 5.3.4 Rimodulazione e incremento dei parcheggi

Sono previste delle zone parcheggio sul lato sud di viale Raf Vallone distinte in tre aree con distribuzione dei posti a pettine: la prima, in prossimità dell'ingresso principale del porto, di circa 700 mq dove troveranno posto 46 posti auto, la seconda e la terza in contiguità dell'area a verde La Pineta, di dimensioni, rispettivamente di circa 230 e 440 mq, dove troveranno posto 42 posti auto e 16 posti moto; ai sensi del D.M. 236/89 sono previsti 2 posti riservati ai veicoli al servizio di persone disabili di larghezza non inferiore a m 3,20, per un totale di 90 posti auto. Lungo tutte le aree, una banchina posta adiacente alle fasce di sosta di 0.90 mt consentirà le operazioni di parcheggio e di attraversamento in sicurezza.

Le aree poste ai margini della Pineta saranno separate dal confine di essa da aiuole a verde che raccorderanno anche gli alberi di Pino marittimo presenti all'esterno della recinzione, e delimitate da cordoli in cemento bocciardato.



*Figura 46 - Fotoinserimento in ortofotogrammetria degli interventi previsti*