



Autorità di Sistema Portuale  
dei Mari Tirreno Meridionale  
e Ionio

**REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO  
DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL  
RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE  
CIG: 945919784C - CUP: F11J18000050005**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE INDICATO**

Mandataria:



Mandanti:



Ing. Arturo VELTRI

**Progettazione:**

HYSOMAR - Ing. Alberto BORSANI (Coordinatore e responsabile delle Integrazioni Specialistiche)  
HYSOMAR - (Progettazione generale e marittima)  
HYPRO - (Progettazione strutturale, impiantistica, paesaggistica ed ambientale)  
Ing. Arturo VELTRI - (Modelli specialistici)

**Geologia:**

HYPRO - Dott. Giuseppe CERCHIARO

**Coordinatore della Sicurezza in fase di Progettazione:**

HYSOMAR - Ing. Antonella PASTORE (Coordinamento sicurezza in fase di progettazione)

**Gruppo di lavoro:**

Ing. Gianluigi FILIPPO (HYSOMAR)  
Geom. Alfredo VOMMARO (HYSOMAR)  
Ing. Maurizio CARUSO (HYPRO)  
Ing. Raffaele CIARDULLO (HYPRO)  
Ing. Vincenzo SECRETI (HYPRO)



Appaltatore:

**FRANCO GIUSEPPE s.r.l**



Elaborato:

**RAPPORTO DI RILIEVO TOPO-BATIMETRICO**

CODIFICA

Al 12 - 2022

CODICE DOCUMENTO

1 0,2 S,P R,H 0,1

REV.

0

SCALA

ELABORATO

02.SP.R01

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
0	Giugno 2023	1° EMISSIONE	A. VOMMARO	A. PASTORE	A. BORSANI

Visto:

Il Responsabile Unico del Procedimento

**Ing. Maria Carmela DE MARIA**

## SOMMARIO

PREMESSA .....	1
1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	2
2. RILIEVI BATIMETRICI.....	2
2.1. Livello medio mare .....	3
2.2. Installazione di una rete caposaldi .....	3
2.3. Strumentazione adottata .....	4
2.3.1. Tipologia di imbarcazione .....	4
2.3.2. Tipologia di ricevitore GPS .....	4
2.3.3. Tipologia di ecoscandaglio.....	4
2.4. Area di rilievo della spiaggia sommersa.....	6
3. RILIEVI TOPOGRAFICI.....	8
3.1. Area di rilievo del molo di sopraflutto esistente .....	8
4. ELABORAZIONE DEL RILIEVO.....	8

**“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”**

---

02.SP.R01 – RAPPORTO DI RILIEVO TOPO-BATIMETRICO

## **PREMESSA**

Nella presente relazione vengono descritte le procedure e le strumentazioni utilizzate per il rilievo topografico e batimetrico propedeutico ai lavori denominati “Realizzazione della prosecuzione del molo foraneo del Porto Vecchio di Crotone per migliorare il ridosso in presenza di condizioni meteo avverse”.

Scopo del rilievo è quello di fornire dati aggiornati propedeutici alla progettazione e di fornire al monitoraggio un riferimento iniziale per la valutazione dell’efficacia degli interventi realizzati. Il rilievo batimetrico di che tratta la presente relazione è stato realizzato sul fondale dell’area soggetta ad intervento, mentre il rilievo topografico sulla diga foranea esistente e sul tratto di litorale interessato.

Le attività di rilievo, svolte in data 20 marzo 2023, hanno previsto le seguenti fasi:

- Predisposizione del piano di navigazione;
- Installazione di una rete di capisaldi;
- Rilievo topografico della struttura portuale esistente, della spiaggia emersa (ove necessario);
- Rilievo batimetrico dei fondali dalla profondità di -0,5 m fino alla profondità di -8,5m.

La restituzione del lavoro ha previsto la redazione dei seguenti elaborati:

- Relazione di rilievo topo-batimetrico, corredata da documentazione fotografica, in cui vengono descritte la strumentazione utilizzata, le modalità di rilievo e di elaborazione dei dati;
- Tavole plano-batimetriche che riportano la linea di riva aggiornata alla data del rilievo, i transetti topo-batimetrici, il quadro delle rotte di navigazione (strisciate punti battuti) e il modello del terreno (DTM), la rappresentazione batimetrica in scala cromatica con indagine dei fondali;
- Allegati alle tavole plano-batimetriche: profili trasversali delle sezioni.

## 1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area portuale ricade nel territorio costiero di Crotona, comune calabrese che si affaccia sul mar Ionio.



*Figura 1.1 – Inquadramento territoriale Porto Vecchio di Crotona*

Il territorio di Crotona è caratterizzato da un paesaggio costiero, interessato da coste rocciose e da insenature di sabbia tra le quali quella occupata dall'area interessata al progetto di prolungamento della diga foranea di sopraflutto.

## 2. RILIEVI BATIMETRICI

L'informazione fondamentale al fine della progettazione del prolungamento della diga foranea di sopraflutto del Porto Vecchio di Crotona e del rimodellamento dei fondali antistante l'imboccatura portuale consiste nella conoscenza dei fondali su cui verranno costruite le opere. Per tale finalità è stato effettuato un rilievo della spiaggia sommersa sull'area compresa fra la profondità di -0,5 m fino alla profondità di -8,50m l.m.m. Il rilievo sarà effettuato solamente a seguito di una attenta caratterizzazione del tratto di litorale in esame, come segue.

## 2.1. Livello medio mare

Il livello medio mare da tenere in considerazione per la correzione di ogni singolo punto battuto durante le operazioni di rilievo batimetrico dovrà essere riferito al mareografo più vicino, in termini di latitudine o di longitudine, appartenenti alla RMN (Rete Mareografica Nazionale) gestita dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) consultabile sul sito [www.mareografico.it](http://www.mareografico.it).

Nel caso in cui quest'ultimo non dovesse essere disponibile potranno essere acquisiti dati analoghi, anche da aree più distanti, avendo cura di trasferire i livelli di marea al sito in esame mediante gli usuali algoritmi di letteratura.

## 2.2. Installazione di una rete caposaldi

Prima di qualsiasi attività di rilievo topografico o batimetrico è necessario installare lungo il litorale oggetto degli interventi una apposita rete di capisaldi univoca da utilizzare per tutte le successive fasi di progettazione, esecuzione e monitoraggio dei lavori, anche al fine di una corretta contabilizzazione in fase di costruzione. I capisaldi dovranno essere determinati in statico utilizzando strumentazione di idonea precisione tipo GPS o equivalente e facendo riferimento alla Rete Plano-Altimetrica GPS della Regione Calabria e successivamente materializzati lungo il litorale con appositi "survey-point" conficcati in modo inamovibile su strutture rigide di lunga durata. La densità con la quale andrà materializzata la rete di capisaldi di n.3 unità con riferimento alla area oggetto di intervento. Ogni caposaldo materializzato è dotato di apposita monografia contenente le informazioni sulla località, la sigla identificativa del punto, la data di materializzazione, la descrizione del punto, il sistema di riferimento utilizzato, le coordinate, la quota ortometrica, lo stralcio aerofotogrammetrico con l'ubicazione del punto, la fotografia del punto.

## 2.3. Strumentazione adottata

### 2.3.1. Tipologia di imbarcazione

Tutti i rilievi sono stati eseguiti con l'ausilio di un mezzo navale in grado di operare anche in fondali bassi o bassissimi (almeno -0,5 m), opportunamente attrezzato con dei supporti lungo la murata e/o a prua su cui montare la strumentazione necessaria per l'effettuazione delle misurazioni. Tutte le posizioni misurate saranno inserite nel sistema di navigazione che potrà essere integrato alla strumentazione stessa oppure esterno con l'ausilio di pc di supporto. I rilievi dovranno essere eseguiti a mare calmo in assenza di vento.

### 2.3.2. Tipologia di ricevitore GPS

Il posizionamento dell'imbarcazione è stato eseguito mediante un ricevitore satellitare (rover) connesso al servizio di correzione HxGN della Leica che utilizza tutte le costellazioni mondiali al fine di offrire la migliore e più veloce correzione del dato in arrivo dai satelliti, sino alla precisione centimetrica. Tale sistema di posizionamento dell'imbarcazione (rover) ha consentito il monitoraggio continuo della esatta ubicazione dell'imbarcazione.

### 2.3.3. Tipologia di ecoscandaglio

Il Rilievo batimetrico è stato eseguito mediante ecoscandaglio idrografico di precisione in Single Beam, il cui sonar è in grado di acquisire dati di profondità con cadenza di almeno un punto al secondo con la precisione di +/- 5 cm e che utilizza un impulso con una frequenza operativa di almeno 200 KHz e cono di emissione inferiore a 10°. I dati di profondità sono stati riferiti al livello medio marino e corretti in post-processing dalle variazioni del livello della marea locale verificatasi durante l'arco temporale di effettuazione delle misure.

Lo strumento è stato opportunamente interfacciato con un sistema di acquisizione per la registrazione digitale dei dati batimetrici e la loro georeferenziazione. La posizione aggiornata è stata poi inviata al sistema di navigazione, che in base alle coordinate

**“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”**

02.SP.R01 – RAPPORTO DI RILIEVO TOPO-BATIMETRICO

dell'antenna GPS, alla posizione del trasduttore a bordo dell'imbarcazione ed all'orientamento di quest'ultima provvederà a calcolare in tempo reale il punto battuto accoppiando le coordinate planimetriche al dato batimetrico.

Le posizioni calcolate sono state poi inviate in tempo reale mediante interfaccia seriale e/o LAN ai vari sistemi di acquisizione per la corretta georeferenziazione dei dati acquisiti. Il sistema di navigazione ha permesso inoltre, in tempo reale, la visualizzazione della posizione dell'imbarcazione, consentendo al pilota la conduzione del mezzo su linee di navigazione prefissate e dovrà consentire ai tecnici operatori il controllo della qualità dei dati acquisiti e la qualità del posizionamento.



**Figura 2.1 - Ecoscandaglio con TCU e rover GPS montati sulla barca**

**“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”**

02.SP.R01 – RAPPORTO DI RILIEVO TOPO-BATIMETRICO

**2.4. Area di rilievo della spiaggia sommersa**

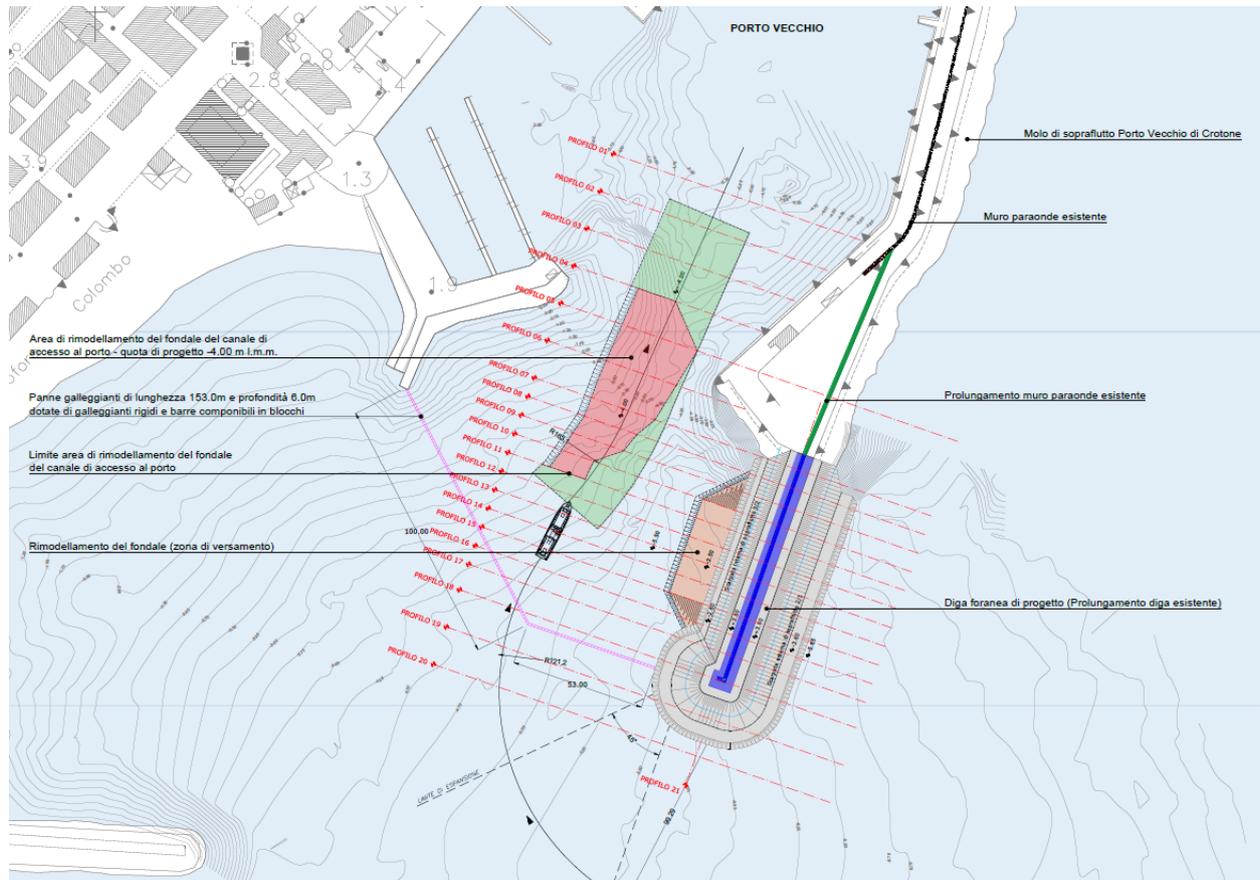
Il rilievo batimetrico è stato esteso per un'area di circa 270.000 m<sup>2</sup>, per un fronte mare di circa 400m, fino alla profondità di -8,50 l.m.m.. La tabella a seguire è indicativa dei vertici di poligonale che racchiudono l'area da investigare.

<b>COORDINATE VERTICI SUPERFICIE RILIEVO BATIMETRICO</b>		
Num. Vertice	Piane UTM – WGS84	
	EST (m)	NORD (m)
1	4227361.4432	684508.5336
2	4327640.6849	684772.2746
3	4327809.7448	684866.0227
4	4327696.9075	684935.8510
5	4327596.1134	684845.7597
6	4327573.1599	684913.3973

I punti di rilievo sono stati allineati lungo n.20 transetti sub-ortogonale e n.1 transetto sub parallelo all'allineamento medio della linea di riva, paralleli fra loro ad un interasse di 20 metri per le aree esterne e di 10 metri per le aree centrali, che hanno determinato le rotte di rilievo.

**“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”**

02.SP.R01 – RAPPORTO DI RILIEVO TOPO-BATIMETRICO



**Figura 2.1 - Layout portuale di progetto**

Nell'impostazione delle analisi e dei rilievi si è stata privilegiata: la possibilità di acquisizione dei dati con la tempistica prevista; l'accuratezza dei dati; l'operatività dei sistemi di acquisizione; l'economicità delle procedure; la velocità di elaborazione; la confrontabilità dei dati.

### 3. RILIEVI TOPOGRAFICI

#### 3.1. Area di rilievo del molo di sopraflutto esistente

Il rilievo è stato effettuato con mare calmo e sono stati acquisiti n.1017 punti tra batimetria e topografia. I rilievi sono stati corredati di cronogramma orario delle attività, in modo che i punti batimetrici battuti e riferiti ai su citati capisaldi vengano essere successivamente riferiti al livello medio mare.

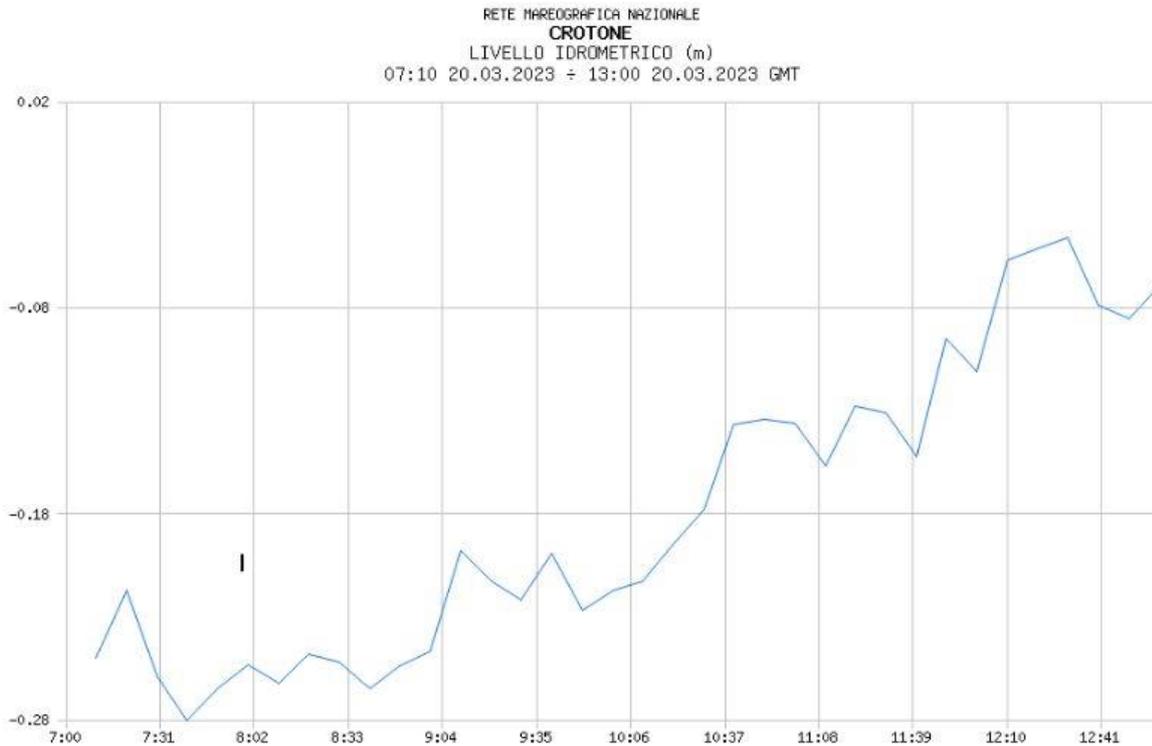
Al solo fine illustrativo il rilievo topo-batimetrico è stato integrato da un rilievo fotogrammetrico eseguito con dispositivo drone, utile alla individuazione di alcuni particolari tecnici relativi alle opere foranee esistenti, difficilmente riscontrabili in modo diverso.

### 4. ELABORAZIONE DEL RILIEVO

Le misure memorizzate nella TCU del GPS sono state scaricate sul PC attraverso il connettore e salvate in formato .csv . I dati di profondità sono stati rielaborati per tener conto dell'andamento delle maree giornaliera i cui dati sono stati ricavati dalla Rete Mareografica Nazionale (scaricabili dal portale ISPRA –ex APAT). Il mareografo di riferimento scelto è stato quello di Crotona L'andamento delle maree è riportato nel seguente grafico).

**“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”**

02.SP.R01 – RAPPORTO DI RILIEVO TOPO-BATIMETRICO

**Figura 3.1 - Andamento della marea per la stazione di Crotone**

Noto l'andamento della marea è stato possibile ricavare la profondità reale, data dalla relazione  $H_R = H_L + H_{SO} - H_M$ , dove:

- $H_R$  (m s.m.m.) è la profondità reale;
- $H_L$  (m s.m.m.) è la profondità misurata dall'ecoscandaglio;
- $H_{SO}$  (m) è la profondità della sonda rispetto al livello idrico attuale;
- $H_M$  (m s.m.m.) è la quota di marea presa col suo segno.

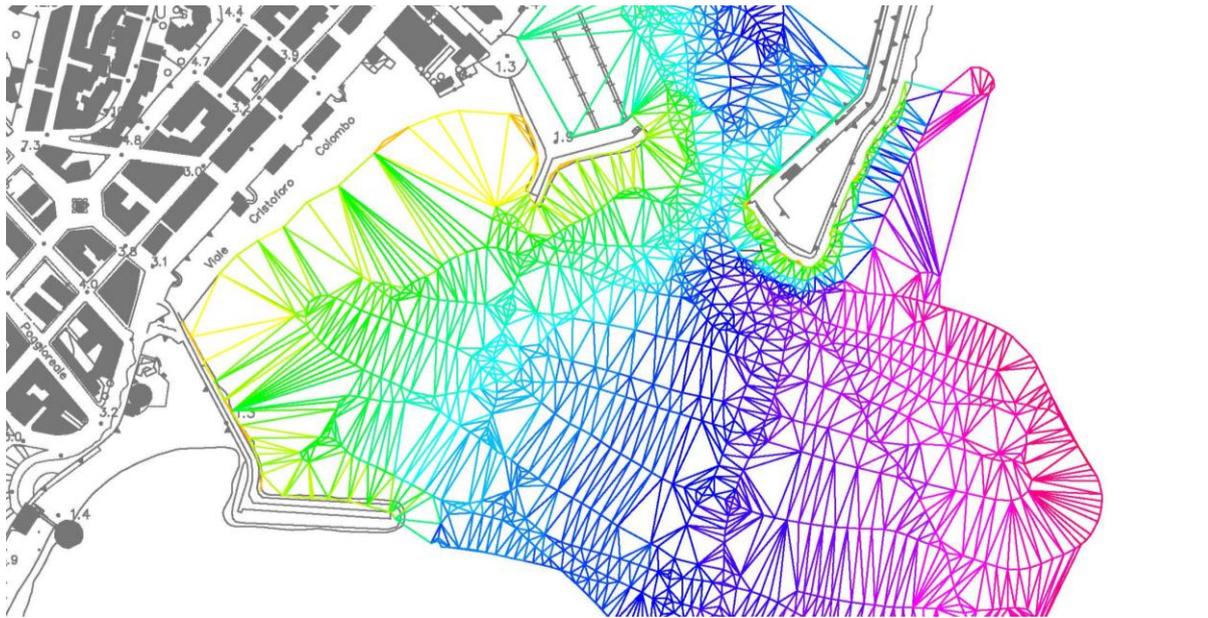
Una volta acquisite queste misure i dati sono stati ulteriormente elaborati con la creazione di un Modello Tridimensionale del terreno (DTM), rappresentativo del rilievo effettuato, attraverso il software commerciale CAD & PILLAR della ditta DIGICORP INGEGNERIA s.r.l. .

Questo software utilizza un interpolatore su base triangolare per ricostruire l'andamento della superficie e le curve di livello.

**“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”**

02.SP.R01 – RAPPORTO DI RILIEVO TOPO-BATIMETRICO

In una prima fase viene estratta la linea di riva dalle misure eseguite a terra e, successivamente, viene utilizzata questa come polilinea di vincolo per la successiva elaborazione delle misure di profondità. Questa procedura permette di rendere più sensibile il modello alle brusche discontinuità presenti nei bassi fondali tirrenici calabresi.

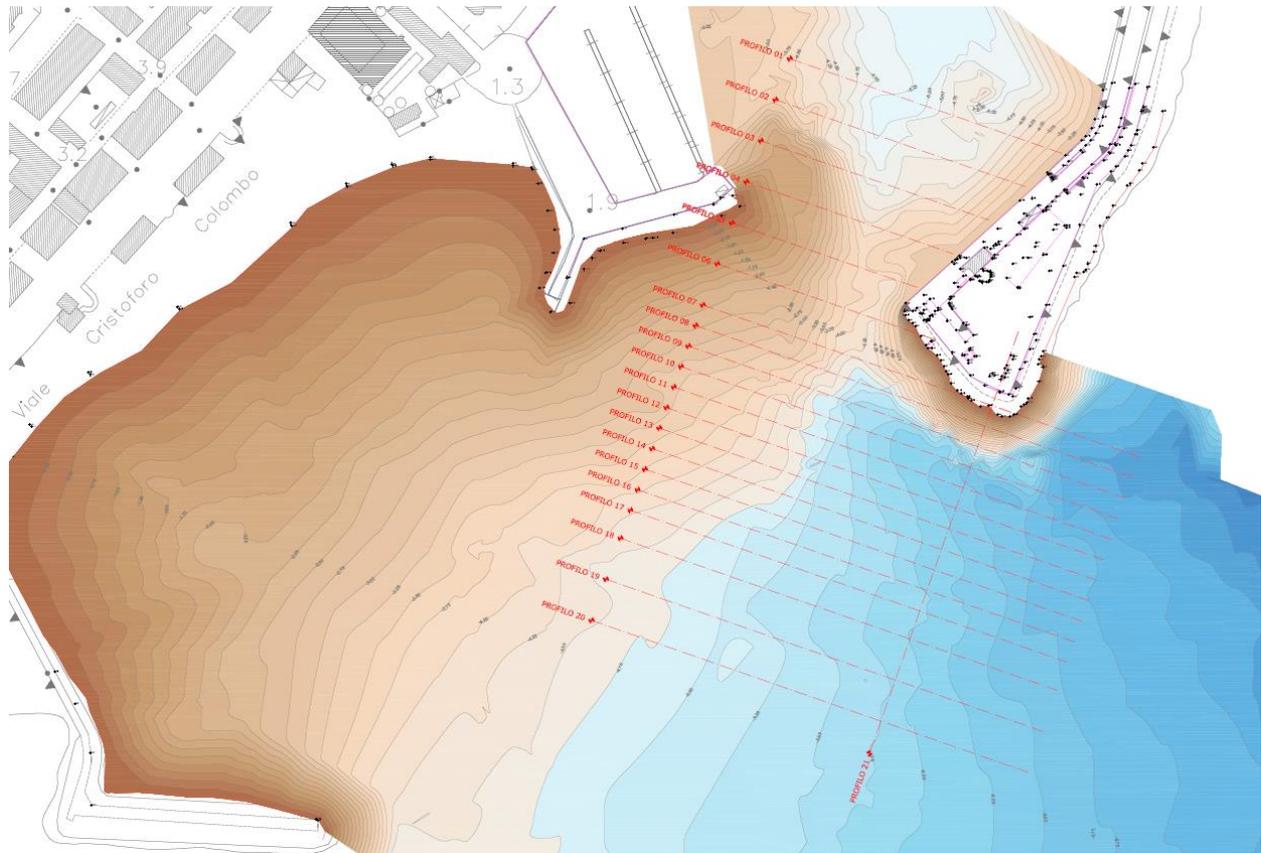


**Figura 3.2 - Rappresentazione modello tridimensionale del terreno (DTM)**

Per il medesimo litorale sono riportati, sulla planimetria dell'area di rilievo, i transetti topo-batimetrici, le tracce dei punti rilevati e le isobate dei quali se ne riporta uno stralcio nella seguente figura:

**“REALIZZAZIONE DELLA PROSECUZIONE DEL MOLO FORANEO DEL PORTO VECCHIO DI CROTONE PER MIGLIORARE IL RIDOSSO IN PRESENZA DI CONDIZIONI METEO AVVERSE”**

02.SP.R01 – RAPPORTO DI RILIEVO TOPO-BATIMETRICO



**Figura 3.3 - Rappresentazione planimetrica dei transetti, rotte di navigazione rilevate e isobate**