PORTS of GENOA
VADO LIGURE ■ SAVONA ■ PRA' ■ GENOVA

PROGETTO NUMERO
P.742 - DIREZIONE DEI LAVORI

TITOLO PROGETTO
REALIZZAZIONE DELLA NUOVA DIGA DI VADO LIGURE - PRIMA FASE

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO
0	**LUG. 2021**	**PRIMA EMISSIONE**	**FIS/MAV**
1	**APR.2024**	**AGGIORNAMENTO PER MODIFICHE**	**FIS/MAV**

N.	TITOLO ELABORATO	SCALA
RelMon001	**PIANO DEI MONITORAGGI**	

NOME FILE
P.742_DL_RelMon001_PianMon_r1.pdf

UFFICIO DIREZIONE DEI LAVORI	COLLABORATORI ESTERNI
Direttore dei Lavori: ing. Filippo Serafini Direttore Operativo: ing. Matteo Vinci	

DIRETTORE DEI LAVORI	DIRETTORE OPERATIVO	R.U.P.e Direttore Tecnico	
FILIPPO SERAFINI 11.04.2024 16:33:57 GMT+01:00 ing. Filippo Serafini	ing. Matteo Vinci	Susanna pelizza 12.04.2024 09:56:46 GMT+01:00 ing. Susanna Pelizza	

Sede legale: Palazzo San Giorgio - Via della Mercanzia 2 - 16124 Genova - CF/P.IVA 02443880998
tel.+39.010.2411 - e-mail: segreteria.generale@porto.genova.it - pec: segreteria.generale@pec.porto.genova.it
www.portsofgenoa.com

Sommario

1 INTRODUZIONE 2
2 Monitoraggi per garantire l'assenza dell'impatto imputabile a ipersedimentazione e torbidità 3
2.1 Posizionamento dei punti di monitoraggio 3
2.1.1 Modalità gestionali 5
2.1.2 Modalità operative da adottare in caso di superamento delle soglie 6
3 Monitoraggio del coralligeno e della *Posidonia oceanica* 8
3.1 Monitoraggio del Coralligeno 8
3.1.1 Situazione “in bianco” 10
3.1.2 Situazione “tempo uno” 10
3.1.3 Situazione “tempo due” 11
3.1.4 Attività future 11
3.2 Monitoraggio delle praterie di *Posidonia oceanica* 11
4 Monitoraggio dell’Evoluzione della Linea di Costa 13
4.1 Lo stato ante operam P.742 13
4.2 Previsioni di monitoraggio 17
4.2.1 Monitoraggio Parti a Terra 17
4.2.2 Monitoraggio Parti a Mare 18
5 MODALITÀ DI CONDIVISIONE DEI DATI 21

1 INTRODUZIONE

Nel corso dei lavori di costruzione della Nuova Diga foranea di Vado Ligure il piano di monitoraggio ambientale del progetto esecutivo (P742_Sad_MonTorb_Rel001_r0_C.pdf) ha subito delle modifiche a causa delle richieste degli enti e delle tempistiche esecutive delle lavorazioni.

Nel presente documento sono descritte le modalità di monitoraggio aggiornate relative a:

* torbidità delle acque marine;
* evoluzione della linea di costa;
* presenza di coralligeno e di praterie di *Posidonia oceanica*.

In data 6 Dicembre 2016 è stata approvata la DGR 1131/2016 della Regione Liguria, con cui si concludeva positivamente la valutazione di impatto ambientale per la variante del progetto della piattaforma multipurpose, che includeva lo spostamento dell'attuale diga foranea del porto di Vado Ligure (SV).

Da tale DGR derivano alcuni obblighi relativi ai monitoraggi da attuare per la tutela delle matrici ambientali e dell'ecosistema marino durante i lavori di realizzazione delle opere.

Il monitoraggio della torbidità ha subito variazioni, in particolare, in data 03/10/2022 con prot.-2022-1098113, poiché gli esiti dei monitoraggi trasmessi periodicamente, mostravano assenze di criticità, veniva ridotto ad n.1 giorno di monitoraggio alla settimana.

A seguito di versamenti intensi di materiale lapideo provenienti principalmente da Carrara, è stata fatta richiesta dalla Regione con Prot-2023-1186960 del 21/08/2023 di effettuare giornalmente il monitoraggio della torbidità sulle stazioni mobili M1 e M2.

Il posizionamento dei punti fissi e mobili ha subito anch'esso delle modifiche, a causa dell'avanzamento dei lavori, in particolare

- Il punto di monitoraggio fisso F1, inizialmente posizionato in testa alla diga, sul primo cassone lato mare, ha subito lo spostamento del torbidimetro in posizione F1bis, al fine di continuare ad ottemperare alle prescrizioni previste nella DGR 1131/2016 del 6 Dicembre 2016;
- Il punto di monitoraggio fisso F2, inizialmente posizionato in testa alla piattaforma multipurpose, a causa dell'interferenza con il cantiere per la realizzazione del del pennello di protezione della testata della piattaforma multifunzione di Vado Ligure, propedeutico alla installazione del cantiere di prefabbricazione dei cassoni della nuova diga foranea di Genova, ha subito lo spostamento del torbidimetro nella posizione F2bis. – (DCR1154-2023)

Si elenca nel seguito il piano di monitoraggio modificato in ragione delle modifiche richieste e di quelle definite nell'incontro con Regione, ARPAL e CIMA, in data 18 marzo u.s. a seguito delle risultanze delle ultime campagne effettuate.

2 Monitoraggi per garantire l'assenza dell'impatto imputabile a ipersedimentazione e torbidità

2.1 Posizionamento dei punti di monitoraggio

La procedura di monitoraggio illustrata nel presente paragrafo si intende applicabile in tutte le fasi lavorative in cui siano previste attività che possano incidere sulla torbidità, quali versamenti dello scanno di imbasamento; qualora non siano in corso tali lavorazioni, non si darà corso alle procedure di monitoraggio qui descritte.

Il Capitolato Speciale d'Appalto del Progetto Definitivo ha recepito le prescrizioni, ai sensi della DGR 1131/2016, al fine di evitare ipersedimentazione e torbidità. Nello specifico sia in fase di qualifica delle diverse cave di apporto che durante le operazioni di versamento in mare del materiale lapideo costituente gli scanni di imbasamento, dovrà essere verificata la distribuzione della massa del materiale di pezzatura 0-500 kg, identificato nel CSA con a dicitura "P1 – Tout-Venant 0-500 kg", prestando particolare attenzione alla percentuale in peso passante al vaglio di apertura 0.100 mm, che dovrà essere inferiore allo 0.6%.

La distribuzione della massa del 0-500 kg sarà determinata su di un campione minimo di 30 t. Il controllo sarà eseguito realizzando una prova ogni 30.000 m^3 di materiale messo in opera. A discrezione della Direzione Lavori potrà essere aumentata la frequenza delle prove. Successivamente in funzione dell'omogeneità dei risultati ottenuti, la frequenza di prova potrà essere ridotta a seguito di approvazione della Direzione Lavori.

La verifica della torbidità avverrà sulla base di una procedura di controllo in corso d'opera in grado di verificare e documentare preventivamente il rispetto di tale standard.

Presso il sito di Vado Ligure, ove sono in corso i lavori di realizzazione della nuova diga, saranno usati N. 2 torbidimetri in installazione fissa (vedi Figura 1), denominati F1ter (f1bis sarà dismesso) ed F2bis, ed un'analoga strumentazione mobile, da impiegarsi nei punti M1 -M2 e M3(vedi Figura 1).

Il punto F2bis sarà spostato al termine della realizzazione del pennello ad opera della perizia P.3062 sul punto F2ter.

I punti "M1" ed "M3" coincidono con i punti già in uso-

l punti "M2, M4, M5 ed M6" saranno dismessi e sostituiti da "M2bis" posizionato a controllare eventuali plume di torbidità versoi siti dei coralligeni oggetto di monitoraggio dedicato.

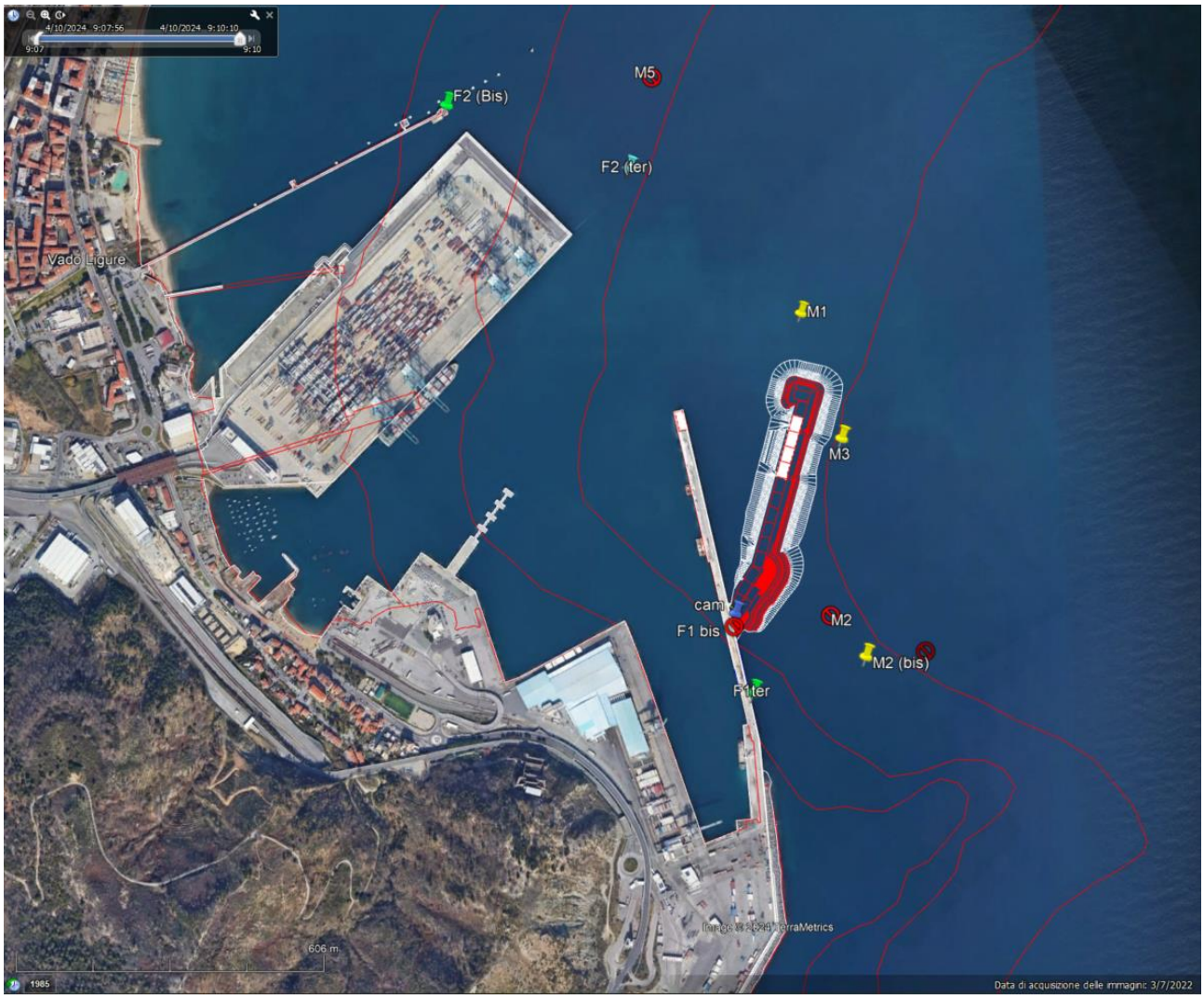


Figura 1: Ubicazione delle postazioni fisse e mobili di monitoraggio della torbidità. In rosso i punti dismessi, in verde le stazioni fisse operative e in giallo quelle mobili operative.

Di seguito la tabella delle coordinate:

	minuti sec	
SITO	**NORD**	**EST**
M1	44.269090°	8.456699°
M2bis	44.263000°	8.458300°
M3	44.266858°	8.457700°
F2 (Bis)	44.272753°	8.447947°
F1 (Ter)	44.262456°	8.455514°
Web Cam	44.263375°	8.455215°

L'impiego di postazioni mobili è obbligato dal fatto che nelle posizioni ottimali per intercettare le eventuali torbide dirette verso Savona ed il SIC non esistono strutture fisse

su cui installare gli strumenti, né possono essere poste in opera, in tali posizioni, boe di ancoraggio, in quanto, al di là del rischio di perdita della strumentazione, in caso di forti mareggiate, le boe costituirebbero un intralcio alla navigazione.

2.1.1 Modalità gestionali

Durante le lavorazioni di versamento di materiale lapideo e di movimentazione del materiale derivante dallo svuotamento dei cassoni esistenti e successivo riempimento dei cassoni per la nuova diga, presso ciascuna stazione mobile, sarà effettuata almeno 1 misura della torbidità:

- dopo circa 1/1.5 ora dall'inizio delle attività di versamento;

Il numero e le frequenze delle misure potranno essere rimodulati in considerazione dei risultati ottenuti dal monitoraggio stesso.

La misura di bianco sarà riferita alle letture dei torbidimetri fissi.

Presso i punti fissi, sarà acquisita una misura di concentrazione ogni 15 minuti, operando in continuo nell'arco dell'intera giornata. Tali misure saranno mediate su scala oraria, in modo da ottenere un valore di riferimento per ogni ora. Al fine di prevenire possibili "drift" strumentali, tutti i torbidimetri saranno sottoposti a taratura delle curve LED-FTU almeno una volta ogni sei mesi (e, comunque, ogni qual volta si abbia evidenza della necessità di operare in tal senso). Inoltre, preliminarmente all'avvio dei monitoraggi, sarà trasmesso il certificato di taratura di ciascuno strumento. Incluso nell'appalto di fornitura dei torbidimetri sia fissi che mobili ci sarà un servizio programmato di pulizia, manutenzione ordinaria/straordinaria, taraturara e calibrazione della strumentazione al fine di mantenere sempre gli standard prestazionali dichiarati. Il piano dei controlli alla strumentazione verrà redatto recependo le indicazioni del Fornitore/Produttore dei dispositivi. comunque ogni qualvolta che si abbia evidenza della necessità di operare in tal senso).

Si precisa che, presso ciascun punto di monitoraggio, sarà rilevata la concentrazione di torbidità in funzione della profondità, una misura circa ogni 50 cm di colonna d'acqua.

Il monitoraggio dovrà misurare l'incremento della concentrazione dei solidi sospesi dovuta ai lavori rispetto al fondo naturalmente presente (concentrazione di riferimento/bianco giornaliero). Quest'ultima sarà così determinata:

- Postazioni fisse: presso ciascuna postazione fissa, il valore di bianco sarà pari alla media delle 4 misure eseguite presso la stessa stazione (alla medesima profondità), tra le 6:00 e le 6:45 del giorno di riferimento;
- Postazioni mobili: presso le postazioni mobili, il valore di bianco giornaliero è ottenuto dalla media aritmetica delle 8 misure eseguite dalle postazioni fisse (alla medesima profondità), tra le 6.00 e le 6.45 del giorno di riferimento.

Presso ciascuna stazione sarà determinato un bianco di riferimento in funzione della profondità e cioè un valore ogni 50 cm circa di colonna d'acqua. Dette misure saranno

confrontate con le rispettive concentrazioni rilevate anch'esse, come detto, per ogni 50 cm di colonna d'acqua.

2.1.2 Modalità operative da adottare in caso di superamento delle soglie

Al fine di valutare gli impatti delle lavorazioni saranno utilizzati, i due seguenti valori di soglia per la differenza fra le concentrazioni di solidi sospesi misurate e quelle giornaliere di riferimento:

- valore critico δc = 48 mg/l corrispondenti a 24.796 FTU;
- valore per sospensione lavori δs = 56 mg/l corrispondenti a 28.972 FTU.

Nelle postazioni mobili, al superamento della soglia δc, è prevista la ripetizione della misura 3 volte ogni 15 minuti entro l'ora successiva. Qualora anche queste misure dovessero confermare il superamento, si procederà alla sospensione dei lavori. Se uno qualunque dei valori rilevati da natante fosse superiore a δs si procederà con la sospensione immediata dei lavori.

Infine, se la differenza tra la concentrazione misurata e quella di riferimento superasse il valore δs, è prevista l'immediata sospensione delle lavorazioni. I lavori resteranno sospesi finché tale differenza rimane superiore a δc.

Nelle postazioni fisse, le misure saranno effettuate ogni 15 minuti ed utilizzate per il calcolo di un valore medio orario da considerare per il confronto con la concentrazione di riferimento. In tali postazioni, al superamento della soglia δc da parte della differenza tra valore medio orario e la concentrazione di riferimento, è prevista, qualora fossero in corso attività inerenti alla realizzazione del pennello, nella successiva ora (tempo tecnico di raggiungimento dei punti da parte del natante) e nelle immediate vicinanze la verifica da natante con strumentazione mobile per confermare il valore misurato ed escludere eventuali problemi strumentali o di altro tipo che generino falsi allarmi (nel caso in cui la misura da natante non riconfermi il superamento della soglia δc non sarà intrapresa alcuna azione e saranno eseguiti i necessari controlli e l'eventuale taratura dello strumento fisso che ha generato il falso allarme). Qualora anche la misura da natante riconfermi il superamento della soglia δc avvenuto nell'ora precedente si procederà con ulteriori 3 misure e nel caso in cui i valori registrati continuino ad essere superiori a δc è prevista la sospensione dei lavori. Se uno qualunque dei valori rilevati da natante fosse superiore a δs si procederà con la sospensione immediata dei lavori.

Se almeno una postazione fissa facesse registrare, come primo allarme, il superamento della soglia δs e la misura di controllo da natante nell'ora successiva riconfermasse tale valore, le lavorazioni saranno immediatamente sospese e non saranno riprese finché la differenza tra la concentrazione misurata e quella di riferimento giornaliera rimane superiore a δc.

Infine, in caso di indisponibilità o mancato funzionamento di uno degli strumenti nelle postazioni fisse, si opererà, fino al ripristino delle condizioni ordinarie, avvalendosi delle misure da natante nelle medesime posizioni.

Si precisa che, presso ciascun punto di monitoraggio, sarà rilevata la concentrazione di torbidità in funzione della profondità, una misura circa ogni 50 cm di colonna d'acqua. Dette misure saranno confrontate con le rispettive concentrazioni di riferimento determinate anch'esse, come detto, per ogni 50 cm di colonna d'acqua. Il controllo del

differenziale sarà quindi verificato rispetto alle singole quote del profilo, rilevate ogni 50 cm circa.

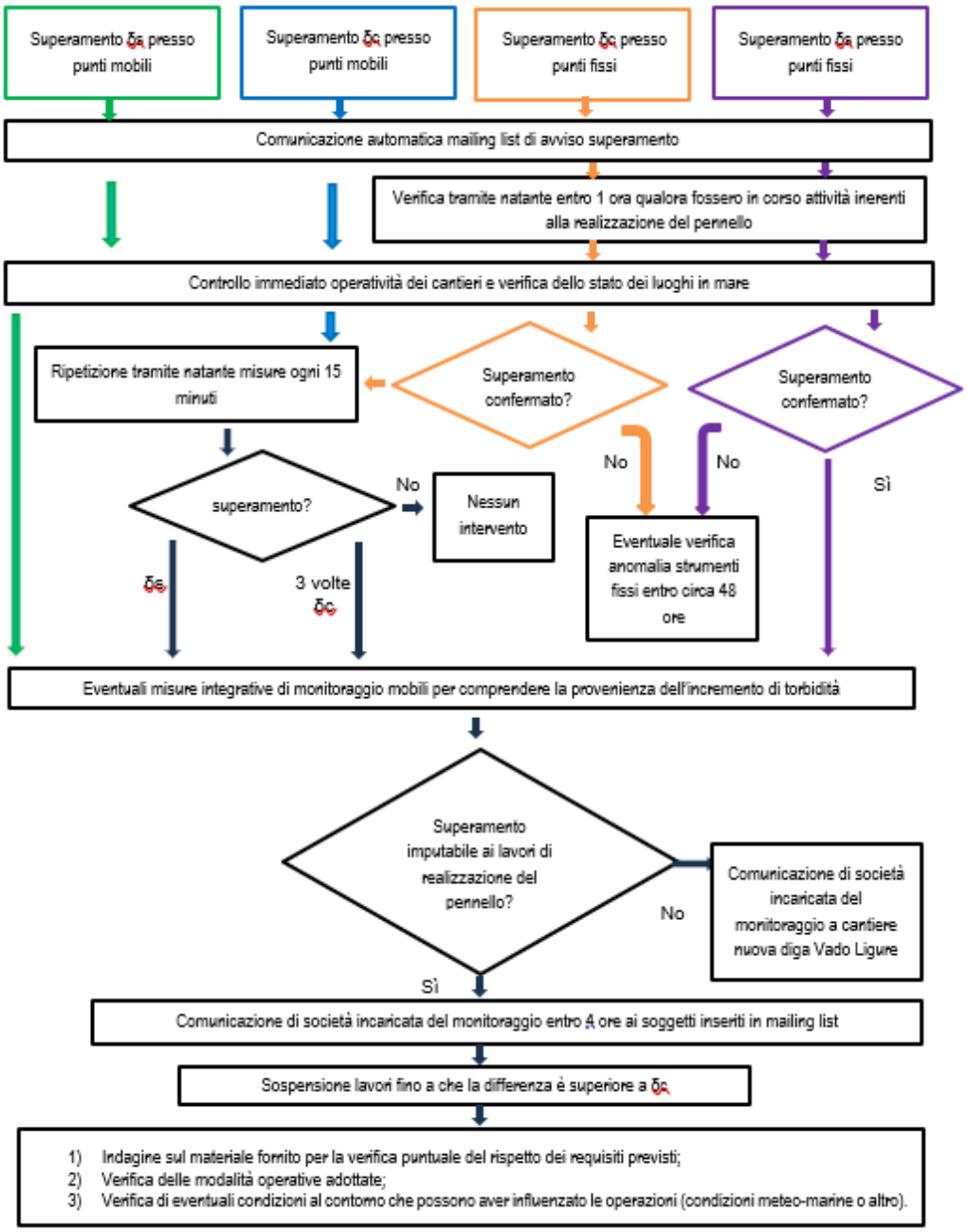
In caso di superamento dei valori di riferimento, si provvederà ad un immediato controllo dello stato dei luoghi in mare e dell'effettiva operatività dei cantieri al momento del rilievo del superamento. Ove necessario, si procederà ad ulteriori misure presso punti mobili aggiuntivi. Solo a valle di tale ulteriore verifica, i superamenti delle soglie di torbidità sopra definite (valore critico e valore per sospensione lavori) determineranno l'effettiva interruzione delle lavorazioni in corso.

Ad ogni modo, ogni qualvolta si dovesse rilevare il superamento dei valori di riferimento, anche per evitare il ripetersi della criticità, si adotteranno tutte le azioni necessarie, quali ad esempio:

- Indagine sul materiale fornito per la verifica puntuale del rispetto dei requisiti previsti;
- Verifica delle modalità operative adottate;
- Verifica di eventuali condizioni al contorno che possono aver influenzato le operazioni (condizioni meteo-marine o altro).

I superamenti delle concentrazioni di riferimento sono rilevati in automatico da un software di controllo dedicato e sono comunicati immediatamente a mezzo mail alle figure individuate all'interno dell'organizzazione per la gestione del piano di monitoraggio (responsabile ambientale, direttore di cantiere, ecc.). Dette figure provvederanno immediatamente a contattare i referenti dell'impresa incaricata dei monitoraggi ed i referenti dell'impresa esecutrice dei lavori per l'attivazione delle azioni di propria competenza (esecuzione misure di controllo, sospensione dei lavori). A tal fine, tutte le figure coinvolte nel processo di gestione dei superamenti, individuate mediante apposita lettera di incarico, saranno formate ed informate circa i contenuti del presente piano di monitoraggio.

Quanto sopra è riassunto nel diagramma di flusso sotto riportato.



3 Monitoraggio del coralligeno e della *Posidonia oceanica*

3.1 Monitoraggio del Coralligeno

Il piano di monitoraggio dell'ecosistema marino, trasmesso da AdSP alla Regione, con nota Prot. 28072021.0022886, prevede una valutazione dello stato di salute degli habitat coralligeno e Posidonia oceanica, la loro evoluzione e gli eventuali segni di impatto ambientale imputabile ai lavori.

È stato definito in tale Piano di monitoraggio che la valutazione fosse realizzata attraverso l'utilizzo di tecniche Structure from motion (Sfm) e ricostruzione tridimensionale secondo le tempistiche seguenti:

- situazione “di bianco”;
- tra tre e sei mesi dall’inizio dei lavori di realizzazione dello scanno;
- ogni anno dopo il precedente monitoraggio, fino alla fine lavori.

Il metodo SfM si compone dei seguenti passaggi:

1) acquisizione delle immagini e dei video del fondale lungo una striscia di approssimativamente 20x2 m (40 m^2) per il sito del “Magazzino” e approssimativamente in un’area di 5x5 m (25 m^2) per il sito di “*Paramuricea*; entrambi siti verranno documentati anche in modo da creare rilievi particolari locali ove necessario;
2) estrazione delle foto e dei fotogrammi significativi;
3) allineamento delle foto;
4) costruzione della “sparse cloud”;
5) costruzione della “dense cloud”;
6) costruzione della “mesh”;
7) costruzione del modello 3D finale;
8) creazione di ortofoto dal modello 3D.

L’ortofoto così generata permetterà l’analisi quantitativa delle grandezze e dei parametri idonei a definire lo stato di salute delle colonie (percentuale di copertura degli organismi, rugosità del substrato, complessità del substrato, ecc.), che saranno restituite sotto forma di idonee rappresentazioni grafiche (ad esempio, grafici “radar”) ed analisi statistiche.

Il metodo SfM descritto sopra presenta alcuni indubbi vantaggi rispetto alle ispezioni subacquee tradizionali, poiché:

* permette monitoraggi più estesi rispetto all’usuale quadrato (maglia) di campionamento;

* è basato su dati oggettivi (quantitativi e incontrovertibili) non dipendenti dalla sensibilità dell’operatore subacqueo;

* supera le imprecisioni ed incertezze delle analisi speditive;

* è un metodo non distruttivo; verranno solo installati dei markers ausiliari per consentire l’allineamento e la sovrapposizione delle ortofoto tra analisi successive che saranno poi rimossi alla fine dell’intero ciclo di monitoraggio.

permette di rappresentare l’evoluzione nel tempo dello stato di salute/conservazione della popolazione di coralligeno

In data 21 dicembre 2021 veniva dato avvio all’esecuzione del contratto fra AdSP e CIMA relativo al servizio per l’esecuzione dei monitoraggi naturalistici e del rilievo della linea di costa.

I rilievi per il primo monitoraggio sono stati effettuati nelle giornate 5, 11 e 12 febbraio 2022, in base alle condizioni meteomarine

Il coralligeno è stato monitorato nei siti già studiati nel 2013 e 2016 e denominati "Magazzino" e "*Paramuricea*", situati a profondità dell'ordine di 30 metri circa, che risultano ottimali per il monitoraggio in quanto rappresentativi delle condizioni dell'area.

3.1.1 Situazione "in bianco"

Nel 2022 è stato effettuato il monitoraggio a "tempo zero". I siti individuati per il monitoraggio del coralligeno nel 2022 sono stati mantenuti identici a quelli del 2013-2016 al fine di massimizzare i possibili confronti e disporre quindi dell'arco temporale più ampio possibile per le valutazioni di tipo ecologico.

A questi siti del coralligeno si è aggiunto il sito "Posidonia" ove è stato fatto un rilievo video subacqueo, combinato poi con l'analisi delle immagini fotogrammetriche (ortofoto) del sito ottenute con drone.

Pertanto, i siti indagati sono:

Denominazione sito	Latitudine	Longitudine	Profondità approx.
"Magazzino"	44°15,614 N	8°27,626 E	25-27 m
"*Paramuricea*"	44°15,642 N	8°27,682 E	30-32 m
"*Posidonia*"	44°14,621 N	8°27,395 E	15 m

Tab.1) Coordinate dei siti di campionamento del 2022

Al di là dei confronti qualitativi che possono essere fatti rispetto ai precedenti monitoraggi in questi nuovi rilievi è stata richiesta l'applicazione della fotogrammetria 3D o "Structure from Motion".

La stagionalità scelta per il monitoraggio 2022 nella fase di "bianco"o"tempo zero" è stata ottimale per permettere la ricostruzione tridimensionale dei fondali e la localizzazione spaziale delle varie specie presenti attraverso la fotogrammetria e la "Structure from Motion", raggiungendo un dettaglio finora non disponibile.

Alla luce di quanto emerso nel corso della presente campagna non sono stati riscontrati ulteriori "ammaloramenti" dello stato ecologico delle comunità bentoniche del coralligeno, che viene confermato corrispondere a quello della situazione del 2016

3.1.2 Situazione "tempo uno"

Il monitoraggio del "tempo uno", è stato effettuato nei giorni 30-31 maggio, 2 giugno e 5-6 giugno 2023, ha beneficiato della presenza di questi punti mirati (PM) precedentemente collocati, rendendo molto più agevole la collocazione dei GCP ed il riconoscimento delle varie aree da inquadrare da parte dell'operatore subacqueo.

Nonostante il monitoraggio sia stato eseguito a stagione avanzata, lo sviluppo di alghe bentoniche era ancora contenuto, sicuramente ancora lontano dalla potenziale insorgenza di fenomeni di "bloom", ed ha quindi consentito un confronto adeguato tra i dati del "tempo 1" (2023) e quelli del "tempo zero" (2022)

Nel complesso, i dati acquisiti nel corso dei rilievi del 2023 non evidenziano alcuna nuova

perturbazione nell'area di Vado Ligure. Gli impatti principali osservati si confermano essere l'aumento del "turf" e della Caulerpa nel sito del "magazzino" e il distacco di gorgonie, presumibilmente ad opera di lenze, nel sito "Paramuricea". Le immagini da drone non evidenziano diminuzioni dell'estensione del posidonieto che presenta zone erose ed insabbiate nelle stesse posizioni e con la stessa estensione di quelle del 2022.

Dal confronto dei rilievi del 2023 con quelli del 2022, on è stato possibile osservare effetti negativi dovuti ad un aumento della sedimentazione nelle aree investigate.

3.1.3 Situazione "tempo due"

Nei giorni 25, 29 gennaio e 5 febbraio 2024 è stato eseguito il monitoraggio al tempo due,

Le condizioni ambientali nel corso dei rilievi sono state differenti, con elevata torbidità nelle giornate del 25-29 gennaio e acqua più trasparente nella giornata del 5 febbraio.

Le analisi effettuate non rilevano sostanziali variazioni rispetto alla situazione del 2023, in termini di presenza di individui/colonie e in termini di estensione/copertura % degli organismi presenti.

Tuttavia, nel corso del rilievo effettuato nel sito del "Magazzino" il 29 gennaio 2024 è stata osservata un'elevata sedimentazione in tutta l'area, valutabile anche in termini di torbidità generale dell'acqua.

3.1.4 Attività future

Le attività di monitoraggio dell'ecosistema marino finora eseguito hanno dato buoni esiti nonostante le lavorazioni in atto che risultano ad oggi ad uno stato di avanzamento dei versamenti previsti pari a circa il xxx%

Si evidenzia, inoltre, che l'appaltatore delle opere ha rimodulato le tempistiche relative ai versamenti del materiale lapideo costituente lo scanno traslando la fine degli stessi a maggio 2025.

A seguito di tale traslazione delle attività si propone di effettuare un ulteriore campagna di monitoraggio nella prossima stagione autunnale invernale (periodo ricompreso fra ottobre 2024 e febbraio 2025) così da avere dati comparabili con quelli dei precedenti monitoraggi in termini di stagionalità.

A seguito delle risultanze dei futuri monitoraggi e delle eventuali modifiche al programma dei versamenti si potrà effettuare un'ulteriore campagna a distanza di un anno dall'ultima che sarà effettuata.

3.2 Monitoraggio delle praterie di *Posidonia oceanica*

Il monitoraggio dello stato di salute delle praterie di *Posidonia oceanica* interesserà le medesime praterie oggetto di monitoraggio in fase di realizzazione della piattaforma multifunzione e poste di fronte alle spiagge di Bergeggi. Tale monitoraggio sarà effettuato con un rilevamento lungo un transetto fatto da un operatore subacqueo (in analogia a quanto già effettuato nell'ambito dei monitoraggi per la costruzione della piattaforma multifunzionale) e un rilievo aerofotogrammetrico da drone. Il transetto dell'operatore verrà georiferito sul mosaico del drone e costituirà lo stato di bianco del monitoraggio specifico. I successivi monitoraggi saranno effettuati con un minimo margine di flessibilità, nelle condizioni più favorevoli al suo impiego (sorvolo successivo

a periodo prolungato di mare calmo, assenza di foschia, ottima visibilità, condizioni ideali di illuminazione). Considerato che la profondità delle praterie non supera i 15 metri dalla superficie, in tali monitoraggi via drone sarà mappato sia il limite superiore delle praterie di interesse che il limite inferiore (purché che le condizioni meteomarine lo consentano). Il limite inferiore e l'eventuale presenza di specie invasive saranno valutati tramite rilievo fatto da un operatore subacqueo lungo il transetto monitorato durante lo stato di bianco.

Per la valutazione dei risultati dei monitoraggi effettuati e la pianificazione delle tempistiche di effettuazione delle future campagne si procederà concordemente con quanto riportato al precedente capitolo riferito ai coralligeni.

4 Monitoraggio dell'Evoluzione della Linea di Costa

4.1 Lo stato ante operam P.742

Al fine di verificare l'andamento pregresso della morfologia costiera è stato effettuato un raffronto dell'evoluzione della linea di costa, tramite immagini satellitari acquisite da Google Earth, che hanno permesso di analizzare la finestra temporale ricompresa fra il 2011 e il 2020, cioè prima della realizzazione della Piattaforma Multifunzionale e successivamente ad opera conclusa.

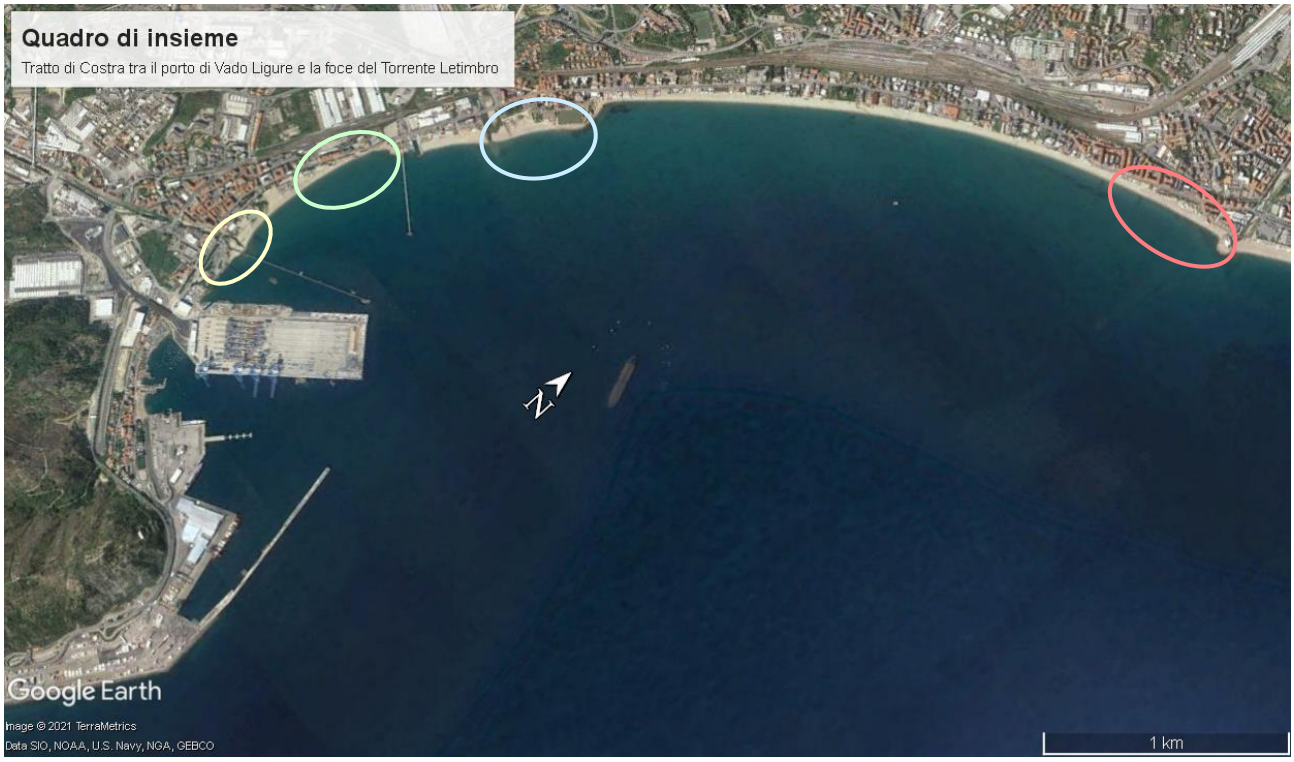


Figura 2: Quadro d'insieme del tratto di costa tra Vado Ligure e Savona

In Figura 2 sono state evidenziate le 4 zone nelle quali si sono riscontrate evoluzioni sensibili della linea di costa, rispettivamente procedendo da Vado Ligure verso Savona:

- Zona 1 [Gialla]: Radice Pontile Alkion e Foce Torrente Segno (Vado Ligure) -. accrescimento
- Zona 2 [Verde]: Tratto di Costa di Vado Ligure e Radice Pontile Tirreno Power (Vado Ligure) - erosione
- Zona 3 [Azzurra]: Foce Torrente Quiliano e spiaggia di Zinola (Savona); - rotazione
- Zona 4 [Rosa]: Spiaggia delle Fornaci e Foce del Torrente Letimbro (Savona)- erosione

Nel seguito si analizzano nel dettaglio le singole zone

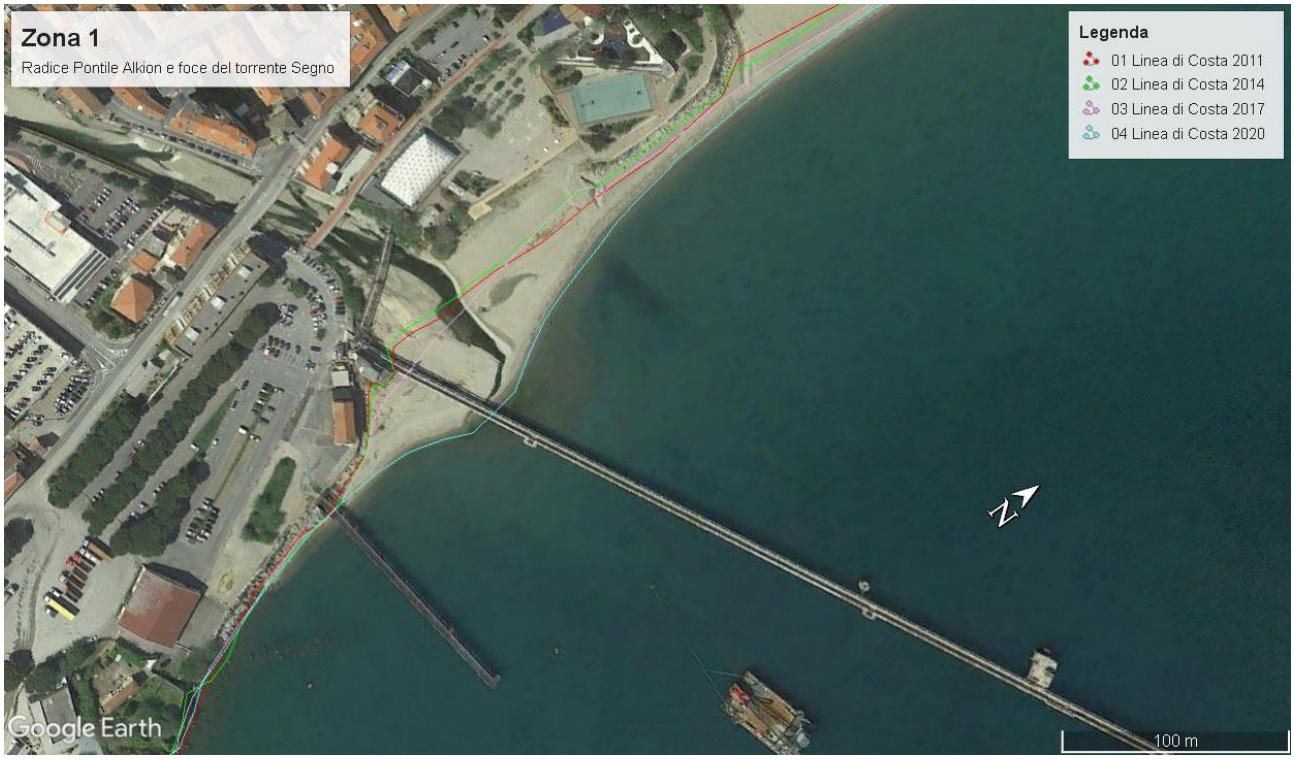


Figura 3: Zona 1 – Accrescimento dell'arenile in corrispondenza della radice del Pontile Alkion

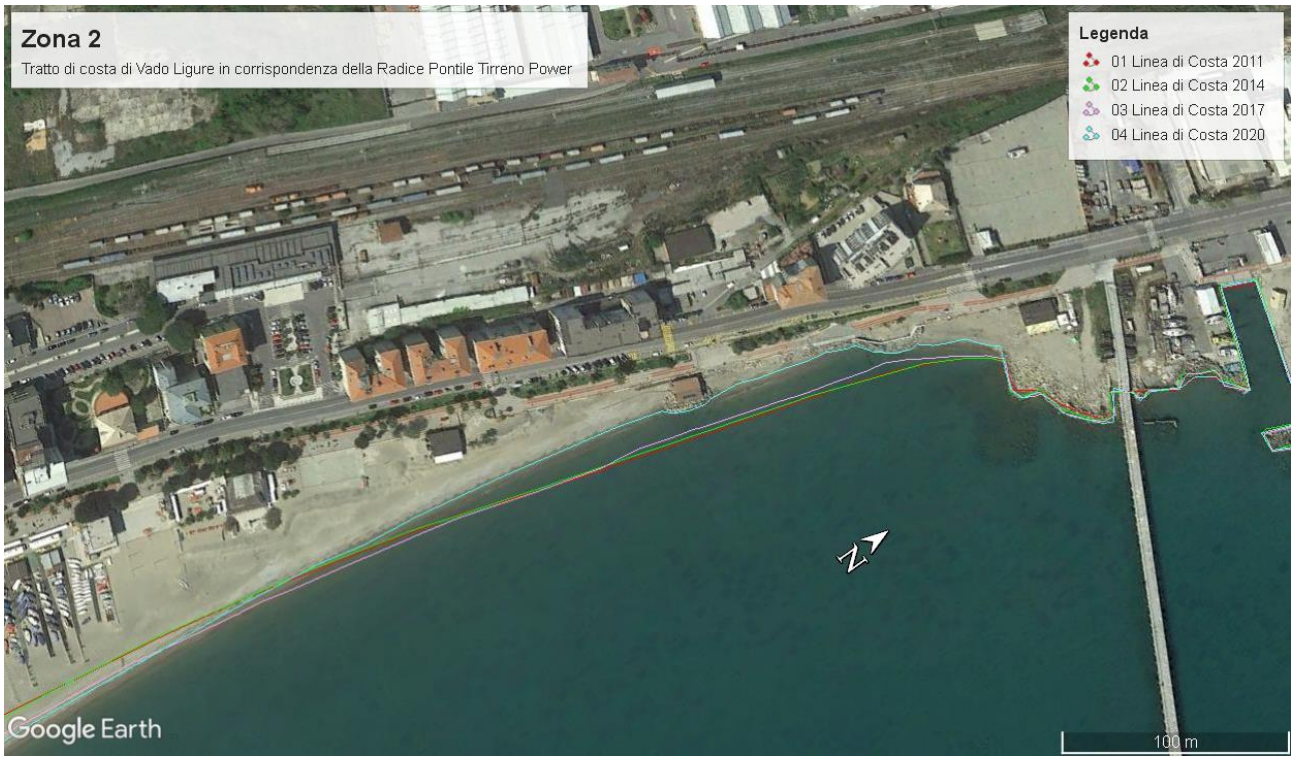


Figura 4: Zona 2 – erosione in corrispondenza dei Bagni "Colton Bay", "Lido di Vado" e "Karibu"

Rappresentando di fatto le due zona sopra analizzate un'unica unità fisiografica si evidenzia la rotazione antioraria della linea di costa fra il 2017 ed il 2020 imputabile alla realizzazione della piattaforma.



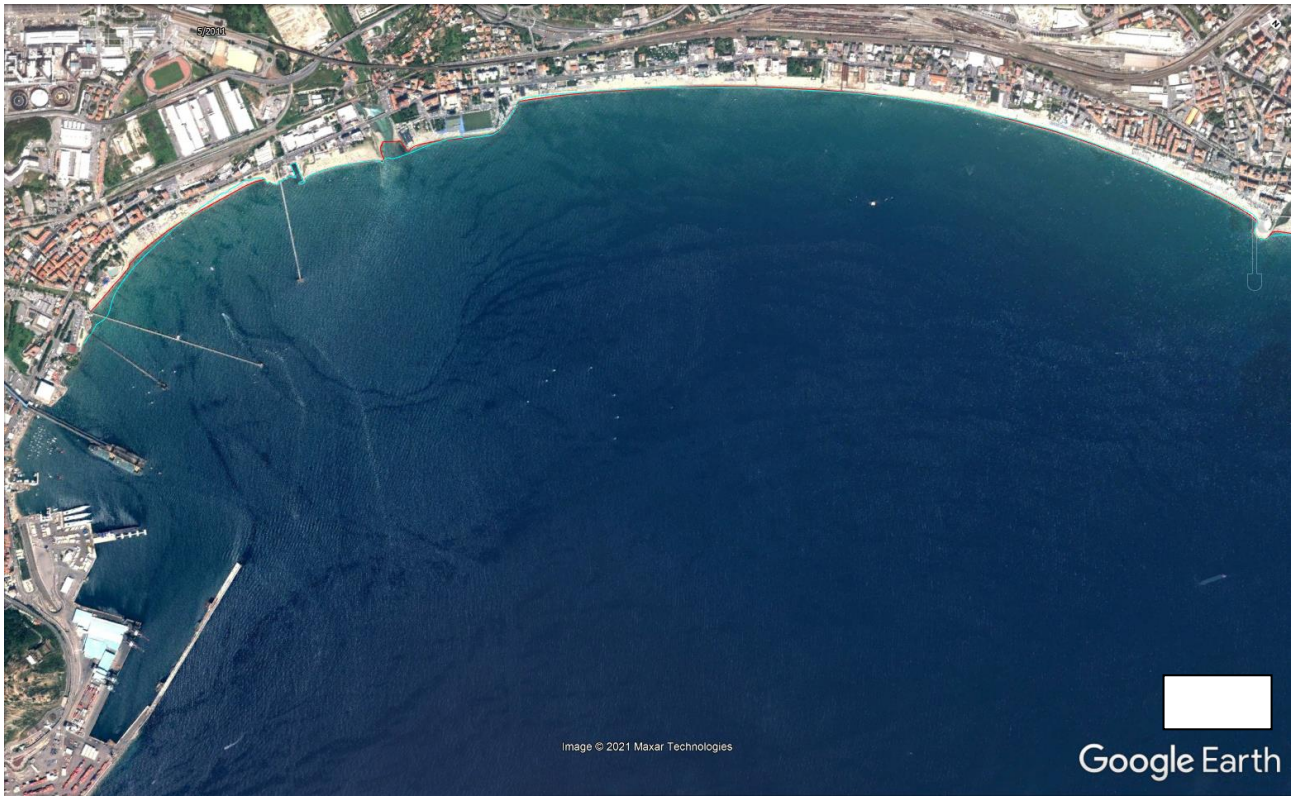
Figura 5: Zona 3 - Evoluzione della foce del Torrente Quiliano – si evidenzia un costante accrescimento della barra fociva con leggera rotazione antioraria della linea di costa della cella litoranea

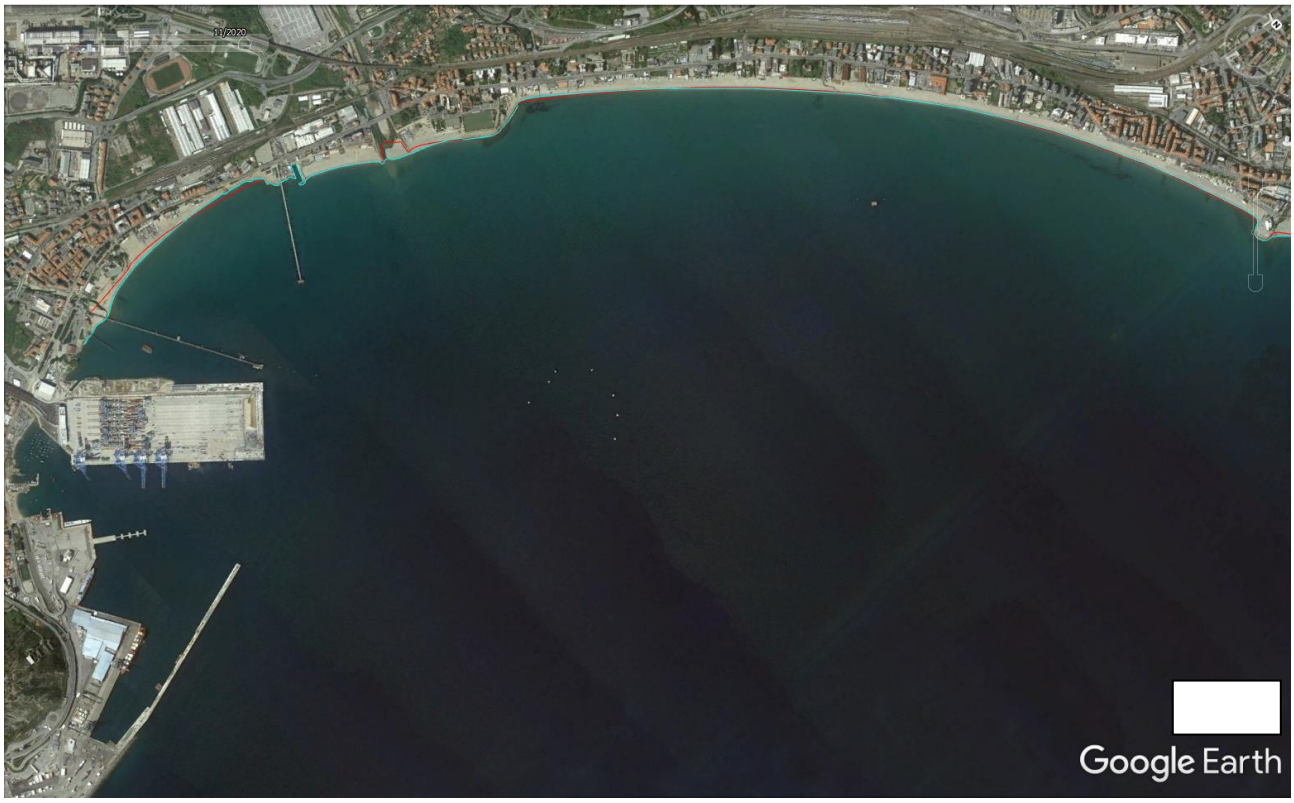


Figura 6: Zona 4 - Leggero arretramento della linea di costa della spiaggia delle Fornaci. tra il rilievo 2014 ed il rilievo 2017 sono stati realizzati i tre pennelli soffolti, indicati con le frecce gialle, evidenziata in celeste la barra fociva del Torrente Letimbro che hanno di fatto assestato il litorale.

Conclusioni

Nell’arco temporale analizzato si evidenzia un sostanziale equilibrio della morfologia del litorale tranne che nella zona di Vado Ligure fortemente mutata a seguito della realizzazione della Piattaforma che ha portato ad una rotazione della linea di costa nella cella di litorale ricompresa fra i due pontili, causando erosione nella parte a nord ed accumulo nella parte a sud in prossimità della foce del Segno.





La mitigazione di tale fenomeno è stata trattata nella perizia “P.755 - INTERVENTO STRUTTURALE A DIFESA DI UN TRATTO DELLA COSTA DI VADO LIGURE”, in corso di realizzazione, che prevede la costruzione di due berme soffolte a protezione del tratto di litorale in erosione ed un pennello preso la foce del Rio Valletta per intercettare il trasporto solido residuo ed evitare l’insabbiamento delle foci del Valletta e del Segno.

4.2 Previsioni di monitoraggio

Il monitoraggio proposto è finalizzato a valutare l’evoluzione delle parti a terra (Sottoparagrafo 4.2.1) e delle parti a mare (Sottoparagrafo 4.2.2) della morfologia costiera con particolare riferimento alla linea di costa. Si prevede di effettuare i monitoraggi con cadenza annuale per l’intera durata dei lavori con estensione temporale del monitoraggio anche in un periodo successivo alla realizzazione della diga con cadenza e modalità da valutare in funzione dell’analisi dei dati raccolti nelle prime campagne e dell’eventuale realizzazione di future opere.

4.2.1 Monitoraggio Parti a Terra

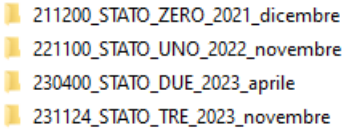
Il monitoraggio della costa emersa, è in corso nel tratto compreso fra la radice della piattaforma, a ponente del pontile Alkion (Comune di Vado Ligure), e la foce del Letimbro, in Comune di Savona.

Viene effettuato, così come previsto nel piano di monitoraggio originario, mediante l’impiego di tecniche fotogrammetriche da drone con immagini ad alta risoluzione. Le caratteristiche plano altimetriche sono acquisite utilizzando velivoli abilitati all’impiego di tecnica Real Time Kinematic (RTK) con flusso di correzioni fornite dalla rete SPIN 3 o da stazione base locale installata su un punto noto predeterminato.

Al fine di migliorare la precisione saranno materializzati alcuni target fotogrammetrici (10-20 punti) la cui posizione viene determinata con strumentazione GNSS in modalità RTK base-rover. Essi sono impiegati per la valutazione dell’accuratezza di posizionamento dei prodotti fotogrammetrici.

Per ogni rilievo sono prodotti un ortomosaico a colori ad altissima risoluzione (pixel inferiore a 5 centimetri) e un modello digitale della superficie (filtrato di eventuali ostacoli presenti al momento del rilievo) con risoluzione inferiore a 10 centimetri per pixel. I dati (nuvole di punti e raster) sono georeferenziati nel sistema di riferimento ETRF2000-UTM, da cui sarà possibile estrarre informazioni plano-altimetriche su sezioni di interesse o sottoaree.

Sono state effettuate ad oggi quattro campagne come riportato nel seguente elenco



I cui risultati sono stati tempestivamente condivisi con Regione Liguria e AMP Isola di Bergeggi così come previsto nel precedente piano dei monitoraggi e nella nota prot. 040823.0032963.U del 4 agosto 2023.

Il rilievo dello stato iniziale dei luoghi è stato effettuato a dicembre 2021.

Il secondo rilievo è stato effettuato a novembre 2022.

Un terzo rilievo è stato effettuato ad aprile 2023.

Il quarto rilievo a novembre 2023.

Per ogni rilievo sono sono stati realizzati:

- modello 3D della superficie in formato nuvola di punti: per ogni punto che la compone sono note le coordinate Est, Nord e quota e i valori cromatici descritti dalle tre componenti RGB;
- modello digitale della superficie in formato raster a maglia quadrata: il valore associato ad ogni cella rappresenta la quota media dell'oggetto;
- modello digitale della superficie in formato puntuale XYZ;
- ortomosaico a colori: deriva dalla mosaicatura delle porzioni centrali delle singole immagini dopo il processo di raddrizzamento effettuato per ridurre le distorsioni legate alla vista prospettica in ogni porzione dello scatto

Le caratteristiche e la dinamicità dell'ambiente oggetto di rilievo rendono particolarmente difficile l'individuazione della linea di costa, elemento funzionale al monitoraggio della dinamica del litorale nel periodo intercorrente fra vari rilievi

in generale si evidenzia un sostanziale equilibrio in tutti i tratti di costa ad oggi indagati con conferma della rotazione della linea di costa, in senso antiorario, nel tratto di Vado Ligure ricompreso fra il pennello in sponda destra del Rio Valletta (a sud) e il pontile tirreno power (a nord).

Si evidenzia come gli interventi realizzati nel 2021/2022 a protezione del tratto di litorali su indicato abbiano avuto un effetto mitigativo sull'erosione costiera e che entro la prossima estate sono previsti interventi di spostamento di sabbie all'interno della stessa cella volti a ricaricare di sedimento la parte nord del litorale permettendo così l'accrescimento dei tomboli.

Si prevede di continuare le campagne di monitoraggio, con cadenza annuale, fino al termine dei lavori.

4.2.2 Monitoraggio Parti a Mare

Il monitoraggio della batimetria sarà effettuato con l'impiego di ecoscandaglio multibeam da natante e sarà spinto fino alla batimetrica degli otto metri. In prossimità della linea di battigia il monitoraggio sarà spinto alle minime profondità tecnicamente

ottenibili e sarà comunque garantita la copertura almeno fino alla batimetrica dei due metri.

Per quanto concerne la metodologia del rilievo batimetrico si rimanda al "Disciplinare tecnico per la standardizzazione dei rilievi idrografici" – ultimo aggiornamento - dell'Istituto Idrografico della Marina, compresi gli Annessi 1÷6. L'Istituto Idrografico della Marina, organo cartografico di Stato, ha infatti il compito di redigere le normative tecniche per l'esecuzione dei rilievi idrografici e ne disciplina gli standard per i soggetti esterni.

I rilievi dovranno essere effettuati a mezzo di natante equipaggiato con laser scanner ed ecoscandaglio multibeam, con ampiezza di spazzata non inferiore a 120° con un beam pari a 512 e dovrà essere interfacciato con piattaforma inerziale completa per monitorare e compensare tutti i movimenti lineari e rotazionali dell'imbarcazione. La copertura del multibeam deve consentire una sovrapposizione compresa tra il 20 ed il 30% dell'area indagata dai passaggi precedenti. Dovrà essere utilizzato un GPS topografico a doppia frequenza in modalità Real Time Kinematic (RTK) registrando la quota ellissoidica alla fine di eseguire un doppio controllo sulle variazioni della superficie marina. La strumentazione da utilizzare, la qualità delle misure e le procedure dovranno avere l'accuratezza e l'affidabilità riportati nella tabella seguente:

TABELLA 1

Minimi Standard per i rilievi idrografici

Ordine	Speciale Nazionale	Speciale	1a	1b	2
Descrizione area	Aree portuali in cui il battente d'acqua sotto chiglia è critico e per *port management.*	Aree in cui il battente d'acqua sotto chiglia è critico	Aree con profondità <100 m e battente d'acqua sotto chiglia meno critico ma in cui è possibile la presenza di ostacoli significativi per la navigazione in superficie.	Aree con profondità <100 m in cui il battente d'acqua sotto chiglia non è considerato problematico per il tipo di navigazione in superficie previsto in quella zona.	Aree con profondità generalmente >100 m in cui è ritenuta sufficiente una rappresentazione generica del fondale.
IOT massima consentita (*Livello di confidenza* 95%)	0.5 m	2 m	5 m + 5% della profondità	5 m + 5% della profondità	20 m + 10% della profondità
IVT massima consentita (*Livello di confidenza* 95%)	a = 0.10 m [1] b = 0.0075	a = 0.5 m b = 0.0075	a = 0.5 m b = 0.013	a = 0.5 m b = 0.013	a = 1.0 m b = 0.023
Ricerca totale sul fondo	Richiesta	Richiesta	Richiesta	Non richiesta	Non richiesta
Rilevamento di ostacoli	Ostacoli cubici > 0.5 m	Ostacoli cubici > 1 m	Ostacoli cubici > 2 m in profondità fino a 40 m; 10% della profondità oltre i 40 m	Non applicabile	Non applicabile
Interlinea massima raccomandata	Non indicata in quanto è richiesta la *ricerca totale sul fondo*	Non indicata in quanto è richiesta la *ricerca totale sul fondo*	Non indicata in quanto è richiesta la *ricerca totale sul fondo*	25 m o 3 x la profondità media, se il risultato è >25. Per LIDAR batimetrico spazio fra spot 5 x 5 m	4 x profondità media
Posizione di ausili alla navigazione fissi e topografia significativa per la navigazione (*Livello di confidenza* 95%)	0.5 m	2 m	2 m	2 m	5 m
Posizione di linea di costa e topografia meno significativa per la navigazione (*Livello di confidenza* 95%)	1 m	10 m	20 m	20 m	20 m
Posizione media di ausili alla navigazione galleggianti (*Livello di confidenza* 95%)	2 m	10 m	10 m	10 m	20 m

[1] NORMA TRANSITORIA: In fase di prima applicazione e fino a 18 mesi dalla pubblicazione del presente provvedimento, al fine di consentire di ottemperare a quanto previsto dal para 6.11.1 e 6.11.3 il coefficiente a è da intendersi uguale a 0,15 m anziché 0,10 m

Tabella 1: Minimi standard per i rilievi idrografici

Per poter essere pienamente utilizzati, tutti i dati devono rispondere a determinati requisiti di incertezza e quindi vanno raccolti e gestiti secondo procedure standardizzate in ogni fase e devono essere corredati di tutti i metadati necessari per futuri controlli e confronti.

Fondamentale è la fase di calibrazione delle apparecchiature e la loro manutenzione.

Nell'Annesso 1 del Disciplinare Tecnico dell'IIM sono riportate tutte le indicazioni necessarie per effettuare un corretto svolgimento delle operazioni di rilievo.

I dati idrografici devono essere riferiti ad un unico datum temporale, per cui si raccomanda di utilizzare i sistemi Global Navigation Satellite System che forniscono la stima dell'orario del datum temporale UTC. Il rilievo deve essere inquadrato sui punti fiduciali e capisaldi della rete che è agganciata a quella IGM, forniti prima dell'avvio del servizio.

Al fine di evitare errori sistematici nei dati acquisiti saranno accuratamente misurate o certificate la posizione orizzontale e la quota di tutti i sensori installati a bordo dell'imbarcazione mediante stazione totale o facendo riferimento agli schemi costruttivi di fabbrica. Tutte le posizioni e gli offset misurati saranno poi inserite nel sistema di navigazione.

Il posizionamento dell'imbarcazione sarà ottenuto mediante una coppia di ricevitori GPS con metodologia RTK con approssimazione centimetrica, di cui uno (base) sarà posizionato a terra in corrispondenza di caposaldo IGM o altro collegato sempre alla rete IGM e verificato, mentre l'altro (rover) sarà a bordo dell'imbarcazione.

Il sistema di posizionamento dell'imbarcazione provvederà a calcolare in continuo la posizione dell'antenna GPS posta sull'imbarcazione. La posizione aggiornata sarà poi inviata a mezzo di porta serale al sistema di navigazione, che in base alle coordinate GPS, alla posizione dei trasduttori a bordo dell'imbarcazione ed all'orientamento dell'imbarcazione stessa provvederà a calcolare in tempo reale le posizioni di tutti i trasduttori installati sull'imbarcazione. Le posizioni calcolate saranno poi inviate ai vari sistemi di acquisizione per la corretta georeferenziazione dei dati acquisiti.

Il sistema di navigazione dovrà inoltre permettere in tempo reale la visualizzazione della posizione dell'imbarcazione, consentendo al pilota la conduzione del mezzo su linee di navigazione prefissate.

I dati dei rilievi batimetrici saranno consegnati secondo le indicazioni del Disciplinare dell'Istituto Idrografico della Marina, e nello specifico i seguenti elaborati:

- relazione descrittiva del rilievo;
- descrizione delle procedure adottate;
- specifiche tecniche della strumentazione utilizzata;
- aggiornamento delle tavole dei rilievi batimetrici al 1000 ed al 500 riportate negli elaborati grafici e restituite secondo gli standard di AdSP.

Gli elaborati in formato "DWG" dovranno essere georeferenziati nello spazio modello su sistema di riferimento ETRF2000-UTM, che è il sistema di riferimento ufficiale nazionale, inoltre richiesto da Regione Liguria e dall'Istituto Idrografico della Marina. Si richiede di predisporre nello specifico: i layout di stampa in scala 1:1000 con isobate a 0,5 m, ed i layout di stampa in scala 1:5000 con isobate a 2 m, comprensivi di griglia di georeferenziazione, delle varie aree indagate.

Dovranno essere restituiti, inoltre, le geogriglie tridimensionali, le 3D GRID, dei rilievi in file con estensione ".xyz" e risoluzione minima 0.25 m georeferenziati nei seguenti sistemi di riferimento: UTM-WGS84 e UTM-ETRF2000 oltre ad un supporto fisico hardware contenete i file RAW (nuvole di punti grezze) dei rilievi effettuati ed i vari

parametri utilizzati in fase di acquisizione e post-processione dei dati. Questi ultimi dovranno essere riassunti in una breve relazione descrittiva da allegare ad ogni campagna di rilievo.

A partire dall'anno 2010, prima della realizzazione della Piattaforma Multifunzionale di Vado Ligure sono state effettuate diverse campagne di rilievi batimetrici, nelle aree della Piattaforma, sulla costa di Savona e di Vado Ligure ed all'interno di entrambi i bacini portuali di Savona e Vado, finalizzate alla definizione dello stato di fatto delle batimetrie, propedeutico alla redazione di diversi progetti esecutivi, ed al monitoraggio e controllo dell'evoluzione dei fondali e della porte immersa delle strutture di banchina e foranee.

Di seguito un breve elenco con la collocazione spazio-temporale delle varie campagne effettuate:

- P.600 dal 2012 al 2020 – Impronta della Piattaforma Multifunzionale di Vado Ligure e testata della diga foranea di Vado Ligure nell'attuale configurazione durante i lavori di costruzione dell'opera;
- P.591 dal 2010 al 2014 - Costa savonese tra la foce del Torrente Letimbro e Zinola;
- P.768 S.aD. nel 2019 – Rilievi dei bacini Portuali di Savona e Vado Ligure comprese le opere foranee, Spiaggia delle Fornaci di Savona e Darsena Tecnica di Porto Vado;
- Anno 2020 – Training Progetto GRAMAS – Bacini Portuali di Savona e Vado Ligure comprese le opere foranee, in particolar modo lo specchio acqueo antistante la Banchina Costa nelle zone 8-9-10 del Porto di Savona, tratto di costa tra la foce del torrente Segno (Vado Ligure) e la spiaggia del Prolungamento (Savona)

Gli elaborati grafici ed i dossier tecnici delle restituzioni dei vari rilievi sono archiviati presso gli uffici della Direzione Lavori ed all'uopo potranno essere condivisi digitalmente con le modalità descritte nel paragrafo successivo.

Il monitoraggio della batimetria è in corso di affidamento da parte di AdSP e si prevede di effettuare il primo rilievo nell'anno in corso con i successivi due rilievi aa cadenza annuale. Così da monitorare la morfologia della spiaggia sommersa per tutta la durata dei lavori e nel primo anno successivo alla fine degli stessi.

5 MODALITÀ DI CONDIVISIONE DEI DATI

I dati continueranno ad essere condivisi con le modalità attualmente concordate definite nella nota prot. 040823.0032963.U del 4 agosto 2023 ovvero:

Caricamento dei dati entro la settimana successiva alla data di monitoraggio, nella cartella condivisa su ftp di Autorità di sistema portuale;

Trasmissione settimanale tramite email dei tati torbidimetrici e relazione mensile riassuntiva con eventuale, tempestiva comunicazione in caso di superamento dei limiti definiti ai precedenti capitoli;

Trasmissione formale via pec delle relazioni mensili riassuntive della torbidità e dei monitoraggi su coralligeni e posidonia.

I dati condivisi continueranno ad essere disponibili e consultabili da tutte le parti interessate: Autorità di Sistema del Mar Ligure Occidentale, Regione Liguria / Fondazione CIMA, Impresa Esecutrice.