



**SEZIONE DEL GENIO MILITARE
PER LA MARINA
CAGLIARI**

STAZIONE VLF - ISOLA DI TAVOLARA (OT)

PROGETTO DEFINITIVO

**"RESTAURATION OF HEALTH AND SAFETY
CONDITIONS TO OPERATE THE STATION -
STAZIONE VLF - ISOLA DI TAVOLARA (OT)"**

**Piano di Monitoraggio
Ambientale**

COMMITTENTE	SEZIONE DEL GENIO MILITARE PER LA MARINA DI CAGLIARI – P.zza Marinai d'Italia snc
PROGETTISTA	MODIMAR s.r.l. Via Monte Zebio 40, Roma
CODICE DOCUMENTO	21 018 DR 016 0 AMB
DATA	28.10.2022
REVISIONE	REV. 1

Sommario

1	PREMESSA	3
2	GLI OBIETTIVI DEL PROGETTO.....	6
3	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO	10
4	PIANO DI MONITORAGGIO	15
4.1	PARAMETRI OGGETTO DI RILEVAMENTO	16
4.2	MODALITÀ DI INTERVENTO IN CASO DI SUPERAMENTO DI LIMITI DI TORBIDITÀ – SISTEMA DI ALLERTA	21

1 PREMESSA

Il presente Piano di Monitoraggio Ambientale (di seguito PMA) accompagna il Progetto Definitivo “*Restoration of health and safety conditions to operate the station - stazione VLF - Isola di Tavolara (OT)*” come richiesto nell’ambito della procedura di cui al Titolo III, art. 21 ai fini dell’ottenimento della Valutazione di Impatto Ambientale.

In data 5 marzo 2015 l’isola di Tavolara, in Provincia di Olbia Tempio (OT), è stata interessata da un importante evento burrascoso, che ha determinato ingenti danni all’area portuale di competenza della Marina Militare Italiana, in località Spalmatore di fuori. L’evento ha determinato la parziale distruzione della barriera frangiflutti, realizzata a protezione di Cala di Ponente, e la degradazione della pavimentazione in cemento armato del piazzale ovest, come dimostra la fotografia aerea di seguito riportata.



Figura 1.1 – Fotografia aerea dell’infrastruttura portuale di servizio alla Stazione VLF

Già prima all’evento dell’anno 2015 il piazzale versava in una condizione di erosione e dilavamento dovuto alle frequenti ingressioni marine causate, molto probabilmente, da un dimensionamento non adeguato ed alle tendenze delle recenti variazioni climatiche e peraltro aggravato dalla vetustà della barriera frangiflutti antistante il piazzale Ovest. Tale piazzale, è costituito da una parte superiore in rilevato (a quota più alta e pari a circa +6 m sul l.m.m.), adiacente al molo, con funzione portante e da una parte sottostante, più ampia (a quota inferiore rispetto alla precedente pari a circa +2 m sul l.m.m.), utilizzata dalla Marina Militare come area di rimessaggio, parcheggio e funzioni operative di carico e scarico.

Il progetto Definitivo dell’intervento in studio, di cui la Società Modimar S.r.l. è risultata aggiudicataria, è volto al:

- rifacimento e potenziamento con opportuno ampliamento della barriera frangiflutti lato piazzale Ovest, estesa dalla testata del molo fino alla fine della barriera lato

piazzale Ovest inferiore, tenendo conto dell'effettiva azione del mare e con la funzione di garantire la totale protezione delle opere a terra, nella porzione di barriera maggiormente esposta alle onde;

- rifacimento totale dei piazzali Ovest, con ripristino delle zone danneggiate e pericolose oltre al totale rifacimento, esteso a tutta la superficie dei piazzali, degli strati di sottofondo e pavimentazione, compreso il riposizionamento del cavo coassiale con relativo chiusino (superfici interessate: aree tratteggiate "D" e "H" riportate nella figura seguente).

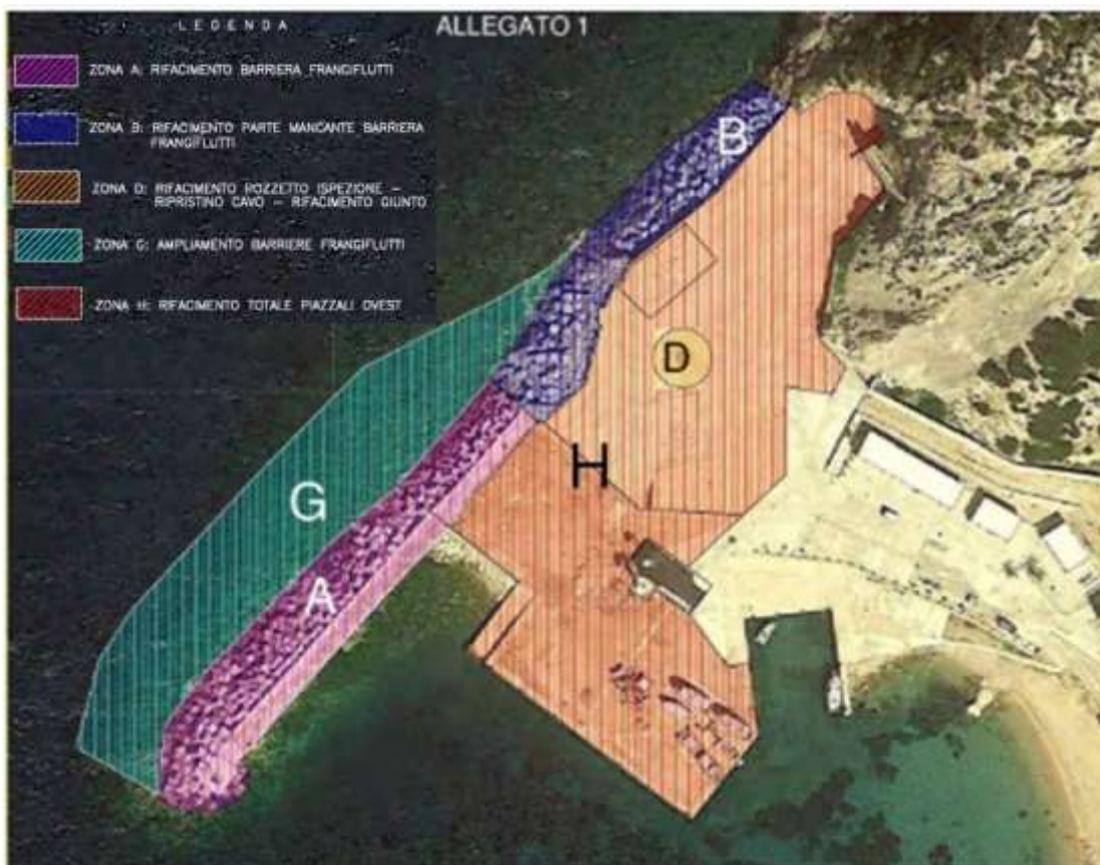


Figura 1.2 –Stralcio progettuale degli interventi in progetto come da disciplinare tecnico

Il Progetto definitivo, allegato al SIA, mantiene l'indicazione di una manutenzione straordinaria in quanto le lavorazioni previste sono identificabili nel salpamento e adeguamento della sagoma trapezia della diga foranea, con realizzazione di nuovi strati filtro e mantellata esterna in massi naturali di grande pezzatura. La proposta progettuale definitiva intende anche rimodulare il posizionamento degli elementi artificiali in calcestruzzo (tetrapodi, antifer e cubi), presenti dentro e fuori acqua, presumibilmente posti in opera in successivi interventi manutentivi. In particolare, si prevede di utilizzare tutti questi elementi artificiali, oltre che una parte del pietrame di pezzatura minore, per la predisposizione delle nuove sagome, ovvero da utilizzare per i riempimenti e creazione delle scarpate lato mare della nuova diga foranea, nelle sezioni correnti ed in testata. In tal modo la nuova diga

foranea risulterà avere un inserimento ambientale e paesaggistico migliore rispetto alla situazione attuale in quanto saranno visibili solamente massi naturali di grande pezzatura.

Occorre infine sottolineare che la nuova sagoma della diga foranea interesserà fondali in cui è già presente un consistente quantitativo di materiale lapideo, che nel corso degli anni ha subito assestamenti e scoscendimenti dovuti all'azione delle onde. Infatti, l'impronta della nuova scogliera occuperà porzioni di fondale sabbioso in cui sono presenti, distribuiti in modo caotico, numerosi elementi lapidei naturali ed artificiali trascinati sul fondo dalla forza delle onde incidenti.

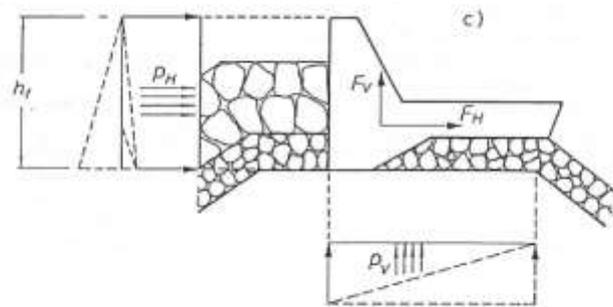
2 GLI OBIETTIVI DEL PROGETTO

Da quanto sopra riportato è evidente che l'opera a gettata del molo di sopraflutto dell'approdo militare di Cala di Ponente, posta a protezione dei retrostanti piazzali e specchio acqueo interno, ha subito nel corso degli anni importanti danneggiamenti di varia entità che hanno reso indispensabile la redazione di successivi progetti di ripristino (in particolare della mantellata esterna della scogliera) per evitare il verificarsi di ulteriori e maggiori danni che potessero rendere particolarmente insicuri gli ormeggi interni e pericoloso il transito sui piazzali retrostanti la suddetta scogliera di delimitazione e protezione dell'area militare. Seppure i precedenti interventi abbiano consentito di ripristinare delle sagome della scogliera di protezione dal moto ondoso, da quanto riportato nel paragrafo precedente è facile evincere che la tipologia di ripristino non è stata omogenea, ma si è fatto ricorso a differenti approcci per cercare di ottenere una maggiore stabilità degli elementi collocati sulla mantellata esterna. Infatti come si vede anche dall'immagine seguente è possibile osservare come la consistenza attuale della scogliera presenta un'alternanza di elementi artificiali eterogenea (tetrapodi nella parte iniziale di radicamento a terra e da elementi tipo Antifer nel successivo tratto intermedio) secondo sagome pseudo trapezoidali o più assimilabili a quasi triangolari.

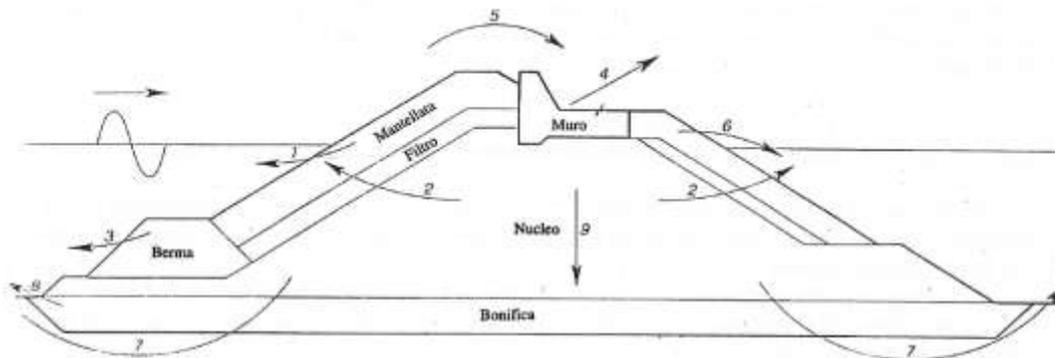


In altre parole la mantellata esterna è stata rifiorita e riprofilata adottando una scarpata inclinata, avente una pendenza abbastanza ripida e stimabile in 2/3, che in sommità non presenta una berma orizzontale ben strutturata come indicato e richiesto dalle “Istruzioni tecniche per la progettazione delle dighe marittime” – Consiglio Superiore dei LL.PP. (Pubbl. GNCIDI n. 1450, 1996). Infatti la larghezza minima delle berme, solitamente realizzata con gli stessi elementi della mantellata, è stabilita in 3 ÷ 4 volte la dimensione tipica degli elementi (in generale massi naturali) che le costituiscono. Tale berma risulta di fondamentale importanza per la stabilità della diga, ma anche per limitare:

- le pressioni derivanti dall'impatto delle onde sulle strutture retrostanti (ovvero sul muro paraonde dell'elemento di coronamento in calcestruzzo che solitamente viene costruito a tergo della mantellata della scogliera);



- il sormonto delle masse d'acqua che possono raggiungere le superfici ad essa retrostanti compromettendo la stabilità e sicurezza della diga stessa (massiccio di coronamento e paramento interno), nonché delle vie di transito utilizzate da persone e mezzi solitamente realizzate sul massiccio di coronamento.



- | | |
|---|------------------------------------|
| 1 Rimozione degli elementi della mantellata | 6 Danneggiamento paramento interno |
| 2 Rimozione dei fini | 7 Collasso della fondazione |
| 3 Erosione della berma al piede | 8 Erosione del fondale al piede |
| 4 Spostamento del muro paraonde | 9 Assesamento del frangiflutti |
| 5 Sormonto e tracimazione | |

Inoltre lo stato di progressivo degrado dovuto all'azione di scalzamento operata dalle onde nel corso degli anni è ben documentato dalle due figure seguenti in cui è visibile la situazione della scogliera nell'anno 2004 e poi successivamente nell'anno 2019. Dal confronto delle due fotografie aeree si può facilmente constatare l'ammaloramento della mantellata della scogliera del molo di sopraflutto, soprattutto dopo l'evento del 2015, con il suo parziale ripristino.



a)

b)

Immagini satellitari della scogliera del molo di sopraflutto: a) anno 2004; b) anno 2019

Le immagini precedenti mostrano però che la scogliera presenta pendenze della scarpata (lato mare) decisamente acclivi con una esigua larghezza della berma di sommità, per cui le onde (peraltro non frangenti per la presenza degli elevati fondali nella zona immediatamente antistante l'opera di difesa) vanno ad "impattare" sulle strutture retrostanti causando notevoli danneggiamenti e rilevanti effetti di sormonto collegati all'impatto diretto delle onde che non vengono attenuati per l'assenza di una berma di adeguata larghezza.

Le stesse immagini dimostrano anche che l'adozione di massi artificiali di peso elevato, tipo tetrapodi e/o cubi modificati (detti Antifer) aventi coefficienti di stabilità K_D caratteristici più elevati rispetto ai massi naturali, non sono risultati sufficienti a garantire un'adeguata protezione alle strutture retrostanti.

Nel caso specifico, essendo le pendenze della mantellata ricostruita approssimativamente pari a $2/3$, i corrispondenti valori del coefficiente di stabilità variano da un minimo di $K_D = 5$ per un masso tipo Antifer (in doppio strato) in corrispondenza della testata ad un valore di $K_D = 8$ per un tetrapodo (sempre in doppio strato) per la sezione corrente (vedi tabella seguente).

Criterio di "non danneggiamento" con limitata tracimazione							
Elemento	n (3)	Posa in opera	Sezione corrente		Testata		Scarpa Cot α
			K_D (2)		K_D		
			Onda frangente	Onda non frangente	Onda frangente	Onda non frangente	
Masso naturale arrotondato	2	alla rinfusa	1.2	2.4	1.1	1.9	da 1.5 a 3.0 (5)
arrotondato	>3	alla rinfusa (4)	1.6(4)	3.2	1.4(4)	2.3	
a spigoli vivi	2	alla rinfusa	2.0	4.0	1.9 1.6 1.3	3.2 2.8 2.3	1.5 2.0 3.0
a spigoli vivi	>3	alla rinfusa	2.2	4.5	2.1	4.2	(5)
a spigoli vivi	2	speciale (6)	5.8	7.0	5.3	6.4	(5)
Parallelepipedo (7)	2	speciale (1)	7.0-20.0	8.5-24.0	--	--	
Tetrapodo e Quadripodo	2	alla rinfusa	7.0	8.0	5.0 4.5 3.5	6.0 5.5 4.0	1.5 2.0 3.0
Tribar	2	alla rinfusa	9.0	10.0	8.3 7.8 6.0	9.0 8.5 6.5	1.5 2.0 3.0
Dolos	2	alla rinfusa	15.8 (8)	31.8 (8)	8.0 7.0	16.0 14.0	2.0 (9) 3.0
Cubo modificato	2	alla rinfusa	6.5	7.5	--	5.0	(5)
Hexapod	2	alla rinfusa	8.0	9.5	5.0	7.0	(5)
Toskane	2	alla rinfusa	11.0	22.0	--	--	(5)
Masso naturale (K _{RR}) assortiti	-	alla rinfusa	2.2	2.5	--	--	

Nel caso dei massi naturali tali valori diminuiscono a $K_D = 4$ per la sezione corrente e $K_D = 3,2$ per la sezione di testata, sempre adottando una pendenza 2/3 (corrispondente a $\cot\alpha=1,5$) ed adottando sempre il doppio strato. Tale considerazione fa comprendere come gli ultimi interventi di ripristino e risagomatura effettuati solo con materiale lapideo (hanno avuto una durata decisamente limitata e comportato consistenti deformazioni delle sagome trapezie realizzate portando la stessa diga foranea e le retrostanti aree (piazzali) a subire notevoli deformazioni, asportazioni di materiale ed ai danneggiamenti attualmente riscontrati.

3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO

La ricostruzione della scogliera sarà realizzata mediante rifioritura e risagomatura della scogliera che nella nuova e ripristinata conformazione geometrica della sezione trasversale consentirà di assolvere di nuovo alla primaria funzione protettiva della stessa, rendendo al tempo stesso più sicuro il transito nei piazzali immediatamente retrostanti la scogliera oggi degradata, riportando la scogliera ad un'accettabile grado di affidabilità nei confronti del moto ondoso incidente.

I lavori di “rifioritura e risagomatura” della scogliera, relativi all'intero sviluppo di 220 m, dovranno quindi essere preceduti dal preliminare salpamento sia dei massi artificiali che si trovano fuori acqua (parte emersa ed iniziale della diga foranea) sia degli elementi lapidei situati sulla sommità del tratto terminale della scogliera. I salpamenti dovranno riguardare anche alcune porzioni subacquee della diga foranea esistente, limitando tale intervento a quegli elementi eccedenti le sagome di progetto necessari per un'efficace rimodellazione degli strati filtro e della mantellata in massi naturali soprastante.

Le rimozioni riguarderanno gli elementi (artificiali e naturali) spostati dalle onde o scosci al piede della stessa scogliera anche successivamente alla mareggiata del 2015, (lato mare e lato terra nel solo tronco terminale prossimo alla testata) riposizionando il materiale recuperato all'interno della sagoma tronco piramidale di progetto nei tratti in cui è necessario effettuare il riempimento e la riprofilatura della scarpata inclinata del corpo diga (nucleo) con una pendenza più dolce di quella attuale (da 2/3 a 1/2).

Particolare attenzione andrà posta nel salpamento e ricollocazione dei massi artificiali presenti al di fuori dell'acqua e situati di poco al di sotto del l.m.m.; infatti essi dovranno essere impiegati, eseguendo un opportuno intasamento con il materiale lapideo di pezzatura minore, per il riempimento delle sezioni trasversali prossime alla testata al fine di poter predisporre una scarpata inclinata (con pendenza 1/2) del nuovo “nucleo” su cui realizzare lo strato filtro e la sovrastante mantellata in massi naturali di grandi dimensioni.

Nella progettazione della “rifioritura” della scogliera secondo le sagome trapezoidali di progetto si è posta grande attenzione nella scelta delle dimensioni e pesi dei massi, cercando di intervenire in modo da adottare gli elementi lapidei più stabili per le peculiari condizioni di moto ondoso del paraggio. Questo obiettivo è stato raggiunto eseguendo sia specifiche verifiche analitiche di dimensionamento e verifica dei massi del doppio strato costituente la mantellata esterna utilizzando una pezzatura di grande dimensione e peso rispetto a quelli esistenti (vedi anche Relazione 21 018 DR 007 – Verifiche di stabilità) sia facendo eseguire alcune simulazioni su modello fisico, al fine di individuare il comportamento delle sezioni correnti di progetto tenendo conto degli effetti tridimensionali che i calcoli analitici trascurano.

I dimensionamenti sono stati eseguiti utilizzando le geometrie desunte dalla precedente impostazione progettuale di fattibilità mantenendo quote altimetriche e le pendenze di progetto (nella zona di testata per garantire la stabilità della mantellata, la pendenza rispetto al progetto preliminare è stata ridotta).

Più in dettaglio, la Soluzione A individuata ed adottata dal PFTE prevedeva la realizzazione

di una nuova barriera frangiflutti, dimensionata per una vita nominale della struttura di 100 anni, nella porzione compresa tra la testata del massiccio di coronamento ed il muro di delimitazione fra i due piazzali e rifacimento della pavimentazione con relativo sottofondo. Tale soluzione ha individuato le seguenti lavorazioni:

- demolizione elemento di coronamento e salpamento della scogliera esistente con reimpiego nei rinfianchi o riempimenti della nuova opera a gettata previa verifica di conformità e rispetto dei vigenti disposti normativi in merito all'immersione di materiale in ambiente marino.
- costruzione di una nuova scogliera con posa in opera di pietrame scapolo di cava di pezzatura 50-500 kg per la costituzione dello scanno di imbasamento;
- posa in opera di massi naturali di pezzatura 1000-3000 kg per la formazione dello strato filtro a protezione del nucleo;
- completamento della scogliera con la posa in opera lato mare di una mantellata di protezione, avente inclinazione variabile, composta da massi naturali di pezzatura compresa tra 7000 e 12000 kg;
- completamento nel tratto terminale della diga foranea, a tergo della mantellata esterna, con un massiccio di coronamento dotato di muro paraonde fino ad una quota di +5.00 m sul l.m.m.;
- realizzazione della nuova pavimentazione dei piazzali (superiore ed inferiore) in calcestruzzo armato previa demolizione della pavimentazione esistente e del relativo sottofondo.

La nuova scogliera presenterà quindi un tracciato rettilineo, con orientamento SW-NE e una nuova testata che internamente presenta una pendenza della scarpata maggiore di quella lato mare, assunta pari a 2/3. Lo sviluppo della nuova opera foranea è incrementato di circa 20 metri rispetto alla situazione attuale raggiungendo complessivamente circa 220 m (di cui 120 m rettilinei sono relativi alla nuova diga foranea che protegge anche il piazzale inferiore in corrispondenza della sua radice e circa 100 m relativi alla scogliera posta a protezione del retrostante piazzale superiore) con una larghezza della berma di sommità di 10,0 m posta ad una quota altimetrica di +5,0 m sul l.m.m. La nuova opera foranea poggerà su fondali variabili tra le profondità - 4,0 (all'interno dello specchio acqueo ridossato) e - 20,0 m sul l.m.m. individuate sulla base dei rilievi batimetrici resi disponibili con il progetto di fattibilità tecnico economico. Considerando l'entità delle profondità di imbasamento dell'opera e la presenza del corpo diga dell'opera pre-esistente si è reso necessario adottare una preliminare rimodellazione della sagoma trapezoidale della diga foranea prima della posa in opera del materiale lapideo dello strato filtro e della soprastante mantellata, mantenendo invariate le rimanenti dimensioni.

L'opera a gettata sarà pertanto costituita da un nucleo costituito dalla precedente opera a gettata in cui i volumi vuoti saranno riempiti con i materiali salpati (massi artificiali e materiale lapideo di minore dimensione e peso) che saranno disposti a formare delle scarpate con pendenza 1/2 su cui verrà posizionato lo strato di massi naturali di I categoria (aventi peso compreso tra 500- 1250 kg) in doppio strato per uno spessore di 1,50 m. Al di sopra saranno posizionati i massi di peso compreso tra 7-12 t, sempre disposti in doppio strato, per la formazione della mantellata esterna che al piede (lato mare) sarà trattenuta da una berma, formata da un doppio strato di massi di peso compreso tra 3 - 7 t, la cui quota di sommità

varia con la profondità lungo lo sviluppo longitudinale della scogliera, passando da profondità di - 16,50 m (in testata) a -7,80 m sul l.m.m. (alla radice).

Da quanto appena sopra riportato le dimensioni e gli ingombri della nuova opera a gettata di difesa dal moto ondoso (Figura 3.1) sono quelle riportate di seguito:

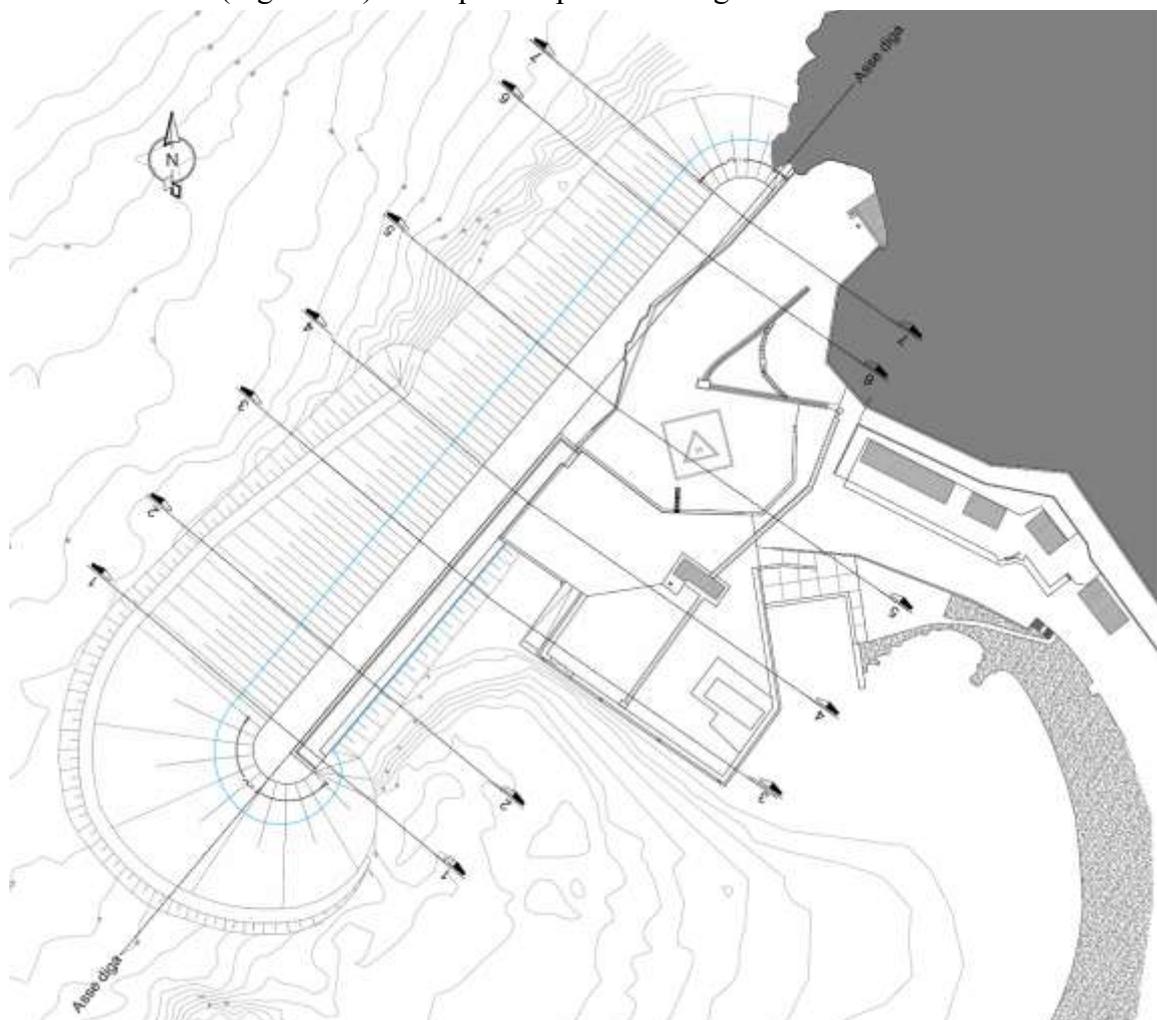


Figura 3.1 – Planimetria di progetto con indicazione dell'ubicazione delle sezioni tipo

Da quanto appena sopra riportato è facile comprendere che il ripristino e miglioramento della nuova opera di difesa a gettata prevede una preliminare operazione di salpamento fuori e dentro acqua del materiale lapideo naturale e dei massi artificiali, presenti sopra e sotto il l.m.m, operazioni che richiedono inoltre un'attenta Direzione Lavori.

Come accennato in precedenza l'opera a gettata, oltre a proteggere lo specchio acqueo dell'approdo di servizio della Stazione VLF, nel tratto iniziale di radicamento a terra ha la funzione di riparare dall'azione diretta del moto ondoso i due piazzali facenti parte dell'area militare ubicati nella zona nord-occidentale. L'azione delle onde ha creato sensibili danni anche alle pavimentazioni di tali aree scoperte, utilizzate come superfici di deposito temporaneo di materiali e attrezzature varie.

La proposta di progetto prevede (vedi Figura 3.2) quindi il ripristino della funzionalità delle pavimentazioni mediante preventiva demolizione delle parti residuali degradate della pavimentazione esistente ed il loro successivo rifacimento.



Figura 3.2 – Planimetria con indicazione della sistemazione dei piazzali superiore e inferiore)

In particolare la rimozione dell'esistente strato di calcestruzzo da 15 cm, armato con rete elettrosaldata, riguarderà prevalentemente la superficie del Piazzale Ovest Superiore (avente una estensione complessiva di 4116 m²), in quanto Piazzale Ovest Inferiore (di 3844 m²) presenta già ampie superfici in cui tale strato superficiale è assente. Una volta rimosso tutto lo strato superficiale in calcestruzzo, la sistemazione di progetto prevede l'esecuzione della scarifica del materiale granulare sottostante, misto a ciottoli e pietrame di varie dimensioni, con conseguente livellamento del nuovo piano di appoggio. Sulle superfici così trattate è stato previsto il collocamento in opera di uno strato di granulare misto cementato (di spessore minimo di 30 cm) che garantisce maggiore resistenza rispetto al misto stabilizzato utilizzato nell'attuale situazione, su cui verrà direttamente gettato in opera un nuovo strato calcestruzzo, dello spessore di 20 cm, con interposizione di una nuova rete elettrosaldata ($\phi 8$ mm a maglia quadrata 20/20 cm) zincata a caldo.

Alle nuove pavimentazioni sono state assegnate idonee pendenze (di valore pari a 1%) che consentiranno all'acqua piovana ed a quella di tracimazione di poter scorrere verso il limite occidentale dei piazzali ove è stata posizionata una tubazione (collettore di scarico) dotato di pozzetti grigliati aventi la funzione di raccogliere e scaricare in mare (in zona ridossata) i volumi idrici pervenuti sulle pavimentazioni. Come si può facilmente osservare dalla precedente Figura 4.9 al piazzale superiore sono state assegnate quote altimetriche più alte nella zona più interna ed inferiori nella fascia immediatamente retrostante la nuova scogliera in modo da consentire all'acqua di scorrere verso la condotta di raccolta e scarico. Tale tubazione, in corrispondenza del cambiamento di quota presenta un salto (realizzato con un pozzetto inglobato nella nuova struttura paraonde che risulta collegata alla radice all'esistente muro di divisione tra i due piazzali) che consente di raggiungere il piano del piazzale inferiore, più basso di circa 4 m rispetto a quello superiore, e di scaricare le portate raccolte alla radice della nuova opera foranea.

Gli esistenti piazzali sono percorsi da numerose e specifiche reti di sotto servizi che dovranno essere preventivamente mappate e sottoposte all'attenzione dell'Autorità militare. Pertanto le lavorazioni di demolizione delle esistenti pavimentazioni e la successiva scarifica del materiale granulare sottostante dovranno essere eseguite salvaguardando tutte le reti di sotto-servizi presenti al di sotto della citata pavimentazione.

Per quanto riguarda il drenaggio delle acque meteoriche è stato previsto un collettore di raccolta e scarico sia delle portate meteoriche sia di quelle di tracimazione del moto ondosu incidente che potranno interessare le superfici dei piazzali in occasione delle mareggiate più severe. Il drenaggio delle acque che raggiungeranno i piazzali verrà eseguito mediante l'impiego di pezzetti (60 x 60 cm) dotati di griglie incernierate al telaio sottostante (per evitarne lo spostamento e perdita) che convoglieranno i volumi raccolti nella sottostante tubazione che riverserà i volumi idrici raccolti in corrispondenza dell'angolo che si verrà a formare tra la radice della nuova diga foranea ed il limite del piazzale inferiore.

4 PIANO DI MONITORAGGIO

Il PMA è orientato a verificare i parametri ambientali potenzialmente influenzabili dalle operazioni legate alla messa in sicurezza e ampliamento del molo di sopraflutto in oggetto e quindi verificare l'aumento della torbidità e lo stato della colonna d'acqua all'esterno dell'area di intervento.

Di seguito si propone una preliminare impostazione del Piano che sarà poi concordata nei contenuti e nelle modalità con ARPA Sardegna per le opportune condivisioni.

Il Piano di monitoraggio è strutturato in tre fasi: fase ante operam - prima dell'inizio delle attività e che si concentra sullo stato dei fondali in modo da poter identificare lo stato ex ante dello specchio acqueo non perturbato dai lavori, durante lo svolgimento degli stessi e dopo la loro ultimazione fase post operam così da monitorarne gli effetti.

Nel particolare il PMA è volto a:

- correlare gli stati ante-operam, in corso d'opera e post-operam, al fine di valutare l'evolversi della situazione ambientale;
- garantire, durante le attività di cantiere, il controllo della situazione ambientale, al fine di rilevare prontamente eventuali situazioni non previste e/o criticità ambientali e di predisporre ed attuare tempestivamente le necessarie azioni correttive;
- verificare l'efficacia delle misure di mitigazione previste in fase di Progetto definitivo;
- definire la programmazione spazio-temporale delle attività di monitoraggio;
- definire il numero, le tipologie e la distribuzione delle stazioni di campionamento.

Nel particolare la qualità dell'Ambiente idrico sarà monitorata sistematicamente mediante una postazione mobile costituita da un mezzo nautico attrezzato con sonda multiparametrica e bottiglia tipo Niskin.

Nel corso delle attività di maggiore impatto per l'Ambiente idrico per l'interazione con i sedimenti marini, saranno indagati i profili fisico e batteriologici sui campioni di acqua prelevati attraverso prelievi con bottiglie tipo "Niskin" di numero e volume adeguato al numero e alla tipologia di analisi da effettuare.

La proposta di PMA prevede la definizione dello stato di bianco (ante operam) al fine di stabilire i valori di allerta funzionali al monitoraggio della torbidità e della colonna d'acqua nel corso dei lavori. A tal proposito, nel monitoraggio in corso d'opera, si propone avviare il rilevamento presso la stazione mobile che seguirà l'andamento dei lavori ad una distanza massima di 50 m dalla panne galleggianti al fine di controllare eventuali superamenti in modo tempestivo. Un sistema di allerta e di controllo di secondo livello sarà attivato in caso di superamento del limite di soglia indicato e sarà ubicata in opportuna zona, presso la quale sarà attivato un ulteriore monitoraggio di riferimento al fine di verificare il ripristino delle condizioni di sicurezza iniziali.



Figura 8.1 – Proposta ubicazione stazioni di monitoraggio

4.1 PARAMETRI OGGETTO DI RILEVAMENTO

Il monitoraggio prevede di:

- monitorare i cambiamenti nelle caratteristiche principali della colonna d'acqua;
- monitorare livelli di torbidità in situ e la concentrazione di solidi sospesi in colonna d'acqua;
- distribuzione e caratteristiche delle fanerogame marine tramite una indagine di monitoraggio finalizzata al controllo generale dello stato della Prateria di *Posidonia oceanica*) esterna ed sugli esemplari nelle aree di intervento e/o alla organizzazione e/o pianificazione di un eventuale intervento di rimozione e/o del trapianto dei ciuffi di prateria presenti sulle rocce nel fondale al piede della nuova mantellata.

La qualità delle acque marine costiere sarà monitorata con misurazioni puntuali rappresentative dell'intera colonna mediante sonda multiparametrica. I dati scaturiti dal monitoraggio *ante operam*, saranno utilizzati per individuare la variabilità ambientale e confrontati con le campagne di misura per la valutazione della torbidità generata durante le attività di rifiorimento e ricostruzione della mantellata del molo, finalizzate a valutare l'entità del pennacchio di torbidità generato che, come noto, dipende dalla velocità della corrente e dalla natura del fondale, ma, soprattutto, dalle modalità operative seguite dai mezzi dedicati.

La caratterizzazione riguarderà il rilevamento dei parametri chimico-fisici propri delle masse d'acqua (tra i quali temperatura, ossigeno disciolto, conducibilità, salinità, pH, torbidità) ed in particolare la determinazione dei solidi sospesi. Il report di tale attività sarà riportato in apposita relazione scritta al termine del lavoro. Il monitoraggio sarà eseguito da personale

specializzato con l'utilizzo dell'attrezzatura necessaria (sonda multiparametrica CTD, correntometro profilatore acustico ad effetto Doppler (ADCP), utilizzando mezzi nautici adeguatamente equipaggiati.

Sulla base di metodologie analitiche di riferimento per il monitoraggio dell'ambiente marino-costiero, per i sensori della sonda multiparametrica si prevedono le seguenti caratteristiche:

Temperatura

- Range di -2 + 35°C
- Accuratezza pari a 0,005°C
- Risoluzione pari a 0,0005°C

Pressione

- Range variabile
- Accuratezza pari a 0,25%
- Risoluzione pari a 0,04 %

pH

- Range di 0-14 unità di pH
- Accuratezza pari a 0,01 unità di pH
- Risoluzione pari a 0,001 unità di pH

Ossigeno disciolto con sistema di calcolo della percentuale di saturazione

- Compensazione di temperatura
- Range di 0-50 ppm
- Accuratezza pari a 0,1 ppm
- Risoluzione pari a 0,01 ppm

Torbidità

- Autorange su 3 ordini di grandezza senza necessità di modifica manuale
- Accuratezza pari a 0,05 NTU
- Tempo di risposta pari a 0,2 secondi

Si specifica infine che per le analisi effettuate nella colonna d'acqua saranno effettuate solo confronti tra controllo esterno e l'area interna.

Posidonia oceanica

Per quanto riguarda il monitoraggio della prateria di Posidonia esterna alle aree di intervento e sui ciuffi di Posidonia eventualmente presenti nelle aree di intervento questo verrà effettuato tenendo in debita considerazione le tecniche e le modalità indicate nella bibliografia di settore quali le “*linee guida per la predisposizione dei Progetti di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA*” elaborate dal

Ministero MATTM nel 2015¹ e la scheda metodologica ISPRA sulle procedure di campionamento e raccolta dati della qualità biologica delle angiosperme (ISPRA 2012)².

Articolazione temporale del monitoraggio

Le campagne di misurazioni saranno condotte con la seguente cadenza temporale:

Ante operam

- N.1 campagna monitoraggio acqua della durata di 1 giorno presso tutte e 4 le stazioni (ST1-ST4) opportunamente finalizzata al monitoraggio delle caratteristiche generali delle acque ed in particolare della torbidità a 0,5 dalla superficie e ad un livello intermedio a determinati intervalli di tempo durante il giorno. Il monitoraggio sarà eseguito da personale specializzato con l'utilizzo di sonda multiparametrica.
- N.1 campagna monitoraggio della durata di 1 giorno sulle biocenosi bentoniche, con il prelievo di 3 campioni al fondo presso tutte e 4 le stazioni 1-4 con l'utilizzo della benna tipo Van Venn, per indagare il macrobenthos e le caratteristiche principali dei sedimenti mobili.
- Il monitoraggio sulla prateria di Posidonia esterna all'area di cantiere sarà eseguita tramite scansione del fondale con drone subacqueo e in due stazioni con indagini subacquee seguendo la scheda metodologica standard con le procedure di campionamento e raccolta dati caratteristiche fisiografiche e strutturali delle angiosperme tramite operatori subacquei anche con l'ausilio di punti fissi di monitoraggio "balisage".
- N.1 Campagna monitoraggio per la verifica della presenza/assenza di specie protette nelle aree di cantiere in particolare per le specie marine *Pinna nobilis*, *Patella ferruginea*, e/o fanerogame marine. Quindi se presenti potrà essere previsto, durante le operazioni, una specifica attività di ridislocazione ipotizzando la fattibilità di uno specifico piano di trapianto con il posizionamento dei punti di ricolonizzazione opportunamente distanziati dalle aree di impatto e la successiva ricollocazione sulle nuove opere realizzate.

Corso d'opera

- Durata del monitoraggio adeguata al periodo di tempo necessario per terminare i lavori a mare (dalla attività di salpamento materiale lapideo sui fondali a tergo radice del molo di sopraflutto alla posa in opera massi naturale mantellata) presso le Stazioni (ST1 e ST2). E' prevista la messa in opera di una sonda multiparametrica in continuo collegata in rete. E' prevista la acquisizione della dinamica dell'impatto sulla colonna d'acqua e sulla generazione di torbida fino alla

¹ Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D.Lgs 152/2006 e s.m.i.; D.Lgs. 163/2006 e s.m.i.) MATTM Direzione per le Valutazioni Ambientali - ISPRA, Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo (REV. 1 DEL 17/06/2015)

² ISPRA 2012 Elemento di Qualità Biologica Angiosperme - Scheda metodologica ISPRA per il calcolo dello stato ecologico secondo la metodologia PREI. T.Bacci, S.F.Rende M.Montelafacone: SM_ARPA_Mod10_Posidonia_ALL1METPREI.pdf

fine delle attività in modo da poter monitorare le attività. In caso di superamento dei limiti di torbidità definiti sulla base dello stato di bianco verrà attivato un monitoraggio di controllo (si veda successivo paragrafo).

- N.3 campagne monitoraggio acqua della durata di 1 giorno presso tutte e 4 le stazioni (ST1-ST4) opportunamente finalizzata al monitoraggio delle caratteristiche generali delle acque ed in particolare della torbidità a 0,5 dalla superficie e ad un livello intermedio a determinati intervalli di tempo durante il giorno. Il monitoraggio sarà eseguito da personale specializzato con l'utilizzo di sonda multiparametrica.
- N.3 campagne monitoraggio della durata di 1 giorno sulle biocenosi bentoniche, con il prelievo di 3 campioni al fondo presso tutte e 4 le stazioni 1-4 con l'utilizzo della benna tipo Van Venn, per indagare il macrobenthos e le caratteristiche principali dei sedimenti mobili.
- N.3 campagne del monitoraggio sulla prateria di Posidonia esterna all'area di cantiere sarà eseguita tramite scansione del fondale non distruttiva eseguita con drone subacqueo e in due stazioni con indagini subacquee puntali tramite il monitoraggio dei punti fissi di monitoraggio "balisage" seguendo la scheda metodologica standard.

Post operam

In questa fase viene eseguita nelle settimane successive la fine dei lavori e verrà effettuato un monitoraggio specifico per il confronto con l'ante operam e sarà eseguito quindi con le stesse metodologie della campagna eseguita prima dell'inizio dei lavori.

- N.1 campagna di monitoraggio acqua della durata di 1 giorno presso tutte e 4 le stazioni (ST1-ST4) opportunamente finalizzata al monitoraggio delle caratteristiche generali delle acque ed in particolare della torbidità a 0,5 dalla superficie e ad un livello intermedio a determinati intervalli di tempo durante il giorno. Il monitoraggio sarà eseguito da personale specializzato con l'utilizzo di sonda multiparametrica.
- N.1 campagna di monitoraggio della durata di 1 giorno sulle biocenosi bentoniche, con il prelievo di 3 campioni al fondo presso tutte e 4 le stazioni 1-4 con l'utilizzo della benna tipo Van Venn, per indagare il macrobenthos e le caratteristiche principali dei sedimenti mobili.
- Il monitoraggio sulla prateria di Posidonia esterna all'area di cantiere sarà eseguita tramite scansione del fondale con drone subacqueo e in due stazioni con indagini subacquee seguendo la scheda metodologica standard con le procedure di campionamento e raccolta dati caratteristiche fisiografiche e strutturali delle angiosperme tramite operatori subacquei anche con l'ausilio di punti fissi di monitoraggio "balisage".

- N.1 Campagna una specifica attività di ridislocazione ipotizzando la fattibilità di uno specifico piano di trapianto con il posizionamento dei punti di ricolonizzazione opportunamente distanziati dalle aree di impatto e la successiva ricollocazione sulle nuove opere realizzate. Sulle specie protette nelle aree di cantiere in particolare per le specie marine *Pinna nobilis*, *Patella ferruginea*, e/o fanerogame marine.

Procedura comportamentale ed informativa del PMA

Riteniamo necessario definire una procedura comportamentale per informare il committente dei lavori ed i soggetti preposti al controllo tra cui l'ARPA Sardegna dello svolgimento del Piano di Monitoraggio, anche al fine di intervenire in caso di potenziali effetti ambientali.

Individuiamo nel **Direttore dei Lavori** il soggetto responsabile del Piano di Monitoraggio, il quale dovrà:

1. informare il Comune e l'ARPA Sardegna e gli altri soggetti indicati almeno 7 giorni prima della data in cui si svolgerà la campagna *ante o post operam*; il termine potrà ridursi a 3 giorni per i prelievi durante le fasi di cantiere;
2. verificare che le condizioni del mare consentano le operazioni di rilevamento;
3. durante i lavori, appena acquisito il valore di torbidità rilevate nelle stazioni prossime al cantiere (StX-StX) dovrà essere confrontarlo con il valore di controllo rilevato nella stazione esterna (StX-StX) e/o di altro riferimento eventualmente indicato stabilito dagli Enti. Quindi qualora i valori superiore a quanto indicato dagli Enti, attivare senza indugio la procedura indicata nel paragrafo XX;
4. trasmettere agli Enti coinvolti gli esiti delle analisi effettuate;
5. entro 15 giorni dall'acquisizione dei dati relativi alla campagna *post operam*, dovrà rimettere agli Enti coinvolti una relazione riassuntiva dell'esito del monitoraggio effettuato.

4.2 MODALITÀ DI INTERVENTO IN CASO DI SUPERAMENTO DI LIMITI DI TORBIDITÀ – SISTEMA DI ALLERTA

Sulla base dei risultati delle misure eseguite per lo stato di bianco (ante operam) nelle stazioni prima dell'inizio dei lavori verranno quindi definiti i livelli di torbidità chiamati nel seguito "livello di preallerta" e "livello di allerta" che saranno alla base della procedura denominata "Sistema di Allerta", che verrà attuato nel corso dello svolgimento degli interventi di cui all'oggetto, le cui modalità saranno regolamentate e definite come descritto nel seguito.

1. Qualora la misurazione rilevasse per un arco temporale pari ad ore 2 (due), un livello di torbidità pari o superiori al "livello di preallerta" definito in fase ante operam, il/i Responsabile/i dell'Ufficio di Direzione Lavori verranno tempestivamente contattati e sarà attivato il monitoraggio presso la stazione supplementare (STATO DI PREALLERTA);
2. qualora la misurazione rilevasse, per un arco temporale pari ad ore 2 (due), un livello di torbidità pari o superiori al "livello di allerta", il/i Responsabile/i dell'Ufficio di Direzione Lavori verranno tempestivamente contattati ed i lavori saranno interrotti (STATO DI ALLERTA);
3. Qualora a seguito di uno STATO DI ALLERTA, la misurazione presso la stazione ST2 rilevasse per un arco temporale di ore 2 (due) consecutive, il livello di torbidità inferiore al "livello di preallerta", il/i Responsabile/i dell'Ufficio di Direzione Lavori verranno tempestivamente contattati tramite sms ed email (CESSAZIONE CRITICITA'), e interverrà la cessazione dello stato di preallerta e/o allerta.

Ne consegue che:

1. Nello stato di "PREALLERTA", l'Impresa esecutrice delle lavorazioni è tenuta ad implementare qualsiasi azione ritenuta necessaria per il contenimento della diffusione della torbida.
2. Nello stato di "ALLERTA", la DL ordinerà all'Impresa esecutrice delle lavorazioni, l'immediata sospensione delle attività di infissione ai sensi dell'art. 158 del D.P.R. 207/2010.
3. Nello stato di "CESSAZIONE CRITICITA'" la DL, ordinerà all'Impresa esecutrice delle lavorazioni la prosecuzione delle attività di che trattasi.
4. Qualora la DL accertasse un eventuale inadempimento all'ordine di sospensione delle lavorazioni, previsto nello stato di "ALLERTA", la Committenza valuterà l'eventuale ricorso alla risoluzione del contratto per grave inadempimento, grave irregolarità e grave ritardo, ai sensi dell'art.136 del D.lgs. 163/2006.