



AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE
DEL MAR TIRRENO CENTRO-SETTENTRIONALE
OPERE STRATEGICHE
PER IL PORTO DI CIVITAVECCHIA
- 2° STRALCIO -

PROLUNGAMENTO ANTEMURALE
CRISTOFORO COLOMBO

PIANO DI INDAGINI
RELAZIONE TECNICA

Committente:

Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Centro-Settentrionale
IL PRESIDENTE
Avv. Francesco Maria di Majo
IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Dott. Ing. Maurizio Marini
IL COORDINATORE GENERALE
Dott. Ing. Giuseppe Solinas

Progetto A.T.I. :

MODIMAR S.r.l. (Capogruppo)

V.A.M.S. Ingegneria S.r.l.

SEACON S.r.l.

	02/05/2020	0	PRIMA EMISSIONE	F. MONDINI	M. TARTAGLINI	M. TARTAGLINI
Rif. Dis.	Data	Rev.	DESCRIZIONE	Redatto:	Verificato:	Approvato:

Dimensioni foglio :

A4

La MODIMAR s.r.l. si riserva la proprietà di questo disegno con la proibizione di riprodurlo o trasferirlo a terzi senza autorizzazione scritta.
This document is property of MODIMAR s.r.l. Reproduction and divulgation forbidden without written permission

Visto del Committente :

1.	PREMESSE	2
2.	INTERVENTI PREVISTI IN PROGETTO	3
3.	INTERVENTO A – PROLUNGAMENTO ANTEMURALE COLOMBO.....	4
3.1.	Quadro conoscitivo – Indagini disponibili	4
3.2.	Problematiche geotecniche.....	5
3.3.	Specifiche campagna di indagine integrativa	5
3.3.1.	Sondaggi integrativi	5
3.3.2.	Rilievi geofisici Sub Bottom Profiler	6
3.3.3.	Prove in foro e specifiche prove di laboratorio	8
4.	RILIEVO BATIMETRICO	11
5.	QUADRO ECONOMICO DELLE INDAGINI E PROVE DI LABORATORIO	12

1. PREMESSE

L'Autorità Portuale di Civitavecchia sta da alcuni anni portando avanti un importante piano di ammodernamento e di riqualificazione del sistema Porto che consentirà di conferire allo stesso caratteri di qualità e produttività tali da avere importanti riflessi economici e sociali a valenza nazionale ed internazionale.

Allo stato attuale sono in fase di progettazione, a diverso livello di definizione, importanti interventi tra i quali, nella zona a sud, nell'apertura del Bacino Storico insieme alla realizzazione del Ponte di Collegamento con l'Antemurale Traiano e, nella zona Nord, un'ulteriore estensione del tratto terminale dell'Antemurale Colombo.

La presente Relazione descrive le indagini necessarie per completare il quadro di riferimento per la progettazione del Prolungamenti dell'Antemurale Colombo.

L'opera si inserisce in un quadro geologico e geotecnico estremamente articolato, qual è la fascia costiera di Civitavecchia, caratterizzato dalla presenza di recenti complessi sedimentari di età ed origine diversa, difficilmente riconducibili ad un unico e semplice schema stratigrafico, sovrapposti al complesso geologico di base costituito dai Flysch del Monti della Tolfa.

Diverse ed estese campagne di indagini eseguite in passato a sostegno della progettazione ed esecuzione di importanti interventi di diretta competenza dell'Autorità Portuale, hanno consentito di disporre di un quadro conoscitivo di insieme e la disponibilità di utili specifici dati stratigrafici e geotecnici.

In questo quadro, sulla base di un preliminare inquadramento delle problematiche geotecniche di ciascun tipo di intervento previsto, sono state individuate le indagini integrative, complementari di quelle comunque utilmente disponibili ed utilizzabili, necessarie per consentire una consapevole progettazione delle nuove opere.

Al fine di completare il quadro conoscitivo di base per lo sviluppo della progettazione dell'opera in oggetto è stata prevista anche una campagna di rilievi batimetrici dell'area di intervento.

Scopo della presente Relazione è quello di definire compiutamente la campagna di indagine a supporto delle prossime fasi di progettazione del prolungamento dell'Antemurale Colombo.

2. INTERVENTI PREVISTI IN PROGETTO

Come accennato in premessa, i diversi interventi previsti sono stati così suddivisi:

- a) Prolungamento Antemurale Colombo;
- b) Nuovo accesso al bacino storico;
- c) Collegamento del Molo Vespucci con l'Antemurale Traiano.

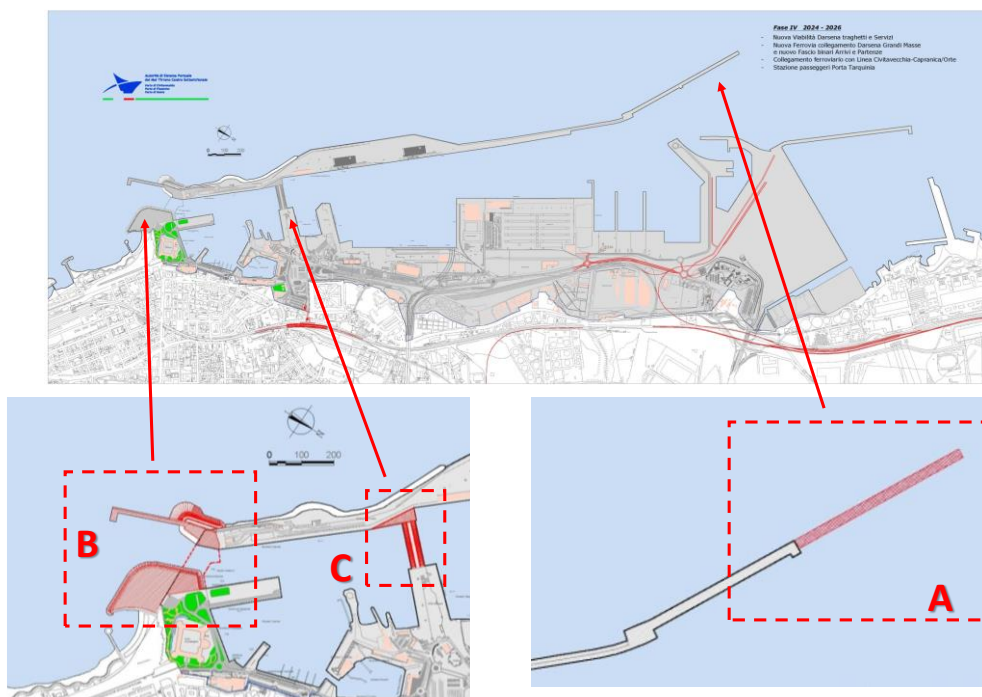


Figura 2:1 – Interventi in progetto

Le problematiche geotecniche variano per ciascun tipo di intervento e sono in generale rese complesse dagli specifici requisiti richiesti, dalle condizioni ambientali ed in generale, da problemi di interazione con opere ed attività esistenti.

In quanto segue vengono sommariamente richiamate le principali problematiche connesse con l'intervento di Prolungamento dell'Antemurale Colombo insieme ad una rappresentazione ed elencazione delle indagini complementari previste.

Come accennato, per semplicità e chiarezza, le indagini rappresentate sono solo quelle complementari che vanno ad integrare quelle esistenti per le quali è stata verificata la adeguatezza e la disponibilità. In qualche caso alle indagini va dato un carattere indicativo, potendo le stesse subire variazioni ed aggiustamenti in fase operativa, sempre nell'ambito delle previsioni complessive.

3. INTERVENTO A – PROLUNGAMENTO ANTEMURALE COLOMBO

Il nuovo prolungamento dell'Antemurale Colombo verrà realizzato con cassoni cellulari in calcestruzzo armato ed è caratterizzato da un'estensione di circa 400 m.

Esso si estende su fondali che aumentano gradualmente da profondità medie di circa 35 m a 37-40 m, ovvero all'incirca circa 5 m in più rispetto al tratto terminale del I° lotto delle Opere Strategiche appena completato.

3.1. Quadro conoscitivo – Indagini disponibili

Le opere si inseriscono in un quadro geologico ed ambientale nel suo complesso ben noto in quanto supportato dai risultati di specifiche e mirate campagne di indagini eseguite in passato e finalizzate a diverse esigenze progettuali.

In particolare, la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei terreni interessati dal prolungamento dell'antemurale è presumibilmente da attendersi coerente ed in continuità con quella indagata e verificata sulla base di specifiche ed approfondite indagini per il tratto di antemurale in avanzata fase di realizzazione in stretta adiacenza.

Estrapolando i dati stratigrafici e geotecnici ottenuti dalle prove in sito ed in laboratorio ottenute dai sondaggi a mare più vicini (GT1, SM5 e SM6), nel sottosuolo interessato dai lavori è da attendersi un quadro stratigrafico caratterizzato dalla presenza di due livelli stratigrafici sovrapposti: un primo livello, più superficiale, costituito da variegati strati e banchi di terreni prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi, a luoghi cementati, conosciuto con il termine di "Panchina", sovrapposto a depositi marini di età verosimilmente plio-pleistocenica a composizione variabile tra quella di sabbie medio fini addensate ed a luoghi debolmente cementate e quella di limi argillosi e sabbiosi di buona consistenza anche a causa di un più o meno elevato grado di consolidazione subito in passato.

Le vicissitudini tettoniche subite dal complesso dei Flysch dei Monti della Tolfa che fa da substrato dell'intera zona, tuttavia, non consente di escludere a priori la possibilità di repentine variazioni stratigrafiche.

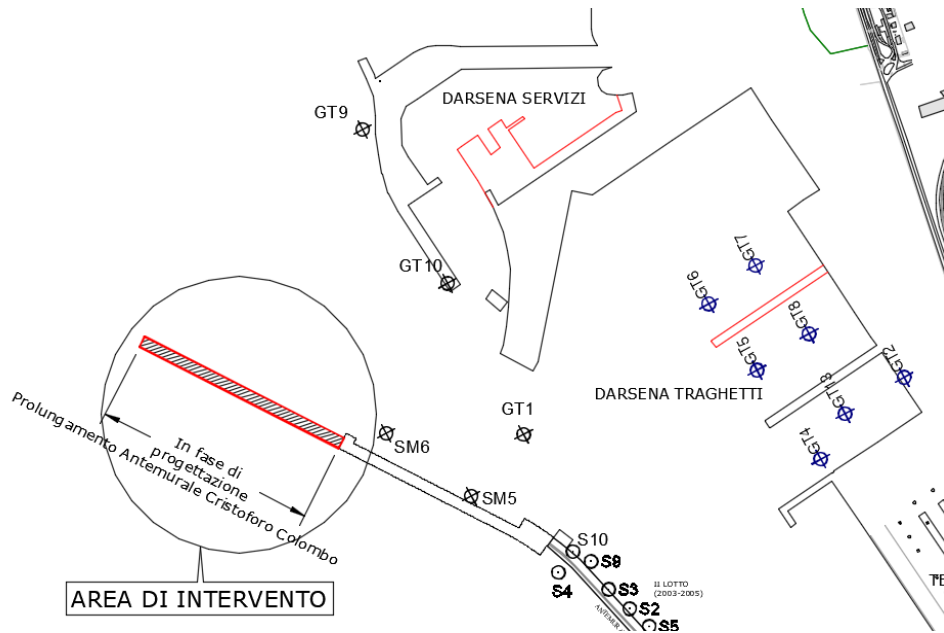


Figura 3:1 – Ubicazione verticali di sondaggio nella zona dell'Antemurale Colombo.

3.2. Problematiche geotecniche

La particolarità dell'opera in relazione alle dimensioni dei fondali fa nascere delicati problemi di fondazione e di verifica delle condizioni di stabilità e sicurezza in gravose condizioni meteomarine.

L'eccezionale profondità dei fondali rende particolarmente impegnative anche le ordinarie operazioni di perforazione, per cui si rende necessario implementare specifiche modalità di indagine di tipo off-shore basate sulla realizzazione di sondaggi geognostici con apparecchiature di carotaggio a vibrazione (Vibrocore) a taratura di rilievi indiretti di tipo geofisico.

3.3. Specifiche campagna di indagine integrativa

3.3.1. Sondaggi integrativi

Come evidenziato in precedenza le quote su fondali in corrispondenza dell'asse del prolungamento dell'Antemurale Cristoforo Colombo variano da 37 a 40 m e quindi per eseguire sondaggi lungo tale allineamento sarebbe necessario utilizzare una nave geotecnica con rilevanti ripercussioni sui costi da sostenere.

Pertanto in considerazione della prevedibile uniformità dei complessi geologici che caratterizzano la zona in esame si è deciso di eseguire un sondaggio meccanico a carotaggio continuo a terra in corrispondenza della attuale testata dell'Antemurale (SS1) corredato da prove in sito e prelievo di campioni indisturbati. Il sondaggio sarà eseguito attraversando l'opera esistente fino al raggiungimento del fondale marino naturale (circa -35.00 m s.l.m.m.) spinto fino alla profondità di 30 metri dal piano dello stesso fondale.

Inoltre lungo un allineamento del prolungamento dell'Antemurale, è prevista l'esecuzione di n.15 sondaggi geognostici con apparecchiature di carotaggio a vibrazione (Vibrocore) (SV1, .., SV15) fino ad una profondità massima di 6 m dal fondale marino.

Come hanno dimostrato precedenti esperienze nel porto, questo sistema di perforazione consente di effettuare un carotaggio continuo dei sedimenti al procedere dell'infissione. Le carote raccolte da una fustella campionatrice presente all'interno dell'asta potranno essere aperte per la determinazione della stratigrafia e consentire il prelievo di campioni rimaneggiati.

I campioni (n.2 per ciascun sondaggio vibrocore) potranno essere sottoposti essenzialmente a prove di classificazione ed identificazione (granulometria, contenuto d'acqua, peso dei grani, peso secco ed eventualmente limiti in presenza di strati aventi caratteristiche spiccatamente coesive).

3.3.2. Rilievi geofisici Sub Bottom Profiler

Il rilievo dovrà essere eseguito utilizzando un "Sub Bottom Profiler" ad alta risoluzione con impulso a tecnologia Chirp, in grado di garantire una elevata penetrazione dei terreni di fondale, ed equipaggiato con un sistema di acquisizione che consenta la registrazione digitale dei dati nel formato SEG Y.

Le strumentazioni Sub-bottom Chirp vengono utilizzate per acquisire linee sismiche di alta risoluzione, ovvero sezioni del sottofondo marino, lungo la rotta seguita dalla nave durante le fasi di acquisizione. L'indagine sismica consiste nel generare un segnale acustico di frequenza variabile, che si propaga in profondità, oltre l'interfaccia acqua-sedimento. Uno o più idrofoni, ubicati sullo scafo o a traino della nave, rilevano le onde sismiche riflesse e le trasformano in un segnale elettrico analogico, che successivamente viene filtrato e trasformato in segnali digitali. Infine il dato sismico

viene processato e restituito su carta o su monitor per l'interpretazione sismostratigrafica.

Nel caso del Prolungamento dell'Antemurale C. le linee di rilievo sono ubicate secondo uno schema prevedente tre linee longitudinali, allineate con i sondaggi vibrocore di cui al paragrafo precedente, di cui una coincidente con l'asse della diga e due parallele ad esso e distanziate di 50 metri, per una lunghezza di 500 metri ognuna, e cinque perpendicolari ad esso di lunghezza di 200 metri per una lunghezza di rilievo totale di circa 2500 metri.

I dati rilevati dalla campagna sismica permetteranno di integrare le indicazioni puntuali dei sondaggi, consentendo una caratterizzazione geotecnica maggiormente significativa dei terreni di imposta dell'intero tratto. La disposizione dei sondaggi è rappresentata in figura: in particolare si prevede l'esecuzione di n.5 terne di campionamenti vibrocore sulle linee di rilievo geofisiche.

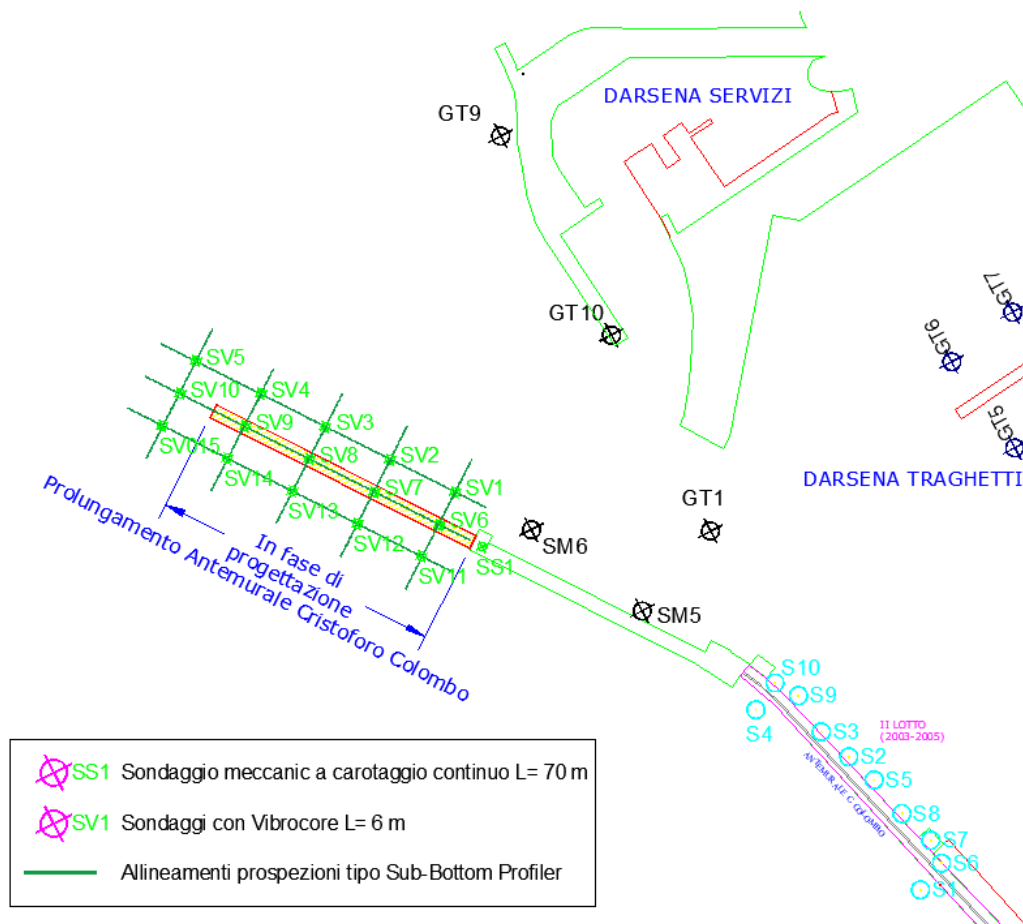


Figura 3:2 – Prolungamento Antemurale Colombo – Planimetria indagini integrative

3.3.3. Prove in foro e specifiche prove di laboratorio

Per il sondaggio SS1 è previsto di realizzare:

- fino ad una profondità di 20 metri dal fondale marino: n.4 prove SPT (in media una ogni 5 metri);
- dai 20 metri ai 30 metri di profondità dal fondale marino: n.2 ulteriori prove SPT.

In presenza di terreni superficiali sabbiosi cementati appartenenti al complesso della Panchina, prove SPT potranno essere eseguite ogni 2-3 metri di profondità.

In presenza di livelli di terreni a grana fine e finissima si dovrà procedere con il prelievo di campioni di tipo indisturbato con apposito campionatore. Per ciascun sondaggio, in particolare, si prevede di prelevare un massimo di 4 campioni così distribuiti:

- fino ad una profondità di 20 metri dal fondale marino: n.3 campioni indisturbati (orientativamente a profondità intermedia a quella delle SPT);
- dai 20 metri ai 30 metri di profondità dal fondale marino: n.1 campione indisturbato (a profondità intermedia tra quella delle due SPT corrispondenti).

Il materiale prelevato dai n.4 campioni indisturbati, dai n. 2 x 15=30 campionamenti vibrocore e dalle n.6 prove SPT (per un totale di 40 campioni) sarà quindi sottoposto a prove di classificazione e identificazione di laboratorio, quali:

- apertura campione, descrizione geotecnica e fotografia del campione, su tutti i campioni;
- determinazione del peso naturale su tutti i campioni;
- determinazione del contenuto d'acqua;
- analisi granulometrica per via umida e sedimentazione e determinazione del peso specifico dei grani, su tutti i campioni;
- limiti di Atterberg (LL, LP, IP), se possibile.

Per ciascuno dei n.4 campioni di tipo indisturbato sono previste inoltre le seguenti prove di laboratorio:

- prove di compressione edometrica, su n. 2 campioni;
- prove triassiali del tipo consolidate-drenate Tx-CD su n. 1 campione;
- prove di taglio diretto del tipo consolidate-drenate su n. 1 campione;
- prove di compressione ELL su n. 2 campioni;

Le prove di triassiali Tx-CD saranno eseguite a pressioni di confinamento generalmente superiori a quelle teoriche attuali, in considerazione del fatto che in generale alla realizzazione dell'opera è associata un significativo aumento della pressione media efficace preesistente.

Per le prove di compressione edometrica a incrementi di carico controllati (IL) con intervalli di carico di 24 ore e pressione massima 3.2 MPa dovranno essere determinati i valori del modulo edometrico E_{ed} e, sulla base dei diagrammi cedimento-tempo, i coefficienti di consolidazione (c_v) e di permeabilità (k).

Sui livelli fortemente cementati a consistenza litoide, se presenti, potranno essere prelevati inoltre spezzoni di carota da sottoporre a prove fisiche (massa volumica) e di caratterizzazione meccanica di laboratorio (prove di compressione uniassiale) in numero orientativo di una prova.

Sulle colonne di carotaggio conservate nelle cassette catalogatrici dovranno essere eseguite misure di consistenza sui livelli che mostrano caratteristiche coesive.

In tutti i casi non sono comunque da escludere possibili locali adattamenti in fase esecutiva in base ai primi risultati ottenuti e a seguito di esigenze operative.

PIANO DELLE INDAGINI - RELAZIONE TECNICA

Progettazione Prolungamento Antemurale Colombo

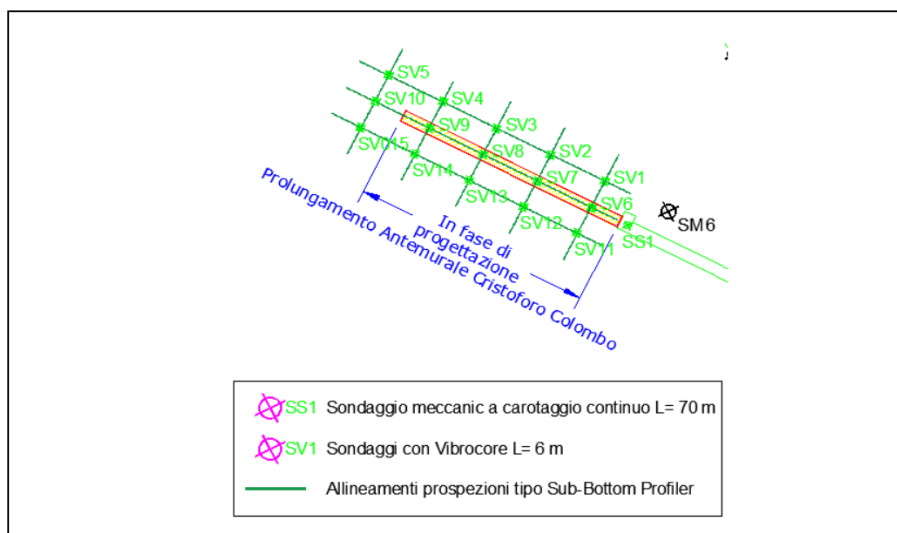
A.T.I.: Modimar S.r.l.(Capogruppo), Vams S.r.l., Seacon S.r.l.

OPERE PRIORITARIE

SPECIFICHE CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA INTEGRATIVA

OPERA

Prolungamento Antemurale Colombo



Sub-bottom-Profiler	nr	L (m)	L tot (m)
Linee longitudinali	3	500	2500
Linee trasversali	5	200	

Sondaggio	SS1	SV1/5	SV6/10	SV11/15
L (m)	70*	6	6	6
Prove penetrometriche SPT	totale			
** Da 0 a 20 m di prof.	4			
** Tra 20 e 30 metri	2			
Campioni rimaneggiati	6	10	10	10
Campioni indisturbati	totale			
** Da 0 a 20 m di prof.	3			
** Tra 20 e 30 metri	1			
Identificazione e classificazione	10	10	10	10
Densità volume campioni roccia	1			
Prove compressione monoassiale campioni roccia	1			
Prove triassiali Tx-CD	1			
Prove taglio diretto	1			
Prove compressione ELL	2			
Prove edometriche	2			

somma

160

6

4

2

36

4

3

1

40

1

1

1

2

2

* PER IL SONDAGGIO A TERRA QUOTA STIMATA DEL FONDALE NATURALE -35,00 m s.m.m. - PIANO DI LAVORO +2,50 m s.l.m.

** LA PROFONDITA' INDICATA E' INTESA COME PROFONDITA' RELATIVA DAL FONDALE

AGIS
Ingegneria

AGIS Ingegneria s.r.l.
00195 Roma - Via Sublimino, 46
Tel. 06.52087141
Fax 06.52087142
info@agisingegneria.it
www.agisingegneria.it

Tabella 3:1 – Tabella riepilogativa specifiche di indagine Antemurale C.

4. RILIEVO BATIMETRICO

Come evidenziato nelle premesse, al fine di completare il quadro di riferimento della progettazione dell'antemurale Colombo del porto di Civitavecchia, è stata prevista anche l'esecuzione di un rilievo batimetrico.

L'indagine batimetrica con strumentazione multibeam dovrà essere estesa a una superficie pari a circa 0,18 km² centrata rispetto all'opera da progettare .

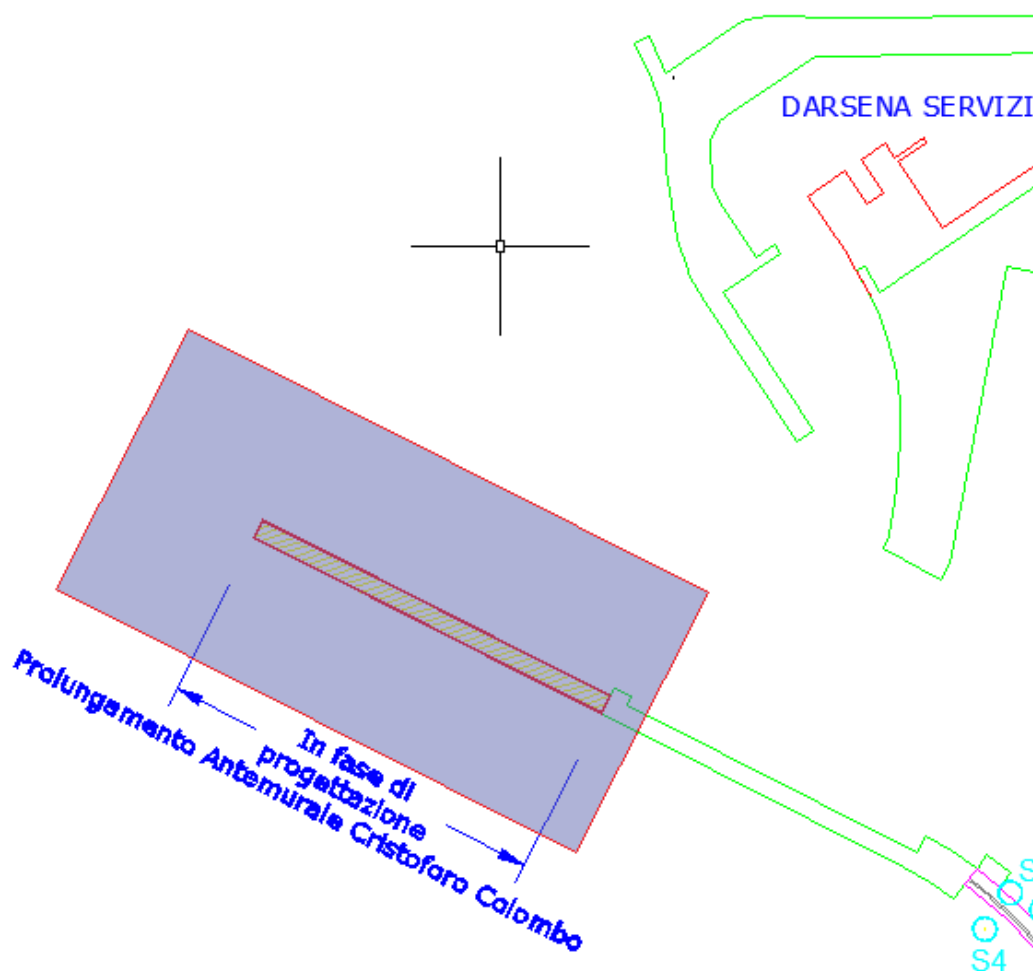


Figura 4.1 –

Prolungamento Antemurale Colombo. Superficie da rilevare

5. QUADRO ECONOMICO DELLE INDAGINI E PROVE DI LABORATORIO

La presente relazione concerne l'affidamento ad esecutore specializzato dei sondaggi geognostici e geotecnici ritenuti necessari per consentire la definizione delle attività progettuali relative al prolungamento dell'Antemurale Colombo del porto di Civitavecchia.

L'importo complessivo delle indagini e prove previste ascende ad € 120.257,39 oltre a € 3.092,61 per oneri della sicurezza, per un importo complessivo di € 123.350,00.

L'incidenza della mano d'opera sull'importo delle prestazioni richieste è pari al 22.98% a cui corrisponde un importo pari a € 27.640,25.