

PIANO NAZIONALE PER GLI INVESTIMENTI COMPLEMENTARI

DECRETO-LEGGE 6 maggio 2021, n. 59, "Misure urgenti relative al Fondo complementare al Piano nazionale di ripresa e resilienza e altre misure urgenti per gli investimenti"

PORTO DI NAPOLI
PROLUNGAMENTO E RAFFORZAMENTO DELLA DIGA FORANEA DUCA D'AOSTA
LOTTO B: RAFFORZAMENTO I STRALCIO
CUP: G65F20001560006



Autorità di Sistema Portuale Mar Tirreno Centrale
Porti Napoli
Missione M3C2
Fonte Finanziamento PNC
Importo Finanziamento 150,00 mln €

Progettazione definitiva

MODI Responsabile integrazione prestazioni specialistiche
Prof. Ing. A. Noli

SISPI engineering Coordinamento gruppo di progettazione
Ing. M. Di Stefano

VAMS Ingegneria Coordinamento sicurezza in fase di progettazione
Ing. N. Saraca

REACT Impianti
Arch. F. M. Azzopardi

vdp Studi ambientali
Ing. F. Ventura

gia CONSULTING Studi geologici
Dott. geol. S. Costabile

Progettazione esecutiva

F&M Responsabile integrazione prestazioni specialistiche
ingegneria Ing. Tommaso Tassi

Coordinamento gruppo di lavoro
Ing. Luca Masiero

Strutture
Ing. Francesco Monisso

Geotecnica
Ing. Riccardo Bullo

Impianti
Ing. Leonardo De Benetti

L'Appaltatore

Consorzio Stabile Grandi Lavori S.c.r.l.

Legale rappresentante
Geom. Umberto Esposito

L'impresa esecutrice

R.C.M. COSTRUZIONI GRUPPO RAINONE

Legale rappresentante
Ing. Elio Rainone

CODICE DOCUMENTO:

1 4 9 4 0 1 N A D A P E G E N r 0 2

IL R.U.P.
Ufficio Tecnico
dell'AdSP del Mar Tirreno Centrale
Ing. Rosa PALMISANO

PROGETTO ESECUTIVO

TAVOLA
GEN-r02

TITOLO ELABORATO
Relazione generale

SCALA
-

2					
1					
0	PRIMA EMISSIONE	Aprile 2024	L. Masiero	L. Masiero	T. Tassi
REV.	DESCRIZIONE DELLE REVISIONI	DATA	Redatto:	Controllato:	Approvato:

Sommario

1	PREMESSA.....	4
2	DESCRIZIONE DELLO STATO DEI LUOGHI	8
2.1	CONFIGURAZIONE DELLE OPERE DI DIFESA ESISTENTI.....	8
2.2	STORIA DELLA COSTRUZIONE DELLA DIGA FORANEA	9
2.3	DESCRIZIONE DELLO STATO DEI LUOGHI	12
2.4	STATO DI CONSERVAZIONE DELL'INFRASTRUTTURA.....	15
3	DEFINIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE E OBIETTIVI DELL'INTERVENTO	19
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED URBANISTICO	21
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	25
5.1	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	28
5.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE.....	29
6	CAMPAGNE DI INDAGINI ESEGUITE.....	31
6.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE	32
6.1.1	Campagna di indagini geognostiche 1992	32
6.1.2	Campagna di indagini geognostiche 2017	33
6.1.3	Campagna di indagini geognostiche 2022	35
6.2	INDAGINI AMBIENTALI.....	39
6.2.1	Ricognizione delle campagne di caratterizzazione ambientale già eseguite nel bacino del Porto di Napoli.....	39
6.2.2	Campagne di caratterizzazione ambientale 2022	45
6.3	RILIEVI TOPOGRAFICI, SUBACQUEI E BATIMETRICI.....	49
6.3.1	Rilievi alla base del progetto definitivo posto a base appalto.....	49
6.3.2	Rilievi eseguiti dall'Appaltatore.....	53
6.3.2.1	<i>Rilievo batimetrico eseguito dalla società PRISMA srl.....</i>	<i>53</i>
6.3.2.2	<i>Rilievo Sub bottom profiler eseguito dalla società PRISMA srl.....</i>	<i>53</i>
6.4	INDAGINI STRUTTURALI	55
6.4.1	Rilievi pacometrici	55
6.4.2	Prelievo di campioni cilindrici in cls.....	55
6.4.3	Prove di laboratorio.....	56
6.4.4	Prove di carbonatazione.....	57
6.4.5	Scarificazioni	57
7	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	58
8	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	61
9	STUDIO METEOMARINO.....	64



9.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL PARAGGIO	66
9.2	DEFINIZIONE DEL CLIMA DI MOTO ONDOSO AL LARGO DEL PORTO DI NAPOLI	67
9.3	PROPAGAZIONE SOTTO COSTA DELLA SERIE DI DATI ONDAMETRICI	67
9.4	ANALISI STATISTICA DEGLI EVENTI ESTREMI DI MOTO ONDOSO	68
9.5	CALCOLO DELLE ALTEZZE D'ONDA ESTREME LUNGO L'ANTEMURALE THAON DE REVEL E LA DIGA DUCA D'AOSTA.....	70
9.6	ANALISI DEL REGIME DEI LIVELLI E ANALISI DEGLI ESTREMI CONGIUNTI MOTO ONDOSO-LIVELLI	71
10	ASPETTI ARCHEOLOGICI	71
11	ASPETTI PAESAGGISTICI	74
11.1	PROPOSTA DI UNA SOLUZIONE PROGETTUALE VOLTA ALLA MITIGAZIONE DELL'IMPATTO PAESAGGISTICO	78
12	COMPATIBILITA' AMBIENTALE DELL'INTERVENTO	82
12.1	PRESCRIZIONI SOTTOCOMMISSIONE VIA (PARERE N.925 DEL 21/11/2023)	82
12.2	PRESCRIZIONI MINISTERO DELLA CULTURA (NOTA PROT. 27393 DEL 21/11/2023).....	85
12.3	VERIFICHE DI OTTEMPERANZA	85
13	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO	89
13.1	RICOGNIZIONE SISTEMATICA PER BONIFICA FONDALI DA EVENTUALI ORDIGNI BELLICI.....	90
13.2	INTERVENTI DI VIBROFLOTTAZIONE	91
13.3	IMBONIMENTO DEL PIEDE DELL'OPERA A GETTATA E POSA DI GEOTESSUTO.....	92
13.4	SALPAMENTI PER REGOLARIZZAZIONE DELLO SCANNO DI IMBASAMENTO	92
13.5	OPERE A GETTATA.....	93
13.5.1	Fasi esecutive.....	93
13.6	INTERVENTI LOCALI DI RIPRISTINO DELLA DIGA ESISTENTE.....	96
13.6.1	Interventi localizzati di integrale ricostruzione della sovrastruttura dei cassoni.....	96
13.6.1.1	Intervento tra le prog. +888.00 e +920.00 m.....	97
13.6.1.2	Intervento tra le prog. 1 133.00 e 1 169.00 m.....	98
13.6.1.3	Intervento tra le prog. +1 570.00 e +1 595.00 m.....	101
13.6.1.4	Intervento tra le prog. +1 644.00 e +1 682.00 m.....	104
13.6.2	Interventi diffusi di ripristino/riparazione locale delle strutture esistenti.....	107
14	MONITORAGGIO GEOTECNICO DEI CEDIMENTI DEI CASSONI	111
14.1	SEZIONI CORRENTI DI MONITORAGGIO	111
14.2	ARTICOLAZIONE TEMPORALE DEL MONITORAGGIO GEOTECNICO	112
14.3	REGISTRO DEL MONITORAGGIO.....	112
15	IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE.....	113
15.1	OBIETTIVI DI PROGETTO	113
15.2	POSIZIONAMENTO E CRITERI DIMENSIONALI	113
16	GESTIONE E BILANCIO DELLE MATERIE	115



16.1	CENSIMENTO CAVE E DISCARICHE	117
17	CANTIERIZZAZIONE E FASI ESECUTIVE.....	119
18	CENSIMENTO E PROGETTO DI RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE.....	121
19	COSTO E DURATA DELLE OPERE.....	121
20	CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI	122



1 PREMESSA

La presente relazione illustra il progetto esecutivo relativo agli interventi di *Rafforzamento della diga Duca d'Aosta (Lotto B – I Stralcio) del porto di Napoli* finanziato con fondi complementari del PNRR (missione M3C2) di cui al Decreto n.388 del 17/11/2021 del Ministero delle infrastrutture registrato alla Corte dei Conti in data 5/12/2021 al n. 3028 .

Con delibera del Presidente dell'AdSP del Mar Tirreno Centrale n.232 del 09.10.2023 è stato aggiudicato il LOTTO 1: OPERE MARITTIME E STRUTTURALI SPECIALI - CIG: 98651134C8, dell'Accordo Quadro per *"l'affidamento dell'esecuzione di lavori su infrastrutture marittime, dragaggi, opere stradali e ferroviarie, opere edili e di restauro per la riqualificazione degli immobili, opere di sostenibilità ambientale, da realizzarsi nelle aree di competenza dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Centrale"* al Consorzio Stabile Grandi Lavori S.c.r.l. che ha indicato la F&M Ingegneria S.p.A. Società di Ingegneria per le attività di progettazione esecutiva per gli appalti integrati de elaborare nell'ambito dell'attuazione dell'Accordo Quadro.

In data 27.11.2023 è stato stipulato il contratto d'appalto al cronologico 47/23 avente ad oggetto l'Accordo Quadro relativo al "Lotto n. 1 - Opere marittime e strutturali speciali".

Il progetto definitivo degli interventi in appalto, elaborato dal RTP Modimar srl (mandataria), SISPI srl , VAMS srl, VDP srl , REACT srl, GIA Consulting srl (mandanti), è stato validato dal RUP ai sensi dell'art. 26 del D.Lgs 50/2016 con verbale del 28/12/2023 ed approvato con Delibera dell'AdSP n. 322 emessa in pari data.

Con Delibera n.338 del 28/12/2023 sono stati affidati all'Appaltatore i servizi di ingegneria per la redazione del progetto esecutivo e l'esecuzione dei lavori degli interventi di *"Prolungamento e rafforzamento della Diga Foranea Duca D'Aosta – Lotto B: Rafforzamento – I Stralcio*, verso il corrispettivo complessivo di € 80.643.479,29, di cui € 78.067.961,46 per lavori (compreso monitoraggio ambientale ante e in corso d'opera), € 2.030.593,49 per oneri della sicurezza non soggetti a ribasso ed € 544.924,33 per la progettazione esecutiva (comprensivo di spese e al netto di IV A e oneri previdenziali se dovuti), al netto del ribasso offerto in sede di gara.

L'affidamento è stato perfezionato in data 05/02/2024 con la sottoscrizione del Contratto Attuativo n.5/24.

In data 14/02/2024 il RUP dell'intervento ing. Rosa Palmisano ha formalmente avviato le attività di progettazione sottoscrivendo con l'Appaltatore apposito verbale e precisando che il progetto esecutivo dovrà ottemperare e/o recepire:

- le prescrizioni del **Decreto MASE di non assoggettabilità a VIA n. 721 del 27/12/2023** riportate nel parere n. 925 del 21.11.2023 della Commissione Tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA e VAS-Sottocommissione VIA e del parere del Ministero della Cultura di cui alla nota della Soprintendenza Speciale per il PNRR n. 27393 del 21/11/2023;
- le migliorie offerte dall'Appaltatore in fase di gara e specificamente di allestire nell'area di cantiere un impianto di betonaggio, con capacità 1000 mc/die, di predisporre una batteria di n.2 pese a bilico, di utilizzare mezzi d'opera aventi capacità di carico (portata in coperta) superiori a quelle previste in fase di progetto.

L'intervento infrastrutturale di rafforzamento della diga foranea rientra tra quelli classificati come **"interventi di urgenza"** a norma dell'art.3, comma 1) lettera h) del DM Ambiente (26/01/2023) ovvero *"interventi necessari per ovviare a eventi imprevedibili la cui mancata esecuzione determinerebbe situazioni di grave pregiudizio alla salute pubblica e/o all'ambiente"*.

Ed infatti la Diga Foranea del Porto di Napoli è l'infrastruttura – **connotata attualmente da elementi di**

notevole fragilità – che protegge il bacino portuale e tutti i 72 ormeggi interni, dagli eventi meteomarinari.

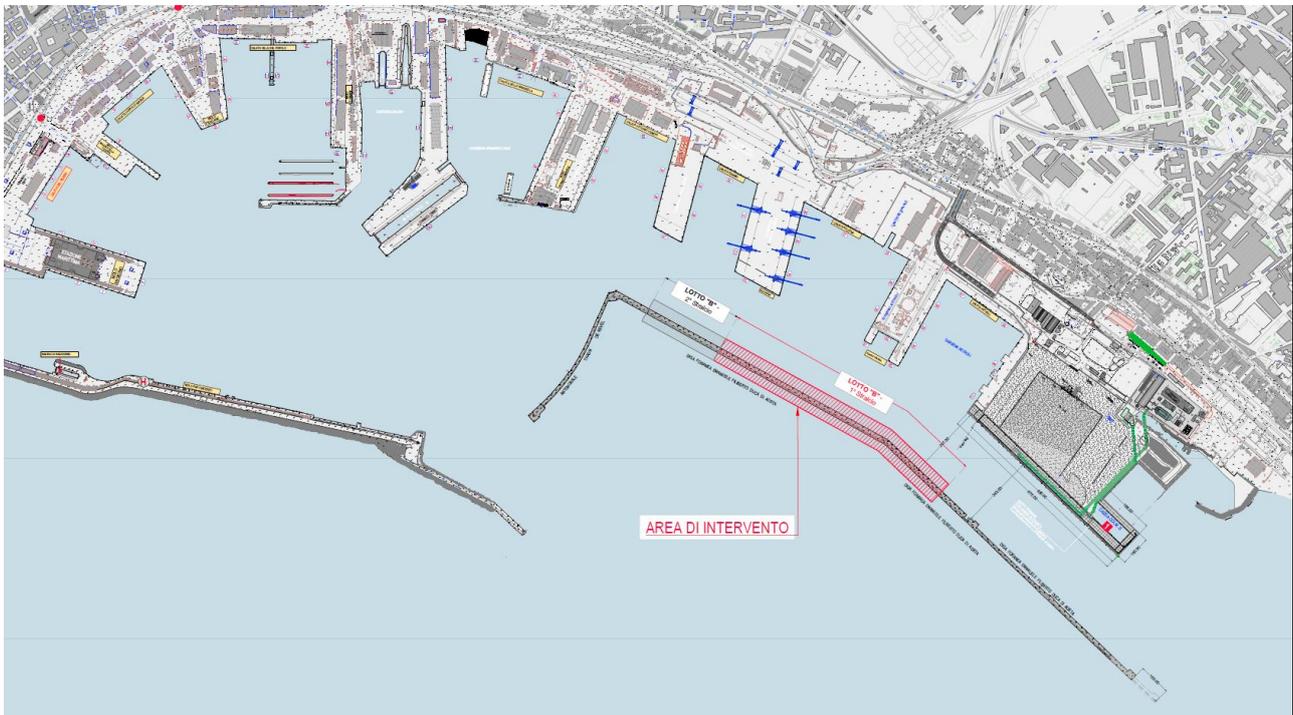


FIGURA 1 - PORTO DI NAPOLI – INQUADRAMENTO – LAVORI DI RAFFORZAMENTO: LOTTO B

Attualmente **parte della diga è parzialmente crollata** e si rinvencono in più sezioni **aperture molto ampie del muro paraonde e della sovrastruttura dei cassoni**.

In particolare, in seguito alla violentissima mareggiata, che si è abbattuta sul porto di Napoli nel dicembre 2020, la diga ha subito diffusi danni per cui è necessario realizzare, oltre agli interventi di riparazione urgenti, anche degli interventi radicali di rafforzamento strutturale della diga, tali da garantire la sicurezza della navigazione nello specchio acqueo portuale in condizioni meteomarine avverse.



FIGURA 2 – DISSESTO TRA LE PROGRESSIVE 1+133 – 1+169

L'intervento di rafforzamento e **messa in sicurezza** prevede la formazione di un'opera a gettata a ridosso dell'esistente Diga costituita da materiale lapideo di natura calcarea, con mantellata esterna formata da tetrapodi da 16 m³ e tetrapodi 4 m³ al piede, caratterizzata da una ampia berma posta alla quota della parte sommitale del muro paraonde esistente. Il tutto finalizzato a stabilizzare la struttura della Diga ed a ridurre

le sollecitazioni indotte dal moto ondoso sia sui cassoni che sul soprastante muro paraonde.

I lavori in argomento sono pertanto classificabili come **interventi di manutenzione straordinaria con miglioramento tecnico per il ripristino della funzionalità di un'opera foranea portuale esistente non radicata in alcun modo al territorio costiero.**

Inoltre, si evidenzia che le condizioni della diga sono tali da non permettere ulteriori rinvii, considerato il potenziale rischio di sfondamento dell'opera di difesa, provocato da mareggiate di intensità eccezionale, con le inevitabili conseguenze di inagibilità di ampie zone portuali e di interruzione delle relative operazioni.

Gli interventi di cui al presente progetto prevedono:

- a) la formazione di un'opera a gettata costituita da materiale lapideo di natura calcarea, con mantellata formata da tetrapodi da 16 e tetrapodi 4 m³ al piede, caratterizzata da una berma posta alla quota del muro paraonde esistente, il tutto finalizzato a ridurre le sollecitazioni indotte dal moto ondoso sulla diga a cassoni e sul soprastante muro paraonde per la parte risultata maggiormente esposta;
- b) interventi localizzati di integrale ricostruzione del muro paraonde e del massiccio soprastante i cassoni esistenti in corrispondenza dei tratti caratterizzati da crolli delle strutture in calcestruzzo, mediante collocazione di massi artificiali, casseri con pannelli prefabbricati, getti in opera, formazione di micropali e riempimento delle cavità per il ripristino strutturale dei cassoni esistenti;
- c) interventi diffusi di ripristino/riparazione locale delle strutture esistenti, per tutti i 2,6 km della diga Duca d'Aosta e dell'antemurale Thaon de Revel, consistenti in:
 - a. interventi di ripristino e/o ricostruzione del coronamento in pietra lavica;
 - b. interventi di ripristino di cavità subacquee rilevate sul fronte banchina interno porto;
 - c. interventi di sarcitura delle lesioni sul muro paraonde;
 - d. ricostruzione localizzata delle parti divelte della massicciata di coronamento dei cassoni;
 - e. ricostruzione localizzata delle scale di accesso alla diga foranea;
 - f. ricostruzione del paramento lapideo del muro paraonde della Thaon de Revel;
 - g. Demolizione dei fanali di segnalamento non più utilizzabili;
- d) l'allestimento di un impianto di segnalazione del ciglio di banchina interno con corpi illuminanti a LED alimentati da pannelli fotovoltaici posizionati su fanali posti ad interasse di 50 m.

L'intervento di rafforzamento è parte del più ampio progetto denominato "Prolungamento e rafforzamento della Diga Foranea Duca D'Aosta" (cod G65F20001560006), suddiviso dall'AdSP in due distinti lotti funzionalmente indipendenti trattandosi di interventi su infrastrutture esistenti collocati in aree diverse ed asserviti a diversi obiettivi:

- **Lotto A – Prolungamento a levante** con cassoni cellulari della diga foranea, allo scopo di migliorare la protezione dell'imboccatura di levante del porto di Napoli e le banchine della nuova darsena di levante
- **Lotto B – Rafforzamento della diga** esistente con opere a gettata ed interventi locali di ripristino/riparazione delle strutture esistenti, finalizzate a mitigare il rischio di instabilità dell'infrastruttura esistente

In particolare, in ragione dei finanziamenti disponibili, l'AdSP ha ulteriormente suddiviso il Lotto B in due stralci funzionali:

- Il **primo stralcio funzionale**, oggetto del presente appalto e finanziato con i fondi complementari del PNRR, prevede il rafforzamento della diga con opera a gettata tra le progr. 910.00 m circa e 1770.00 m circa, per una **lunghezza di 860.00 m circa** comprensivo dei due conoidi di chiusura di levante e di ponente, a protezione del tratto caratterizzato da maggiori dissesti e danni;
- Il **secondo stralcio funzionale** prevede la realizzazione a ponente di un ulteriore rafforzamento con opera a gettata, tra le prog. 660.00 m e 910.00 m, per una **lunghezza di circa 250.00m** ed escluso dal presente appalto.

La presente relazione illustra esclusivamente le opere del **LOTTO B (Rafforzamento della Diga foranea) – I Stralcio funzionale** di cui al contratto attuativo cronologico n.5/24 del 05/02/2024 , per il quale il progetto prevede la realizzazione di un'opera a gettata a protezione della diga foranea Duca d'Aosta del porto di Napoli in corrispondenza dei tratti caratterizzati da maggiori vulnerabilità nei confronti delle azioni meteomarine, per una lunghezza complessiva di 860.00 m tra le progr. 910.00. m e 1770.00 m circa.

Gli interventi previsti nel **Lotto B – I stralcio funzionale**, unitamente a quelli previsti per il Lotto A (Prolungamento diga foranea) rientrano nell'elenco delle opere approvate con DM 330/2021 finanziate con risorse del Piano Complementare del PNRR – Piano Nazionale Ripresa e Resilienza di cui all'art.1, comma 2 lett c) del DL 6/5/2021 n. 59 convertito con modificazioni dalla legge n. 101 del 1/7/20.

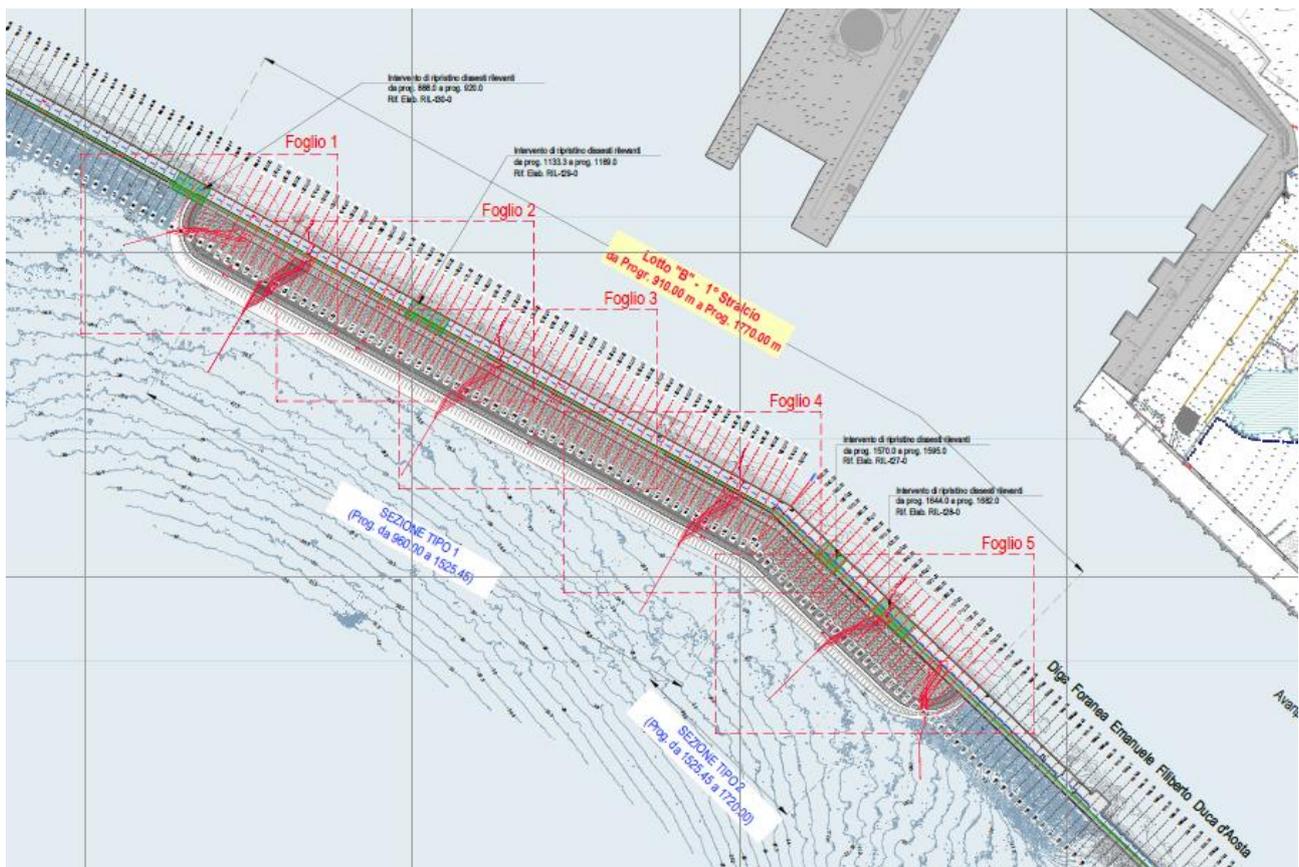


FIGURA 3 - PLANIMETRIA DI PROGETTO OPERE I STRALCIO 860 M (PNRR)

2 DESCRIZIONE DELLO STATO DEI LUOGHI

2.1 Configurazione delle opere di difesa esistenti

La diga foranea Duca d'Aosta e l'antemurale Thaon de Revel, oggetto della presente relazione, fanno parte del sistema di opere di difesa dall'azione del moto ondoso dello specchio acqueo interno al porto di Napoli, che da ponente verso levante si articola nelle seguenti strutture:

- *Molo S. Vincenzo*, radicato all'estremità di ponente dell'impianto portuale, in prossimità della darsena Acton;
- *Diga Duca degli Abruzzi*, disposta in prosecuzione del già menzionato Molo S. Vincenzo;
- *Antemurale Thaon de Revel*, diga curvilinea distaccata dalla linea di costa e ubicata a NE della imboccatura principale del porto;
- *Diga Foranea Emanuele Filiberto Duca d'Aosta* (nel seguito Duca d'Aosta): parallela alla linea di costa, radicata all'estremità di NE dell'Antemurale Thaon de Revel, che si estende per circa 2300 metri dall'imboccatura principale del porto fino all'imboccatura di ponente, con orientamento in direzione Nord-Ovest.

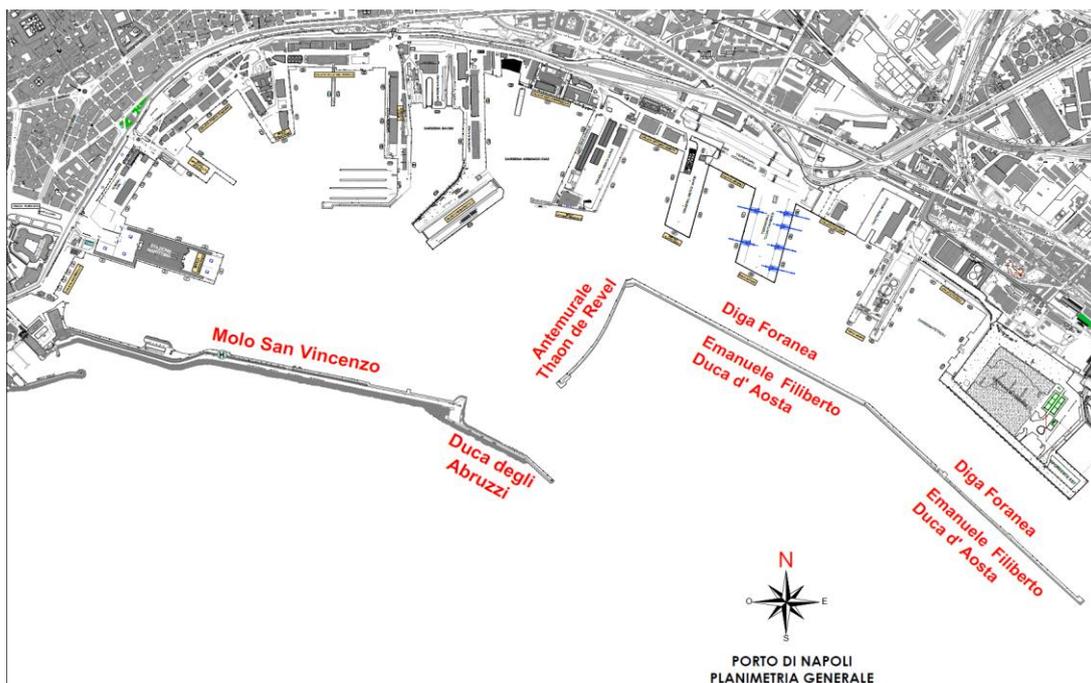


FIGURA 2-1 OPERE DI DIFESA DEL PORTO DI NAPOLI

Il molo S. Vincenzo, la diga Duca degli Abruzzi e la diga Duca d'Aosta proteggono il bacino portuale dai marosi della traversia principale, mentre l'antemurale Thaon de Revel difende il porto da quelli della traversia secondaria, che per la parte che riesce a penetrare nel bacino portuale vengono dissipati nell'avamporto.

Relativamente alla tipologia costruttiva, il Molo S. Vincenzo e il primo tratto della Diga Duca degli Abruzzi sono del tipo a gettata di massi (o a scogliera); il secondo tratto della Diga Duca degli Abruzzi, l'Antemurale Tahon de Revel e la Duca d'Aosta sono del tipo a parete verticale.

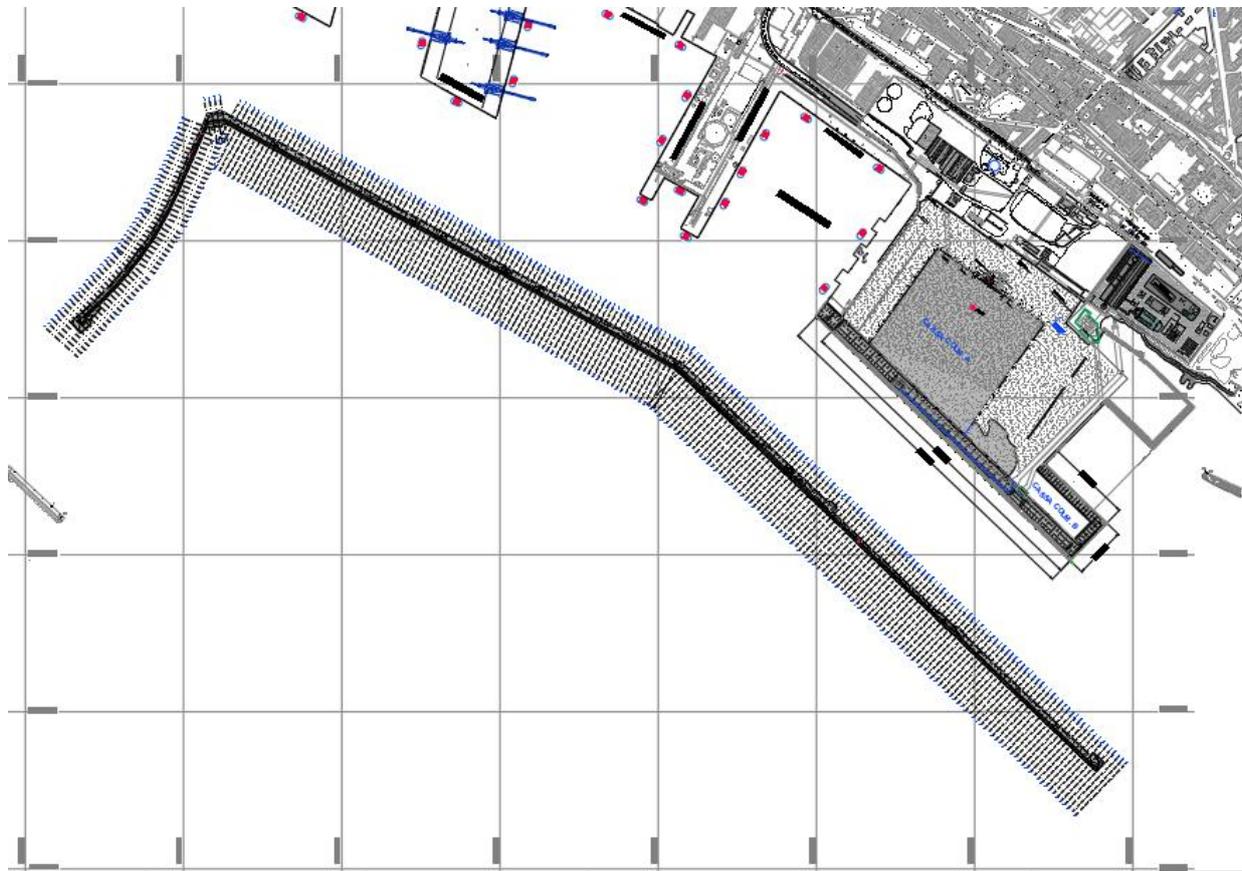


FIGURA 2 - INQUADRAMENTO ANTEMURALE THAON DE REVEL E DIGA FORANEA DUCA D'AOSTA

2.2 Storia della costruzione della diga foranea

La diga foranea Thaon de Revel (più comunemente denominata Antemurale) venne progettata ed eseguita sul finire dell'800; essa faceva parte di un più ampio progetto di infrastrutture marittime ortogonali alla linea di costa a protezione dell'avamposto dallo scirocco e da mezzogiorno. Tale diga, ad andamento curvilineo, si sviluppa in direzione ortogonale alla linea di costa per circa 500 m (da prog. 40.00 a prog. 535.78) ed è caratterizzata da una struttura realizzata a massi di calcestruczo ciclopico sovrapposto, fondata su uno scanno di imbasamento posto a circa -7.50 m dal l.m.m. e sormontata da un muro paraonde in cls (estradosso sovrastruttura a circa +6.00 m s.l.m.m.), così come illustrato nella sezione tipologica rappresentata nella figura seguente.

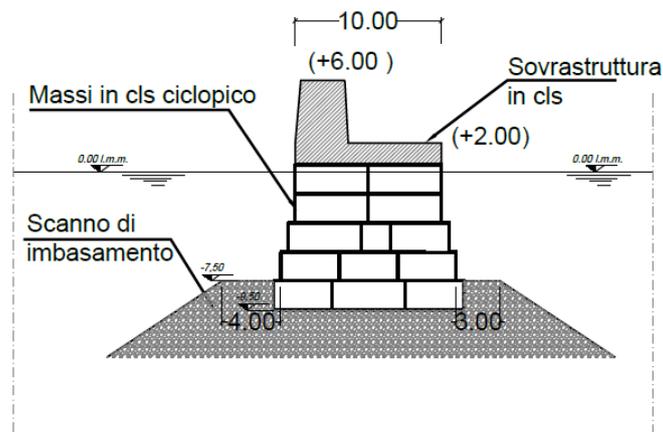


FIGURA 3 - SEZIONE TIPOLOGICA DIGA THAON DE REVEL

L'idea di completare una diga foranea in direzione ortogonale alla linea di costa venne successivamente superata agli inizi del '900 in considerazione della necessità di espandere il porto di Napoli verso est, prevedendo la realizzazione di una diga foranea parallela alla linea di costa a protezione dell'avamposto.

Nacque così il progetto di costruzione della diga foranea Duca d'Aosta.

Il primo tratto di larghezza di circa 18.0m, che forma l'opera di primo impianto della diga, venne progettato a difesa della bocca del porto di Napoli dall'Ufficio del Genio Civile di Napoli nel 1919 e venne completato nel 1926; si sviluppa per una lunghezza complessiva 1000 m circa (da prog. 535.78 a prog. 1525.9 a partire dall'estremità che forma un angolo con l'Antemurale Thaon de Revel. Esso è costituito da una struttura a pareti verticali con piloni ciascuno composti da una serie di massi cellulari sovrapposti, formati con calcestruzzo di pietrisco calcareo e malta di calce grassa e pozzolana di Bacoli; l'imbasamento è costituito da una scogliera in massi naturali, rasata a quota variabile da (-15,00) m a (-10,70) m dal l.m.m. e con massi guardiani posti al piede della struttura; la sovrastruttura è costituita da un massiccio di sovraccarico e muro paraonde con sommità a quota variabile mediamente pari a circa + 6.00 sul l.m.m.

Nelle figure seguenti si riportano le due sezioni tipologiche che caratterizzano l'opera di primo impianto della diga foranea Duca d'Aosta.

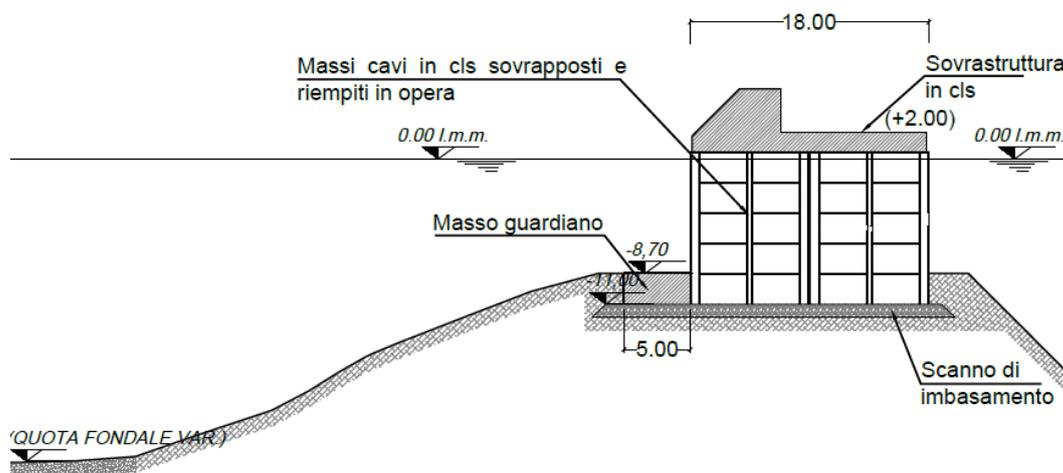
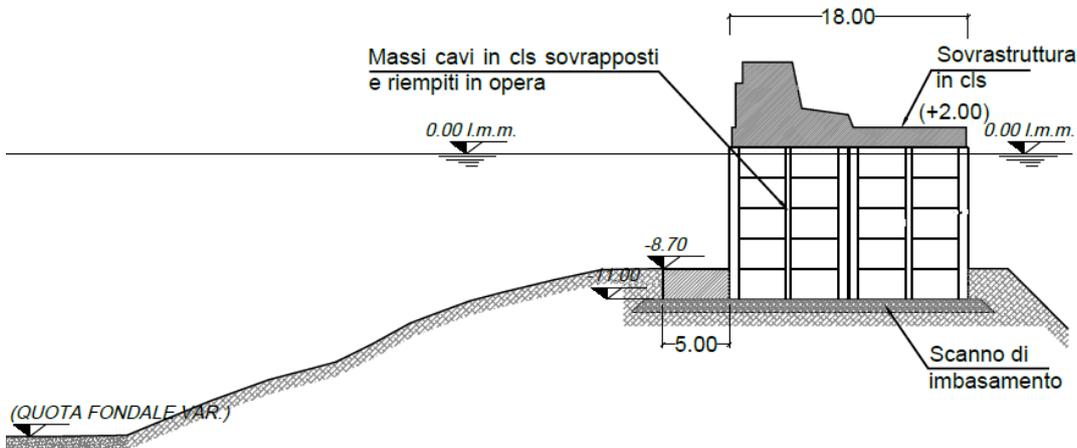


FIGURA 4 - SEZIONE TIPO DIGA DUCA D'AOSTA DA PROG. 535.78 A PROG. 1526.84

Nel corso del XX secolo venne realizzato un primo prolungamento (secondo tratto) della diga Duca d'Aosta, per una lunghezza pari a circa 700 m, dalla progr. 1526,84 m alla progr. 1925.47 m



DIGA DUCA D'AOSTA DA PROG. 1526.84 A PROG. 1925.47

FIGURA 5 - SEZIONE TIPO

Un ulteriore prolungamento (terzo tratto) di larghezza più ridotta (11.50 m) e di più recente realizzazione, venne realizzato negli anni '60 del secolo scorso tra le progr. 1925.47 fino all'attuale testata della diga a progr. 2630. Tale parte d'opera è costituita da cassoni cellulari prefabbricati in c.a. di lunghezza pari a circa 22,00 m, la cui sezione tipologica trasversale è di seguito riportata.

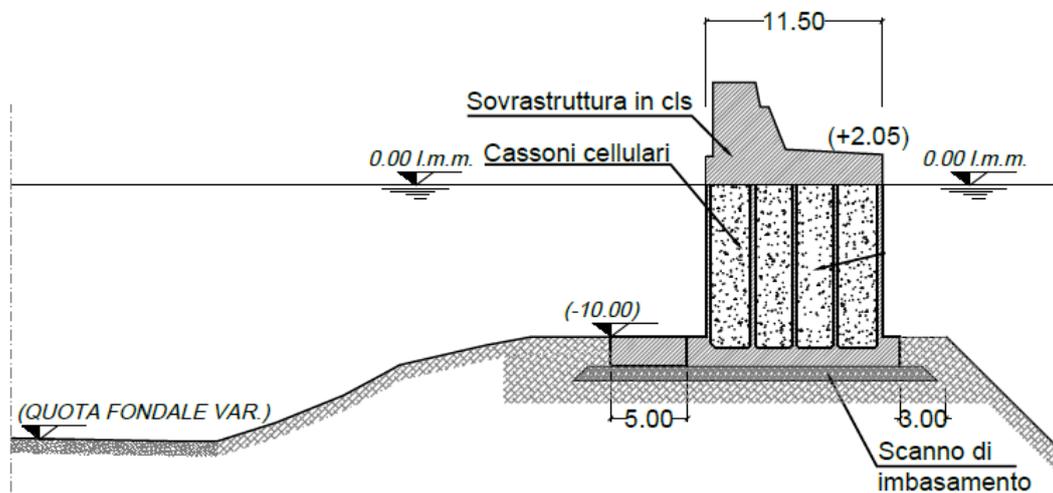


FIGURA 6 - SEZIONE TIPO DIGA DUCA D'AOSTA DA PROG. 1925.47 A PROG. 2630

2.3 Descrizione dello stato dei luoghi

L'opera foranea all'attualità si sviluppa per una lunghezza complessiva di 2590 m, di cui circa 535,7 m rappresentano lo sviluppo dell'antemurale Thaon de Revel (Vertici V.0-V.1) che presenta una configurazione curvilinea e 2090 m rappresentano lo sviluppo complessivo della Diga Duca degli Abruzzi che a sua volta si suddivide in un primo tratto (V.1-V.2) di lunghezza 991 m tra le progr 535,78 e 1526,84 ed un secondo tratto (V. 2 - V. 3) di lunghezza pari a 1.103 m tra le prog. 1526,84 e 2630,0 m.

In particolare, come rappresentato dagli elaborati grafici di progetto, lungo l'intero sviluppo della Diga foranea e dell'antemurale Thaon de Revel sono riconoscibili 4 distinte sezioni tipologiche

ID SEZIONE	DA PROG.	A PROG.
	m	m
Sezione Tipo 1	40.00 (V0)	535.78 (V1)
Sezione Tipo 2	535.78 (V1)	1526.84 (V2)
Sezione Tipo 3	1526.84 (V2)	1925.47 (V3)
Sezione Tipo 4	1925.47 (V3)	2630.00 (V4)

FIGURA 7 - RIEPILOGO SVILUPPO SEZIONI TIPOLOGICHE

La **sezione tipologia 1** (prog 40,0-500,0 – L= 460 m) è riferibile all'impianto dell'antemurale Thaon de Revel, a pianta curvilinea, ed è formata da massi in cls ciclopico imbasati ad una quota di circa -6.0 m dal lmm su uno scanno di imbasamento che si attesta su un fondale posto a circa -20 m dal lmm

La larghezza della diga risulta pari a circa 10.0 m con una quota del masso di coronamento pari a circa +1.80 m che si rialza a quota +3.0 m sul lato esterno imboccatura

La quota sommitale del muro paraonde varia tra +3.30 m a +4.70 m sul lmm

La **sezione tipologia 2** (prog 540,0 –1520,0 - L= 980 m) è riferibile al primo impianto della Diga foranea Emanuele Filiberto Duca d'Aosta, a pianta rettilinea, ed è formata da una struttura a massi cellulari in calcestruzzo cavi ed affiancati riempiti in cls ciclopico, imbasati ad una quota variabile da -6.0 m (lato antemurale) a -12.0 m dal lmm su uno scanno di imbasamento che si attesta su un fondale posto a circa -20 m dal lmm

La larghezza della diga risulta pari a circa 18.0 m con una quota del masso di coronamento pari a circa +1.30 m mentre la quota sommitale del muro paraonde a forma trapezoidale è pari a circa +5.70 m sul lmm. In pianta tale tratto presenta alla progr. 1526.80 m un punto di discontinuità della direzione della diga per assecondare l'impianto planimetrico del porto.

La **sezione tipologia 3** (prog 1530,0 – 1920,0 - L= 390 m) è riferibile al secondo impianto della Diga foranea Duca d'Aosta, a pianta rettilinea, ed è formata da una struttura a massi cellulari cavi in calcestruzzo riempiti in opera con cls ciclopico, imbasati ad una quota pari a circa a -11.70 m dal lmm su uno scanno di imbasamento che si attesta su un fondale posto a circa -17/-20 m dal lmm

La larghezza della diga conserva la dimensione del tratto precedente (18 m) con una quota del masso di coronamento pari a circa +1.30 m ed un muro paraonde a parete verticale con quota sommitale pari a circa +5.90 m sul lmm

La **sezione tipologia 4** (prog 1920,0 – 2630,0 - L= 710 m) è riferibile al più recente prolungamento della Diga foranea Duca d'Aosta, ancora a pianta rettilinea e sul medesimo allineamento, ed è formata da una struttura a cassoni cellulari prefabbricati riempiti in opera con materiale arido, imbasati ad una quota pari a circa a -



14.70 m dal lmm su uno scanno di imbasamento che si attesta su un fondale posto a circa -17/-18m dal lmm

La larghezza della diga riduce a circa 11/14 m la larghezza rispetto al tratto precedente (18 m) e si amplia in testata ad una larghezza di 22.20 m con una quota del masso di coronamento pari a circa +2.00 m ed un muro paraonde a parete verticale con quota sommitale pari a circa +6.0 m sul lmm

Per la definizione dello stato dei luoghi sono state tracciate 267 sezioni trasversali ad interasse di 10 m, secondo la seguente tabella:

E' stata anche rilevata la posizione delle 101 bitte d'ormeggio presenti sul banchinamento interno che sono georeferenziate nella tabella che segue.

DA		A		Lungh	descrizione
sez	prog	sez	prog		
#	m	#	m	m	
1	0,00	4	40,00	40,00	conoide testata Thaon de Revel
5	40,00	51	500,00	460,00	corpo diga Thaon de Revel
52	510,00	55	540,00	30,00	raccordo tra antemurale Thaon de Revel e Diga Dica Abruzzi
56	550,00	153	1520,00	970,00	corpo Diga Duca degli Abruzzi fino a vertice
			1526,80	6,80	vertice di cambio direzione diga
154	1530,00	193	1920,00	390,00	corpo Diga Duca degli Abruzzi fino a vecchia testata
194	1930,00	264	2630,00	700,00	corpo Diga Duca degli Abruzzi da vecchia testata ad attuale testata
265	2640,00	267	2659,00	19,00	conoide testata Diga Duca degli Abruzzi



RELAZIONE GENERALE

Bitta	prog (m)								
B01	2 617,12	B21	2 055,54	B41	1 543,82	B61	1 075,86	B81	618,63
B02	2 597,20	B22	2 029,14	B42	1 525,30	B62	1 055,46	B82	575,61
B03	2 572,20	B23	2 002,99	B43	1 496,71	B63	1 036,58	B83	555,72
B04	2 547,71	B24	1 974,54	B44	1 479,70	B64	1 003,83	B84	535,60
B05	2 522,59	B25	1 950,83	B45	1 456,11	B65	975,73	B85	525,57
B06	2 497,86	B26	1 905,97	B46	1 436,11	B66	955,93	B86	524,78
B07	2 472,87	B27	1 865,40	B47	1 419,50	B67	934,83	B87	515,87
B08	2 446,50	B28	1 843,51	B48	1 399,75	B68	898,87	B88	488,30
B09	2 419,49	B29	1 823,55	B49	1 376,03	B69	875,87	B89	466,99
B10	2 394,30	B30	1 783,01	B50	1 356,06	B70	855,66	B90	435,59
B11	2 369,47	B31	1 763,34	B51	1 336,39	B71	835,58	B91	403,64
B12	2 344,41	B32	1 743,47	B52	1 296,27	B72	812,42	B92	375,17
B13	2 319,38	B33	1 723,42	B53	1 276,39	B73	794,66	B93	348,27
B14	2 294,50	B34	1 703,80	B54	1 256,06	B74	776,09	B94	324,00
B15	2 252,24	B35	1 683,72	B55	1 236,01	B75	756,19	B95	294,92
B16	2 186,09	B36	1 643,68	B56	1 212,99	B76	723,50	B96	266,79
B17	2 159,53	B37	1 623,42	B57	1 197,11	B77	708,51	B97	243,49
B18	2 132,76	B38	1 603,54	B58	1 176,63	B78	692,31	B98	181,17
B19	2 107,59	B39	1 583,56	B59	1 155,88	B79	674,90	B99	129,15
B20	2 081,78	B40	1 563,48	B60	1 095,95	B80	646,72	B100	94,40
								B101	49,08

	DA		A		Lunghez a tratto	Sezione tipologica	Quota fondale naturale s.l.m.m.	Quota imbasamento s.l.m.m.	Quota muro paraonde s.l.m.m.	Quota piano banchina s.l.m.m.	Larghezza diga	Descrizione
	sez	prog	sez	prog								
	#	m	#	m								
ANTEMURALE THAON DE REVEL	1	0,00	5	40,00	40,00	-	-24,00	-	-	-	-	Conoide testata imbasamento Thaon de Revel
	5	40,00	51	500,00	460,00	Sezione Tipo 1 Massi in cls ciclopico con muro paraonde verticale in cls	var. -24.00/-20.00	-6,00	var. +3.30/+4.70	+1.80 (media)	10,00	Corpo antemurale Thaon de Revel
raccordo	51	500,00	55	540,00	40,00	-	-20,00	var. -6.00/-12.00	+4.90/+5.90	+1.60 lato porto +3.00 lato mare	var. 24.00/28.00	Raccordo tra antemurale Thaon de Revel e Diga Duca d'Aosta
DIGA FORANEA EMANUELE FILIBERTO DUCA D'AOSTA	55	540,00	153	1520,00	980,00	Sezione Tipo 2 Massi cellulari cavi riempiti in opera con muro paraonde di forma trapezoidale in cls	var. -18.50/-22.00	-12,00	+5.7 (media)	+1.30 (media)	18,00	Corpo Diga Duca d'Aosta fino a vertice
	1526,80				-	-	-21,00	-12,00	+6,00	+1,30	18,00	Vertice di cambio direzione diga
	154	1530,00	193	1920,00	390,00	Sezione Tipo 3 Massi cellulari cavi riempiti in opera con muro paraonde verticale in cls	var. -20.00/-17.00	-11,70	+5.90 (media)	+1.30 (media)	18,00	Corpo diga Duca d'Aosta fino a vecchia testata
	193	1920,00	264	2630,00	710,00	Sezione Tipo 4 Cassoni cellulari prefabbricati in c.a. riempiti in opera con muro paraonde verticale in cls	var. -18.00/-17.00	-14,70	+6.00 (media)	+2.00 (media)	var. 11.00/14.00 22.20 in testata	Corpo diga Duca d'Aosta da vecchia testata ad attuale testata
	264	2630,00	267	2659,00	29,00	-	-17,00	-	-	-	-	Conoide testata imbasamento diga Duca d'Aosta



2.4 Stato di conservazione dell'infrastruttura

La diga foranea e l'antemurale, pur non manifestando nel complesso fenomeni di instabilità globale, presentano - in generale - problematiche di diffuso degrado dipendenti dalla vetustà dei materiali e alla costante esposizione dell'opera ai cloruri e alle azioni del moto ondoso in relazione all'esposizione del paraggio.

L'opera, realizzata progressivamente in più epoche e con differenti tecnologie e tipologie costruttive, ha subito nel tempo numerosi interventi di ripristino locale ma non è mai stato eseguito un intervento organico in grado di poter mitigare gli effetti combinati del progressivo degrado dei materiali strutturali e dell'azione del moto ondoso.

In molti casi, come meglio evidenziato nelle immagini di seguito riportate, si evidenziano dissesti generalizzati dei massi di carico dei cassoni, dei coronamenti in pietra lavica sul fronte banchina e di alcuni tratti del muro paraonde.





FIGURA 8 – DISSESTI GENERICI NELLE SOLETTE DI SOVRASTRUTTURA, NEI CORONAMENTI, NEI MURI PARAONDE

Inoltre, proprio in occasione di eventi meteo-marini estremi, si sono prodotti dei dissesti tutt'oggi ben evidenti, per i quali sono peraltro previsti appositi interventi di ripristino e recupero. Come di seguito illustrato, i dissesti principali sono stati censiti in modo tale da individuarne chiaramente i limiti di estensione.

Il primo importante dissesto, posizionato tra le progressive 0+888 – 0+920, interessa il muro paraonde con una significativa porzione sommitale asportata dal moto ondoso, con alcuni blocchi residui ancora evidenti.



FIGURA 9 – DISSESTO TRA LE PROGRESSIVE 0+888 – 0+920

A seguire, tra le progressive 1+133 / 1+169 il muro paraonde presenta due ampie cavità, separate da un pilastro murario rimasto ancora intatto a collegamento tra platea della sovrastruttura ed un cordolo sommitale in c.a., evidentemente realizzato successivamente a ripristino delle quote murarie.



FIGURA 10 – DISSESTO TRA LE PROGRESSIVE 1+133 – 1+169

In tal caso, anche la sovrastruttura risulta danneggiata, tanto da risultare ben visibili i setti di separazione tra le celle interne dei cassoni di protezione.

Un terzo dissesto rilevante è posizionato tra le progressive 1+570 e 1+595, ed interessa la platea di sovrastruttura dei cassoni, sostanzialmente “demolita” dalle azioni ondose come rappresentato nell’immagine successiva. Il tratto di muro paraonde corrispondente risulta così sorreggersi “a sbalzo” grazie all’ingranamento con i tratti di muro adiacenti.



FIGURA 11 – DISSESTO TRA LE PROGRESSIVE 1+570 – 1+595

Infine, è presente un quarto tratto tra le progressive 1+644 e 1+682 in cui, in modo analogo al secondo dissesto, l’apertura di una breccia nel muro paraonde ne pregiudica la stabilità e la funzionalità. Anche in questo caso, nonostante la minore entità dei problemi rilevati, oltre al muro anche la platea della sovrastruttura dei cassoni risulta localmente compromessa.



FIGURA 12 – DISSESTO TRA LE PROGRESSIVE 1+644 – 1+682

Per pronto riscontro con gli elaborati di rilievo e progetto le sezioni che manifestano un livello di criticità “alto” sono riportate nella seguente tabella:

ID	Rif. punto ispezione rilievo terrestre e subacqueo	Sezione tipologica	Intervallo vertici	da prog.	a prog.	Lung.	Nota	Livello criticità
				m	m	m		
15	Punto 7-7bis	Tipo 2	V7-V8	1140	1160	20	Formazione di due ampi varchi nel muro paraonde; collasso cassone e sovrastruttura; il danno si estende per circa 12 m	ALTO
21	Punto 3-6B	Tipo 3	V8-V9	1580	1605	25	Concio muro paraonde in c.a. sospeso con crollo parziale del cassone; varco apertura della diga per una lunghezza pari a circa 25 m; collasso parziale della sovrastruttura dei cassoni	ALTO
22	Punto 4-6	Tipo 3	V8-V9	1640	1665	25	Concio muro paraonde in c.a. sospeso con crollo parziale del cassone; varco apertura della diga per una lunghezza pari a circa 13.00 m; collasso parziale della sovrastruttura dei cassoni	ALTO

Nel documento PRG-T25-0 “ Atlante fotografico referenziato del paramento interno della diga Duca d’Aosta e dell’Antemurale Thaon de Revel - interventi di manutenzione e ripristino” è raffigurata la ricostruzione delle condizioni del paramento interno della Diga e del muro paraonde.

3 DEFINIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE E OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

La Diga foranea Duca d'Aosta rappresenta una **infrastruttura strategica per** la protezione del bacino portuale dal moto ondoso e per la funzionalità dell'intero scalo marittimo; nonostante la vetustà dell'impianto strutturale, a seguito di dettagliate analisi non si è ritenuto sostenibile un intervento diverso da quello di realizzare opere in grado di mitigare l'azione del moto ondoso, intervenendo solo localmente per interventi di ripristino delle sezioni o delle parti particolarmente ammalorate.

I venti dominanti, durante tutto l'anno, sono quelli del III quadrante, con prevalenza del Libeccio, che è il vento di traversia e che produce forte risacca in porto; nei mesi di gennaio e dicembre sono frequenti i venti del I e del IV quadrante. Il settore di traversia principale comprende, oltre al Libeccio, anche il Mezzogiorno. Questi venti penetrano nel Golfo attraverso il braccio di mare compreso tra le Isole di Capri e d'Ischia. La traversia secondaria, invece, comprende i venti del II quadrante (Scirocco) ed esplica la sua azione con il moto ondoso che entra nel Golfo attraverso le bocche di Capri, al quale si aggiunge anche quello provocato dai venti dello stesso quadrante all'interno del Golfo.

I venti da Scirocco o Libeccio generano la corrente di Ponente che, dalla bocca piccola di Capri, percorre la penisola Sorrentina, lambisce le opere foranee del porto, la costa di Posillipo ed esce dal canale di Procida. Con lo stabilirsi di questa corrente il livello delle acque in porto subisce un modesto incremento (storm surge). Con i venti da terra, invece, si forma la corrente di Levante che ha un effetto contrario rispetto all'altra (decremento dei livelli).

L'esposizione del paraggio e la tipologia di opera non ha consentito di valutare come possibile la messa in galleggiamento e la sostituzione dell'impianto della diga nelle parti già compromesse ovvero ad elevata vulnerabilità.

La diga ha subito nel corso degli anni rilevanti danni in parte riparati con interventi localizzati prevalentemente eseguiti dal Ministero delle Infrastrutture – Provveditorato interregionale OO.PP. della Campania e Molise.

Come si rileva dalle documentazioni disponibili presso l'Autorità di Sistema Portuale, importanti dissesti si verificarono nei giorni dal 10 al 15 gennaio 1987, allorché il basso Tirreno fu interessato da mareggiate di eccezionale intensità che provocarono danni rilevantissimi alle opere portuali arrecando danni di particolare gravità alla Diga Duca d'Aosta con una notevolissima riduzione della capacità difensiva della struttura con conseguente pregiudizio per la sicurezza degli specchi acquei portuali e l'agibilità delle banchine portuali dello scalo marittimo. Le mareggiate del dicembre 1999 comportarono ulteriori notevoli danni alla sovrastruttura dell'opera di difesa foranea, anche se di entità e distribuzione meno rilevanti delle mareggiate precedenti. In ultimo gli eventi meteomarini del 28 e 29 dicembre 2020 hanno determinato ulteriori ingenti danni tra cui la formazione di due ampie cavità, quasi contigue, nel muro paraonde in prossimità della progressiva posta all'altezza del terminal contenitori al molo Bausan.

Il Provveditorato alle OO.PP. della Campania, con finanziamenti a carico della Presidenza del Consiglio - Dipartimento della Protezione Civile, programmò ed eseguì i "Lavori di somma urgenza per la riparazione delle dighe Duca D'Aosta e Thaon de Revel danneggiate dalle mareggiate del gennaio '87", per un importo complessivo di Lire 11.750.000.000 (Euro 6.068.368,56) ed, in fase successiva, i lavori per riparazione dei danni del dicembre '99, dell'importo complessivo di Lire 2.600.000.000 (Euro 1.342.787,94).

In dipendenza dei vari danni verificatisi nel corso degli anni la Capitaneria di Porto di Napoli ebbe a segnalare, in più occasioni, le condizioni di precarietà della diga ed il possibile pregiudizio per l'agibilità degli specchi acquei protetti in conseguenza di eventi meteomarini eccezionali.



Già nel 1999, a seguito delle segnalazioni pervenute dalla Capitaneria di Porto con note n°7813 del 16.12.1999, n° 8015 del 24.12.1999, n° 8107 del 29.12.1999 e dalla Prefettura di Napoli con nota n° 8405/B/13D/PC del 03.01.2000 l'Autorità Portuale di Napoli affidò al Provveditorato alle OO.PP. della Campania l'elaborazione di un progetto degli interventi di rafforzamento della Diga Duca d'Aosta.

Un primo progetto generale per il rafforzamento della Diga Duca d'Aosta venne elaborato nell'anno 1993 dal Provveditorato OO.PP. Campania; esso prevedeva, per l'importo complessivo di L. 56.000.000.000 (€ 28.921.586,35), la realizzazione di una scogliera esterna alla diga Duca d'Aosta, dall'angolo che essa forma con la diga Thaon de Revel fino al tratto di più recente costruzione, ovvero per la parte dell'opera che risultò, sia dalla ispezioni sopralluogo sia per le valutazioni tecniche sulla profondità dell'imbasamento e sulle caratteristiche dell'onda incidente, la più critica.

Il progetto del 1993 venne esaminato dalla III^a Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che nella seduta del 19.5.1993 espresse parere con voto n° 140, formulando le seguenti considerazioni:

- le risultanze, delle prove su modello fisico ridotto eseguite dal laboratorio di DELFT-Olanda (allegato A di progetto) risultano riferite ai lavori di prolungamento della diga Duca degli Abruzzi, e non al progetto di rafforzamento della diga Duca D'Aosta ora all'esame della Sezione;
- l'altezza d'onda di progetto ($H = 6,00$ m) assunta a base delle prove su quest'ultimo modello risulta essere stata incrementata fino al valore massimo di 7,60 m. ed assunta tale per il dimensionamento dell'opera a gettata da realizzare, per tutta la sua estensione, senza una adeguata giustificazione (studio meteomarinario del paraggio)
- non risulta documentato quale sia la distribuzione delle onde significative lungo l'intero sviluppo della diga, ivi compreso il tratto denominato Thaon de Revel, sia nell'attuale configurazione del molo Duca degli Abruzzi sia dopo il prolungamento previsto dal Piano Regolatore attuale;
- il criterio "tracimazione nulla" adottato per la individuazione della geometria della scogliera proposta appare eccessivamente severo, tenuto conto che l'antemurale da rafforzare è privo di banchine operative sul lato interno;
- la individuazione di un limite superiore di tracimabilità ammissibile e compatibile con l'esercizio degli sporgenti e delle calate di riva ridossate può comportare un contenimento della quota di sommità dell'opera a scogliera e, quindi, della geometria dell'opera con conseguente riduzione dei costi;

Il Consiglio Superiore, in relazione alle considerazioni che precedono ed all'elevato investimento che l'opera proposta comportava (circa 56 miliardi) ritenne opportuno richiedere al Provveditorato OO.PP. un affinamento progettuale da condurre anche ricorrendo a modelli bidimensionali e tridimensionali in grado di portare in conto anche gli effetti della antistante diga Duca degli Abruzzi e del suo prolungamento previsto dal Piano Regolatore Portuale.

Sulla scorta del parere espresso con voto 140/1993 vennero eseguite ulteriori rilievi (subacquei e terrestri), indagini geotecniche ed ambientali e nel 2002 venne eseguito uno studio su modello fisico bidimensionale da ENEL-HYDRO.

Il progetto definitivo, opportunamente rielaborato, venne nuovamente sottoposto all'esame del Consiglio Superiore dei LL.PP. che si espresse con voto 401/2002 del 7/3/2003. In particolare il Consiglio, valutati gli approfondimenti tecnici e progettuali, ebbe ad esprimere una piena condivisione sulla soluzione progettuale proposta restituendo tuttavia il progetto al Provveditorato OO.PP. con richiesta di perfezionamento di alcuni atti formali ed amministrativi. Nel corpo del parere si rilevano le seguenti osservazioni:



Il progetto elaborato dal Provveditorato OO.PP. prevedeva un intervento di trasformazione dell'attuale tipologia di opera a parete verticale in opera di tipo "misto" mediante la realizzazione, sul fronte lato mare, di una scogliera rivestita da una mantellata in tetrapodi in doppio strato, di dimensioni adeguate per assicurare la stabilità idraulica della mantellata medesima. Su tale soluzione il parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non sollevava osservazioni di sorta sulla tipologia di intervento ma formulava indirizzi per una potenziale ottimizzazione tecnico- economica dell'opera.

Le opere, tuttavia, non vennero mai realizzate in quanto i fondi stanziati non risultarono più disponibili.

Nel 2022 l'Autorità di Sistema Portuale, avendo ottenuto i finanziamenti sui fondi complementari del PNRR, ha incaricato il RTP Modimar srl (mandataria), SISPI srl , VAMS srl, VDP srl , REACT srl, GIA Consulting srl (mandanti) di adeguare ed aggiornare il progetto già esaminato e valutato favorevolmente dal Consiglio Superiore dei LL.PP., sul quale erano già state effettuate prove su modello fisico.

Tale soluzione progettuale ha escluso, come suggerito dal Consiglio Superiore dei LLPP, la formazione di nuovi cassoni cellulari esterni alla diga posti a confinamento dell'opera a gettata e ha recepito le ulteriori indicazioni in termini di approfondimento delle azioni indotte dal moto ondoso.

Inoltre nel corso delle attività di progettazione definitiva, come rilevabile dalla documentazione progettuale posta a base di appalto, in via preliminare è stata esplorata una soluzione alternativa, ovvero di un'opera a gettata con berma soffolta.

Tale soluzione, tuttavia, se da un lato migliorava notevolmente l'impatto del moto ondoso sul corpo di cassoni, dall'altro aumentava notevolmente il quadro sollecitativo derivante dall'azione impulsiva delle onde sul muro paraonde, richiedendo ingenti ed improponibili investimenti per il rafforzamento interno dell'intera struttura.

A seguito di tale verifica si è optato per ripristinare la sezione dell'opera a gettata fino alla quota sommitale della testa del muro paraonde.

Pertanto il progetto definitivo, validato dal RUP ai sensi dell'art. 26 del D.Lgs 50/2016 con verbale del 28/12/2023 ed approvato con Delibera dell'AdSP n. 322 emessa in pari data, consegue l'obiettivo di rafforzare e mettere in sicurezza la diga esistente senza pregiudicare, anche nel corso dei lavori, l'operatività e la funzionalità del porto, adottando una soluzione progettuale analoga a quella già esaminata e valutata favorevolmente, sotto il profilo tecnico, dal Consiglio Superiore dei LL.PP.

Il progetto esecutivo, di cui la presente relazione generale è parte integrante, viene elaborato in piena conformità a quanto previsto dal progetto definitivo a base appalto dettagliando gli elaborati in funzione del più avanzato livello progettuale ed integrando la proposta tecnica formulata dall'Appaltatore in fase di gara ed alle prescrizioni/osservazioni rese dalla Sottocommissione VIA e del Ministero della Cultura nell'ambito dell'emissione del Decreto di Compatibilità ambientale n. 721 del 27/12/2023.

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED URBANISTICO

L'area di intervento si colloca all'interno del golfo naturale del Porto di Napoli che si affaccia sul Mar Tirreno.

Nell'ansa più settentrionale del golfo di Napoli è situato il porto la cui estensione è di circa 1.426.000 m² con una superficie di specchio acqueo di 2.660.000 m². È delimitato a ponente dall'antico Molo San Vincenzo, posto a difesa del porto, e a levante dalla diga foranea Emanuele Filiberto duca d'Aosta.

Il porto è uno scalo polifunzionale che si estende su una superficie di 1,3 km² e che conta 70 ormeggi.

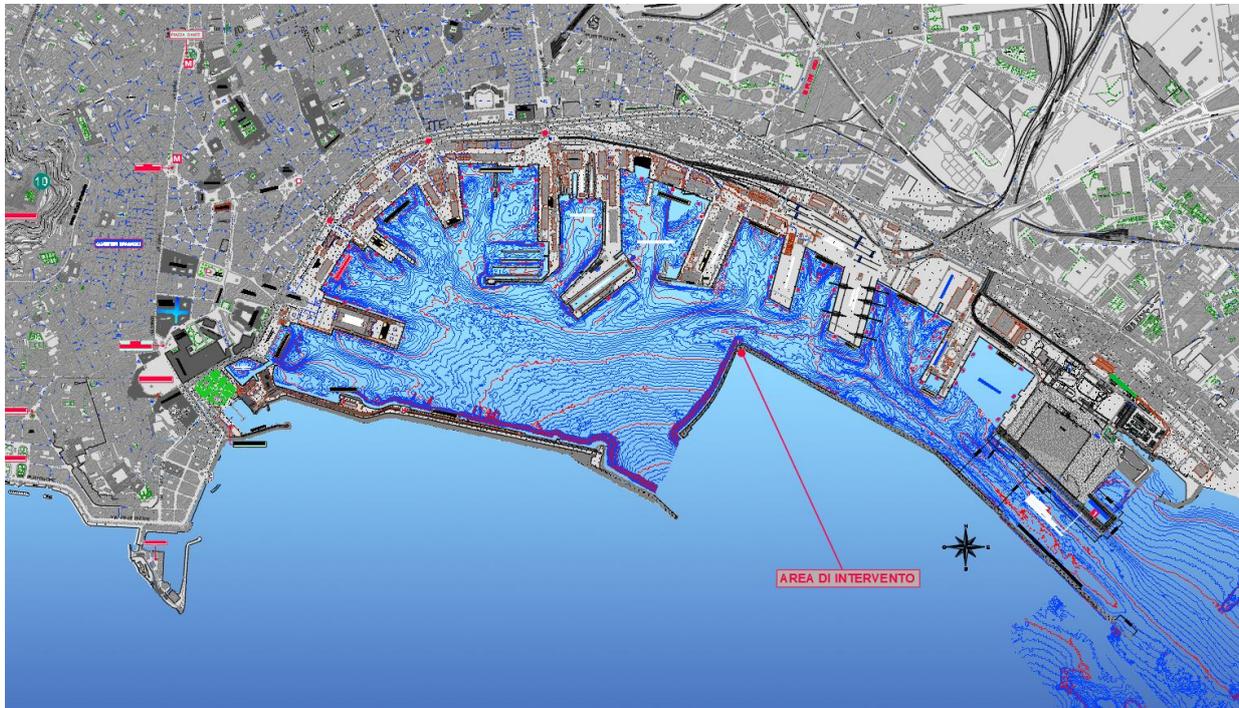


FIGURA 13 - INQUADRAMENTO GENERALE DELLE AREE DI INTERVENTO

All'interno dell'area portuale sono disposte n° 10 darsene, delimitate da moli e da calate, con quote di imbasamento variabili tra -9 e -11 m dal l.m.m.

Lo specchio acqueo interno al porto di Napoli è protetto dall'azione del moto ondoso da un sistema di opere di difesa, che da ponente verso levante si articola nelle strutture del Molo S. Vincenzo, della Diga Duca degli Abruzzi, dell'Antemurale Thaon de Revel e della Diga Foranea Emanuele Filiberto Duca.

Il vigente Piano Regolatore Portuale (PRP) del Porto di Napoli venne approvato con D.M. n. 2478 del 22.04.1958 e le successive modifiche furono approvate con D.M. n. 4816 del 2.02.1976, D.M. n. 2388 del 4.06.1976, D.M. n. 1643 del 21.06.1979 e D.M. n. 3409 del 8.11.1982.

A norma dell'art.5 della L.84/94, non essendo intervenute nel frattempo ulteriori definitive approvazioni di un nuovo PRP, il Piano Regolatore Portuale del 1958, con le modifiche introdotte da decreti ministeriali sopra richiamati, dall'Accordo di programma del dicembre 2000 e dai successivi Adeguamento Tecnico Funzionali approvati (Prolungamento molo Bausan, prolungamento molo Flavio Gioia, Prolungamento molo Immacolatella Vecchia, Tombamento ex Alveo Pollena, Adeguamento bacini di Carenaggio, costruzione nuova Stazione Marittima al molo Beverello), è tutt'ora vigente.

Con riferimento alla diga foranea Duca d'Aosta, il PRP vigente non modifica l'assetto della diga ma ne contempla un prolungamento a levante di ulteriori 1308,7 m unitamente alla possibilità di eseguire nuovi moli a pettine a ridosso del litorale di San Giovanni a Teduccio.

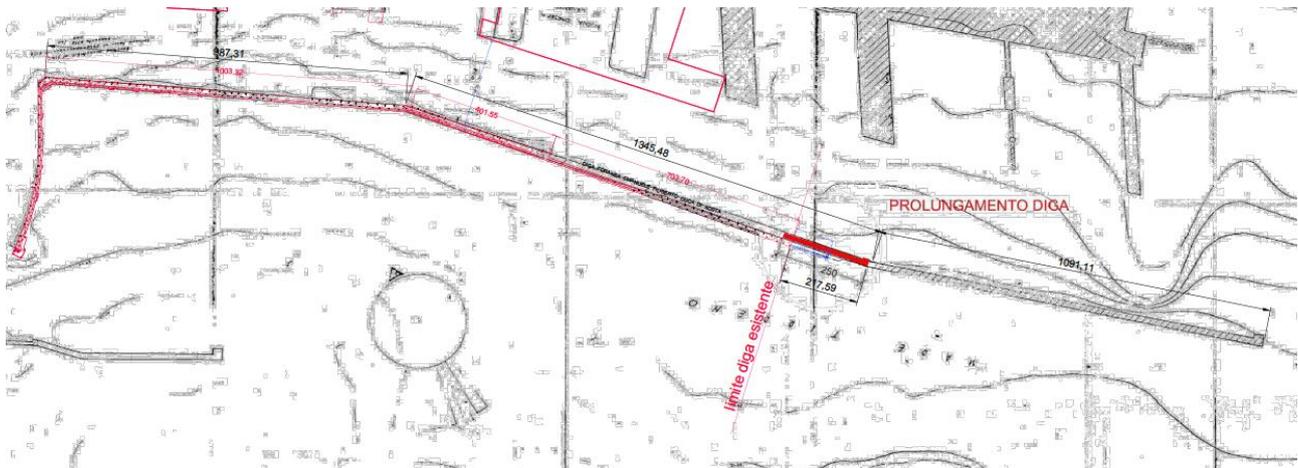


FIGURA 14 - STRALCIO DEL VIGENTE PIANO REGOLATORE DEL PORTO DI NAPOLI (1958)

Con l'Accordo di programma sottoscritto in data 23 dicembre 2000 ex art 34 del TU 267 del 18/08/2000 tra Regione Campania, Comune di Napoli, Autorità Portuale di Napoli, Capitaneria di Porto di Napoli, Università Federico II di Napoli, Ministero dei Trasporti e Ministero dei Lavori Pubblici venne modificato il vigente PRP del porto di Napoli con la previsione di una cassa di colmata nella parte orientale del Porto di Napoli tra il molo Progresso ed il Molo di Levante da destinare a terminal contenitori, nonché con l'asservimento di alcune aree del demanio marittimo (originariamente in concessione alla CIRIO), alla Tirreno Power e ad altre società. Inoltre l'Accordo di Programma ha definito a levante del porto di Napoli, a ridosso della nuova colmata, la perimetrazione di uno specchio acqueo da destinare a porto turistico.

Il suddetto Accordo di Programma è stato preceduto da una Conferenza dei servizi convocata con note 3282 del 29/11/2000 e 5616 del 7/12/2000 e nelle due sedute del 15/12/2000 e 20/12/2000 gli Enti convocati (Regione, Comune, Autorità Portuale di Napoli, Capitaneria di Porto, Soprintendenza BAA, Ministeri dei Trasporti e LL.PP.) hanno definito all'unanimità che sussistevano tutte le condizioni per poter procedere alla definizione di un accordo di programma ex art 34 del TU 267 del 18/08/2000

Con Decreto del Presidente della Giunta Regionale della Campania del 1 marzo 2001, n. 325 l'Accordo di Programma del 23/12/2000 è stato definitivamente approvato e successivamente con decreto del Presidente della Giunta regionale della Campania n. 323 dell'11 giugno 2004 è stata approvata la "Variante al piano regolatore generale centro storico, zona orientale, zona nord-occidentale" del Comune di Napoli che recepisce i contenuti del suddetto Accordo di Programma (Cfr art 29 e 34 delle Norme Tecniche di Attuazione)

Sulla base di tale programmazione l'Autorità Portuale di Napoli, oggi Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Centrale, ha sviluppato notevoli investimenti con risorse pubbliche per circa 200 milioni di euro, per realizzare la colmata di levante da destinare a Terminal Contenitori.

Tale colmata ha acquistato i seguenti pareri da Enti terzi di cui si richiamano i più significativi:

- Voto Consiglio Superiore dei LL.PP. n. 155 del 17/11/2005 – approvazione progetto definitivo della darsena di levante
- Decreto interministeriale Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) di concerto con Ministero della Salute e Ministero delle Attività Produttive del 21/12/2005;
- Decreto VIA n. 5 del 9/1/2008 del MATTM di concerto con il MIBAC – decreto compatibilità ambientale per costruzione cassa di colmata darsena di levante
- Decreto Ministeriale MATTM del 2/7/2008 di concerto con MISE per approvazione piano bonifica

- Decreto Ministeriale MATTM del 31/12/2010 per approvazione variante piano bonifica
- Voto Consiglio Superiore dei LL.PP. n. 82014 del 11/4/2014 – riempimento cassa colmata con materiali provenienti dal dragaggio dei fondali portuali
- Decreto VIA prot. n. 5376/TRI/DI/B del 16/10/2014 del MATTM - decreto compatibilità ambientale per esecuzione dragaggi e riempimento cassa colmata darsena di levante con materiali provenienti dai dragaggi.

Con delibera di comitato di gestione n. 7 del 19/02/2018 venne approvato il “**Masterplan del porto di Napoli**” che prevedeva un prolungamento verso levante di 900 m della diga foranea nella prospettiva di proteggere lo specchio acqueo a ridosso dell’area di San Giovanni (ex Corradini) ove era prevista una nuova grande colmata.

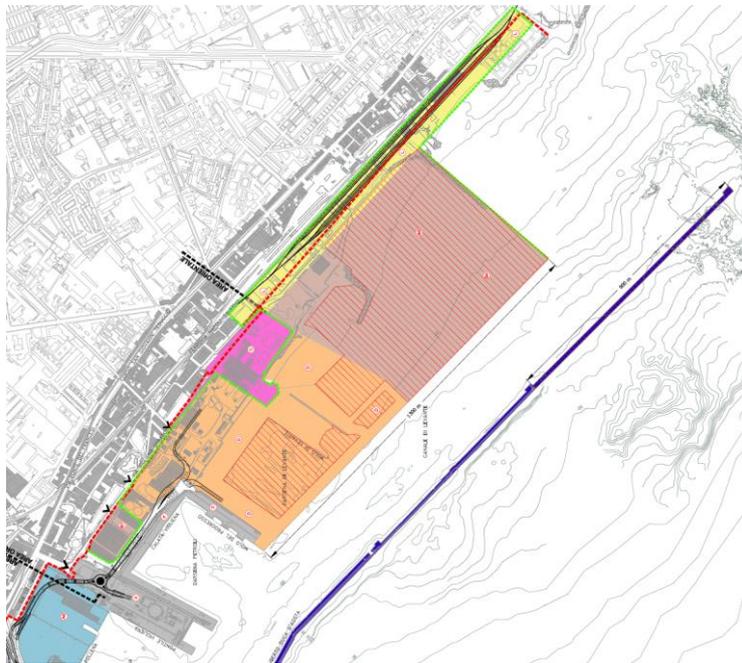


FIGURA 15 - STRALCIO DEL MASTERPLAN 2018 (SOPPRESSO) DEL PORTO DI NAPOLI CHE PREVEDEVA LA COLMATA ED IL PROLUNGAMENTO DELLA DIGA FORANEA DI 900 M

In fase successiva l’AdSP, dopo aver registrato la contrarietà del Comune di Napoli e della Soprintendenza BAPSAE ad una nuova colmata a ridosso di San Giovanni a Teduccio, ha avviato la definizione del **Documento di Pianificazione Strategica di Sistema (DPSS)** dei porti di propria competenza (Napoli, Salerno e Castellammare di Stabia) di cui al Dlgs 169/2016 e smi che è si è concluso con l’approvazione da parte del Ministro dei Trasporti, sentito il parere della Conferenza unificata delle Autorità di Sistema, il parere di condivisione del Presidente della Giunta Regionale della Campania, nonché il parere del comitato di gestione dell’AdSP che si è espresso con delibera n. 80 del 26/10/2021.

Nella nuova programmazione il DPSS, per il porto di Napoli, prevede il potenziamento delle opere di difesa del porto di Napoli consistente nel rafforzamento e nel prolungamento della Diga Duca degli Abruzzi, in direzione est-ovest, di circa 380 m, e della Diga Duca d’Aosta, anch’essa in direzione est - ovest, di circa 250 m.

L’intervento infrastrutturale di rafforzamento della diga foranea rientra tra quelli classificati come “**interventi di urgenza**” a norma dell’art.3, comma 1) lettera h) del DM Ambiente (26/01/2023) ovvero “*interventi necessari per ovviare a eventi imprevedibili la cui mancata esecuzione determinerebbe situazioni di grave pregiudizio alla salute pubblica e/o all’ambiente*” e risulta classificabile come **intervento di manutenzione**

straordinaria con miglioramento tecnico per il ripristino della funzionalità di un'opera foranea portuale esistente non radicata in alcun modo al territorio costiero.

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

La zona in esame è ubicata sul foglio geologico n°183÷184 (Isola d'Ischia - Napoli) della Carta Geologica d'Italia, e bordata sul lato occidentale dai rilievi collinari della città e sul margine nord - orientale dall'apparato vulcanico del Somma – Vesuvio; topograficamente rientra nella tavoletta topografica I.G.M. F.183

In corrispondenza del settore centrale del Golfo di Napoli s'individua, verso l'entroterra Nord-orientale, la parte di Piana Campana occupata dall'area urbana napoletana e della depressione del **Fiume Sebeto**. In particolare, ad Est della direttrice ad andamento NO-SE individuata dal Corso Garibaldi (Piazza Carlo III - Piazza Nolana), si collocano i quartieri orientali di Napoli, che, a loro volta, si innestano nella depressione del Sebeto, fino alle pendici del Somma-Vesuvio Fig 1.



FIGURA 16 - DEPRESSIONE DEL SEBETO, SITUATA TRA I DUE SISTEMI VULCANICI DEL SOMMA –VESUVIO E DEI CAMPI FLEGREI

Per comprendere le particolarità stratigrafiche e morfo-tettoniche presenti nell'area orientale di Napoli è utile il confronto con un'area di riferimento presente ad ovest: quella di Piazza del Plebiscito, dove all'interno del palazzo Reale un sondaggio eseguito nel 1853 (D'Erasmus 1935), ha dato i seguenti risultati in termini stratigrafici e di spessore delle singole formazioni, che possiamo considerare come successione tipo di riferimento:

- Riporto antropico: 1 -2 m
- Piroclastiti sciolte: 15-20 m;
- Tufo Giallo: 86 m;



- Ignimbrite Campana (Tufo Grigio): 70 m
- Formazioni Pre-IC :161 m

Nella depressione del Sebeto, dettagliate analisi stratigrafiche desunte da sondaggi lungo le direttrici che dissecano la depressione, hanno evidenziato una marcata lacuna rispetto alla serie stratigrafica tipo, di Palazzo Reale, i risultati possono essere così riassunti:

- Nella zona assiale della depressione si rinvennero, in maniera discontinua, limitate presenze delle lave antiche del Somma. Prevale la presenza di prodotti piroclastici alluvionali, marini e torbe;
- Nella zona laterale occidentale il marker è costituito dal Tufo Giallo Napoletano litoide che, all'imbocco della depressione del Sebeto, risulta delimitato dal fronte costituito dall'allineamento, circa N – S, Corso Malta (parte alta) – P.zza Nazionale - Stazione centrale –Via Gallileo Ferraris;
- Nella zona laterale orientale, si distinguono le piroclastiti compatte da "base surge" dell'eruzione di Avellino (3.8 ka), chiamate tufi, rispetto alle quali, a tetto ed a letto sono presenti significativi spessori di vulcaniti, laviche e piroclastiche del Somma-Vesuvio;
- A partire dalla zona di Lufrano, in tutta la depressione del Sebeto non è presente l'Ignimbrite Campana;

Sulla base di tale discriminazione si possono distinguere gli apporti, cronologicamente distinti, di vulcaniti nei due settori, rispettivamente dai Campi Flegrei (destra idraulica) e dal Somma-Vesuvio (Sinistra idraulica).

Tenendo conto di questi elementi possiamo descrivere, dall'alto verso il basso, la successione stratigrafica della depressione del Sebeto nel seguente modo:

- 1) Terreni di riporto antropico (5m);
- 2) Lave storiche del Vesuvio;
- 3) Depositi piroclastico-alluvionali costituiti dalla mobilizzazione dei prodotti piroclastici depositi per caduta dall'attività esplosiva post-calderica flegrea (15 ka – 4.1 ka) e per flusso piroclastico associate alle attività pliniane del Somma (19 ka -3.8 ka), con intercalazioni di paleosuoli, livelli di torba, e di depositi marini (30-40 m).
- 4) Lave del Somma (39ka – 16 ka) rinvenibili nel settore orientale della depressione di Volla.

Partendo dal dato stratigrafico che dimostra l'assenza della formazione dell'Ignimbrite Campana nella depressione del Sebeto, possiamo collegarci alle vicende tettoniche e morfo-evolutive che hanno presieduto all'evoluzione di questa depressione.

Si tratta di una valle a controllo strutturale delimitata ad Ovest, nel tratto Poggioreale – S.M. del Pianto da una scarpata di faglia normale ad andamento circa NE-SW, che si ricollega con minore evidenza con la depressione di Acerra. Tale scarpata si congiunge con il lineamento tettonico che forma il canale Magnaghi nel Golfo di Napoli (Faglia Sebeto-Magnaghi (Bruno et al. 2003) e che ha dato rigetti verticali totali fino a 1000 m nel corso del Quaternario (Milia & Torrente, 1999).

Nella depressione si innestò, circa 39 ka b.p., il fiume Clanio, con portate importanti e con un letto più ampio dell'attuale, che diede origine ad una intensa azione erosiva sul deposito dell'Ignimbrite Campana.

Nel periodo 39 - 25 ka, si formò il vulcano Somma, il cui fianco settentrionale venne a costituire il versante opposto alla depressione, in modo da dar luogo ad una morfologia assimilabile ad un graben. Il deposito ignimbritico era stato probabilmente già eroso;

Con la costruzione del Somma (39 – 25 ka) si formò lo sbarramento che impedì l'accesso alle acque del Clanio nella depressione del Sebeto.



La deviazione del Clanio fu la causa di diffusi ristagni d'acqua nella depressione morfologica nella zona di Acerra, con formazione di ampie aree palustri. Si deve ipotizzare, quindi, che le acque del Clanio, si infiltrarono nel sottosuolo, venendo a formare una risorgiva a Casalnuovo, in grado di garantire in parte le portate nella depressione.

Con la formazione del vulcano Somma, dalle sue pendici settentrionali prendevano corpo le sorgenti della "Bolla" sgorganti presso Casalnuovo, che alimentarono ulteriormente il corso d'acqua nella depressione, del "paleo-Sebeto" (*Celico et Alii, '95*);

Sono consistenti le invasioni piroclastiche nella depressione ad opera dei flussi piroclastici del Somma (19 ka -8 ka), dei prodotti pozzolanici da flusso dell'eruzione del TGN (15 ka) e delle eruzioni pliniane flegree da caduta (Pomici Principali 13 ka, Agnano-M. Spina 4.1 ka. Per quel che concerne il Tufo Giallo Napoletano (15 ka), questo viene rinvenuto in facies litoide solo nell'area Occidentale della depressione (20-35m), lungo il fronte delimitato lungo la direttrice Napoli est – Casalnuovo – Pomigliano – Marigliano, comprese le prime propaggini settentrionali del Somma (S. Anastasia), il TGN è presente in facies pozzolanica, occupando, quindi, anche gran parte della depressione del Sebeto e subendone i processi di erosione superficiale che ne determinano il graduale assottigliamento e la definitiva scomparsa in corrispondenza della fascia assiale della depressione.

Nell'area orientale di Napoli il TGN risulta ricoperto da depositi di origine marina ed Alluvionale, riconducibili alla trasgressione post-glaciale che formò un paleogolfo circa 9.000 anni fa. Esso si estende progressivamente fino a raggiungere la sua massima profondità ingressiva, circa 6.000 anni fa, collocabile nella zona tra Poggioreale e Ponticelli, denominata Porchiano. Circa 4 ka b.p. si registrò una inversione di tendenza con il prevalere degli effetti di riempimento e progradazione con la deposizione dei prodotti da flusso dell'eruzione di Avellino (3.8 ka) (spesso identificato come tufo vesuviano), ricoprendo tutto il territorio settentrionale fino ad Orta di Atella, ivi compresa l'area orientale di Napoli. Nel periodo Romano-Medioevale, si instaurò una fascia costiera ampia, con acque ristagnanti, tra Via Brin e S. Giovanni a Teduccio, fino alla zona di Poggioreale.

I livelli torbosi più superficiali depositi in questo periodo in lenti e lembi, più o meno estesi, e dallo spessore variabile, tra 5 e 20m (s.l.m.) che coprono l'area tra Lufrano, Volla e Ponticelli, hanno una età C14 che varia tra 5800 anni b.p. e di 4200 anni b.p. Per orizzonti torbosi più profondi (- 50 m- 30 m s.l.m.) nella zona costiera di San Giovanni a Teduccio, è stata determinata un'età C14 di circa 14.000 anni b.p. A partire dall'epoca storica fino a quella recente il sistema fluviale "Sebeto" ha subito una netta riduzione dell'alimentazione del corso d'acqua, risultando costituito da piccoli impluvi e incisioni. Ciò a causa dell'uso produttivo delle acque (mulini) e dell'emungimento dei pozzi di Lufrano che hanno via via influenzato pesantemente il livello della falda freatica. Il corso d'acqua perenne che ancora ai primi del secolo passato solcava la depressione sboccano presso il Ponte della Maddalena, oggi si presenta in parte tombato, fungendo da collettore fognario.

Nella zona più direttamente interessata dagli interventi la linea di costa è stata infatti sensibilmente modificata nel suo assetto originario a causa della realizzazione del porto ed altri interventi antropici, nonché dalla stessa costruzione della diga Duca D'Aosta.

Dal punto di vista stratigrafico, nella fascia costiera risultano presenti importanti complessi sedimentari alluvionali costituiti da variegati strati e banchi di terreni prevalentemente sabbio-limoso collegati alle diverse fasi della evoluzione della stessa linea di costa e agli apporti del Fiume Sebeto. Intercalati a tali depositi verso Est si ritrovano terreni piroclastici ad andamento suborizzontale derivanti dall'attività vulcanica del Vesuvio.

In sommità risultano infine presenti depositi attuali costituiti da sedimenti prevalentemente sabbiosi di fondale con più o meno abbondanti resti di gusci di molluschi e frustoli vegetali di spessore variabile.

Il quadro stratigrafico che ne deriva risulta estremamente variabile in quanto la tipologia di sedimenti è

influenzata dall'azione continua delle correnti marine, dagli apporti di fiumi naturali e dalle diverse fasi eruttive degli apparati vulcanici circostanti, nonché dalle modificazioni indotte dalle numerose opere a mare presenti nell'area portuale di Napoli.

I litotipi presenti nell'area investigata, di età comunque recente, possono quindi essere suddivisi in relazione alla loro origine, "alluvionale", "marina" o "mista", in alternanze di livelli sabbiosi-limosi e ghiaiosi.

I depositi superficiali, al di là dei sedimenti di deposizione attuale, risultano costituiti da strati e banchi di terreni a composizione prevalentemente sabbio-limoso di colore grigio-scuro ("Formazione delle "Sabbie superiori") di spessore variabile.

La serie alluvionale prosegue in profondità con la formazione delle "Sabbie inferiori" costituita da alternanze di ceneri, sabbie, pomice, scorie e frammenti di lava disposti in strati o lenti spesso molto sottili. La stratificazione è molto fitta e regolare, con strati di spessore di solito non eccedente qualche decimetro. La tipica formazione piroclastica del "tufo giallo" napoletano che costituisce l'ossatura di gran parte di Napoli, non sembra presente o comunque quando presente dovrebbe attestarsi in profondità.

Tale quadro generale caratterizza il sottosuolo dall'estremità N-E della Diga Duca d'Aosta nei pressi del raccordo con la diga Thaon de Revel fino all'incirca il tratto centrale della diga. Procedendo verso S-E, la serie dei depositi alluvionali è interrotta da un banco di depositi piroclastici intermedi ad andamento suborizzontale che presentano spessori variabili e diverso grado di cementazione ed alterazione, e caratteri che passano da quelli di materiali ben cementati con caratteristiche da pseudo-litoidi a litoidi ("tufo vesuviano" giallastro passanti a cineriti parzialmente zeolitizzate - "tufi grigi") a quello di materiali sabbio limosi incoerenti, nei casi in cui il processo diagenetico non ha avuto luogo.

Da un punto di vista geomorfologico c'è da ritenere che prima della realizzazione della diga il fondale iniziale degradasse con pendenze generalmente poco marcate e fino a profondità massime comprese fra i 12 ÷ 15 m e 20 ÷ 25 m da l.m.m..

Tale ipotesi sembrerebbe essere supportata dai sondaggi eseguiti in asse al corpo diga che come meglio rappresentato in seguito, hanno evidenziato spessori dello scanno di imbasamento compresi tra circa 5-6 e 7-8 metri.

Attualmente i rilievi topo-batimetrici hanno evidenziato la presenza di importanti accumuli di pietrame al piede del manufatto presumibilmente derivati da interventi di rifioritura eseguiti in passato. Ne deriva che le scarpate attuali degradano fino ad intercettare i fondali limitrofi con pendenze localmente importanti, fino a profondità massime comprese fra i 22 e i 25 m da l.m.m. verso l'esterno. Oltre il fondale degrada con pendenze generalmente poco marcate, mentre nella zona interna, il bacino interno mostra fondali variabili tra -12 e -15 m da l.m.m.. In alcuni tratti è stata riscontrata la presenza di relitti sul fondo.

5.1 Inquadramento idrogeologico

Lo schema di deflusso idrico sotterraneo del bacino idrogeologico della piana Oriente di Napoli è caratterizzato dalla presenza di un importante asse di drenaggio preferenziale che dalla base dei Monti di Avella, si dirige verso la costa per-correndo l'intera piana (Allocca e Celico 2008).

Anche lungo il Fosso di Volla si individua una zona di convergenza delle direttrici di flusso, in accordo con quanto evidenziato da Fiorelli '26 e Civita et Alii '73. Inoltre, si rileva lungo il margine settentrionale e sud-orientale della piana, la presenza di importanti spartiacque.

Il sottosuolo della depressione del Sebeto, in base a quanto scaturisce dalla precedente analisi, è composto da depositi piroclastici, con ripetute intercalazioni di depositi di origine marina e palustre.



In tale contesto si origina la tipica circolazione “per falde sovrapposte” con recapito predominante nei livelli granulometricamente costituiti da sabbie grossolane. Laddove è presente lo strato relativamente poco permeabile del Tufo Giallo Napoletano si individuano nell’area di Napoli Orientale due livelli idrici sovrapposti:

- nei depositi piroclastici ed alluvionali posti al tetto del tufo giallo;
- più in profondità in condizioni di semiconfinamento nelle piroclastiti grossolane sciolte ubicate a letto della formazione tufacea.

Essendo l’orizzonte tufaceo non completamente impermeabile, i livelli idrici risultano in comunicazione idraulica attraverso i cosiddetti “flussi verticali di drenanza”, diretti in condizioni idrogeologiche di equilibrio dal basso verso l’alto attraverso la formazione tufacea (Celico, 1983; Celico, 1990; Celico et al., 1992; Celico e De Paola, 1992; Celico F. et al., 1995; Esposito, 1996).

Il livello piezometrico della falda superficiale è più basso di alcuni centimetri rispetto a quello della falda sottostante.

A grande scala dunque, è possibile considerare un unico corpo idrico con deflusso sotterraneo prevalentemente orientato da NE a SW alimentato, oltre che dagli apporti idrici diretti, anche da versamenti sotterranei provenienti dall’acquifero vulcanico del Somma – Vesuvio.

Sulla base di un rilevamento piezometrico effettuato (feb. '78 - lug. '79) da Celico (1983), è stato definito uno schema di deflusso idrico sotterraneo dell’intero bacino idrogeologico della piana a Oriente di Napoli.

La ricostruzione della morfologia della superficie piezometrica evidenzia lungo il Fosso Volla una zona di convergenza delle direttrici di flusso, in accordo con quanto già evidenziato da Fiorelli (1926 e Civita et Alii (1973).

5.2 Inquadramento geologico locale

Il golfo di Napoli si sviluppa tra 40°50'N, 40°32'N, 13°52'E, 14°28'E, con un'estensione di 870 km² e una profondità media di 170 m. Costituisce la parte meridionale sommersa di una grande depressione, individuata con la tettonica distensiva Mio-Pliocenica dell’Appennino, guidata da tre sistemi di faglie ad andamento NE-SO, NO-SE, E-O, della quale la Piana Campana è la parte settentrionale emersa.

I sedimenti stratificati sulla piattaforma continentale possono essere classificati in rapporto alla loro origine, distinguendo un settore **A** in cui predominano le unità vulcaniche, ed un settore **B** in cui sono presenti unità clastiche e terrigene.

Nell’ambito del settore **A** i sedimenti della coltre sedimentaria del Miocene Sup. – Pleistocene poggianti sul basamento carbonatico sono, a loro volta, ricoperti dai prodotti vulcanici, distinti prendendo come marker di riferimento l’Ignimbrite Campana di 39.000 anni fa, in: pre-ignimbritici, Ignimbritici, e Tufo Giallo Napoletano.

È stato già osservato in precedenza l’assetto stratigrafico di un’area immediatamente contigua al golfo di Napoli, posta sulla terra ferma e ubicata nel settore nordoccidentale rispetto al settore **A**, come ad es. il palazzo Reale a P.zza Plebiscito, attraverso il sondaggio eseguito al suo interno nel 1853 (D’Erasmus 1935). Questo riferimento potrebbe consentirci di stimare orientativamente il loro spessore di massima anche nell’ambito della piattaforma continentale del golfo di Napoli, dovrebbe oscillare intorno ai 150 – 200m.



FIGURA 17 - LIMITE DELLA PIANA DEL SEBETO

6 CAMPAGNE DI INDAGINI ESEGUITE

L'area oggetto di intervento è stata oggetto di diverse campagne di indagine, di seguito elencate:

- Campagna di indagini geognostiche 1992: campagna di indagini geognostiche eseguita dalla società Ricerche Marine s.n.c. su incarico del G.C. OO.MM. di Napoli propedeuticamente al progetto preliminare di rafforzamento della diga foranea del Genio Civile;
- Campagna di caratterizzazione ambientale 2004 - 2005: campagna di caratterizzazione ambientale eseguita dall'Istituto per l'Ambiente Marino Costiero (IAMC-CNR) di Napoli per la caratterizzazione ambientale dei sedimenti all'interno del bacino del porto di Napoli;
- Campagna di caratterizzazione ambientale 2008: campagna di caratterizzazione ambientale svolta da ISPRA per l'esecuzione di indagini chimico-fisiche, microbiologiche ed ecotossicologiche sui sedimenti del porto di Napoli;
- Campagna di caratterizzazione ambientale 2017: campagna di indagini ambientali con prelievo di n. 7 campioni per la caratterizzazione dei fondali interessati dalle aree di prolungamento (Lotto A) programmata dall'AdSP;
- Campagna di indagini geognostiche 2017: campagna di indagini geognostiche eseguita dalla società Tecno In s.p.a. su incarico della Autorità di Sistema Portuale del Tirreno Centrale per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di sedime delle aree interessate dagli interventi di prolungamento della diga foranea Duca d'Aosta (Lotto A);
- Campagna di rilievi topografici, subacquei e batimetrici 2021: rilievi topo-batimetrici e subacquei della diga Duca d'Aosta e dell'antemurale Thaon de Revel eseguiti dal RTP Geonautics srl / GIA Consulting srl su incarico dell'AdSP tra i mesi di luglio ed ottobre 2021 per il rilievo topografico e batimetrico dell'area di intervento ed il rilievo di dettaglio dei danni e degli ammaloramenti provocati dalle mareggiate di dicembre 2020 e gennaio 2021;
- Campagna di indagini geognostiche e strutturali 2022: campagna di indagini geognostiche e strutturali eseguita dalla società Trivel Sondaggi srl per conto della società Caccavale Appalti & Costruzioni srl su incarico dell'AdSP per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di imposta della diga foranea Duca d'Aosta;
- Campagna di caratterizzazione ambientale dei sedimenti 2022: prelievi di campioni di sedimenti eseguita dalla Caccavale Appalti & Costruzioni srl su incarico dell'AdSP inviati in laboratorio per le determinazioni analitiche per la caratterizzazione ambientale dei sedimenti delle aree interessate dagli interventi del presente progetto (Lotto B);
- Rilievo batimetrico con strumentazione multibeam 2024: rilievo batimetrico di prima pianta eseguito dalla società Prisma srl su incarico dell'appaltatore nel febbraio 2024 al fine di aggiornare le curve batimetriche per l'elaborazione del presente progetto esecutivo;
- Rilievo sub bottom profiler 2024: rilievo sub bottom profiler eseguito dalla società Prisma srl su incarico dell'appaltatore a seguito delle richieste effettuate dalla Soprintendenza Archeologica del Comune di Napoli nell'ambito della riunione del 22/02/2024 per ottemperare alle Prescrizioni rese dal MIBAC con proprio parere 31070 del 21/11/2023 nell'ambito della Verifica di non assoggettabilità a VIA;

Nei paragrafi seguenti sono descritte le attività ed i risultati delle diverse campagne di indagini e rilievi sopra elencate. Per quanto non espressamente riportato, si rimanda alle diverse relazioni specialistiche dedicate, da considerarsi parte integrante della presente.

6.1 Indagini geognostiche

6.1.1 Campagna di indagini geognostiche 1992

Nell'area oggetto di intervento, e più precisamente nello specchio acqueo antistante la diga foranea Duca d'Aosta, è stata effettuata nel 1992 una campagna di indagine geognostica dalla società Ricerche Marine s.n.c. su incarico del G.C. OO.MM. di Napoli al fine di determinare le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di imposta delle opere previste dal progetto esecutivo e gli interventi di "Rafforzamento e protezione con opera a gettata della diga foranea Duca d'Aosta" redatto nel 2002 dal G.C. OO.MM..

La campagna di indagine ha previsto l'esecuzione di:

- n. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo eseguiti sul lato mare della diga foranea, spinti fino a profondità variabili comprese tra -36.4 m e - 38.5 m s.l.m.m.;
- n. 2 prove penetrometriche statiche (CPT) eseguite immediatamente a ridosso dei sondaggi geognostici; analisi fisiche e meccaniche di laboratorio eseguite su n. 12 campioni di terreno prelevati nel corso dei sondaggi (di cui n.2 indisturbati, n.10 rimaneggiati), ed in particolare:
 - o n. 12 analisi granulometriche;
 - o n. 2 determinazioni delle caratteristiche fisiche generali;
 - o n. 2 prove di taglio diretto.

Nella figura seguente è riportata l'ubicazione dei punti di sondaggio/prove CPT della campagna di indagini del 1992/1993.

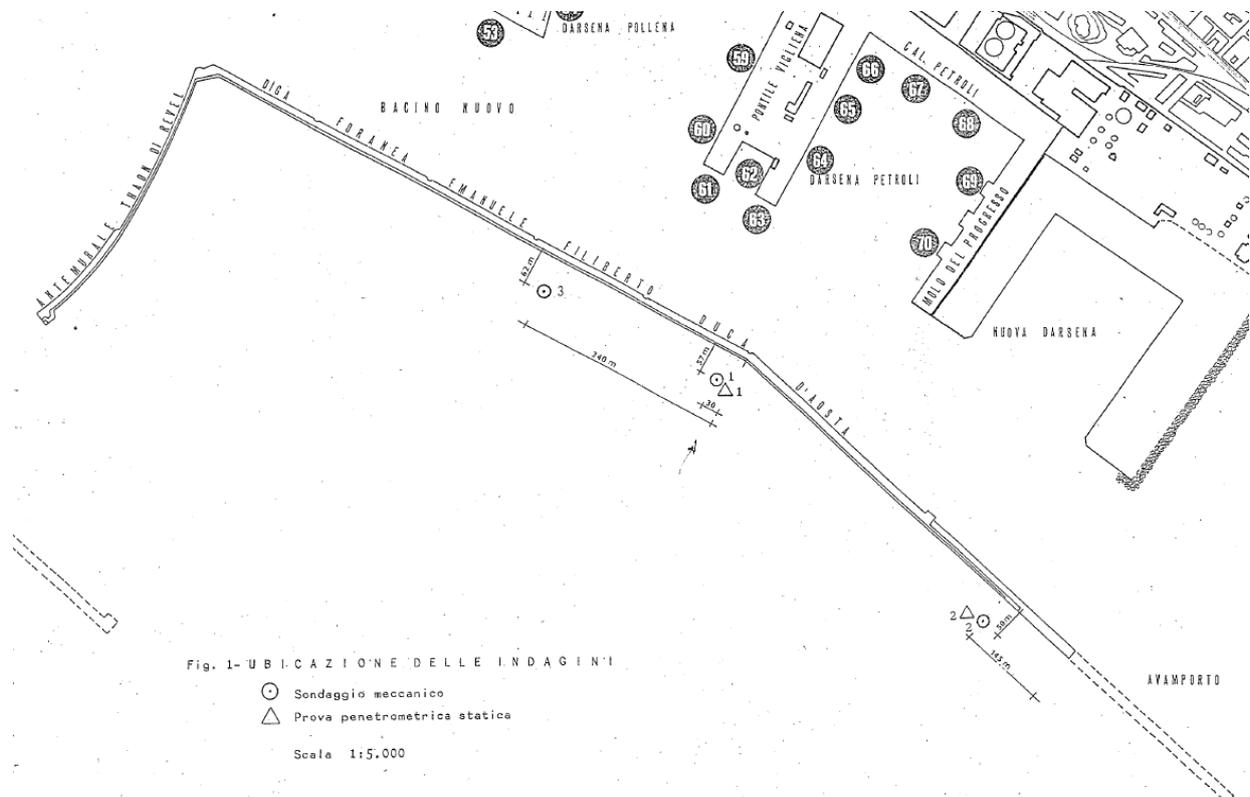


FIGURA 18 - UBICAZIONE DELLE INDAGINI - CAMPAGNA 1992

La caratterizzazione geotecnica del sottosuolo sulla base delle indagini sopra riportate è stata eseguita dal Prof. Geol. Ennio Cocco.

I sondaggi effettuati hanno evidenziato la presenza di un fondale costituito essenzialmente da sabbie limose, con spessore decrescente dall'antemurale Thaon de Revel verso levante. Al di sotto sono generalmente ritrovati materiali a granulometria più grossolana, sabbiosa-ghiaiosa, con clasti lavici o tufacei. La sezione litostratigrafica interpretativa dei sondaggi eseguiti nella campagna del 1992 è di seguito riportata.

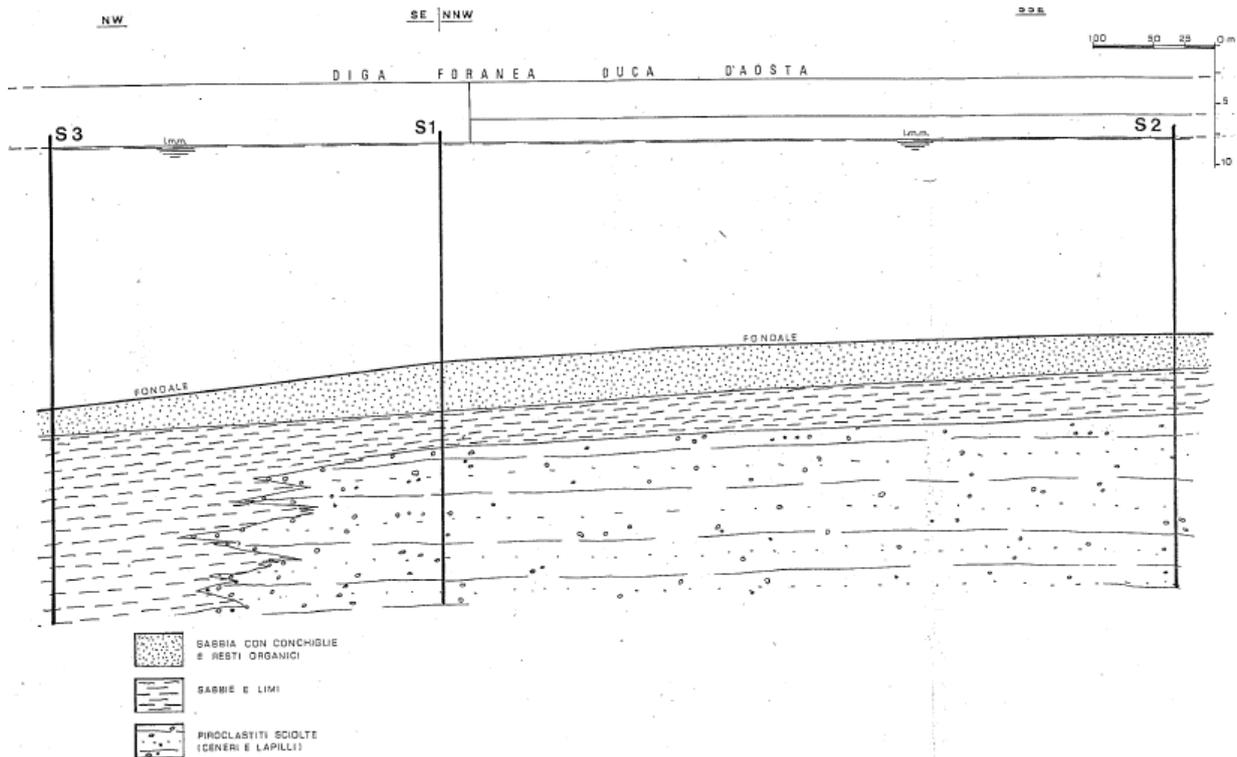


FIGURA 19 - SEQUENZA LITOSTRATIGRAFICA INTERPRETATIVA - CAMPAGNA 1992

Dal punto di vista della caratterizzazione meccanica, il fondale è costituito inizialmente da materiali sciolti, con densità relativa generalmente inferiore al 20% ed un angolo di attrito ϕ di circa 30° , mentre i litotipi inferiori sono caratterizzabili come poco addensati o mediamente addensati e resistenza a rottura maggiori. In particolare, le prove a taglio diretto hanno evidenziato una coesione molto bassa (1 - 2 kPa) ed angoli di attrito interno ϕ' variabile tra 36° e 37° .

6.1.2 Campagna di indagini geognostiche 2017

Nel mese di agosto del 2017 la società Tecno In S.p.A (su incarico della Autorità di Sistema Portuale del Tirreno Centrale) ha eseguito una campagna di indagini geognostiche per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di sedime delle aree interessate dagli interventi di prolungamento della diga foranea Duca d'Aosta (Lotto A). I risultati di tale campagna di indagine sono stati successivamente integrati con ulteriori indagini eseguite dal RTP nel periodo maggio - giugno 2019.

Le indagini effettuate nel 2017 sono consistite in:

- n. 5 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a 48.50 m da q.f. (S1;S5);
- n. 1sondaggio geognostico a distruzione di nucleo fino a 20 m da piano banchina e a carotaggio continuo fino a 50 m (S6);
- n. 22 campioni indisturbati per la caratterizzazione fisica e meccanica mediante prove di laboratorio;
- n. 23 prove penetrometriche dinamiche SPT, a differenti profondità;
- n. 1 prova sismica DOWN-HOLE per la definizione delle caratteristiche sismostratigrafiche del sito.

Le attività di perforazione hanno avuto inizio il 19.06.2017 e si sono concluse in data 25.06.2017, mentre l'indagine DOWN-HOLE è stata eseguita in data 29.06.2017.

Il sondaggio S6 è stato effettuato in corrispondenza del cassone di testata della diga esistente mentre i sondaggi S1-S2-S3 sono ubicati nell'area di intervento del Lotto A.

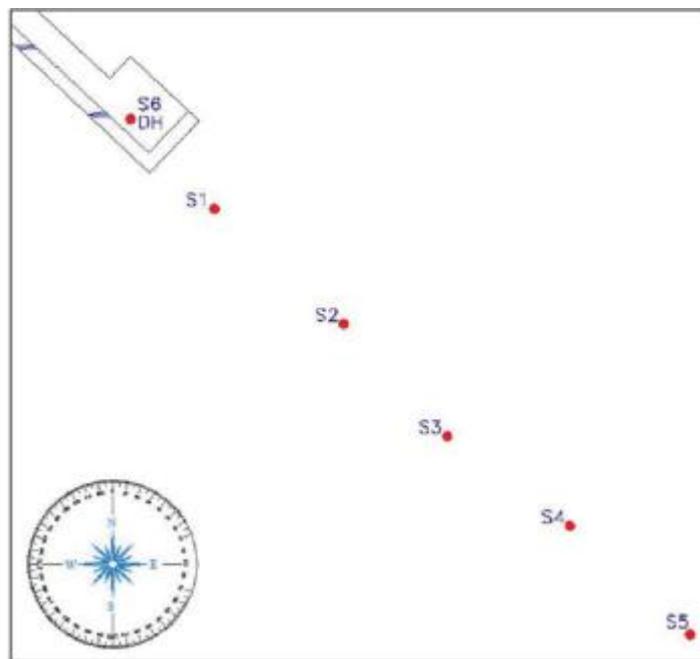


FIGURA 20 - UBICAZIONE INDAGINI - CAMPAGNA 2017

Nel maggio 2019, in fase di elaborazione del progetto definitivo del prolungamento della diga foranea (Lotto A) oggetto di separata procedura, il gruppo di progettazione ha integrato le indagini geotecniche disponibili con un ulteriori prospezioni geotecniche con l'ausilio di Moto Pontone, sull'asse del prolungamento della diga foranea, al fine di identificare la quota superiore del tetto di tufo.

Il rilievo side scan sonar evidenzia come lo strato tufaceo rilevato dai sondaggi sia in larga parte affiorante lungo l'area di intervento.

Sulla base delle indagini geognostiche eseguite, sono stati riconosciuti i seguenti complessi litologici:

- Sabbie da fini a medie con frammenti di gusci dello spessore compreso tra 0.50 e 2.30 m (S);
- Tufo vesuviano giallastro, con spessore variabile da 0.50 a 1.70 m (TVG);
- Piroclastite vesuviana, a tratti parzialmente zeolizzata, con spessore di 8.00÷18.00 m (P_sup);

- Sabbia da media a grossolana di natura piroclastica, a tratti intercalata da orizzonti cineritici (P_inf).

La sezione stratigrafica ricostruita sulla base della campagna di indagine del 2017 è riportata di seguito

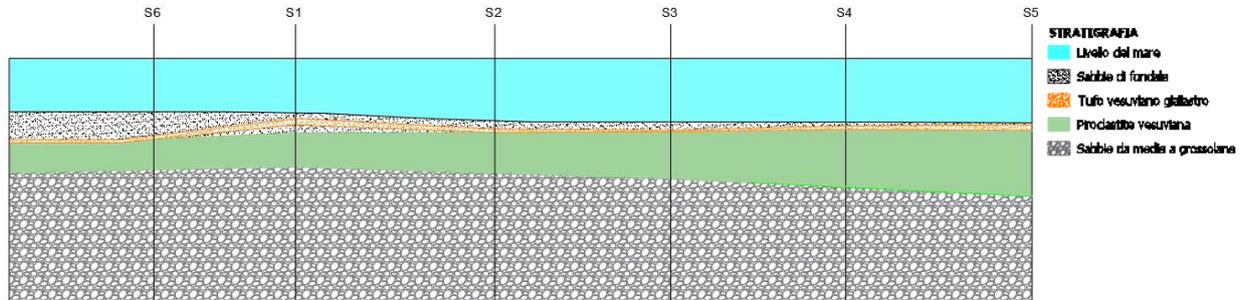


FIGURA 21 - SEZIONE STRATIGRAFICA AREA DI INTERVENTO LOTTO A - CAMPAGNA 2017

6.1.3 Campagna di indagini geognostiche 2022

Al fine di pervenire ad una esaustiva definizione della sequenza stratigrafica e delle caratteristiche geotecniche dei terreni di sedime dell'area di interesse, è stata condotta un'ampia campagna geognostica dal 28/03/2022 al 16/06/2022 dalla società Trivel Sondaggi srl su incarico della Autorità di Sistema Portuale del Tirreno Centrale, sulla base del Piano di indagini redatto dal RTP che ha elaborato la progettazione definitiva.

In particolare, la campagna di indagine geognostica eseguita nel 2022 ha previsto le seguenti prove in sito:

- n. 12 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 50 m dal p.c.;
- n. 55 prove penetrometriche dinamiche SPT;
- n. 2 prove penetrometriche dinamiche DPSH spinte fino ad una profondità massima di 38.40 m dal p.c.;
- n.3 prove penetrometriche statiche CPT spinte fino ad una profondità massima di 48.60 m dal p.c..

Le indagini geognostiche in sito eseguite sono sintetizzate nella tabella seguente

TABELLA 1 - INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO (2022)

ID STAZIONE	SEZIONE TIPOL. DI RIFERIM.	PROGRESSIVA (m)	Sxx	SPTx	CPTx	DPSHx
			sondaggio a carotaggio continuo L=50 m dal piano calpestio	Standard Penetration Test	Cone Penetration Test L=38 m da fondo foro	Dynamic Probing Super Heavy
S1	1	250.00	1	5	1	--
S2	2	740.00	1	5	--	--
S3	2	1360.00	1	-	1	1
S4	3	1770.00	1	5	--	--
S5	4	2550.00	1	5	1	1
S6	1	70.00	1	5		

S7	1	420.00	1	5	--	--
S8	2	1050.00	1	5	--	--
S9	3	1600.00	1	5	--	--
S10	3	1900.00	1	5	--	--
S11	4	2100.00	1	5	--	--
S12	4	2300.00	1	5	--	--
		Tot.	12	55	3	2

Si riporta di seguito uno stralcio planimetrico con indicazione dell'ubicazione delle stazioni di indagine.

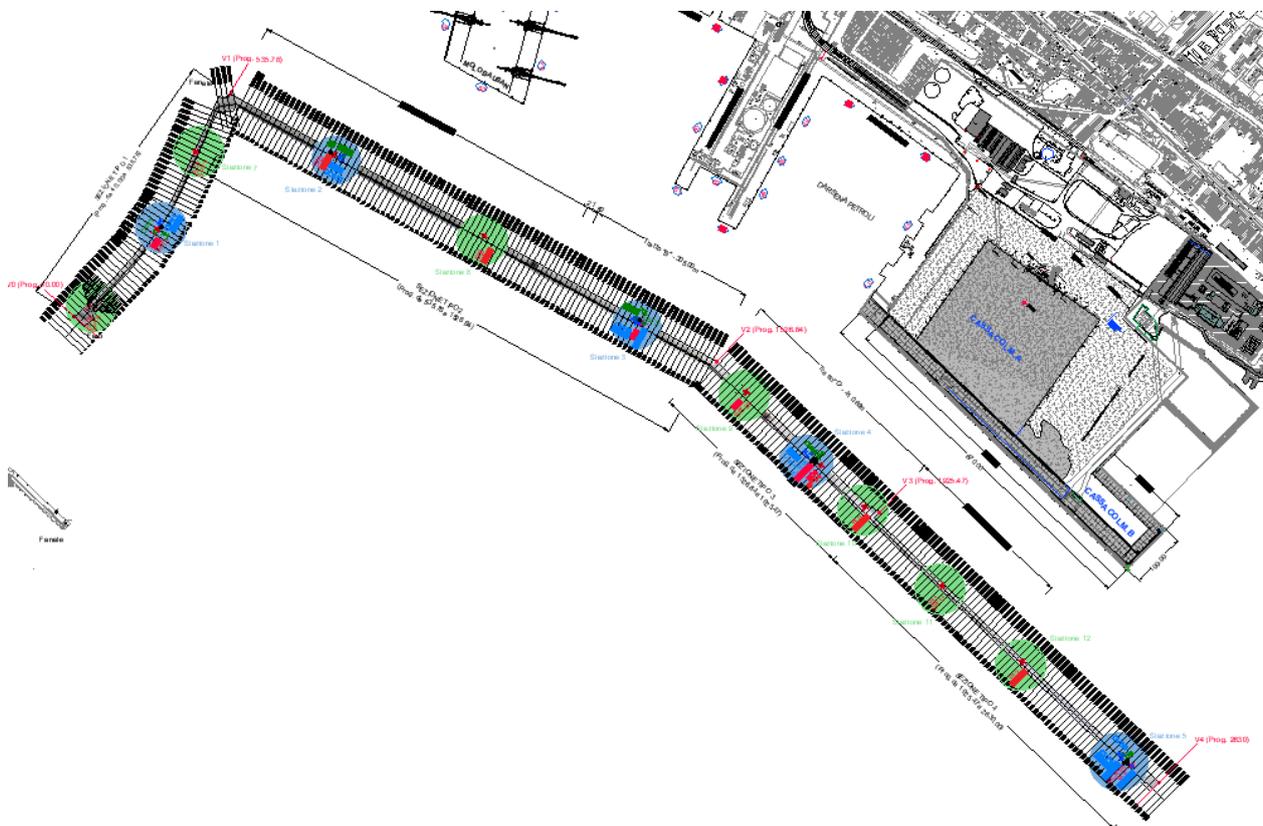


FIGURA 22 - STRALCIO PLANIMETRICO CON INDICAZIONE UBICAZIONI INDAGINI - CAMPAGNA 2022

Sulla base dei profili rilevati mediante sondaggi geognostici, nell'area oggetto di indagini sono stati riconosciute le seguenti unità geotecniche:

- Unità MA: Materiale di natura Antropica, costituente lo scanno di imbasamento della diga foranea, costituito principalmente da clasti e ciottoli di natura eterogenea e trovanti litoidi di natura vulcanica;



- Unità SL: Sabbie Limose superiori, costituita da sabbia limosa e/o limo sabbioso di colore variabile tra grigio e grigio-verdastro;
- Unità PV: Piroclastite Vesuviana, costituita da piroclastite sabbiosa di colore grigio chiaro con abbondanti minuti lapilli e pomici;
- Unità SG: Sabbie Grossolane inferiori, costituita da sabbia grossolana grigio scura con abbondanti minuti litici calcarei, scoriacei e pomicei;
- Unità TG: Tufo vesuviano Giallastro, costituito da un blocco tufaceo di colore giallastro.

La potenza dei vari litotipi sopra elencati varia lungo lo sviluppo longitudinale della diga foranea. In particolare, il tratto di ponente della diga ovvero l'area interessata dalla diga Thon de Revel sono caratterizzate, al di sotto dello scanno di imbasamento, dalla sola presenza di sabbie limose (Unità SL). Lo spessore dello stato SL va via via riducendosi spostandosi verso levante (fino ad non essere più presente verso la fine della diga foranea Duca d'Aosta) lasciando spazio dapprima alle sabbie grossolane SG, e successivamente alle unità piroclastiche di natura vesuviana (PV e TG).

Il profilo litostratigrafico interpretativo dei sondaggi eseguiti nella campagna del 2022 è riproposto negli elaborati grafici di progetto.

Nel corso dei sondaggi geognostici sono stati prelevati n. 39 campioni di terreno, di cui n. 25 campioni rimaneggiati e n. 14 campioni indisturbati (campionatore Shelby), inviati successivamente al laboratorio geotecnico Ambiente e Territorio srl per la determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche mediante prove geotecniche in laboratorio. Le prove di laboratorio eseguite sui singoli campioni sono sintetizzate nella tabella seguente:





TABELLA 2 - RIEPILOGO CAMPIONI E PROVE DI LABORATORIO (2022)

Sond.	Camp.	Campione	DESCRIZIONE STRATO PRELIEVO	LITOTIPO CAMPIONATO	Y _s , Y _d , Y _{st} , Y _{sat}	W	S _r	e	n	IP	IC	Analisi granulometrica	TD	TRX
S1	C1	Rim.	Limo sabbioso	MC	X	X	X	X	X			X		
	C2	Rim.	Brandelli lavici in matrice sabbiosa	MC	X	X	X	X	X			X		
	C3	Rim.	Limo sabbioso	SL	X	X	X	X	X			X		
	C4	Rim.	Limo sabbioso	SL	X	X	X	X	X			X		
	C5	Rim.	Sabbia limosa	SL	X	X	X	X	X			X		
S2	C1	Rim.	Ghiaia in matrice sabbiosa	MC	X	X	X	X	X			X		
	C2	Rim.	Ghiaia in matrice sabbiosa	MC	X	X	X	X	X			X		
	C3	Rim.	Limo sabbioso	SL	X	X	X	X	X			X		
	C4	Rim.	Limo sabbioso	SL	X	X	X	X	X			X		
	C5	Rim.	Limo sabbioso	SL	X	X	X	X	X			X		
S3	C1	Rim.	Ghiaia con sabbia	MC	X	X	X	X	X			X		
	C2	Rim.	Ghiaia con sabbia	MC	X	X	X	X	X			X		
	C3	Rim.	Limo sabbioso	SL	X	X	X	X	X			X		
	C4	Rim.	Sabbia limosa con pomici	SL	X	X	X	X	X			X		
	C5	Rim.	Limo sabbioso	SL	X	X	X	X	X			X		
S4	C1	Rim.	Ghiaia con sabbia	MC	X	X	X	X	X			X		
	C2	Rim.	Sabbia gcon ghiaia	MC	X	X	X	X	X			X		
	C3	Rim.	Sabbia con ghiaia limosa	SL	X	X	X	X	X			X		
	C4	Rim.	Sabbia con inclusi lapidei	SG	X	X	X	X	X			X		
	C5	Rim.	Sabbia con inclusi lapidei	SG	X	X	X	X	X			X		
S5	C1	Rim.	Ghiaia con sabbia	MC	X	X	X	X	X			X		
	C2	Rim.	Ghiaia con sabbia	MC	X	X	X	X	X			X		
	C3	Rim.	Ghiaia con sabbia	PV	X	X	X	X	X			X		
	C4	Rim.	Ghiaia con sabbia	PV	X	X	X	X	X			X		
	C5	Rim.	Sabbia grossolana	SG	X	X	X	X	X			X		
S6	C1	Shelby	Limo sabbioso	SL	X	X	X	X	X			X		X
	C2	Shelby	Limo sabbioso	SL	X	X	X	X	X			X	X	
S7	C1	Shelby	Limo sabbioso	SL	X	X	X	X	X			X	X	
	C2	Shelby	Limo sabbioso	SL	X	X	X	X	X			X		X
S8	C1	Shelby	Limo sabbioso		X	X	X	X	X			X		X
	C2	Shelby	Limo sabbioso	SL	X	X	X	X	X			X	X	
S9	C1	Shelby	Limo sabbioso	SL	X	X	X	X	X			X	X	
	C2	Shelby	Limo	SL	X	X	X	X	X			X	X	
S10	C1	Shelby	Limo sabbioso	SL	X	X	X	X	X			X	X	
S11	C1	Shelby	Sabbia con ghiaia	SL	X	X	X	X	X			X	X	
	C2	Shelby	Brandelli tufacei	PV	X	X	X	X	X			X	X	
S12	C1	Shelby	Sabbia limosa	SL	X	X	X	X	X			X	X	
	C2	Shelby	Ghiaia tufacea	PV	X	X	X	X	X			X	X	

6.2 Indagini ambientali

6.2.1 Ricognizione delle campagne di caratterizzazione ambientale già eseguite nel bacino del Porto di Napoli

Nell'ultimo decennio nel porto di Napoli sono state effettuate diverse campagne di caratterizzazione ambientale delle acque e dei sedimenti marini; di seguito si richiamano le indagini del 2004, 2005, 2008 e 2017 mentre nei successivi paragrafi si riportano i risultati delle indagini eseguite in corrispondenza delle aree di intervento nel 2022/2023.

La caratterizzazione ambientale eseguita nel 2004 dall'Istituto per l'Ambiente Marino Costiero (IAMC-CNR) di Napoli, in attuazione del piano ICRAM # CII- Pr-CA-NO-04.03 dall'Istituto IAMC-CNR, su incarico dell'Autorità Portuale di Napoli ha interessato il campionamento e l'analisi dell'area marina esterna all'area portuale con le seguenti indagini:

- il prelievo di n. 22 carote da 3 m per l'esecuzione (sui livelli 0-20 cm, 30-50 cm, 100-120 cm, 180-200 cm e 280-300 cm) delle medesime analisi chimico-fisiche e microbiologiche previste dal suddetto piano ICRAM;
- il prelievo di n. 14 campioni di sedimento in prossimità della diga foranea Duca d'Aosta, di cui n. 7 relativi al livello 0-20 cm e n. 7 relativi al livello 30-50 cm, per l'esecuzione di analisi ecotossicologiche (il batterio marino *Vibrio fischeri* applicato alla fase solida e l'alga verde *Dunaliella tertiolecta* applicata alla fase liquida).



FIGURA 23 - UBICAZIONE DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO RELATIVE ALLA CAMPAGNA DI CARATTERIZZAZIONE 2004 AD OPERA DELL'ISTITUTO CNR PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO (IAMC) DI NAPOLI

La caratterizzazione ambientale eseguita nel 2005 ancora dall'Istituto IAMC-CNR di Napoli ha interessato le aree interne al bacino portuale ed è consistita in:



- esecuzione di una campagna di rilievi batimetrici tramite ecoscandaglio multifascio, per una porzione limitata dell'area;
- prelievo di n. 4 carote da 2 m e n. 17 campioni superficiali per l'esecuzione di analisi chimico-fisiche e microbiologiche.

Da ciascuna carota, a meno di osservazioni particolari effettuate sulla stratigrafia nel corso del campionamento, sono state isolate, a valle della determinazione di pH e di Potenziale Redox, n. 4 sezioni (corrispondenti ai livelli: 0-20 cm, 30-50 cm, 100-120 cm e 180-200 cm), di cui sono state destinate ad analisi le prime 3, conservando le rimanenti sezioni.

Sulla totalità dei campioni sono stati determinati: peso specifico, contenuto d'acqua, granulometria, metalli ed elementi in tracce (Al, As, Cd, Cr tot, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn), policlorobifenili (PCB), pesticidi organoclorurati, idrocarburi policiclici aromatici (IPA), idrocarburi (C_{<12}, C_{>12}), azoto, fosforo, cianuri, carbonio organico totale (TOC).

Dettagli ulteriori su questa attività di caratterizzazione sono contenuti nel documento "Progetto preliminare di bonifica dell'area marina portuale interna alla diga foranea e della fascia costiera a sud di essa all'interno della perimetrazione del sito di bonifica di interesse nazionale di Napoli Orientale" (rif.: doc. ICRAM # Bol-Pr-CA-NO-01.08) redatto da ICRAM, oggi ISPRA, nel febbraio 2006.

La caratterizzazione ambientale svolta da ISPRA a partire dal dicembre 2008, in collaborazione con la Stazione Zoologica "Anton Dorn" di Napoli, in attuazione del piano di caratterizzazione integrativo # CIII-Pr-CA-NO-01.04 è consistita in:

- prelievo di n. 28 carote da 2 m e n. 7 carote da 3 m per l'esecuzione di analisi chimico-fisiche e microbiologiche;
- prelievo di n. 5 campioni di sedimento superficiale per l'esecuzione di analisi ecotossicologiche (il batterio marino *Vibrio fischeri* applicato alla fase solida; l'alga unicellulare *Dunaliella tertiolecta* ed il crostaceo copepode *Tigriopus fulvus* applicati alla fase liquida).

Da ciascuna carota, a meno di osservazioni particolari effettuate sulla stratigrafia nel corso del campionamento, sono state isolate, a valle della determinazione di pH e Potenziale Redox, sezioni consecutive di 25 cm di sedimento, di cui sono state destinate ad analisi:

- le sezioni 0-25 cm, 25-50 cm, 75-100 cm in tutte le carote da 2 m;
- la sezione 125-150 cm nel 50% delle carote da 2 m;
- tutte le sezioni prelevate da n.2 delle carote da 3 m;
- le sezioni 50-75 cm, 100-125 cm, 150-175 cm, 200-225 cm, 250-275 cm prelevate dalle rimanenti (n. 5) carote da 3 m.

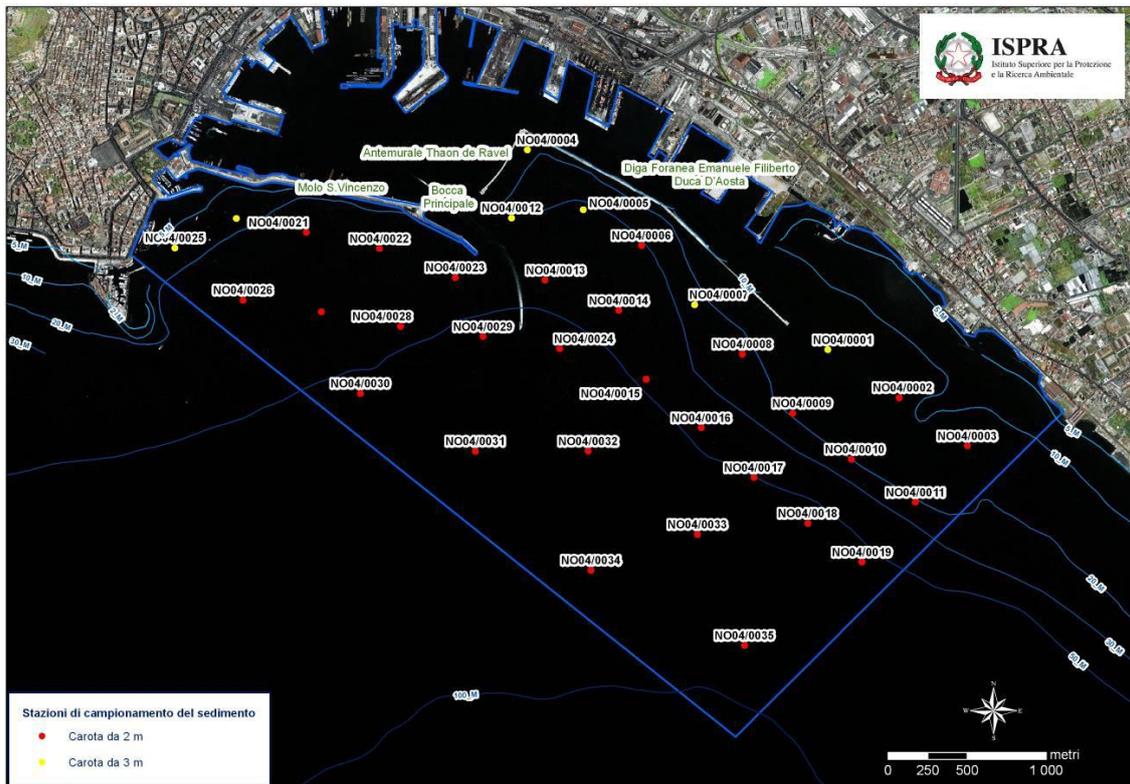


FIGURA 24 -STAZIONI EFFETTIVAMENTE ESEGUITE SECONDO IL PIANO DI CARATTERIZZAZIONE INTEGRATIVO (DOC. RIF. # CIII-PR-CA-NO-01.04).

Sulla totalità dei campioni destinati alle analisi chimico fisiche e microbiologiche (n.143) sono stati determinati: peso specifico, contenuto d'acqua, granulometria, metalli ed elementi in tracce (Al, As, Cd, Cr tot, Fe, Hg, Ni, Pb, Cu, V e Zn), idrocarburi (C_{S12}), TOC.

Inoltre, su una percentuale di campioni limitata, è stata effettuata la determinazione dei seguenti parametri: idrocarburi C_{>12}, su n. 83 campioni; idrocarburi policiclici aromatici, su n.139 campioni; composti organostannici, su n. 29 campioni; PCB, su n. 29 campioni relativi allo strato profondo (75-100 cm); Streptococchi fecali, Salmonella, Spore di clostridi solfitoriduttori, su n. 15 campioni.

Nel corso di tale campagna di caratterizzazione integrativa, in aggiunta alla caratterizzazione approfondita del comparto sedimenti, è stata eseguita, al fine di valutare la reale disponibilità degli inquinanti presenti nei sedimenti e la conseguente biodisponibilità degli stessi a trasferirsi nella colonna d'acqua e negli organismi marini, la caratterizzazione del comparto biotico, mediante il prelievo e l'analisi di n. 1 specie di organismi filtratori (mitili) e di n. 3 specie necto-bentoniche (triglia di fango, salpa e scorfano).

Gli esemplari di mitili sono stati prelevati sia all'interno dell'area di indagine (organismi nativi) sia nel Golfo di Pozzuoli (stazione cosiddetta "di bianco"). Da questa stazione "di bianco" sono stati poi prelevati, in corrispondenza di aree di allevamento, organismi destinati al trapianto in n. 2 ulteriori stazioni all'interno dell'area di indagine.

Gli esemplari di organismi necto-bentonici sono stati prelevati nel corso di pescate effettuate mediante reti da posta in due aree, una interna all'area di indagine ed una esterna ad essa.

Dettagli ulteriori su questa attività di caratterizzazione integrativa condotta da ISPRA, in collaborazione con la Stazione Zoologica "Anton Dhorn" di Napoli, sono contenuti nella relazione "Attività della caratterizzazione ambientale dell'area marina esterna al Porto di Napoli. Elaborazione dei risultati analitici" (rif. doc. # CIII-EL-

CA-NO-Relazione Conclusiva-01.06), redatta da ISPRA nel luglio 2009.

Dai citati documenti è emerso che in prossimità della diga Duca D'Aosta, relativamente agli elementi piombo, mercurio, rame, ed idrocarburi policiclici aromatici, le concentrazioni non hanno superato i limiti previsti, mentre per l'arsenico le concentrazioni sono variabili lungo la carota talvolta superando i limiti previsti in prossimità della testata di levante della Diga.

In particolare per quanto concerne l'arsenico i valori più elevati di concentrazione sono da ricondurre alle caratteristiche geochimiche naturali dell'area.

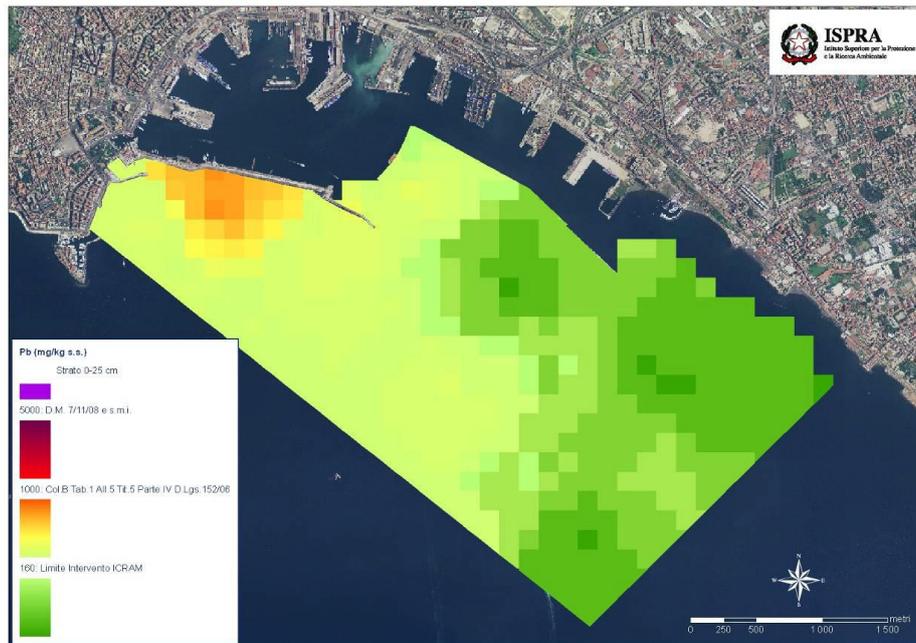


FIGURA 25 - CONCENTRAZIONI PIOMBO (Pb) 1° LIVELLO.)

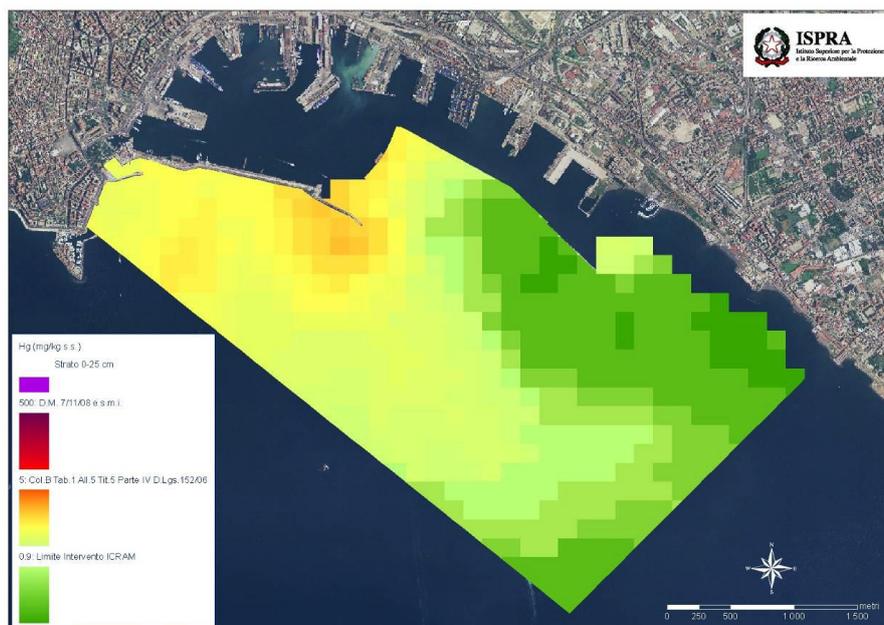


FIGURA 26 - CONCENTRAZIONI MERCURIO (Hg) 1° LIVELLO.

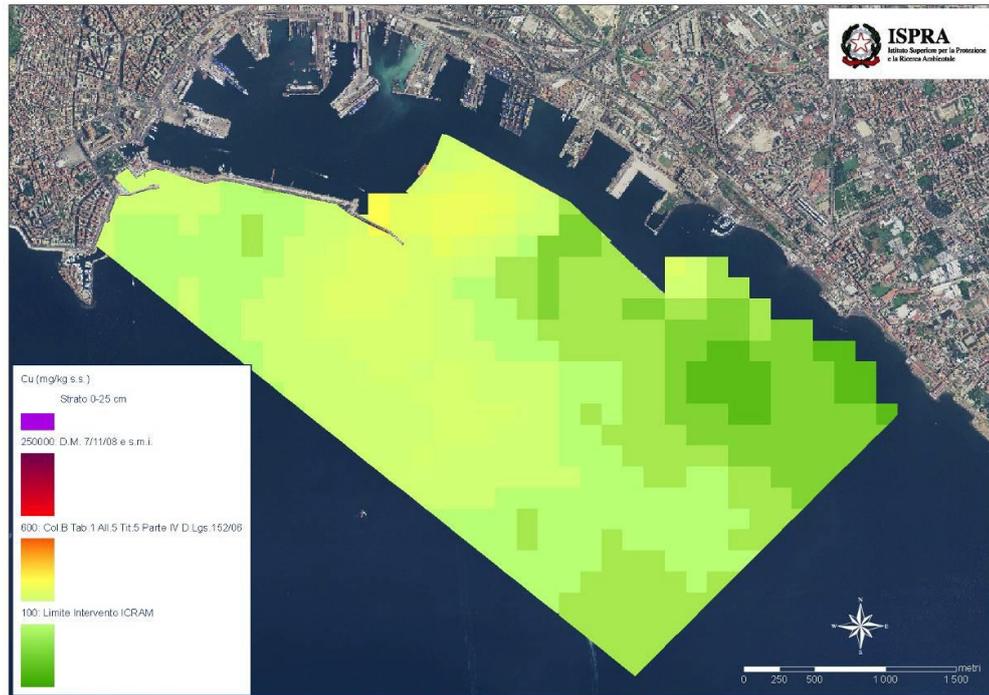


FIGURA 27 - CONCENTRAZIONI RAME (Cu) 1° LIVELLO.

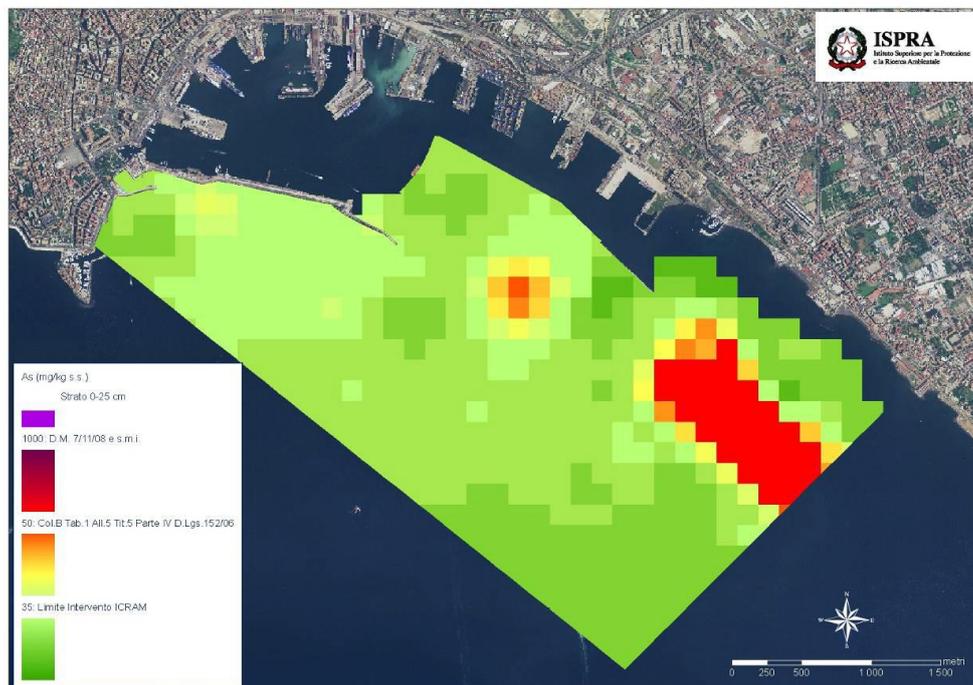


FIGURA 28 - CONCENTRAZIONI ARSENICO (As) 1° LIVELLO..



FIGURA 29 - CONCENTRAZIONI IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA) 1° LIVELLO.

Nel 2017 è stata eseguita dall'AdSP una ulteriore campagna di indagini ambientali con prelievo di campioni da n.7 sondaggi per la caratterizzazione dei fondali interessati dalle aree di prolungamento (LOTTO A) della diga foranea Duca degli Abruzzi a levante per circa 250 m, su maglia 50 x 50 m.

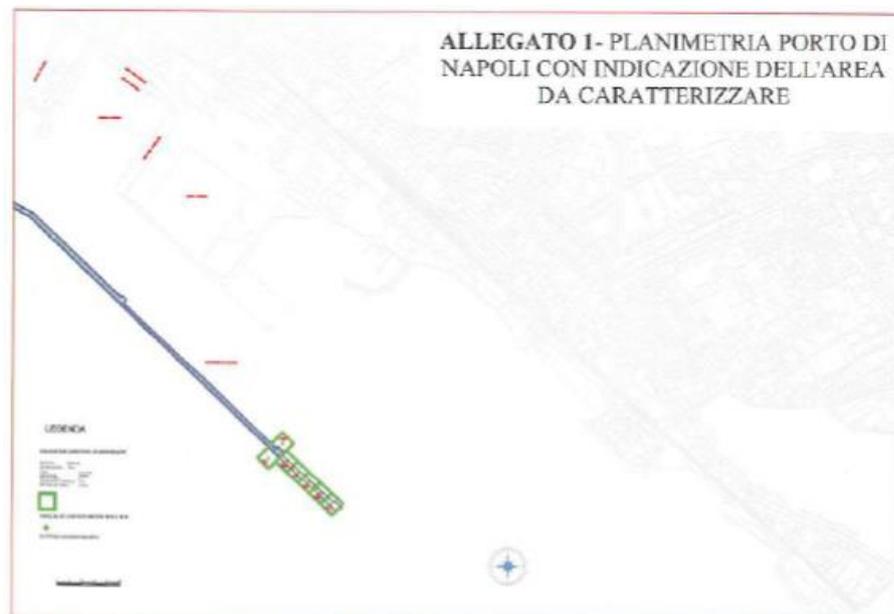


FIGURA 30 - PORTO DI NAPOLI - CARATTERIZZAZIONE 2017 – MAGLIE DI CARATTERIZZAZIONE PROLUNGAMENTO DIGA.



FIGURA 31 - PORTO DI NAPOLI - RILIEVO BATIMETRICO 2020 CON UBICAZIONE MAGLIE DI CARATTERIZZAZIONE PROLUNGAMENTO - DIGA..

I risultati ottenuti dalle analisi di laboratorio per i campioni analizzati (versione del 14/07/2021) hanno manifestato superamenti solo per l'arsenico in relazione ai limiti di intervento per il SIN di Napoli orientale e a quelli riportati nel D.Lgs. 152/06 All. 5 alla parte IV Col. B.

Tali superamenti riguardano sole le stazioni A4 e A5, per i livelli prossimi al substrato tufaceo posti in prossimità dell'area di sedime del prolungamento della Diga a levante.

Anche in questo caso si trattava di interventi urgenti finanziati con fondi complementari del PNRR che, pur non prevedendo escavo dei fondali, contemplano l'occupazione permanente di suolo a termini del comma 1 bis dell'art.242-ter del Dlgs 152/06 e s mi.

Tali analisi sono state sottoposte alla valutazione del Ministero dell'Ambiente nell'ambito di due distinte procedure di assoggettabilità a VIA ed hanno acquisito il parere di compatibilità (con dichiarazione di esclusione dalla procedura VIA).

6.2.2 Campagne di caratterizzazione ambientale 2022

Nel 2022 è stata eseguita una nuova campagna di caratterizzazione ambientale dei terreni di sedime antistanti le aree interessate dagli interventi di progetto.

Il progetto **non contempla attività di escavo dei fondali** bensì una modesta quantità di salpamenti di materiale arido proveniente dalla riconfigurazione dell'esistente volume di imbasamento dei cassoni esistenti posto sul fondale naturale variabile tra quota -15 e -20 m dal Imm.

Per tale quantità di salpamento si prevede il trasporto a rifiuto, previa caratterizzazione, in impianti di recupero esterni all'ambito portuale.

Infatti i suddetti interventi, finanziati con fondi complementari del PNRR a norma del DM 330/2021, ricadono tra quelli di cui al comma 1-bis dell'art.242 ter del Dlgs 152/06 e smi, ovvero **“opere che non prevedono scavi**

ma comportano occupazione permanente di suolo” nonché tra quelli classificati come “**interventi di urgenza**” a norma dell’art.3, comma 1) lettera h) del DM Ambiente (26/01/2023) ovvero “**interventi necessari per ovviare a eventi imprevedibili la cui mancata esecuzione determinerebbe situazioni di grave pregiudizio alla salute pubblica e/o all’ambiente**”.

Tuttavia la caratterizzazione ambientale dei sedimenti si è resa necessaria ai fini dell’aggiornamento delle informazioni ottenute da indagini pregresse relativamente alle caratteristiche chimico-fisiche dei fondali posti a ridosso della Diga Foranea Duca d’Aosta e dell’Antemurale Thaon di Revel, nella parte esterna al bacino portuale, ove peraltro il progetto non prevede alcuna attività di escavo dei fondali.

L’area di indagine è posta a ridosso dell’intera diga foranea Duca degli Abruzzi e dell’antemurale Thaon di Revel e risulta esterna all’area di impronta delle opere a gettata previste a rafforzamento della attuale diga foranea e dell’antemurale.

In particolare, per la definizione del piano di campionamento, il fondale è stato suddiviso in 12 maglie quadrate, caratterizzate da dimensioni pari a 200 x 200 m lato mare.

Da questa suddivisione si ricava un totale di n. 12 punti di campionamento all’interno delle maglie le cui ubicazioni sono visibili nella figura seguente.

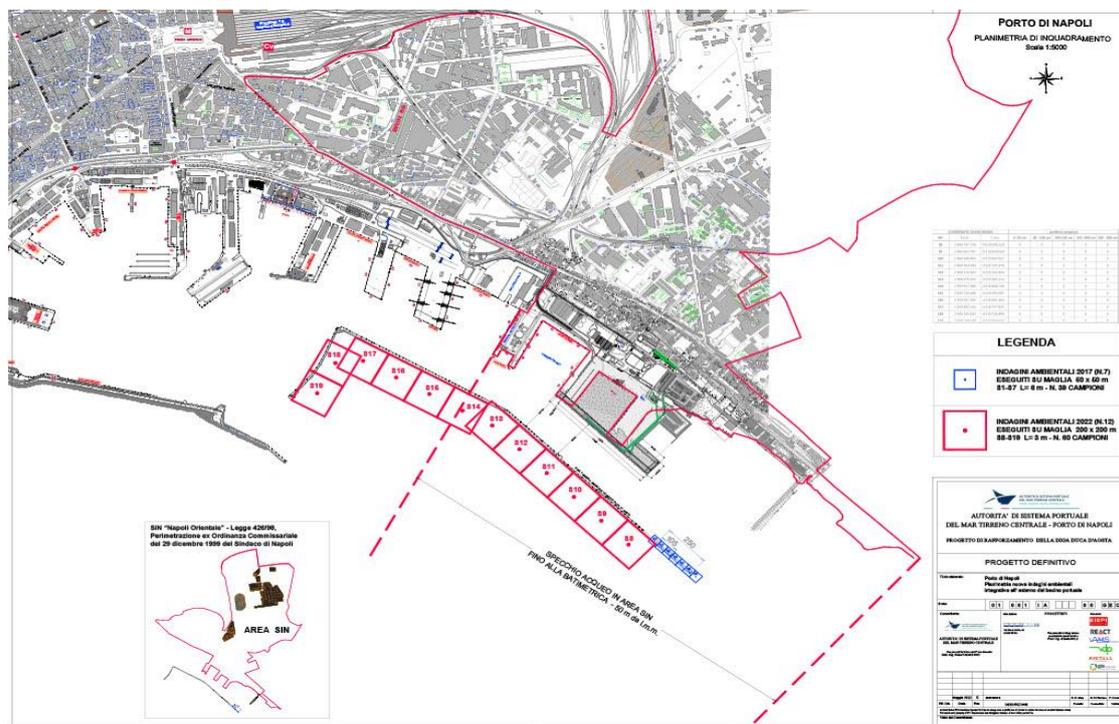


FIGURA 32 – PORTO DI NAPOLI – UBICAZIONE MAGLIE CARATTERIZZAZIONE 2022 DI DIMENSIONI 200 x 200 ML

Tenuto conto che il confine delle maglie 200x200 m è collocato a perimetro della diga foranea, i punti di prelievo, posizionati in prossimità del centro delle maglie e quindi a 100 m dal paramento dei cassoni, ricadono sempre esternamente all’area di intervento (70 m) e quindi interessano i sedimenti marini esclusi dall’area di intervento.

Le indagini eseguite hanno avuto lo scopo di:

- definire la successione stratigrafica dei sedimenti;
- caratterizzare gli stessi dal punto di vista ambientale, microbiologico ed ecotossicologico.

Le indagini sono state eseguite sulla scorta del **piano di caratterizzazione ambientale elaborato in fase di progettazione definitiva** (doc: 22_011_DR_005_00_AMB - data Luglio 2022 - rev. Ottobre 2022) sulla base delle indicazioni riportate nel Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 (Codice dell'ambiente) e *ss.mm.ii.*, nel DM 172/2018 e nei manuali ISPRA e preliminarmente concordato con ARPA Campania.

Le indagini eseguite sono di seguito riportate:

- esecuzione di **n° 12 sondaggi ambientali** a carotaggio continuo spinto sino a massimo 1,5 m da quota fondale
- **prelievo di n°36 campioni di sedimenti** da sottoporre ad analisi fisica, chimica, microbiologica ed ecotossicologica;
- **prelievo di n° 24 campioni di acque** da sottoporre ad analisi chimica;
- **prove di laboratorio** fisiche, chimiche, microbiologiche, ecotossicologiche sui campioni prelevati secondo il protocollo analitico riportato nei paragrafi successivi.

L'esecuzione delle indagini è stata affidata dall'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Centrale all'Impresa CACCAVALE APPALTI & COSTRUZIONI s.r.l., con sede Legale in Via Circumvallazione N° 310 – 80035 – Nola (NA), nell'ambito del contratto di Accordo Quadro quadriennale CUP: G17G19000030006 CIG: 8581006629, come da ORDINE DI LAVORO N° 4 (verbale di consegna del 3/10/2022).

Nell'ambito di tale contesto l'impresa esecutrice, in accordo con l'Autorità di Sistema Portuale del mar Tirreno Centrale, ha affidato alla Università degli Studi di Napoli Federico II - Dipartimento di Scienze Chimiche e al Dipartimento di Scienze Biologiche - le attività relative alle analisi di laboratorio sui campioni prelevati.

Le attività di prelievo in sito - dirette dal geom. Donato Avella - hanno avuto inizio in data 14/10/2022 e si sono concluse in data 19/10/2022. I campionamenti sono stati affidati al Dipartimento di Scienze Chimiche e al Dipartimento di Scienze Biologiche dell'Università degli Studi di Napoli Federico II con il coordinamento del Prof. M. Trifuoggi e della Dott.ssa G. Di Natale.

In particolare, si è fatto riferimento all'Allegato A al D.M. 7 novembre 2008, che indica la strategia di caratterizzazione e lo schema di campionamento da seguire, la profondità di campionamento e la scelta dei campioni, nonché le metodiche di campionamento, il trattamento e la conservazione dei campioni.

Non essendo previsto escavo dei fondali, il prelievo dei campioni è di tipo superficiale interessando la profondità di 1,5 m dal fondale nei tre strati 0-50 cm, 50-100 cm, 100-150 cm a mezzo di vibrocarotiere idraulico movimentato dalla gru di bordo di un motopontone.

La colonna d'acqua è stata campionata mediante il prelievo di acqua; si precisa che, per il rilevamento dei parametri chimici, in ogni postazione di campionamento è effettuata la raccolta di due campioni di acqua, uno superficiale e uno profondo.

Le indagini di caratterizzazione ambientale eseguite hanno avuto lo scopo di conoscere le caratteristiche chimico-fisiche, ecotossicologiche e microbiologiche dei materiali oggetto di studio.

Da un punto di vista chimico-fisico i sedimenti prelevati sono stati caratterizzati secondo la **Tabella 1 colonna B - Allegato 5 - Titolo V - Parte IV del D.Lgs.152/06** e *ss.mm.ii.*, mentre le acque sono state caratterizzate secondo il **Decreto Legislativo 13 ottobre 2015, n. 172**.

Le analisi chimiche e chimico-fisiche sono state effettuate dal laboratorio ACE-*Analytical Chemistry for the Environment* accreditato ACCREDIA con n. 1498L per le matrici oggetto delle indagini.

Le caratterizzazioni ecotossicologica e microbiologica dei sedimenti sono state effettuate sulla base delle

metodologie e dei criteri stabiliti dall'Allegato A del Decreto del 7 novembre 2008 e dal Decreto Ministeriale 173 del 15 luglio 2016 *“Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini”*, benchè non applicabile al caso di specie in quanto il progetto non prevede escavo dei fondali.

Per quanto riguarda le acque, nel corso delle indagini sono state effettuate analisi *in situ* e indagini in laboratorio; durante le attività di campo sono stati acquisiti i valori di temperatura, trasparenza, ossigeno disciolto, clorofilla e torbidità.

I risultati della caratterizzazione delle acque e dei sedimenti eseguita nel 2022/2023 nell'area di intervento sono riportati nella relazione finale dell'Università degli Studi di Napoli del luglio 2023 allegata alla relazione sulla caratterizzazione dei sedimenti parte del progetto definitivo (CFR elab. 22011_DR_006_01_AMB).

In particolare le tabelle relative ai sedimenti mostrano le risultanze ottenute per i campioni analizzati, suddivise in funzione del punto di prelievo ed espresse in relazione ai Valori di intervento per sedimenti di aree fortemente antropizzate con particolare riferimento ai siti di bonifica di interesse Nazionale della Regione Campania (ICRAM CII-Pr-CA-valori intervento) ed espresse in relazione alla Tabella 1 colonna B - Allegato 5 - Titolo V - Parte IV del D.Lgs.152/06 e *ss.mm.ii.*

I risultati analitici relativi alle indagini chimiche condotte sui sedimenti sono stati confrontati con i “valori di intervento” ISPRA 02/12/2019 CII-Pr-CA-NO Valori intervento-02.02 e con i valori riportati nella colonna B “Siti ad uso commerciale ed industriale” della tabella 1 dell'allegato 5 al Titolo V della Parte IV del D.Lgs.152/06.

Dalle risultanze analitiche emergono sporadici elementi di marginale criticità relativamente a tre macrocategorie di analiti: metalli (cadmio, mercurio, arsenico, rame e zinco) , idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) e idrocarburi pesanti (C>12) come riportato nella relazione conclusiva delle indagini a cura della Università federico II

Le analisi microbiologiche dei sedimenti campionati non hanno rilevato particolari criticità in riferimento ai parametri rilevati su *Coliformi totali, Enterococchi fecali, Escherichia coli, Spore di Clostridi, solfito riduttori, Salmonella spp., Stafilococchi, Muffe e Lieviti.*

Le attività di caratterizzazione sono state eseguite in contraddittorio con ARPAC che in data 07/09/2023 ha trasmesso all'Adsp del mar Tirreno Centrale relazione tecnica sui risultati e relativi rapporti di prova.

Le valutazioni di ARPAC definiscono una sostanziale conformità alle risultanze della analisi effettuate dall'Università di Napoli.

L'agenzia conclude la relazione considerando che *i prelievi e le analisi chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche, eseguite dalla parte in contraddittorio, rappresentano il punto zero che dovrà essere confrontato con le prossime indagini (monitoraggi) per valutare gli eventuali impatti e che, non dovendo movimentare i sedimenti, non si procede, al momento alla validazione dei dati analitici ritenendo, in via cautelativa, che i valori di concentrazione da prendere a riferimento, debbano essere i valori maggiori tra i due laboratori.*

L'aggiornamento del piano di monitoraggio eseguito in fase di progettazione esecutiva tiene conto delle risultanze delle attività di caratterizzazione, delle prescrizioni rese dalla Sottocommissione VIA nell'ambito dell'emissione del Decreto di Compatibilità Ambientale e dei pareri resi da Arpac a seguito dei tavoli tecnici eseguiti nelle date 27/02/2024 e del 17/04/2024.

La revisione esecutiva del piano (elab. 1494-01-NA-DA-PE-AMB-r02-0 Piano) viene allegato al presente progetto e si resta in attesa di formale approvazione da parte dell'ARPAC.

6.3 Rilievi topografici, subacquei e batimetrici

6.3.1 Rilievi alla base del progetto definitivo posto a base appalto

Tra i mesi di luglio ed ottobre 2021 sono stati eseguiti dal RTP Geonautics srl / GIA Consulting srl su incarico dell'AdSP rilievi topo-batimetrici e subacquei della diga Duca d'Aosta e dell'antemurale Thaon de Revel finalizzato al monitoraggio morfo-batimetrico di dettaglio della diga foranea sia delle porzioni emerse che sommerse, dei fondali adiacenti ed all'identificazione di eventuali anomalie, successivamente verificate e documentate mediante l'esecuzione di video ispezioni subacquee (ROV), nonché al rilievo

Nell'ambito delle attività di rilievo, sono stati svolti:

- rilievo topografico dell'area con materializzazione e livellazione dei capisaldi plano-altimetrici (riferimento spazio-temporale) mediante tecniche combinate di rilievo con sistemi GPS/GNSS, Laser scanner terrestre e rilievi aerofotogrammetrici attraverso l'utilizzo di sistemi SAPR (Sistemi Aerei a Pilotaggio Remoto);
- rilievo topo-batimetrico di dettaglio con sistema Laser Scanner, drone SAPR e Multibeam (LS-SAPR-Mbes);
- video ispezioni a spot con sistema ROV per meglio identificare le anomalie individuate.

Il sistema di riferimento utilizzato per l'inquadramento degli studi e degli elaborati grafici allegati al progetto è EPSG: 32633 / UTM zona 33N; per le quote ortometriche il modello di riferimento è il geoido ITALGEO2005.

Il rilievo topografico è stato effettuato con strumentazione GNSS differenziale in modalità RTK (rilievo cinematico in tempo reale) utilizzando le correzioni differenziale fornite dalla Rete di stazioni permanenti della Regione Campania.

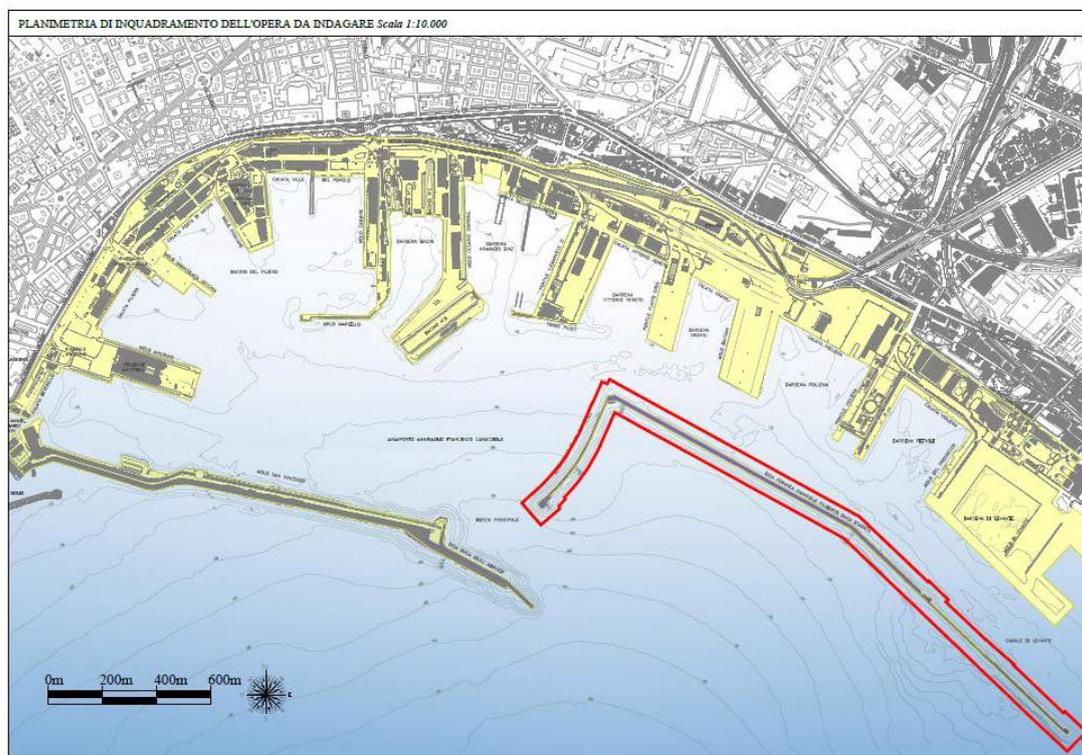


FIGURA 33 - IN ROSSO L'AREA INTERESSATA DAI RILIEVI TOPO-BATIMETRICI



FIGURA 34 - DIGA DUCA D'AOSTA E ANTEMURALE THAON DE REVEL – MAPPATURA BATIMETRICA 2021

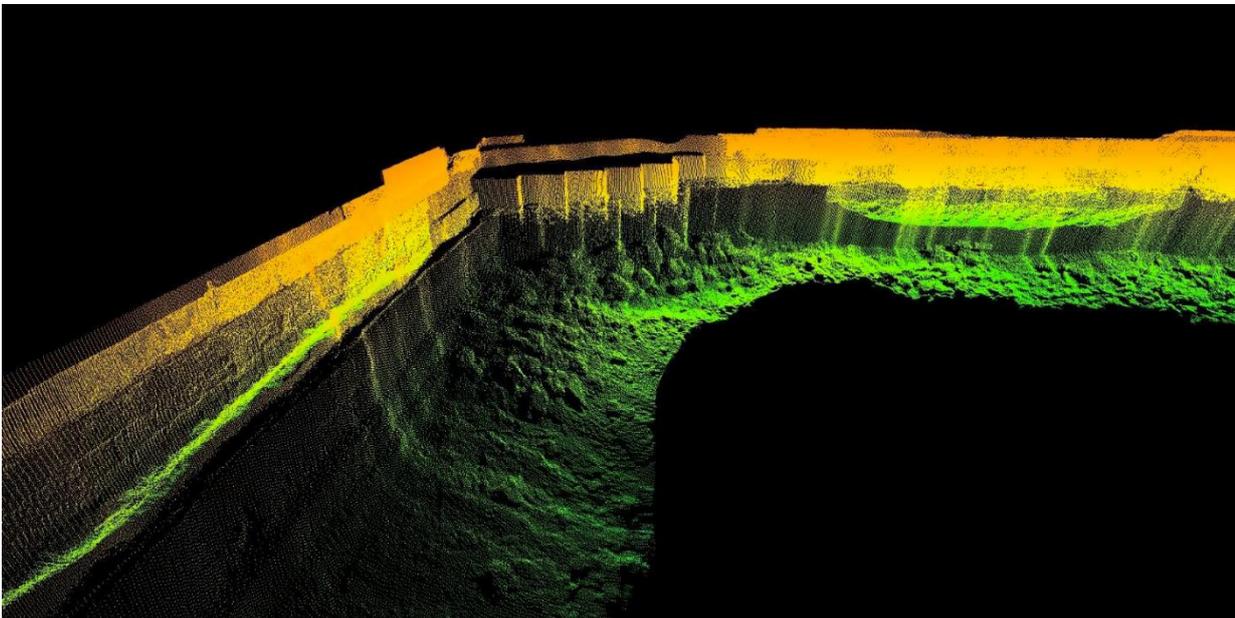


FIGURA 35 - DIGA DUCA D'AOSTA E ANTEMURALE THAON DE REVEL – PARTICOLARE RILIEVI LASER-SCANNER E MULTIBEAM - 2021

A valle dell'elaborazione dei dati preliminari acquisiti con sistema Mbes, sono state programmate indagini visive con veicolo filoguidato (R.O.V.) al fine di verificare e caratterizzare, con maggiore dettaglio ed in maniera univoca, le interpretazioni del dato sonar visionate sul DEM e sulla nuvola di punti.

L'area complessivamente investigata ha compreso l'intera la porzione emersa (l'altezza massima è stata di 17m nei pressi di strutture installate sulla banchina come i fari e fanali presenti) e quella sommersa fino ad una profondità massima in alcuni punti con un gradiente batimetrico elevato anche a - 30m.

Nel corso delle attività di rilievo sono stati individuati e georeferenziati i punti in cui l'opera mostra significativi ammaloramenti e danni. La descrizione di dettaglio dei danni rilevati è riportata negli elaborati specialistici redatti dal RTP Geonautics srl / GIA consulting srl allegati alla relazione specialistica sulle attività di rilievo.

Di seguito planimetria con ubicazione dei punti ispezionati.

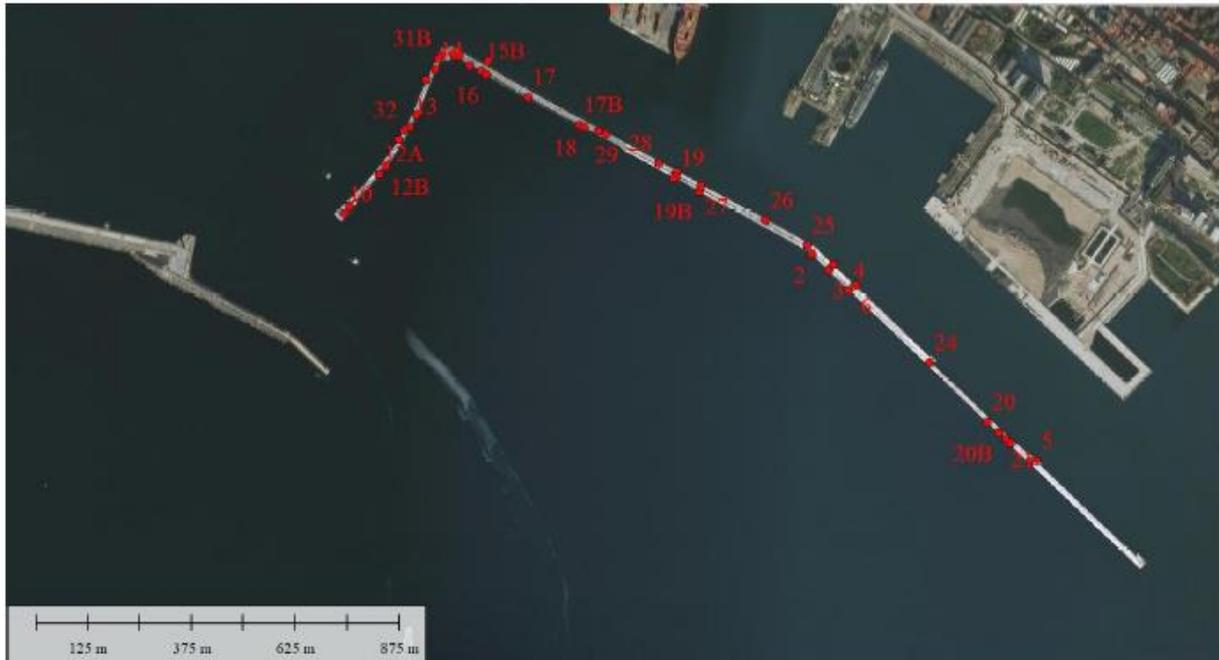


FIGURA 36 - PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DEI PUNTI ISPEZIONATI

In particolare, come già evidenziato nei paragrafi precedenti, nel corso del rilievo sono stati individuati n. 4 tratti della diga foranea Duca d'Aosta caratterizzati da dissesti rilevanti. I tratti caratterizzati da crolli e dissesti del muro paraonde ovvero del massiccio di coronamento sono di seguito riportati:

- Il tratto individuato dai punti 17b-18, da prog. +888.00 m a progr. +920.00 m, presenta il crollo parziale del muro paraonde, con il massiccio di coronamento parzialmente divelto e la presenza di massi in cls instabili ed in condizioni di incipiente crollo;

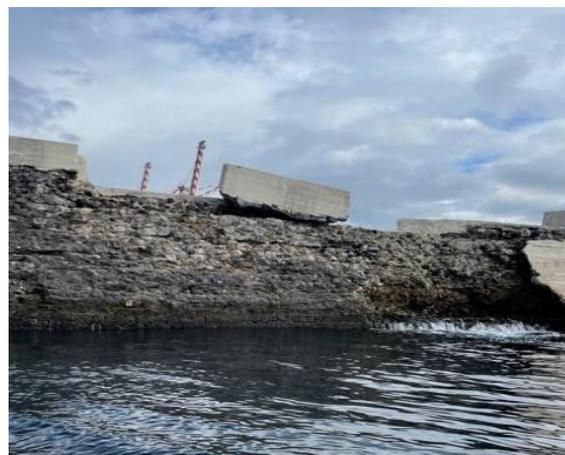


FIGURA 37 - FOTO DEI DANNI RILEVATI IN CORRISPONDENZA DEI PUNTI 17b-18

- Il tratto individuato dai punti 7-19, da progr. +1132.00 m a progr. +1170.00 m, è il tratto che ha subito i danni più gravi delle mareggiate eccezionali del 28-29/12/20 e 02/01/21, con la formazione di grandi aperture (la cui parte sommitale sarà sicuramente soggetta a crolli futuri); il piano di calpestio in questo caso è stato completamente rimosso dai flutti per un estensione di circa 12 m; sulla banchina inoltre sono presenti blocchi di grandi dimensioni provenienti dal crollo del muro paraonde;



FIGURA 38 - FOTO DEI DANNI RILEVATI IN CORRISPONDENZA DEI PUNTI 7-19

- Il tratto individuato dai punti 3-6b, da progr. +1570.00 m a progr. +1595.00 m circa, presenta danni/crolli nella parte inferiore del muro paraonde, proprio dove insistono maggiormente i flutti derivanti dal moto ondosso; il piano di calpestio della banchina risulta asportato, con la conseguente presenza di vuoti;



FIGURA 39 - FOTO DEI DANNI RILEVATI IN CORRISPONDENZA DEI PUNTI 3-6b

- Il tratto individuato dai punti 4-6, da progr. +1640.00 m a progr. +1685.00 m circa, è caratterizzato dallo stato quadro fessurativo del tratto 3-6b, presentando danni/crolli nella parte inferiore del muro paraonde ed asportazione del piano di calpestio della banchina, con la conseguente presenza di vuoti di dimensioni significative.



FIGURA 40 - FOTO DEI DANNI RILEVATI IN CORRISPONDENZA DEI PUNTI 4-6

6.3.2 Rilievi eseguiti dall'Appaltatore

6.3.2.1 RILIEVO BATIMETRICO ESEGUITO DALLA SOCIETÀ PRISMA SRL

A seguito di Ordinanza n. 20 del 19/02/2024 emessa dalla Capitaneria di Porto di Napoli sulla base di istanza effettuata con nota prot. 3997 del 09/02/2024 dalla Stazione Appaltante, la società Prisma srl, su incarico affidato dall'Appaltatore, ha eseguito nei giorni 19 e 20 febbraio 2024 il rilievo batimetrico delle aree interessate dagli interventi di progetto.

Il rilievo è stato eseguito al fine di aggiornare le curve batimetriche ed effettuare una verifica dei volumi necessari all'esecuzione delle opere di progetto.

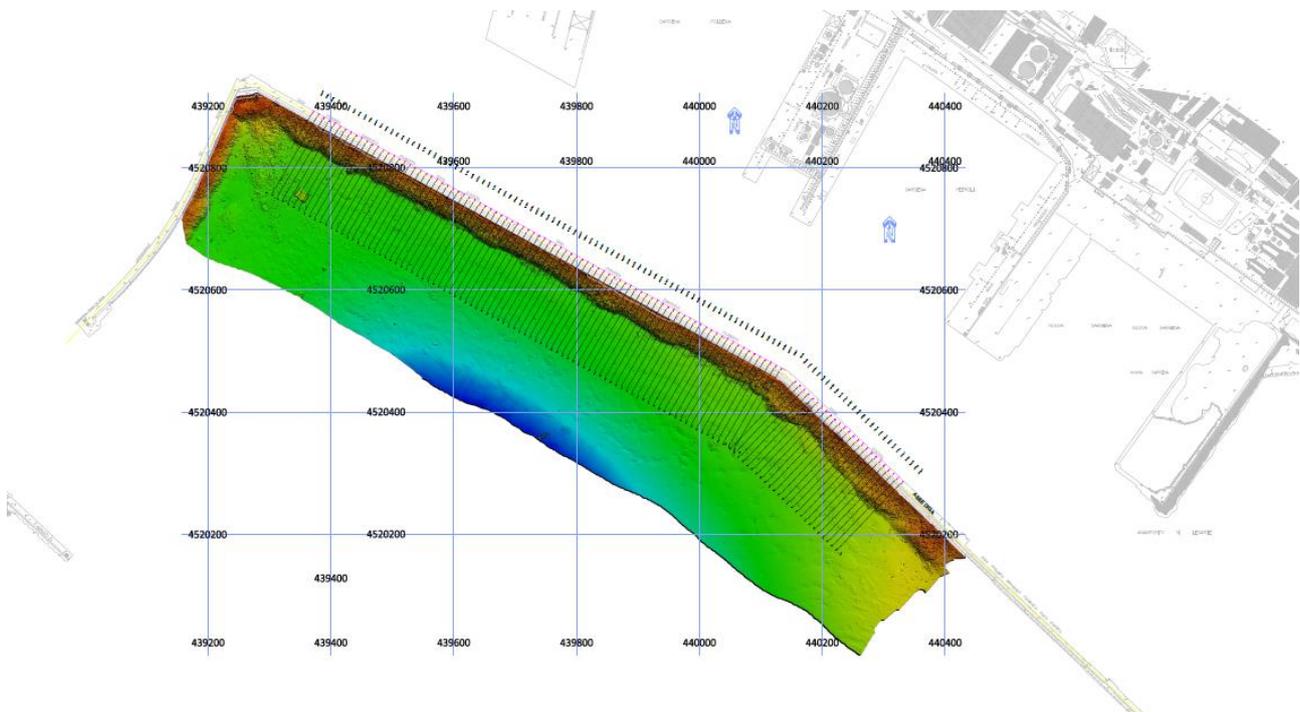


FIGURA 41 – PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DEL RILIEVO BATIMETRICO ESEGUITO DALLA SOCIETÀ PRISMA SRL NEL FEBBRAIO 2024

L'elaborato RIL-a13 - *Relazione tecnica rilievo batimetrico multibeam 2024* ed i relativi allegati dettagliano le modalità di esecuzione del rilievo e la strumentazione utilizzata.

Le risultanze del rilievo, che sostanzialmente confermano le batimetrie riportate nel progetto definitivo, sono state utilizzate dagli scriventi per come base per l'elaborazione del presente progetto esecutivo.

6.3.2.2 RILIEVO SUB BOTTOM PROFILER ESEGUITO DALLA SOCIETÀ PRISMA SRL

Nell'ambito della verifica di assoggettabilità a VIA di cui all'istanza presentata dalla Stazione Appaltante presso il Ministero dell'Ambiente per gli interventi in appalto, il Ministero della Cultura con comunicazione MIC SS-PNRR I 21/11/2023 I 0027393-P del 21/11/2023, recependo il parere reso dalla Soprintendenza ABAP per il Comune di Napoli con nota prot. 17368 del 15/11/2023, ha rilevato che il progetto sia completato dalla documentazione prevista dall'art. 41, c.4 del D.lg. 36/2023 a firma di un professionista abilitato corredata da un piano di indagini geo-archeologiche preliminari da concordare con il funzionario archeologo di zona della competente Soprintendenza territoriale.

Facendo seguito a tale prescrizione in data 22/02/2024 il personale tecnico dell'Appaltatore unitamente agli archeologi ha tenuto una riunione di coordinamento presso gli uffici della Soprintendenza archeologica di Napoli, alla presenza del dott. Stefano Iavarone in qualità di funzionario archeologo di zona, al fine di definire la tipologia di indagini integrative archeologiche da eseguire e gli elaborati da produrre per riscontrare positivamente le prescrizioni del MiBAC

In data 21/03/2024 con nota prot. 185 l'Appaltatore ha trasmesso il piano di indagini integrative archeologiche concordato prevedendo l'esecuzione di un rilievo stratigrafico Sub Bottom Profiler da eseguire alla presenza dei dott. archeologi Marco Tartari e Simone Ruggeri con il supporto della strumentazione messa a disposizione dalla società Prisma srl.

Con nota prot. ... la Soprintendenza archeologica di Napoli ha trasmesso formale approvazione all'esecuzione delle indagini.

Con nota prot. 9051 del 26/03/2024 la Stazione Appaltante ha presentato presso la Capitaneria di Porto di Napoli richiesta di ordinanza per lo specchio acqueo a mare interessato dalle attività di indagine.

La CP di Napoli ha pertanto emesso propria Ordinanza n.36 del 05/04/2024 per l'esecuzione del rilievo Sub Bottom Profiler.

Le attività sono state eseguite in data 09/04/2024 e i risultati dell'indagine sono riportati negli elaborati progettuali ARC-t02 e ARC-t03 di cui si riporta di seguito stralcio dell'area investigata:

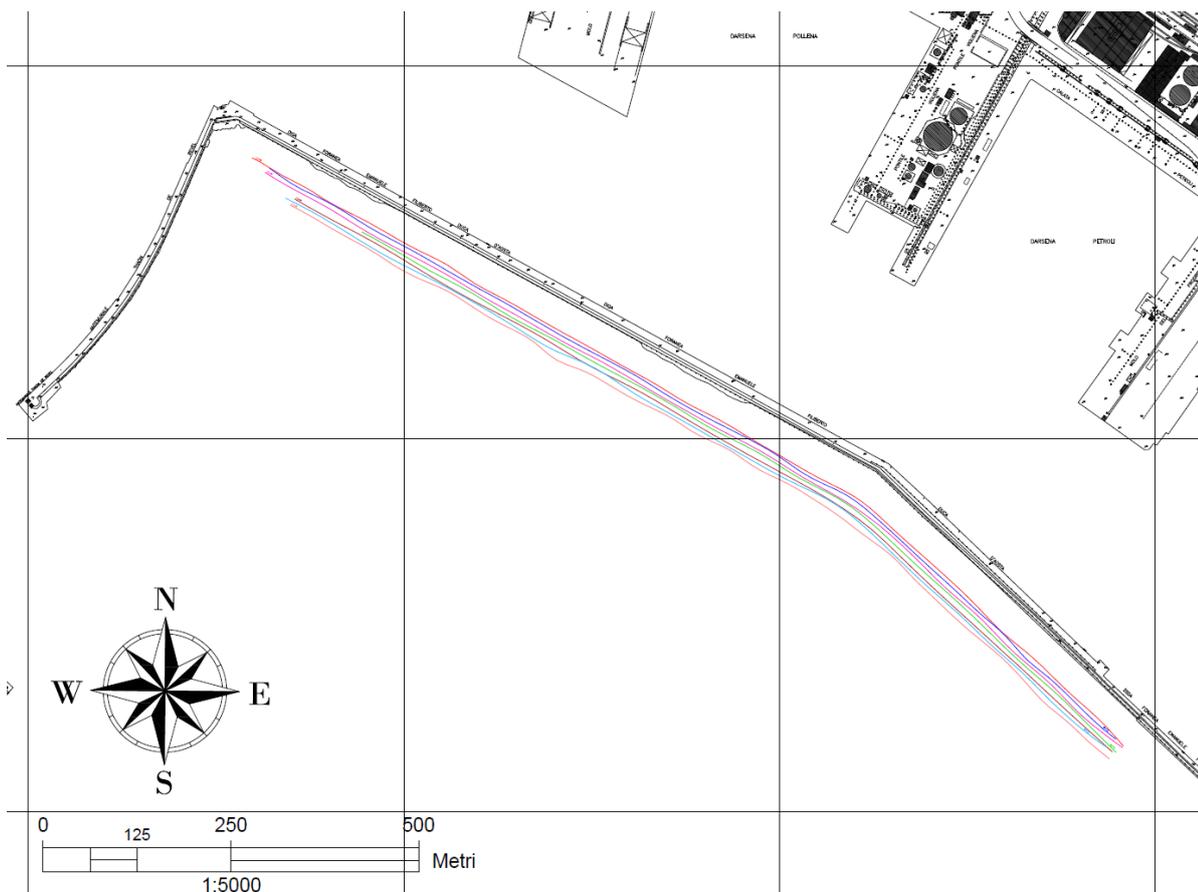


FIGURA 42 – PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DEI PROFILI INDAGATI

L'interpretazione delle indagini ai fini archeologici viene riportata nell'elaborato ARC-r01 – Relazione archeologica.

6.4 Indagini strutturali

Nel mese di luglio 2022, sulla scorta del piano di indagini elaborato in fase di progettazione definitiva, sono state eseguite indagini diagnostiche sulle strutture esistenti delle dighe foranee Theon de Revel e Duca d'Aosta al fine di determinare le caratteristiche dei materiali e lo stato di consistenza delle strutture in cls esistenti.

In particolare, sono state eseguite le seguenti indagini:

- n.16 rilievi pacometrici con magnetometro per l'individuazione di eventuali armature sulle platee ed i muri paraonde e, nel caso, la definizione della geometria e delle caratteristiche dimensionali delle stesse;
- n. 26 prelievi di carote di calcestruzzo e relative prove di compressione in laboratorio (eseguite dal laboratorio autorizzato CMG Testing);
- n. 18 prove di carbonatazione su campioni cilindrici di calcestruzzo prelevati;
- n. 2 scarificazioni per una superficie di 1.0 x 1.0 m e profondità di 6 cm per la verifica della presenza di armature su platee;
- n. 2 scarificazioni per una superficie di 1.0 x 1.0 m e profondità di 6 cm per la verifica della presenza di armature sui muri paraonde.

6.4.1 Rilievi pacometrici

Il rilievo pacometrico consiste nella scansione della superficie delle strutture indagate mediante apposito strumento, il pacometro, consentendo il rilevamento delle barre di armatura nelle strutture in calcestruzzo armato, definendone la direzione e, talvolta, copriferro e diametro del rondino, in maniera non distruttiva.

Nel caso in esame sono state condotte n. 16 indagini pacometriche sulla platea e sul muro paraonde dell'antemurale Thoan de Revel e della diga Duca d'Aosta.

Le indagini eseguite non hanno rilevato presenza di barre di armatura nelle strutture in cls della diga.

Per quanto non espressamente riportato, ed in particolare per quanto riguarda la strumentazione utilizzata e la modalità di esecuzione, nonché i risultati delle indagini, si rimanda al report sulle indagini strutturali allegato alla relazione sulle indagini strutturali (GEO-a01).

6.4.2 Prelievo di campioni cilindrici in cls

Nel corso della campagna di indagine sono stati eseguiti n. 26 carotaggi con prelievi di carote di cls di diametro nominale pari a d:100 mm.

Il prelievo mediante carotaggio a rotazione con circolazione di fluido è stato preceduto da indagini pacometriche per individuare l'eventuale presenza e posizione di barre di armatura al fine di evitarne il danneggiamento. Al termine della perforazione il foro ottenuto dall'asportazione del campione è stato ricomposto con malta tissotropica a ritiro compensato. Le operazioni hanno seguito le norme tecniche previste UNI EN 12504-1 e UNI EN 12390/3.

Di seguito sono riepilogati i campioni di cls prelevati nel corso della campagna di indagine.

TABELLA 3 - RIEPILOGO CAMPIONI CLS PRELEVATI (2022)

Campione C = cls	L Carota (cm)	φ (cm)	Elemento Strutturale	Stazione
CVP1 C3	36.0	10.0	PLATEA	1
CVP1 C4	36.0	10.0	PLATEA	1
COM2 C1	38.0	10.0	MURO PARAONDE	2
COM2 C2	42.0	10.0	MURO PARAONDE	2
CVP2 C3	24.0	10.0	PLATEA	2
CVP2 C4	24.0	10.0	PLATEA	2
COM3 C1	43.0	10.0	MURO PARAONDE	3
COM3 C2	42.0	10.0	MURO PARAONDE	3
CVP3 C3	30.0	10.0	PLATEA	3
CVP3 C4	36.0	10.0	PLATEA	3
COM4 C1	41.0	10.0	MURO PARAONDE	4
COM4 C2	41.0	10.0	MURO PARAONDE	4
CVP4 C3	33.0	10.0	PLATEA	4
CVP4 C4	41.0	10.0	PLATEA	4
COM5 C1	40.0	10.0	MURO PARAONDE	5
COM5 C2	40.0	10.0	MURO PARAONDE	5
CVP5 C3	38.0	10.0	PLATEA	5
CVP5 C4	36.0	10.0	PLATEA	5

Ai campioni sopra elencati, vanno sommati i campioni di calcestruzzo prelevati nello spessore delle platee nel corso dei sondaggi geognostici a carotaggio continuo, di seguito riportati.

TABELLA 4 - RIEPILOGO CAMPIONI CLS PRELEVATI NEL CORSO DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI (2022)

Campione C = cls	L Carota (cm)	φ (cm)	Elemento Strutturale	Stazione
CSV2 C1	30.0	9.0	SETTO INTERNO CASSONE	2
CSV2 C2	30.0	9.0	SETTO INTERNO CASSONE	2
CSV3 C1	30.0	9.0	SETTO INTERNO CASSONE	3
CSV3 C2	30.0	9.0	SETTO INTERNO CASSONE	3
CSV4 C1	30.0	9.0	SETTO INTERNO CASSONE	4
CSV4 C2	30.0	9.0	SETTO INTERNO CASSONE	4
CSV5 C1	30.0	9.0	SETTO INTERNO CASSONE	5
CSV5 C2	30.0	9.0	SETTO INTERNO CASSONE	5

Per ulteriori dettagli riguardo le attrezzature e le modalità di esecuzione dei prelievi dei campioni si rimanda al report allegato alla relazione sulle indagini strutturali (GEO-a01).

6.4.3 Prove di laboratorio

Tutti i campioni prelevati sono stati inviati al Laboratorio Materiali CMG Testing, autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/2001, per la circolare STC 7617/10, per l'esecuzione di test di compressione per la determinazione della resistenza a compressione del cls.

I certificati di prova sono allegati alla relazione sulle indagini strutturali (GEO-a01).

6.4.4 Prove di carbonatazione

Sui campioni di cls prelevati nel corso della campagna di indagine sono stati eseguiti test di carbonatazione mediante la prova alla fenolftaleina.

Per quanto riguarda la metodologia di prova, si rimanda al report allegato alla relazione sulle indagini strutturali (GEO-a01)

I valori dello spessore di carbonatazione rilevati sui campioni cilindrici prelevati e sottoposti a test sono riportati nella tabella seguente.

TABELLA 5 - RIEPILOGO RISULTATI PROVE DI CARBONATAZIONE CLS (2022)

Campione C = cls	L Carota (cm)	φ (cm)	Spessore Carbonatazione (cm)	Elemento Strutturale	Stazione
CVP1 C3	36.0	10.0	0	PLATEA	1
CVP1 C4	36.0	10.0	0	PLATEA	1
COM2 C1	38.0	10.0	4.0	MURO PARAONDE	2
COM2 C2	42.0	10.0	3.0	MURO PARAONDE	2
CVP2 C3	24.0	10.0	4.0	PLATEA	2
CVP2 C4	24.0	10.0	4.0	PLATEA	2
COM3 C1	43.0	10.0	1.5	MURO PARAONDE	3
COM3 C2	42.0	10.0	1.5	MURO PARAONDE	3
CVP3 C3	30.0	10.0	0	PLATEA	3
CVP3 C4	36.0	10.0	2.0	PLATEA	3
COM4 C1	41.0	10.0	4.0	MURO PARAONDE	4
COM4 C2	41.0	10.0	0	MURO PARAONDE	4
CVP4 C3	33.0	10.0	0	PLATEA	4
CVP4 C4	41.0	10.0	0	PLATEA	4
COM5 C1	40.0	10.0	4.0	MURO PARAONDE	5
COM5 C2	40.0	10.0	3.0	MURO PARAONDE	5
CVP5 C3	38.0	10.0	0	PLATEA	5
CVP5 C4	36.0	10.0	5.0	PLATEA	5

6.4.5 Scarificazioni

Nel corso della campagna di indagine sono state messe a nudo n. 2 coppie di porzioni di platea e muro paraonde per una superficie di dim. 100x100 cm ed una profondità di circa 6 cm dalle superfici esterne. Le scarificazioni sono state eseguite utilizzando un martello demolitore munito di scalpello.

Il report fotografico delle attività di scarificazione è riportato nel report allegato alla relazione sulle indagini strutturali (GEO-a01).

Nel corso delle attività non è stata riscontrata la presenza di barre di armatura.

7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Con riferimento alla caratterizzazione litostratigrafica e meccanica dei terreni di sedime presenti nell'area di intervento è stato preso a riferimento quanto riportato dal progetto definitivo approvato.

In particolare, sono stati definiti i seguenti complessi litologici:

- Depositi di fondale attuale - Sf;
- Formazione delle Sabbie limose superiori - SL;
- Formazione delle Sabbie inferiori - SG.

Dalle numerose prove geotecniche di identificazione e classificazione emerge una stratigrafia variabile con la profondità con caratteristiche granulometriche comprese tra le "sabbie limose", i "limi sabbiosi" e le "sabbie ghiaiose".

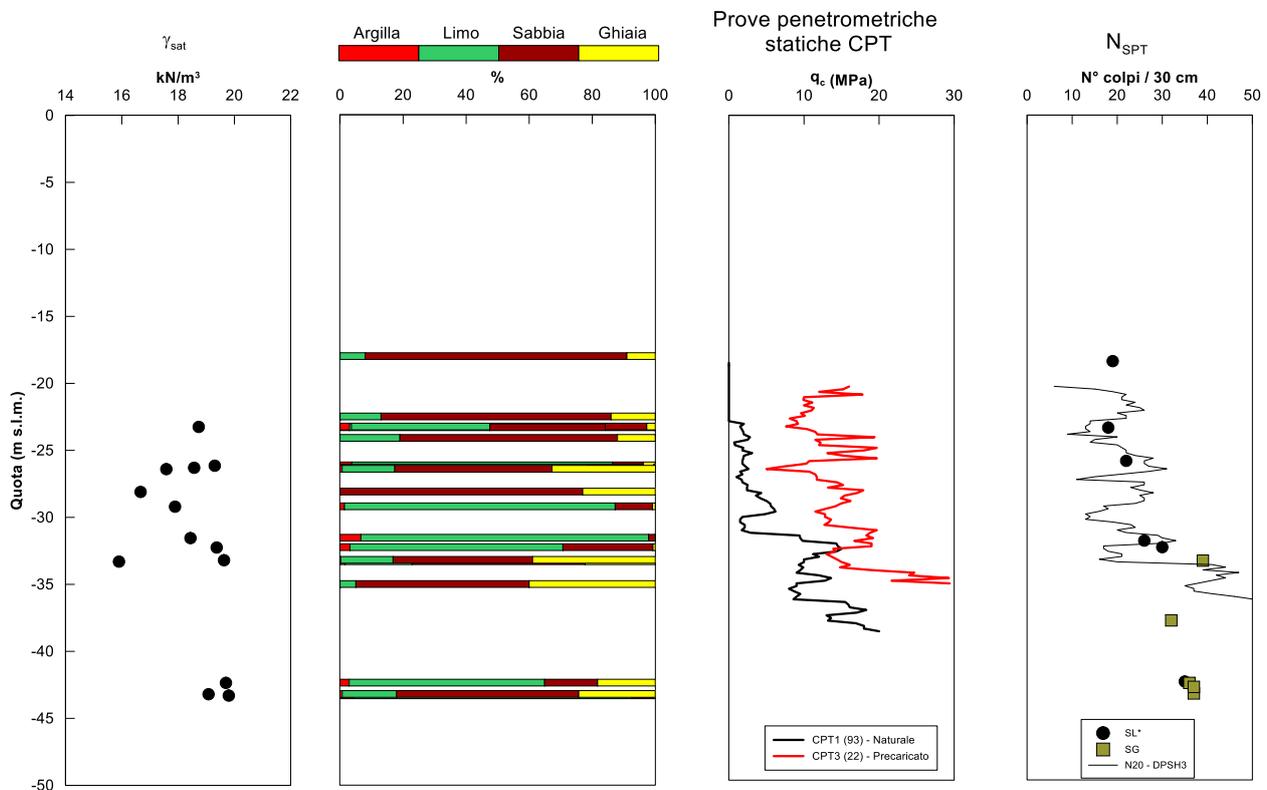


FIGURA 43- PROVE DI LABORATORIO E IN SITU ESEGUITE (PROGETTO DEFINITIVO 2023)

La caratterizzazione meccanica dei litotipi è stata basata prevalentemente sui risultati delle prove in situ (SPT, CPT e DPSH) utilizzando le correlazioni per terreni incoerenti, attesa la trascurabile componente argillosa dei terreni.

In particolare, a partire dalla resistenza alla punta q_c determinata dalle prove CPT, sono state utilizzate le correlazioni di Lancellotta (1983) per la stima della densità relativa D_R

$$D_R(\%) = 68 \times \left[\log \left(\frac{q_c}{\sqrt{p_a \times \sigma'_v}} \right) - 1 \right]$$

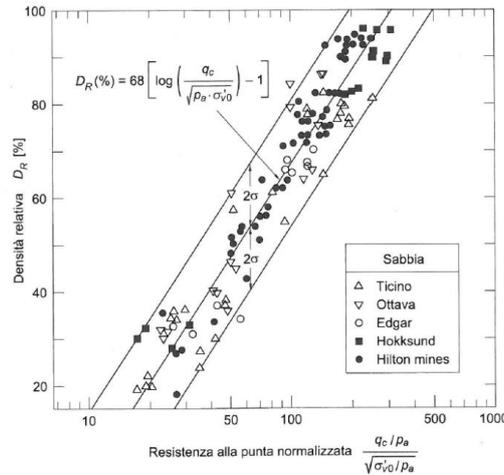


FIGURA 44- STIMA DELLA DENSITÀ RELATIVA DR (LANCELLOTTA, 1983)

e la relazione proposta da Robertson e Campanella (1983) valida per sabbie per la stima dell'angolo di resistenza a taglio φ'

$$\varphi' = \tan^{-1} \left[0.1 + 0.38 \log \left(\frac{q_c}{\sigma'_v} \right) \right]$$

Sono state inoltre utilizzate le note correlazioni di carattere empirico che legano i valori del numero di colpi per "piede di avanzamento" determinato mediante le prove penetrometriche tipo SPT, N_{SPT} , ai parametri geotecnici. Per la determinazione dell'angolo di resistenza al taglio di picco φ'_p è stato impiegato il metodo di correlazione indiretta proposto da Schmertmann (1978) che fornisce il valore di φ'_p a partire dal valore di D_R stimato con la formula di Skempton, mediante la nota formulazione:

$$D_R(\%) = 100 \times \left(\frac{N'_{SPT}}{A + B \times \sigma'_v} \right)^2$$

dove A e B sono costanti empiriche variabili tra $A=27.5 \div 43.3$ e $B=21.7 \div 27.5$ (sabbie fini/grosse NC) e σ'_v (espresso in kg/cm^2) il valore della tensione verticale efficace alla profondità di prova.

Per una stima dei moduli elastici operativi da adoperare nel calcolo dei cedimenti, considerate le significative variazioni di composizione che a luoghi contraddistinguono i diversi termini a composizione sabbiosa comunque prevalente, i moduli sono stati calcolati con la nota correlazione empirica fornito dall'abaco di Baldi et al. (1988) dove il modulo normalizzato E'/q_c rispetto alla resistenza alla punta della prova penetrometrica statica q_c equivalente è espresso in funzione della densità relativa e del grado di sovraconsolidazione.

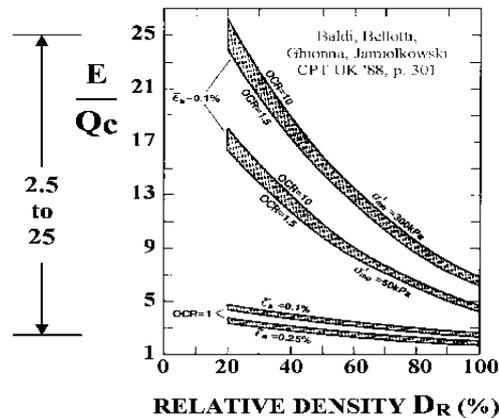


FIGURA 45 - RAPPORTO E/QC IN FUNZIONE DI DR (BALDI ET AL., 1988)

Nel modello geotecnico di riferimento, analogamente a quanto previsto dal progetto definitivo validato, nell'ambito dei medesimi litotipi sono stati distinti i terreni indisturbati dalla realizzazione della diga esistente da quelli addensati per effetto del carico del corpo diga che presentano di conseguenza caratteristiche meccaniche migliori.

Le caratteristiche meccaniche dei depositi di fondale oggetto di intervento di consolidamento mediante vibroflottazione/vibrosostituzione profonda sono state valutate mediante il noto metodo di Priebe (1995, 2003).

Infine, i materiali impiegati per la realizzazione dello scanno di imbasamento della diga esistente (tout venant di cava e pietrame scapolo) sono stati caratterizzati mediante valori di letteratura assumendo prudenziali valori in termini di rigidezza e resistenza a taglio.

Con riferimento alla stratigrafia considerata nelle analisi geotecniche, si è fatto riferimento alla ricostruzione stratigrafica della sezione di riferimento prevista dal progetto definitivo posto validato, rappresentata schematicamente nella figura seguente.

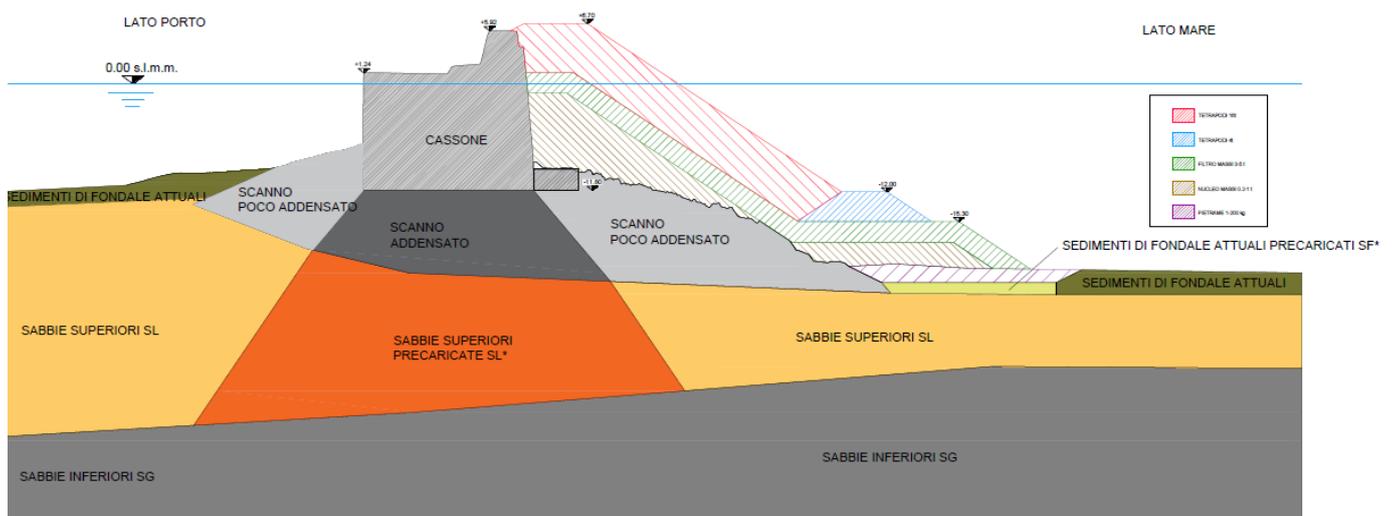


FIGURA 46 - MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

Le caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni utilizzate nelle analisi geotecniche sono riepilogate nella tabella seguente.

TABELLA 7-1 - RIEPILOGO CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI TERRENI

Termini	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	E' (MPa)
Depositi di fondale Sf	-	16.5	0	25	3
Sabbie superiori SL	-	17	0	32	14
Sabbie superiori precaricate SL*	-	18.5	0	34	40
Sabbie inferiori SG	-	20.5	0	38	60
Pietrame/Materiale imbonimento	-	20.5	0	42	10
Terreni stabilizzati	-	17	0	33	11
Massi 1° cat. (0.2-1 ton)	18.8	21.2	0	45	7.5
Massi 2° cat. (3-5 ton)	17.5	20.5	0	45	15
Tetrapodi 4 mc	12	17	0	45	15
Tetrapodi 16 mc	10.8	16.3	0	45	15
Scanno "sciolto"	15	19	0	40	2.5
Scanno "addensato"	17	20	0	40	7.5/25

Per quanto non espressamente riportato, ed in particolare per quanto riguarda la metodologia di definizione delle caratteristiche dei terreni ed i modelli costitutivi adottati nelle analisi di verifica e dimensionamento dell'opera, si rimanda agli elaborati specialistici del progetto (cfr. elab. 22-011-DR-007-GEO Relazione geologica, GEO-r02 Relazione di caratterizzazione geotecnica, GEO-r03 Relazione di calcolo geotecnico).

8 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{V_R} , nel periodo di riferimento V_R . L'accelerazione orizzontale attesa a_g viene ricavata dalla tabella in allegato alle Norme Tecniche per le Costruzioni o dai dati dell'INGV a partire dalla conoscenza delle coordinate geografiche del sito in esame e dal periodo di ritorno dell'azione sismica T_R .

Interpolando i valori dei parametri spettrali dei 4 punti del reticolo all'interno del quale si trova il sito in questione, si ottengono una serie di valori, associati ai diversi periodi di ritorno. Considerando che la vita nominale dell'opera (V_N) è pari a 50 anni e che il coefficiente d'uso C_U è pari a 1.0, si ha quale periodo di riferimento per l'azione sismica:

$$V_R = C_U \cdot V_N = 50 \text{ anni}$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica si ricava con la seguente:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

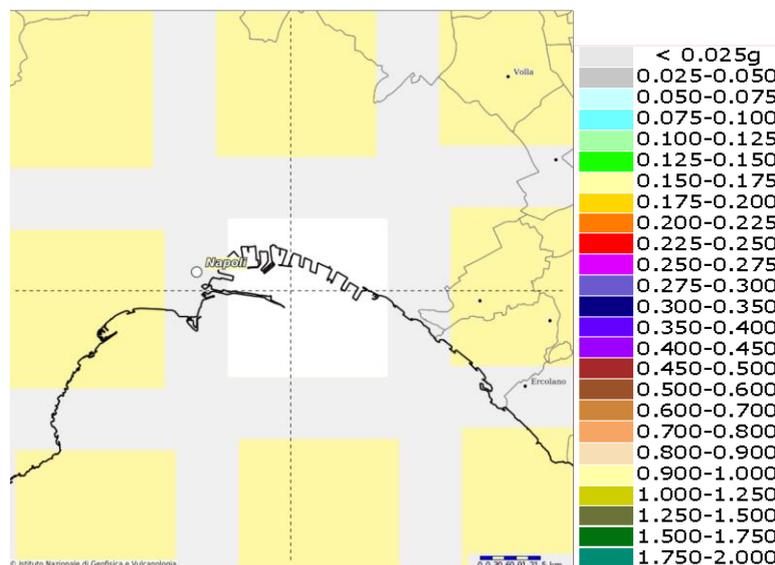
dove P_{VR} è la probabilità di superamento nel periodo di riferimento in funzione dello stato limite considerato. Nel caso specifico è stato preso in esame lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), al quale corrisponde una probabilità di superamento (P_{VR}) nel periodo di riferimento (V_R) pari al 10%. Pertanto il relativo periodo di ritorno dell'azione sismica ($T_R = -V_R/\ln[1-P_{VR}]$) è pari a 475 anni.

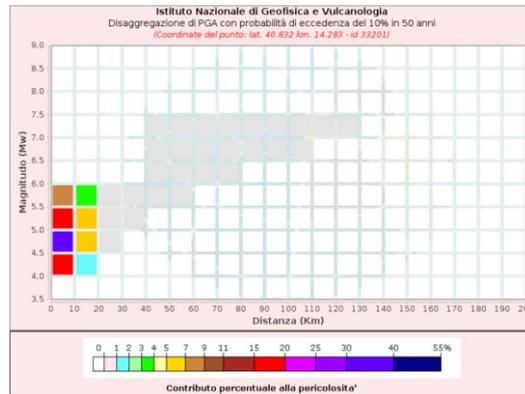
TABELLA 2 - VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA – VALORI DI RIFERIMENTO PER VERIFICA DELLE OPERE

Stato Limite	P_{VR}	T_R	a_g
	[%]	[anni]	[g]
Salvaguardia vita (SLV)	10	475	0.168

La valutazione della pericolosità sismica viene fatta utilizzando i dati pubblicati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ed impiegati per la redazione della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>). Lo studio INGV fornisce inoltre il grafico di disaggregazione della pericolosità sismica in termini di magnitudo, distanza ed epsilon (tale parametro è legato alla deviazione dello spettro del segnale sismico al sito rispetto a quanto predetto da una opportuna legge di attenuazione). Essi rappresentano i valori medi dei parametri del terremoto che maggiormente contribuiscono a determinare il valore di PGA che ha una certa probabilità di essere superato nel sito in esame. In tal modo è possibile separare i diversi contributi alla pericolosità sismica, espressa da un determinato parametro (ad es. l'accelerazione su suolo rigido a_g) e quindi di identificare per alcuni prefissati tempi di ritorno, quale sorgente sismica contribuisce maggiormente alla pericolosità.

Nel caso del tempo di ritorno in esame, non avendo disponibile il grafico per tale tempo di ritorno si sono prudenzialmente utilizzati i grafici corrispondenti a $T_R=495$ anni, ottenendo valori di $M \approx 5.0$ e di $R \approx 9.4$ km.





Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.02	9.41	1.0

FIGURA 47 - GRAFICO DI DISAGGREGAZIONE, TR = 495 ANNI.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, da adottare nelle verifiche di stabilità, si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2 del DM 17/01/2018.

Il valore massimo dell'accelerazione a_{max} è calcolato sulla base delle caratteristiche stratigrafiche e topografiche proprie del sito, attraverso la relazione:

$$a_{max} = S_s \times S_t \times a_g$$

in cui:

- S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica calcolato secondo la Tabella 3.2.IV del DM 17/01/18, variabile per ogni stato limite di riferimento;
- S_T = coefficiente di amplificazione topografico calcolato considerando le condizioni topografiche del sito secondo Tabella 3.2.V;

Ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione può essere effettuata ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$, definita dall'espressione (Tab. 3.2.II):

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

- h_i spessore dell'i-esimo strato;

- $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per la classificazione sismica dei terreni di imposta la presenza di sabbie sul fondale ha consigliato prudenzialmente di assumere una Cat. C a cui corrisponde un $S_s = 1.7 \cdot 0.6F_0 a_g/g = 1.46$.

A riguardo delle condizioni topografiche, tutte le aree interessate dalle opere di progetto sono caratterizzate da un fondale o piano campagna lievemente inclinati; per tale motivo, le analisi di stabilità in corrispondenza delle opere sono eseguite tenendo conto di una categoria topografica T1, che secondo Tabella 3.2.IV e Tabella 3.2.VI della normativa di riferimento corrisponde ad un coefficiente amplificativo $S_T = 1.0$. I valori da utilizzare nelle verifiche sismiche sono riassunti in tabella:

TABELLA 3 - PORTO DI NAPOLI – VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA – VALORI DI RIFERIMENTO PER VERIFICA DELLE OPERE DOPO AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA E STRATIGRAFICA

Stato Limite	TR (anni)	a_g (g)	S_s	S_T	a_{max} (g)
SLV	495	0.168	1.46	1.0	0.245

9 STUDIO METEOMARINO

Le attività relative allo studio meteomarino sono state interamente sviluppate in fase di redazione del Progetto Definitivo redatto nel 2023 dal raggruppamento temporaneo costituito da MODIMAR - SISPI - React Studio - VAMS Ingegneria - VDP - G.I.A. Consulting s.r.l. e validato sempre nel 2023 dal RTI CONTECO Check - Bureau Veritas Italia senza prescrizione e/o osservazioni.

Si riporta di seguito sintesi dello studio integralmente riproposto nell'ambito del presente progetto esecutivo.

Lo studio è stato condotto estendendo le serie storiche del moto ondoso, del vento e dei livelli di marea di ulteriori tre anni rispetto ai precedenti studi, i quali coprivano dal 1979 al 2018, fino a comprendere quindi integralmente l'anno 2021. In tal modo si è analizzata anche la mareggiata eccezionale verificatasi nel dicembre del 2020 che ha causato ingenti danni alla porzione di diga di più remota realizzazione.

In particolare, l'obiettivo dello studio è la definizione:

- delle forzanti meteomarine (moto ondoso) necessarie per effettuare le verifiche idraulico-strutturali delle opere in progetto;
- delle onde di modellazione per le considerazioni in merito all'evoluzione dei fondali e della spiaggia di Vigliena;
- del regime dei venti;
- delle variazioni dei livelli (marea astronomica e metereologica).

Lo studio ha pertanto riguardato i seguenti aspetti:

- inquadramento geografico del paraggio e definizione del settore di traversia che lo contraddistingue;
- determinazione dell'area di generazione efficace per il moto ondoso;
- definizione delle caratteristiche di moto ondoso, a largo e in prossimità del sito in esame per mezzo di idonea modellistica numerica per l'analisi quantitativa del regime di moto ondoso;
- valutazione, su base statistica, della legge di distribuzione dei valori estremi di moto ondoso al largo in modo da poter definire l'evento di progetto associato ad un determinato tempo di ritorno;
- definizione del clima anemometrico al largo ed in costa;
- definizione del regime dei livelli ed analisi degli estremi congiunti moto ondoso-livelli.

Come descritto nello specifico elaborato, i risultati delle analisi statistiche eseguite sulla serie storica estesa al 2021, confermano i precedenti e di conseguenza possono ritenersi invariati i parametri meteomarini di progetto utilizzati in precedenza.

Per la definizione delle condizioni di moto ondoso al largo di Napoli sono state prese in esame le fonti di dati maggiormente attendibili e attualmente disponibili:

- dati di moto ondoso ricostruiti in ri-analisi (hindcasting) tra il 1979 e il 2021 per l'intero bacino del mediterraneo dal MetOcean Group del Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale dell'Università di Genova ("**dati del DICCA**" nel prosieguo) con il modello di generazione e propagazione del moto ondoso WaveWatch III, con una risoluzione spaziale pari a 0.1° ed una risoluzione temporale pari a 1 ora; tale database, allo stato attuale, è unico nel suo genere data la grande accuratezza spaziale delle serie storiche di moto ondoso ricostruite e l'arco temporale delle stesse serie storiche che risulta essere pari a 42 anni;
- registrazioni ondametriche direzionali (da luglio 1989 a giugno 2005) effettuate dalla boa posta al largo di Ponza con cadenza trioraria appartenente alla Rete Ondametrica Nazionale gestita dall' Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale ("**ISPRA**" nel prosieguo, già A.P.A.T.).

Per la valutazione del regime di moto ondoso al largo di Porto di Napoli si è ritenuto più rappresentativo il clima di moto ondoso ricostruito al largo del paraggio in base alla serie storica del DICCA nel punto di coordinate 40.71°N - 14.2187°E, poiché consente di disporre di una serie di dati di moto ondoso avente 41 anni di durata con un rendimento sostanzialmente costante e non affetto dalle metodiche di trasposizione, che seppur consolidate non possono preferirsi ai dati "locali".

Si è quindi proceduto alla valutazione del regime di moto ondoso al largo del Porto di Napoli ed alla valutazione della legge di distribuzione dei valori estremi di moto ondoso sulla base dell'analisi statistica delle altezze d'onda al colmo delle mareggiate estratte dalla serie storica del DICCA, in funzione dei settori di traversia che caratterizzano il paraggio, applicando la metodologia proposta da Goda (1988).

Lo studio meteomarino è quindi articolato in:

1. Inquadramento geografico del paraggio
2. Definizione del clima di moto ondoso al largo del Porto di Napoli
3. Propagazione sotto costa della serie dei dati ondametrici
4. Analisi statistica degli eventi estremi di moto ondoso
5. Analisi del regime dei livelli e analisi degli estremi congiunti moto ondoso-livelli

9.1 Inquadramento geografico del paraggio

Il porto di Napoli è ubicato nell'omonimo golfo e risulta delimitato ad Ovest dal Monte di Procida e dall'Isola d'Ischia e ad Est dalla Penisola Sorrentina e dall'Isola di Capri, risulta direttamente esposto agli eventi di moto ondoso provenienti dal III° quadrante, mentre è parzialmente schermato da Capri e dalla Penisola Sorrentina dagli eventi provenienti dal II quadrante.



Figura 48 – Inquadramento geografico Baia di Napoli

I fetch efficaci, che rappresentano la porzione di mare sulla quale si esplica “effettivamente” l’azione del vento responsabile della generazione del moto ondoso, sono ottenuti utilizzando il modello di calcolo ENIF, ed evidenziati nella **Figura 49**.

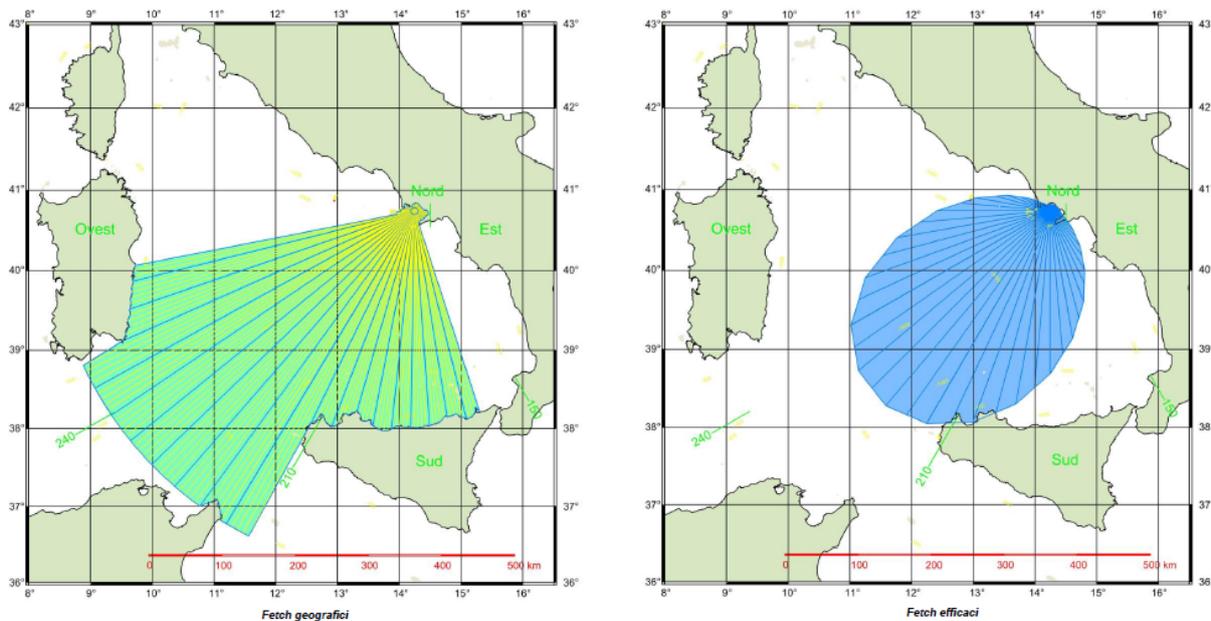


Figura 49 – Fetch geografici e fetch efficaci

9.2 Definizione del clima di moto ondoso al largo del porto di Napoli

Per la definizione del clima di moto ondoso al largo del porto di Napoli si è ritenuto più rappresentativo il clima di moto ondoso ricostruito al largo del paraggio dal DICCA nel punto di coordinate 40.71°N - 14.2187°E, che consente di disporre di una serie di dati di moto ondoso avente 39 anni di durata con un rendimento sostanzialmente costante.

Il risultato dello studio mostra la presenza di due settori di traversia, rispettivamente:

- Settore principale compreso tra 195°N e 285°N
- Settore secondario compreso tra 150°N e 195°N

In *Figura 50* è mostrata la rosa ondometrica annuale. Gli stati di mare più frequenti presentano generalmente altezza d'onda compresa tra $0.5 < H_s < 1.5$ m. Le calme (stati di mare di altezza significativa H_s inferiore a 0.5 m) si verificano in media il 53% del tempo, circa 193 giorni/anno.

Regime ondometrico annuale (P₀₀₃₅₆₁ hindcasting dal 1979 al 2018)

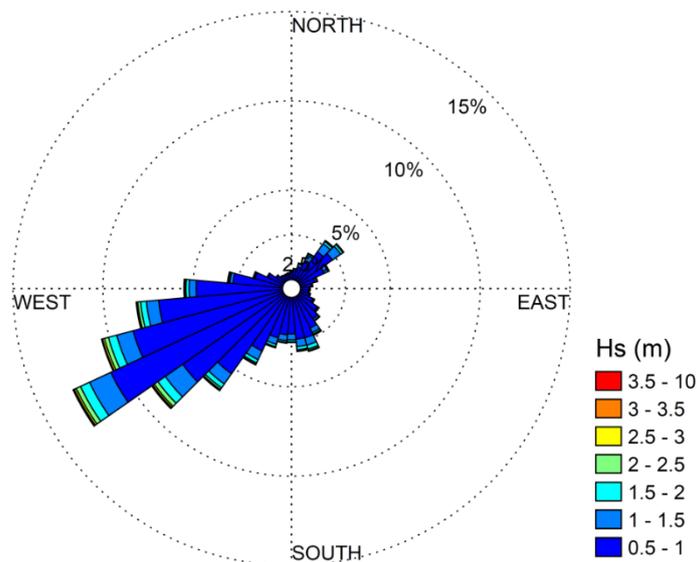


Figura 50 – Rosa ondometrica annuale.

La suddivisione degli eventi per classi di altezza significativa e direzione e le conseguenti frequenze di accadimento delle classi rivelano che gli stati di moto ondoso più significativi (H_s maggiore di 0.5 m) si presentano da Libeccio (57.22%) e da Scirocco (12.58%) con una frequenza di accadimento complessiva pari al 69.8%. Dal settore di Libeccio si presentano inoltre gli eventi con altezza d'onda significativa più elevata. Molto meno frequenti risultano gli stati di mare da Grecale e da Maestrale, con valori di H_s generalmente inferiori a 2.5 – 3.0 m. Durante il corso dell'anno il regime di moto ondoso presenta poca variabilità.

Gli stati di mare caratterizzati da altezza superiore a 2 m si verificano in media 238 ore/anno. La persistenza degli stati di mare con $H_s > 3.0$ m si riduce a 34 ore/anno e circa 7 ore/anno altezze d'onda superiori a $H_s > 4.0$ m.

9.3 Propagazione sotto costa della serie di dati ondometrici

Il clima di moto ondoso, in corrispondenza del prolungamento della diga Duca D'Aosta, è stato ricostruito a

partire dagli stati di mare della serie ondometrica definita al largo del porto di Napoli e propagati da largo verso riva, con un modello numerico di rifrazione inversa spettrale (MEROPE sviluppato dalla Modimar Srl) che tiene conto delle informazioni batimetriche desunte dalla carta nautica del paraggio (C.N. 11).

Il diagramma polare di *Figura 51* sintetizza il clima di moto ondoso, ottenuto in corrispondenza del prolungamento della diga Duca D'Aosta.

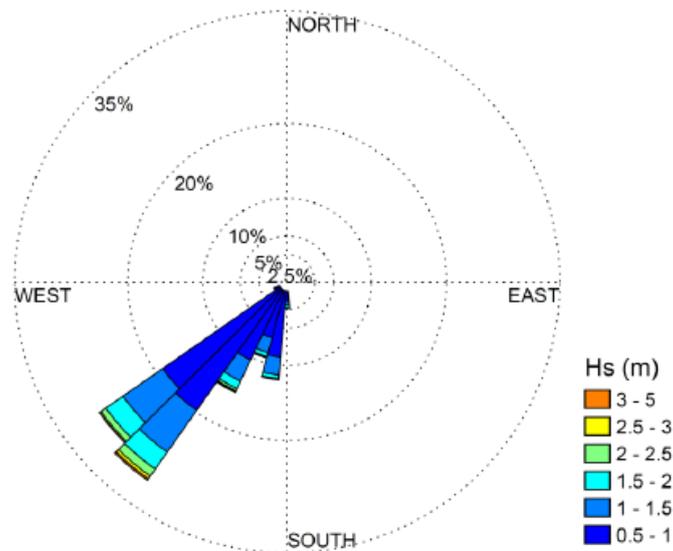


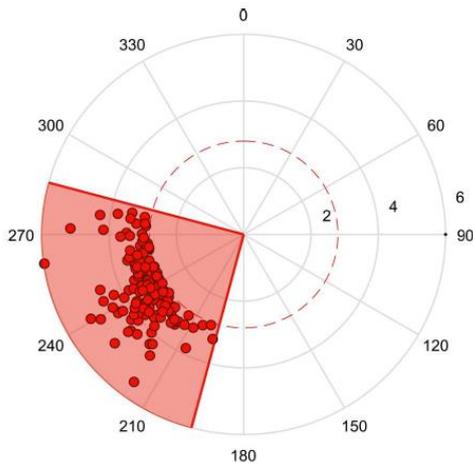
Figura 51 – Punto sotto costa P0 – Distribuzione degli eventi di moto ondoso con altezza d'onda superiore a 0.5 m.

Dal confronto tra il regime ondometrico annuale a largo e a riva (in prossimità della diga Duca d'Aosta) si nota come gli eventi, durante il processo di propagazione largo/riva, subiscono una rotazione verso la direzione 210 – 220 °N.

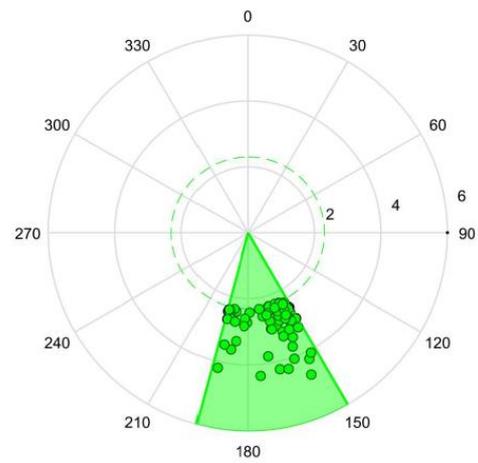
9.4 Analisi statistica degli eventi estremi di moto ondoso

L'analisi statistica degli eventi estremi (mareggiate) è stata eseguita utilizzando il metodo POT (Peaks Over Threshold detto anche “della serie di durata parziale sopra soglia”), che a differenza del metodo dei massimi annuali, consente di selezionare un numero maggiore di dati garantendo intervalli di confidenza minori per la stima dei valori estremi. L'analisi statistica (vedi *Figura 52*) è stata eseguita per:

1. il settore di traversia principale (settore A - direzioni da 195°N a 285°N), caratterizzato dalle massime altezze d'onda significative;
2. il settore di traversia secondario (settore B - direzioni da 150°N a 195°N).



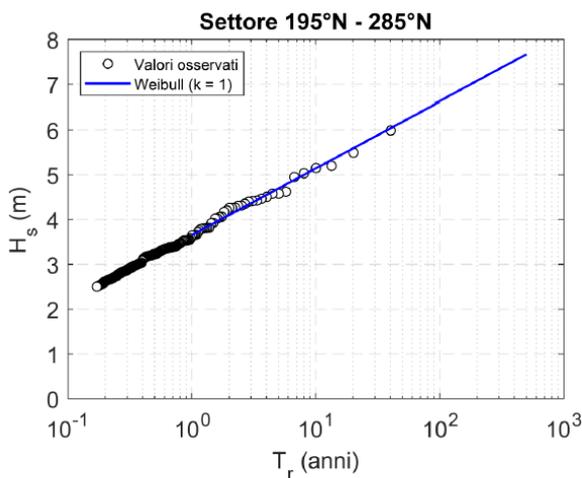
Valori al colmo delle mareggiate al largo di Napoli nel periodo 1979-2018 ricostruite dal DICCA per il settore di traversia principale (195-285°N).



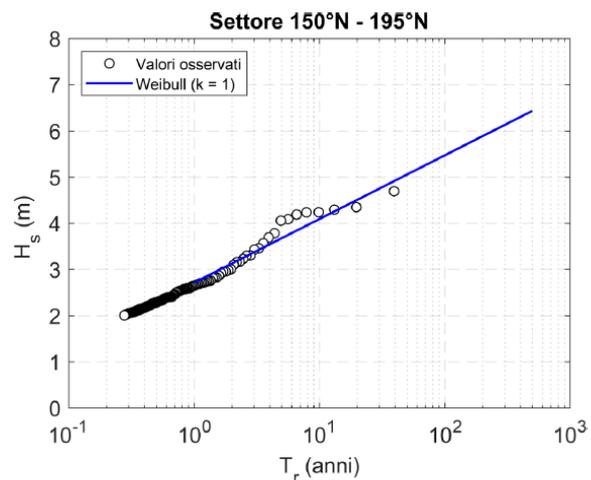
Valori al colmo delle mareggiate al largo di Napoli nel periodo 1979-2018 ricostruite dal DICCA per il settore di traversia secondario (150-195°N).

Figura 52 – Valori al colmo delle mareggiate – settore di traversia principale e secondario

Nella figura seguente sono riportate le elaborazioni statistiche per i 2 settori di provenienza, ottenute con le curve di regolarizzazione statistica di Weibull con $k=1.0$.



Settore di traversia 195-285°N. Adattamento alla legge di distribuzione tipo Weibull 1.0 dei valori al colmo delle mareggiate estratte dalla serie storica del DICCA tra il 1979-2018.



Settore di traversia 150-195°N. Adattamento alla legge di distribuzione tipo Weibull 1.0 dei valori al colmo delle mareggiate estratte dalla serie storica del DICCA tra il 1979-2018.

Figura 53 – Elaborazioni statistiche per il settore di traversia principale e secondario

Nella tabella seguente sono state sintetizzate le condizioni meteomarine sia al largo che in corrispondenza delle nuove opere.

Tabella 4 – altezza d'onda in funzione del tempo di ritorno – settore di traversia principale e secondario – condizioni a largo e condizioni a riva

SETTORE DI TRAVERSIA PRINCIPALE CONDIZIONI LARGO		
T_r (anni)	H_{s0} (m)	T_{p0} (s)
2	4.1	9.6
5	4.7	10.1
10	5.2	10.5
20	5.7	10.9
50	6.3	11.3
100	6.7	11.5
250	7.4	11.9

SETTORE DI TRAVERSIA PRINCIPALE CONDIZIONI RIVA		
T_r (anni)	H_{sr} (m)	H_{sr}/H_{s0}
2	3.6	0.8743
5	4.1	0.8746
10	4.5	0.8746
20	5.0	0.8746
50	5.5	0.8746
100	5.9	0.8749
250	6.5	0.8759

SETTORE DI TRAVERSIA SECONDARIO CONDIZIONI LARGO		
T_r (anni)	H_{s0} (m)	T_{p0} (s)
2	3.1	8.7
5	3.7	9.3
10	4.2	9.7
20	4.6	10.1
50	5.2	10.5
100	5.7	10.9
250	6.3	11.3

SETTORE DI TRAVERSIA SECONDARIO CONDIZIONI RIVA		
T_r (anni)	H_{sr} (m)	H_{sr}/H_{s0}
2	2.7	0.8791
5	3.2	0.8762
10	3.7	0.8752
20	4.0	0.8746
50	4.5	0.8746
100	5.0	0.8746
250	5.5	0.8746

9.5 Calcolo delle altezze d'onda estreme lungo l'Antemurale Thaon De Revel e la Diga Duca d'Aosta

Al fine di ottemperare a quanto richiesto dal CSLPP con voto n. 401/2002 circa l'impatto del moto ondoso lungo il profilo longitudinale della diga foranea costituita dalle dighe Thaon de Revel e Duca d'Aosta, sono state eseguite delle apposite simulazioni numeriche con il modello numerico spettrale SWAN.

Il modello è stato utilizzato per propagare le onde di progetto ($T_r=50$ anni) a partire dal punto posto al centro del Golfo di Napoli dove è stata ricostruita dal DICCA la serie storica oraria di durata di 42 anni fino a raggiungere il paramento esterno delle dighe Tahon de Revel e Duca d'Aosta poste a protezione del Porto di Napoli.

Questo studio ha consentito di definire per i quattro tratti rappresentativi della diga foranea distaccata del Porto di Napoli le peggiori condizioni di moto ondoso che si possono verificare in occasione del verificarsi di eventi estremi con $T_r=50$ anni.

I risultati ottenuti hanno mostrato che le altezze d'onda significative massime H_{smax} che si ottengono nelle varie sezioni delle dighe foranee non variano sostanzialmente l'una dall'altra. La sezione lungo la quale si registrano le maggiori altezze d'onda significative in assoluto risulta essere sempre la sezione mediana del tratto D.

In particolare, il maggiore valore dell' H_{smax} , pari a 5,6 m, è relativo alla condizione di moto ondoso appartenente al settore di traversia principale, caratterizzato da una direzione incidente a largo pari a 217 °N.

9.6 Analisi del regime dei livelli e analisi degli estremi congiunti moto ondoso-livelli

Lo studio meteomarinario ha inoltre analizzato le variazioni del livello idrico del mare nel porto di Napoli, esaminando sia la componente probabilistica del sovrizzo di tempesta che la componente deterministica della marea astronomica riassunti nella Tabella 5.

Tabella 5 – valori di sovrizzo di tempesta e marea meteorologica

Tr (anni)	Sovralzo (m)
1	0.29
2	0.33
5	0.39
10	0.44
15	0.46
20	0.48
25	0.50
30	0.51
50	0.54
100	0.59
250	0.65

Highest Astronomical Tide	HAT	0.20	m
Mean High Water Spring	MHWS	0.12	m
Mean Higher High Water	MHHW	0.06	m
Mean Sea Level	MSL	0.00	m
Mean Lower Low Water	MLLW	-0.16	m
Mean Low Water Spring	MLWS	-0.23	m
Lowest Astronomical Tide	LAT	-0.30	m

Livelli di marea presso la stazione di Napoli.

Valori relativi al sovrizzo di tempesta in relazione al tempo di ritorno per il porto di Napoli.

10 ASPETTI ARCHEOLOGICI

Il progetto in esame prevede il rafforzamento della diga foranea esistente Emanuele Filiberto Duca d'Aosta mediante realizzazione di un'opera a gettata in materiale lapideo e mantellata in tetrapodi in cls da 16 m³ e 4 m³, oltre ad altri interventi di ripristino/riparazione locale del muro paraonde e del massiccio di coronamento della diga esistente.

Come dettagliatamente rappresentato nella relazione archeologica (ARC-r01) l'opera si colloca a ridosso del bacino del portuale di Napoli, in un'area da sempre rimasta esterna al porto antico vero e proprio.

I recenti lavori di archeologia urbana, in parte connessi alla realizzazione della Linea 1 e della Linea 6 della Metropolitana di Napoli, hanno permesso, infatti, di ricostruire la presenza di una grande insenatura che occupava l'area compresa tra il promontorio su cui sorgerà Castel Nuovo e Piazza Bovio, affiancata ad oriente da una seconda ansa, più piccola e stretta, nella zona compresa tra l'Università e San Marcellino. Il porto antico, in età greca e romana, era collocato nel settore di insenatura in corrispondenza dell'attuale Piazza Municipio, più chiuso e protetto dalle tempeste di Libeccio e Ponente, che nel Golfo di Napoli agisce con l'energia maggiore. Agli inizi del V sec. d.C. le antiche insenature di Piazza Municipio e Piazza Bovio subiscono trasformazioni significative: si forma una laguna cui segue un insabbiamento protratto per tutto il VI secolo che produce l'avanzamento della linea di costa e lo spostamento del porto verso est - nord est. In età basso medievale le indagini geo-archeologiche e di scavo condotte nell'area di piazza Municipio hanno permesso di ricostruire in corrispondenza del settore alle spalle del molo angioino l'antica linea di costa decisamente più avanzata rispetto a quella di età romana ma comunque arretrata rispetto a quella determinata poi dalla costruzione del molo angioino nel XIII secolo e riportata nella tavola Strozzi.

Anche le prospezioni archeologico-subacquee condotte nel 2016 nell'ambito del Progetto di "Rilevamento di relitti e reperti di archeologia navale presenti sui fondali del Porto di Napoli" hanno interessato soltanto la parte occidentale del bacino portuale.

Tra i mesi di luglio ed ottobre 2021, come descritto nei paragrafi precedenti, sono stati eseguiti dal RTP Geonautics srl / GIA Consulting srl su incarico dell'AdSP rilievi topo-batimetrici e subacquei della diga Duca d'Aosta e dell'antemurale Thaon de Revel finalizzato al monitoraggio morfo-batimetrico di dettaglio della diga foranea sia delle porzioni emerse che sommerse, dei fondali adiacenti ed all'identificazione di eventuali anomalie, successivamente verificate e documentate mediante l'esecuzione di video ispezioni subacquee (ROV).

Nell'ambito delle attività di rilievo, sono stati svolti:

- rilievo topo-batimetrico di dettaglio con sistema Laser Scanner, drone SAPR e Multibeam (LS-SAPR-Mbes);
- video ispezioni a spot con sistema ROV per meglio identificare le anomalie individuate.



FIGURA 54 - DIGA DUCA D'AOSTA E ANTEMURALE THAON DE REVEL – MAPPATURA BATIMETRICA 2021

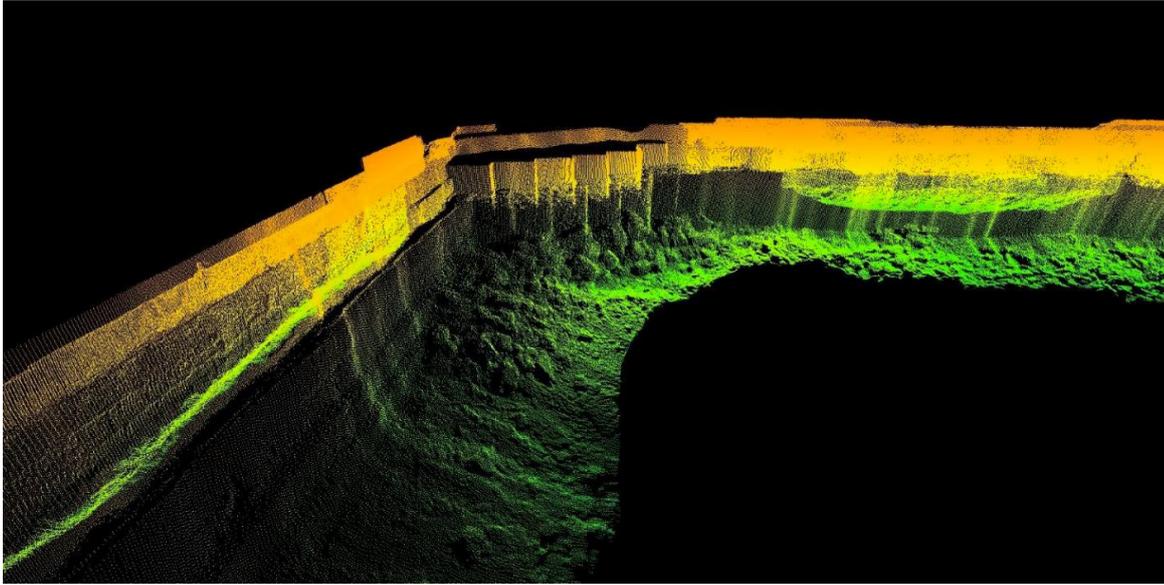


FIGURA 55 - DIGA DUCA D'AOSTA E ANTEMURALE THAON DE REVEL – PARTICOLARE RILIEVI LASER-SCANNER E MULTIBEAM - 2021

A valle dell'elaborazione dei dati preliminari acquisiti con sistema Mbes, sono state programmate indagini visive con veicolo filoguidato (R.O.V.) al fine di verificare e caratterizzare, con maggiore dettaglio ed in maniera univoca, le interpretazioni del dato sonar visionate sul DEM e sulla nuvola di punti.

L'area complessivamente investigata ha compreso l'intera porzione emersa (l'altezza massima è stata di 17m nei pressi di strutture installate sulla banchina come i fari e fanali presenti) e quella sommersa fino ad una profondità massima in alcuni punti con un gradiente batimetrico elevato anche a - 30m.

L'analisi dei rilievi evidenzia una presenza sparsa di target di natura antropica ma non potenzialmente rilevanti ai fini di una interpretazione archeologica.

Nel mese di aprile 2024, come descritto al paragrafo 6.3.2.2, è stato eseguito il rilievo Sub Bottom Profiler concordato con la Soprintendenza archeologica di Napoli per ottemperare alle prescrizioni del MIBAC rese nel corso della verifica di non assoggettabilità a VIA dell'intervento in appalto.

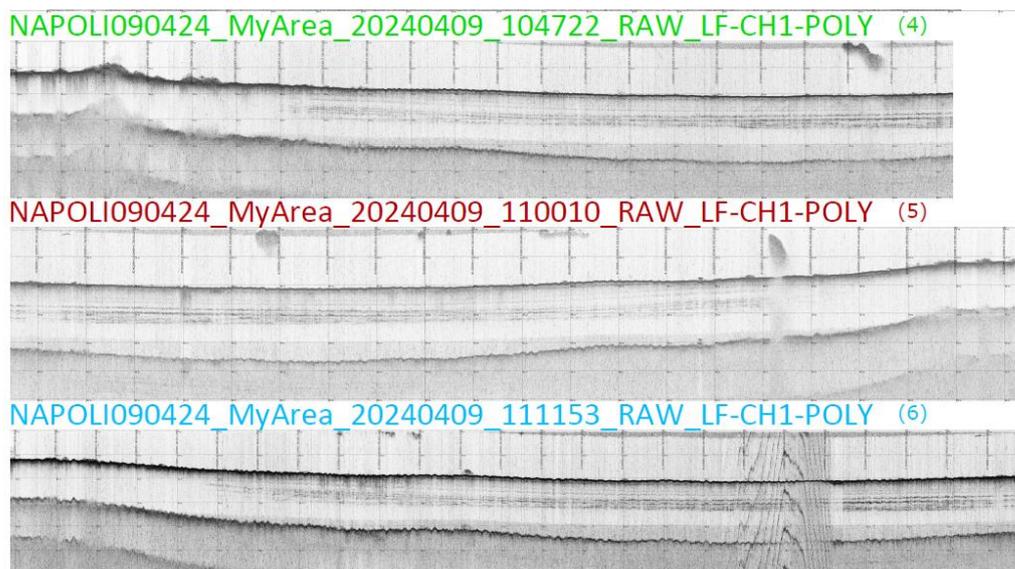


FIGURA 56 – STRALCIO PROFILI SUB BOTTOM PROFILER ESEGUITO DALLA SOCIETÀ PRIMA IN APRILE 2024

Alla luce dei risultati delle ricerche condotte, quindi, l'opera andrà ad interessare un'area dal potenziale archeologico medio-basso. Nonostante, infatti, non ci siano segnalazioni di precedenti rinvenimenti e ci si trovi al di fuori dell'area vera e propria del porto antico, si tratta di uno specchio di mare da sempre caratterizzato da intensi traffici marittimi e passaggio di navi; non si può quindi escludere a priori la presenza sul fondale di materiali o resti relativi a imbarcazioni antiche.

Non si hanno, inoltre, dati certi per una ricostruzione attendibile della fascia costiera collocata ad est della città antica il cui retroterra era rappresentato dalla depressione determinata dal corso del fiume Sebeto, di cui però non si conosce ancora il suo alveo in età antica.

Tali considerazioni sono state valorizzate dallo svolgimento delle indagini integrative richieste come rappresentato nella relazione archeologica parte del progetto.

11 ASPETTI PAESAGGISTICI

Gli aspetti paesaggistici connessi all'esecuzione degli interventi di progetto sono dettagliati nel corpo dello studio preliminare ambientale e della relazione paesaggistica elaborati in fase di progettazione definitiva e trasmessi al Ministero dell'Ambiente e al Ministero dei Beni Culturali ai fini della Verifica di non assoggettabilità a VIA che si è conclusa con esito favorevole in data 27/12/2023 con l'emissione del Decreto di Compatibilità Ambientale n721.

Nell'ambito della procedura di verifica, il Ministero della Cultura, in persona del Soprintendente speciale per il PNRR, nel recepire il parere endoprocedimentale reso dalla Soprintendenza ABAP per il Comune di Napoli con nota prot. n. 17368 del 15/11/2023, ha chiesto che per la realizzazione della parte visibile della mantellata sul fronte lato mare della diga siano utilizzati elementi lapidei naturali, selezionando un litotipo compatibile con i caratteri del paesaggio locale, in luogo dei proposti tetrapodi artificiali, "ferme restanti le esigenze di sicurezza da garantire alla luce delle caratteristiche del sito.

In riscontro a tali osservazioni la Stazione Appaltante, con il supporto dei progettisti, con nota prot. 32169 del 04/12/2023 ha formulato le seguenti considerazioni in merito agli aspetti prettamente paesaggistici.

La Diga Foranea Duca degli Abruzzi, che si sviluppa per 2,6 km con un'altezza massima fuori acqua di 6,2 m, offre il proprio prospetto fronte mare ai quadranti sud-ovest e sud-est, mentre dai quadranti Nord - Ovest e Nord - Est, ovvero dalla visuale dalla Città, è percepibile solo dall'alto, con ridottissima visibilità, quando non del tutto assente, del fronte mare.

Il lato esterno fronte mare della Diga foranea è visibile e percepibile nella sua consistenza solo per le unità marittime (aliscafi, navi da crociera etc.) che attraversano in ingresso l'imboccatura del porto di Napoli. Nella posizione più prossima all'imboccatura la distanza tra il punto di osservazione di un utente collocato sull'unità marittima e l'area di intervento varia tra 750 m e 1,6 km, distanza che comunque non rende impattante una mantellata che si eleva solo di 6,0 m dal livello del mare.

La navigazione da diporto nei pressi della Diga Foranea, come noto, è vietata a sensi del Codice della Navigazione per evidenti motivi di sicurezza e pertanto la diga non è visibile da distanze ravvicinate.

Tale condizione appare molto differente da quella del Molo San Vincenzo (ove la Soprintendenza a suo tempo ebbe ad autorizzare l'uso di massi artificiali quali Tetrapodi e Antifer) che per il suo orientamento risulta ben visibile dalla Città (via Partenope) e dalle unità da diporto in ingresso ed in uscita verso porto di Molosiglio e gli approdi di Borgo marinari.

Per valutare l'effettivo impatto della mantellata di progetto della Diga Foranea è stato chiesto al gruppo di progettazione di esplorare un maggior numero di punti da cui è possibile intravedere la Diga Duca d'Aosta, rilevandone le quote altimetriche e le distanze.

Nella tabella che segue si riportano 20 diversi punti di osservazione, di cui 11 all'interno della Città di Napoli e 9 all'esterno del Golfo, sulle Isole e sulla costiera sorrentina; in rosso sono evidenziati i quadranti di osservazione, le quote altimetriche in metri sul livello medio mare e le distanze in km.

Tali valori devono necessariamente essere confrontati alla ridotta dimensione (6,5 m) dell'opera che si eleva sul livello del mare.

TABELLA 11-1 – TABELLA DI RIEPILOGO PUNTI DI OSSERVAZIONE

PUNTO DI VISUALE	QUADRANTE	QUOTA ALT	D MIN	D MAX	D MEDIA	DIST OBLIQUA	
	DD	m sul lmm	m	m	m	m	km
MONTE ECHIA	NORD-OVEST	58,00	3380	4300	3840	3 840,4	3,8
VIA PARTENOPE	OVEST	10,00	2800	3500	3150	3 150,0	3,2
VIA POSILLIPO - DONN'ANNA	OVEST	22,00	6200	6900	6550	6 550,0	6,6
VIA POSILLIPO - PIAZZA SALVATORE DI GIACOMO	SUD - OVEST	78,00	7700	8300	8000	8 000,4	8,0
VIA PETRARCA - CURVA PANORAMICA GESUITI	SUD - OVEST	143,00	6800	7400	7100	7 101,4	7,1
VIA MANZONI - BELVEDERE FRATEBENEFRAELLI	SUD - OVEST	163,00	7500	8000	7750	7 751,7	7,8
CERTOSA SAN MARTINO - VOMERO	NORD-OVEST	235,00	3700	4600	4150	4 156,6	4,2
EREMO DEI CAMALDOLI	NORD-OVEST	452,00	8200	9100	8650	8 661,8	8,7
OSSERVATORIO ASTRONOMICCO CAPODIMONTE	NORD-OVEST	148,00	3900	4800	4350	4 352,5	4,4
VILLA FLORIDIANA - VOMERO	NORD-OVEST	210,00	5000	5500	5250	5 254,2	5,3
PARCO CAPODIMONTE	NORD-OVEST	160,00	4700	5900	5300	5 302,4	5,3
VESUVIO - CRATERE	SUD-EST	1 104,00	11000	11800	11400	11 453,3	11,5
META DI SORRENTO	SUD-EST	167,00	23300	23700	23300	23 300,6	23,3
SORRENTO	SUD-EST	62,00	23500	23900	23500	23 500,1	23,5
MASSA LUBRENSE	SUD-EST	387,00	24300	24700	24300	24 303,1	24,3
PUNTA CAMPANELLA	SUD-EST	422,00	27300	27700	27300	27 303,3	27,3
CAPRI	SUD	152,00	30600	30600	30600	30 600,4	30,6
ANACAPRI	SUD	449,00	31400	31400	31400	31 403,2	31,4
ISCHIA - BARANO	SUD-OVEST	332,00	33800	33800	33800	33 801,6	33,8
ISCHIA - MONTE EPOMEIO	SUD-OVEST	789,00	35300	35300	35300	35 308,8	35,3

Nel quadrante Nord-Ovest, ovvero nella parte retrostante alla Diga, sono collocati i punti di visuale posti su Monte Echia, nei pressi della Certosa di San Martino e della Villa Floridiana sulla Collina del Vomere, nei pressi dell'Eremo sulla Collina dei Camaldoli, dell'Osservatorio Astronomico e del Parco museale sulla collina di Capodimonte.

Tali punti sono posizionati a quote variabili tra +58 me+ 337 m sul livello del mare ad una distanza variabile da 3,8 km fino a 8,7 km. A tali distanze non è effettivamente condizionante, se non percepibile, la collocazione di massi artificiali a ridosso della Diga.

Nel quadrante Ovest / Sud-Ovest sono collocati i punti da cui è possibile la visione diretta della diga lato mare, sebbene da un'angolazione molto laterale e non frontale.

Su tale quadrante sono collocati i punti di visuale su via Partenope (+ 10 m) da cui la diga non è affatto visibile ed anche quelli di Via Posillipo, Via Petrarca, Via Manzoni. Ebbene, tali punti sono collocati a quote variabili da +22 me +163 m dal lmm con una distanza compresa tra 6,6 ed 8 km dalla Diga foranea.

Anche in questo caso le distanze rilevate non possono condizionare il paesaggio ed il Waterfront e la collocazione di massi artificiali a ridosso della Diga forse non sono neanche percepibili e comunque non possono determinare una minaccia per l'impatto sul paesaggio.



FIGURA 57 – PUNTI DI VISUALE DEL QUADRANTE SUD – OVEST E NORD-OVEST DELLA CITTÀ DI NAPOLI

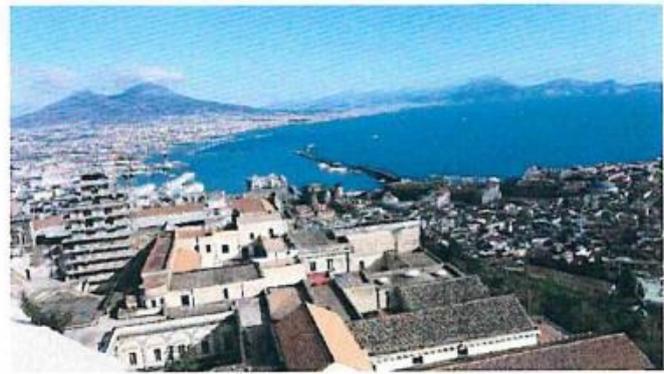


FIGURA 58 – VISTA DA MONTE ECHIA (SX) E DA CASTEL SANT'ELMO (DX)

Nel quadrante Sud e Sud-Est sono collocati i punti da cui è possibile la visione diretta della diga lato mare dalla costiera sorrentina e dalle Isole di Capri, sebbene da distanze ragguardevoli. Su tale quadrante sono collocati i punti di visuale dai comuni di Meta di Sorrento, Sorrento, Massa Lubrense, Punta della Campanella e Capri; tali punti sono collocati a quote variabili da +62 m e +449 m dal 1mm con una distanza compresa tra 23,3 e 31,4 km dalla Diga foranea. A tali distanze - come appare ovvio - non si riesce neanche a distinguere adeguatamente la posizione della diga foranea. Infine, anche dal punto di osservazione più elevato del Vesuvio, (+ 1104 m dal 1mm) la visuale copre una distanza di 11,5 km dalla parte retrostante della Diga, distanza da cui si percepisce a stento, in assenza di foschia, la configurazione dello scalo partenopeo.



FIGURA 59 – PUNTI DI VISUALE DEL QUADRANTE SUD – OVEST E SUD-EST DELLA CITTÀ DI NAPOLI

La semplice consultazione di portali di pubblica fruizione, quali Google Maps e Google Earth, consentono di verificare con semplicità quanto sopra riportato facendo emergere che la formazione di una mantellata in massi artificiali elevati ad una quota non superiore a 6,20 m a ridosso della diga foranea in alcun modo può rappresentare una minaccia di impatto - significativa e negativa - sulla qualità della percezione dell'immagine della città di Napoli dal mare.

L'opera in questione inoltre, con specifico riferimento alla Circolare n.11 del 7/3/2022 del Ministero della Cultura, rientra tra quelle classificate al punto E "interventi localizzati in mare aperto (Off Shore)" entro e non oltre le 12 miglia marine per le quali - secondo il parere dell'Ufficio Legislativo MIC n.12628 del 11/6/2009 - la tutela paesaggistica e la tutela di prossimità viene circoscritta a quei "beni paesaggistici dichiarati di notevole interesse pubblico esistenti sulla costa direttamente prospiciente il sito a mare oggetto di intervento."

Come già anticipato, corre l'obbligo di rappresentare che la diga Duca d'Aosta è collocata ad oltre 500 m dalla linea di costa originaria, a 700 m dall'arenile di San Giovanni a Teduccio ed a circa 750 m dal profilo della viabilità urbana che costeggia l'area portuale e non è assoggettata a vincoli di tutela ovvero a valutazioni paesaggistiche a norma dell'art. 142, comma 1 lett. A) del Dlgs 42/04.

Nel caso di specie l'opera non risulta prospiciente a beni paesaggistici dichiarati di notevole interesse pubblico esistenti sulla costa direttamente prospiciente il sito a mare oggetto di intervento il cui fronte è rivolto verso il mare aperto.

A parere di questa Amministrazione risulta anche irrilevante il richiamo alla vigente Variante al PRG del Comune di Napoli per il centro storico, la zona orientale, e la zona nord-occidentale approvata con decreto del Presidente della Giunta regionale della Campania n. 323 dell'11 giugno 2004 che, come noto, rimanda al Piano Regolatore Portuale (quello vigente è del 1958) per tutte le attività edilizie da eseguirsi nel porto di Napoli.

Inoltre, come emerge dalla Tav.5 della Variante al PRG sopra richiamata il Porto di Napoli è censito con due diverse aree:

- Sottozona Ac - Porto storico (disciplinata dall'art. 29 delle Norme Tecniche di Attuazione);
- Sottozona Be - Porto di recente formazione (disciplinata dall'art. 34 delle Norme Tecniche di Attuazione).

La diga foranea Duca d'Aosta nella tavola di zonizzazione della Variante al PRG non è censita in nessuna delle sottozone proprio perché risulta scollegata dal territorio urbano:

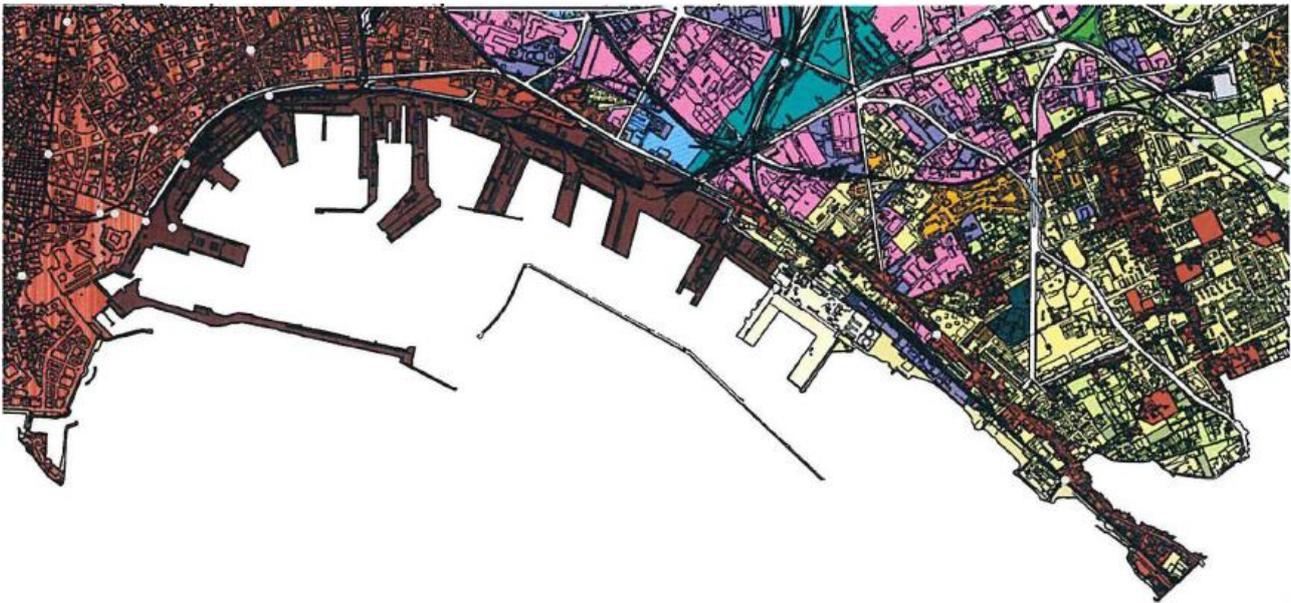


FIGURA 60 – ESTRATTO DELLA TAV.5 DELLA VARIANTE AL PRG DEL COMUNE DI NAPOLI (DEL. G.R. N. 232 DEL 11/06/2004)

In via assolutamente residuale si evidenzia che le opere oggetto di valutazione ricadono nel tratto esterno al bacino portuale nella parte che prevalentemente è posta a ridosso dell'area portuale definita come "sottozona Be - Porto di recente formazione" nella Variante al PRG del Comune di Napoli.

11.1 Proposta di una soluzione progettuale volta alla mitigazione dell'impatto paesaggistico

Per le considerazioni sopra esposte l'opera, per conservare le sue peculiari caratteristiche di sicurezza e salvaguardia per la quale è stata concepita, non può prevedere la sostituzione di massi artificiali con massi naturali.

Ogni modifica progettuale di rilievo richiederebbe - anche per effetto delle necessarie prove sperimentali su modello fisico - tempi non più compatibili con il cronoprogramma contenuto nel DM 330/2021 il cui rispetto risulta esser cogente pena la revoca dei finanziamenti su fondi complementari PNRR.

Tuttavia, al fine di assolvere alle richieste della Soprintendenza ovvero di mitigare ulteriormente l'impatto visivo, La Stazione Appaltante ha proposto di valutare la possibilità di pigmentare in pasta il calcestruzzo di confezionamento dei massi artificiali da collocarsi oltre il livello medio mare in modo che questi possano assumere una colorazione molto prossima a quella dei massi lapidei di origine vulcanica.

In recepimento di quanto proposto nelle controdeduzioni della Stazione Appaltante e discusso nel corso della riunione del 19/12/2023 alla presenza della Sottocommissione VIA con la Partecipazione dei funzionari del

Ministero della Cultura, il Decreto Direttoriale di non assoggettabilità a VIA n.721 del 27/12/2023 è stato emesso con la seguente prescrizione ai fini paesaggistici:

“Sarà fatto uso di massi artificiali EVENTUALMENTE pigmentando il calcestruzzo dei massi artificiali fuori acqua al fine di assicurare una colorazione prossima a quella della pietra lavica; l’EVENTUALE pigmento utilizzato dovrà essere non dilavabile in acqua e comunque non tossico o dannoso per l’ambiente marino. I necessari approfondimenti saranno COMUNQUE operati in sede di progettazione esecutiva di concerto con il MiC e con il MASE”

In fase di progettazione esecutiva l’Appaltatore ha proposto al RUP varie tonalità di pigmentazione per la colorazione del calcestruzzo dei tetrapodi fuori acqua ed ha prodotto render di dettaglio ad alta risoluzione, riportati di seguito, per simularne l’effettiva percezione ad ultimazione dei lavori.



	7023 Grigio calcestruzzo
	7012 Grigio basalto
	7013 Grigio brunastro
	8019 Marrone grigiastro

FIGURA 61 – FOTOINSERIMENTO OPERA DI PROGETTO CON COLORAZIONE GRIGIO CALCESTRUZZO



	7023 Grigio calcestruzzo
	7012 Grigio basalto
	7013 Grigio brunastro
	8019 Marrone grigiastro

FIGURA 62 – FOTOINSERIMENTO OPERA DI PROGETTO CON COLORAZIONE GRIGIO BASALTO



RAL 7013



	7023 Grigio calcestruzzo
	7012 Grigio basalto
	7013 Grigio brunastro
	8019 Marrone grigiastro

FIGURA 63 – FOTOINSERIMENTO OPERA DI PROGETTO CON COLORAZIONE GRIGIO BRUNASTRO





FIGURA 64 – FOTOINSERIMENTO OPERA DI PROGETTO CON COLORAZIONE MARRONE GRIGIASTRO

Nel corso della riunione intercorsa in data 23/04/2024 presso la sede della Stazione Appaltante alla presenza degli arch. Maria Falcone Anna Migliaccio del MIC e del successivo sopralluogo presso l'area di cantiere sono stati presentati i campioni di calcestruzzo pigmentato prodotti dall'Appaltatore e si è presa visione dei fotoinserimenti.

All'esito della riunione i funzionari del MiC si sono espressi favorevolmente per una colorazione del calcestruzzo dei tetrapodi con pigmentazione prossima a quella dell'infrastruttura esistente, ritenendo tale condizione la meno impattante dal punto di vista paesaggistico.



12 COMPATIBILITA' AMBIENTALE DELL'INTERVENTO

In data 19.09.2023 la documentazione di cui allo Studio Preliminare Ambientale elaborata in fase di progettazione definitiva dal RTP Modimar è stata presentata dalla Stazione Appaltante insieme all'istanza per l'avvio del procedimento per la verifica di assoggettabilità a VIA per l'intervento in argomento ai sensi dell'art. 19 del D.Lgs. 152/2006 al Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE).

Con **Decreto Direttoriale n. 721 del 27/12/2023** il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, ad esito delle attività di verifica, ha ritenuto il progetto in argomento **non assoggettabile a VIA** ai sensi dell'art.23 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152 e ss.mm.ii., nel rispetto di quanto ribadito dalla Commissione Tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA e VAS - Sottocommissione VIA nel parere n. 925 del 21.11.2023 e del parere del Ministero della Cultura di cui alla nota della Soprintendenza Speciale per il PNRR n.27393 del 21/11/2023.

Nell'ambito delle prescrizioni rese i lavori in appalto devono ottemperare alle condizioni ambientali n.1, 2 e 3 del citato parere n.925 dalla Sottocommissione VIA e alle disposizioni impartite dal Ministero dei Beni culturali con riferimento agli aspetti archeologici e paesaggistici, come da tabelle seguenti:

12.1 Prescrizioni Sottocommissione VIA (Parere n.925 del 21/11/2023)

Condizione ambientale n.1	
Macrofase	Ante operam, Corso d'opera, Post operam
Fase	Progettazione esecutiva
Ambito di applicazione	Monitoraggio ambientale



RELAZIONE GENERALE

<p>Oggetto della prescrizione</p>	<p>Il Proponente dovrà predisporre, in accordo con ARPA Campania e secondo le linee guida nazionali:</p> <p>a) <u>Pianificazione del Monitoraggio</u>: contenente un'accurata relazione di cantierizzazione, riguardante tutte le fasi dei lavori, tutte le zone operative, tutti i macchinari e tutte le opere da realizzare, anche temporanee, con la descrizione degli accorgimenti da mettere in atto al fine di garantire la minimizzazione di ogni impatto e la prevenzione da ogni tipologia di inquinamento/impatto accidentale. Il <u>Piano di monitoraggio</u>, una volta concordato con ARPA Campania, dovrà essere inviato al MASE per la verifica di ottemperanza, prima dell'inizio dei lavori.</p> <p>b) <u>Rumore</u>: il Proponente dovrà realizzare un piano di monitoraggio acustico, sotto il controllo e secondo le modalità e luogo di installazione determinati da ARPA Campania, ante operam, e in fase di cantiere. Occorrerà valutare eventuali impatti cumulati non solo con i lavori di prolungamento della diga Duca d'Aosta ma anche con quelli di ripristino della cassa di colmata in località Vigliena. Il Proponente, oltre al nullaosta al Comune di Napoli per l'attività temporanee, come previsto dall'art.6 della legge 447/1995, dovrà inoltrare circostanziate richiesta di deroga ai valori limite di immissione assoluta e differenziale. Il piano di monitoraggio dovrà anche prevedere tutte le e mitigazioni del caso e l'eventuale piano di contenimento acustico da attuarsi anche a seguito di accertamenti strumentali dei superamenti dei valori limite normativi o di quelli dettati in deroga dal Comune.</p> <p>c) <u>Qualità dell'aria</u>: il Proponente dovrà realizzare un piano di monitoraggio della qualità dell'aria, sotto il controllo e secondo le modalità determinate da ARPA Campania. La relazione dovrà anche includere la parte relativa all'inquinamento atmosferico legato alla fase di riempimento dei cassoni e dal transito degli automezzi sulla viabilità e dell'impatto che tale traffico produce in termini di NOx, CO, O₃, Particolato primario ed eventualmente secondario effettuando una valutazione modellistica che abbia come ambito di ricaduta i recettori più vicini. Anche per questo aspetto vale quanto al precedente punto per impatti cumulati con lavori di ripristino della cassa di colmata in località Vigliena.</p> <p>d) <u>Monitoraggio componenti marine</u>: deve essere previsto un monitoraggio intensivo su tutte le componenti di interesse: colonna d'acqua, benthos e sedimenti. Il monitoraggio dovrà essere avviato prima dell'inizio dei lavori, proseguire per la durata di attività dell'opera e terminare 12 mesi dopo il termine dei lavori. I risultati del monitoraggio ex ante dovranno essere inviati al MASE per la verifica di ottemperanza, prima dell'inizio dei lavori.</p> <p>e) Il monitoraggio ambientale dovrà anche, durante la fase di cantiere, prevedere misure in continuo per misure di torbidità e ossigeno, operando con tecnica di <i>feedback monitoring</i> che prevede la sospensione delle attività quando i livelli di ossigeno disciolto scendono sotto i 2 mg O₂ L⁻¹ o livelli critici di trasparenza (le cui soglie saranno definite nel piano di monitoraggio predisposto con l'ARPA Campania). I dati acquisiti durante tutte le attività di cantiere dovranno essere archiviati e messi a disposizione alle autorità di controllo, unitamente a un verbale delle attività svolte e delle eventuali sospensioni dei lavori.</p> <p>f) <u>Habitat e biocenosi marine</u>: il monitoraggio dovrà essere effettuato da biologi marini esperti secondo l'approccio BACI (<i>Before After Control Impact</i>), seguendo scrupolosamente le linee guida ISPRA e le metodologie standard previste dalla MSFD; dovrà essere condotta una caratterizzazione Video HD in tutta l'area di interesse fino a un raggio di 200 m dal limite dell'area interessata dai lavori.</p> <p>g) I risultati del monitoraggio ex ante e la relazione di cantierizzazione dovranno essere inviati al MASE per la verifica di ottemperanza, prima dell'inizio dei lavori, al termine dei lavori e al completamento dei 12 mesi di monitoraggio.</p> <p>h) Eventuali modifiche/integrazioni delle suddette relazioni, che dovessero rendersi necessarie durante l'effettuazione dei lavori, nonché gli esiti delle prove e dei monitoraggi in corso d'opera dovranno essere controllati e approvati da ARPA Campania.</p>
<p>Termine avvio Verifica Ottemperanza</p>	<p>Prime dell'avvio dei lavori, in corso d'opera e post operam</p>
<p>Ente vigilante</p>	<p>MASE</p>
<p>Enti coinvolti</p>	<p>ARPA Campania</p>



Condizione ambientale n. 2	
Macrofase	
Fase	In fieri
Ambito di applicazione	Mitigazioni
Oggetto della condizione ambientale	<p>Il Proponente dovrà provvedere a:</p> <ol style="list-style-type: none"> Minimizzazione emissioni CO₂, inquinanti atmosferici e rumore esterni. Il materiale usato dovrà essere reperito in aree prossime all'area di cantiere per minimizzare l'impatto legato al trasporto. Dovranno essere utilizzati mezzi pesanti Euro 4 o superiore; dovranno essere individuati percorsi e mobilità atti a minimizzare ogni impatto. Nelle aree di cantiere dovranno essere impiegate macchine operatrici certificate e conformi alla direttiva 2000/14/CE sulla rumorosità delle macchine destinate ad operare all'aperto. Dovranno essere messe in essere tutte le misure di mitigazione utili a minimizzare l'impatto sugli ambienti e biocenosi circostanti, incluse barriere per impedire la diffusione di materiale in sospensione che possa alterare i livelli di ossigeno disciolto e torbidità. Traslocazione: Nel caso in cui, dopo adeguate verifiche condotte con le tecnologie più appropriate, sia rilevata la presenza di biocenosi di pregio e/o habitat che rientrano nelle linee guida di Natura 2000, si dovrà prevedere un piano di traslocazione, ovvero spostamento delle biocenosi di interesse in aree con condizioni ambientali confrontabili a quelle di origine ma non interessate dai lavori.
Termine avvio Verifica Ottemperanza	FINE OPERA
Ente vigilante	MASE
Enti coinvolti	ARPA Campania

Condizione ambientale n. 3	
Macrofase	Ante operam
Fase	Progettazione esecutiva
Ambito di applicazione	Atmosfera, aria e clima
Oggetto della prescrizione	<p>Il Proponente dovrà:</p> <ol style="list-style-type: none"> rendere i recettori sensibili rispondenti alla situazione attualmente esistente nell'area di progetto, rappresentandoli nelle mappe di simulazione, evidenziando quelli maggiormente critici per le ricadute degli inquinanti al suolo e, con particolare attenzione ai recettori sensibili; produrre un piano specifico per il contenimento delle emissioni in atmosfera da attività di cantiere, riferito a tutte le fasi di lavorazione previste, contenente gli interventi specifici che si prevedono di adottare e le relative misure di mitigazione e compensazione degli eventuali impatti e ogni altra procedura operativa e gestionale utile per minimizzare gli impatti; attuare un sistema di gestione delle emissioni di gas serra (CO₂ eq.) associate all'opera (calcolate quantificando la <i>Carbon Footprint</i> dell'opera in accordo alla norma ISO 14067:2018 - <i>Carbon footprint of products</i>), definendo strategie di riduzione delle emissioni in tutte le fasi del ciclo di vita, utilizzando <i>standard</i> riconosciuti quali PAS 2080:2016 <i>Carbon management in infrastructure</i>; identificare in dettaglio le diverse misure di riduzione e compensazione delle emissioni di CO₂ eq relative al progetto definitivo, quantificando le specifiche azioni e definendone in modo univoco lo sviluppo temporale e le modalità di realizzazione. La compensazione (c.d. offsetting) dovrà riguardare solo le emissioni residue non eliminabili e potrà essere effettuata attraverso l'accesso al mercato volontario dei crediti di carbonio, definendo il dettaglio dei progetti di riduzione o assorbimento di CO₂ - verificati da parte terza in accordo con <i>standard</i> internazionali - che si intendono selezionare per la compensazione; tali progetti dovranno generare riduzioni/assorbimenti addizionali, permanenti, che non compromettano la giustizia sociale e che non danneggino la biodiversità, e dovranno risultare registrati su piattaforme nazionali o internazionali.
Termine avvio V. O.	Entro 3 anni dal termine dei lavori dell'opera
Ente vigilante	MASE
Enti coinvolti	ARPA Campania

12.2 Prescrizioni Ministero della Cultura (nota prot. 27393 del 21/11/2023)

PER QUANTO ATTIENE ALLA TUTELA PAESAGGISTICA:

1. *“Sarà fatto uso di massi artificiali EVENTUALMENTE pigmentando il calcestruzzo dei massi artificiali fuori acqua al fine di assicurare una colorazione prossima a quella della pietra lavica; l'EVENTUALE pigmento utilizzato dovrà essere non dilavabile in acqua e comunque non tossico o dannoso per l'ambiente marino. I necessari approfondimenti saranno COMUNQUE operati in sede di progettazione esecutiva di concerto con il MiC e con il MASE”*

PER QUANTO ATTIENE LA TUTELA ARCHEOLOGICA:

2. *si ritiene indispensabile che, a prescindere dall'assoggettamento del progetto a VIA, la documentazione progettuale archeologica prodromica, del tutto insufficiente a valutare il rischio archeologico dell'area interessata dalle lavorazioni previste, venga integrata e ripresentata secondo quanto previsto dall'art. 1, c. 2, dell'allegato I.8 del D.Lgs. 36/2023, redatta in conformità alle “Linee guida per la procedura di verifica dell'interesse archeologico ai sensi dell'art. 25, comma 13, del Decreto Legislativo 18 aprile 2016, n. 50”, approvate con D.P.C.M. 14/02/2022 e tutt'ora vigenti ai sensi del medesimo allegato I.8, c. 11, del medesimo D.Lgs. n. 36/2023, a firma di professionista abilitato e in possesso dei requisiti di legge;*
3. *sia trasmessa la documentazione prevista dall'art. 41, c. 4 del D.Lgs. 36/2023 a firma di un professionista abilitato corredata da un piano di indagini geoarcheologiche preliminari da concordare con il funzionario archeologo di zona della competente Soprintendenza territoriale.*

12.3 Verifiche di ottemperanza

Si elencano di seguito le attività intraprese e programmate al fine di procedere alle verifiche di ottemperanza alle prescrizioni rese contenute nel Decreto di Non Assoggettabilità a VIA n. 721 del 27/12/2023.

Condizione ambientale n.1

Le prescrizioni della condizione ambientale n.1, dalla lettera a) alla lettera e), vengono recepite nell'aggiornamento del piano di monitoraggio, parte del presente progetto.

L'aggiornamento del piano di monitoraggio tiene conto delle risultanze delle attività di caratterizzazione, delle prescrizioni rese dalla Sottocommissione VIA nell'ambito dell'emissione del Decreto di Compatibilità Ambientale e dei pareri resi da Arpac a seguito dei tavoli tecnici eseguiti nelle date 27/02/2024 e del 17/04/2024.

La revisione esecutiva del piano (elab. 1494-01-NA-DA-PE-AMB-r02-0 Piano) viene allegato al presente progetto e si resta in attesa di formale approvazione da parte dell'ARPAC.

Le prescrizioni dalla lettera f) alla lettera h) verranno ottemperate trasmettendo i risultati del monitoraggio, l'eventuale documentazione integrativa a corredo e le verifiche in contraddittorio eseguite da ARPAC, in conformità alle scadenze temporali richieste ovvero: prime dell'avvio dei lavori, in corso d'opera e post operam.

Condizione ambientale n.2

La condizione ambientale n.2 verrà ottemperata durante la fase esecutiva dell'opera in quanto, anche tenendo conto delle migliorie offerte dall'Appaltatore nell'ambito della procedura di gara:

- L'appaltatore allestirà nell'area di cantiere un impianto di betonaggio, con capacità di 1000 mc/die, dotato di silos di stoccaggio del cemento in grado di garantire la produzione per 4 giorni continuativi. Tale scelta produce il vantaggio che non sarà necessario ricorrere a impianti esterni che comporterebbero, prescindendo dalle altre difficoltà operative legate ai tempi di percorrenza per l'accesso al cantiere dovuto al traffico veicolare negli orari di punta, l'impegno della viabilità urbana con almeno 80 autobetoniere al giorno;
- L'approvvigionamento del cemento sfuso, delle sabbie e degli inerti per alimentare gli impianti di betonaggio da 1000 m³/die verrà garantito, via terra (quindi senza interferenza sul canale di accesso) in orari ove il traffico urbano è notevolmente ridotto e, inoltre, non si registra alcuna interferenza con i traffici portuali. Tale condizione è attuabile anche perché le aree logistiche di cantiere sono esterne al recinto doganale.
- Gli interventi di progetto prevedono la fornitura di circa 645 mila ton di scogli calcarei di I, II e III categoria e di tout venant oltre alla ghiaia necessaria per l'esecuzione delle colonne vibroflottate. Anche per tali forniture, al fine di ridurre gli impatti sui traffici portuali e sulla viabilità urbana, gli approvvigionamenti verranno garantiti via terra (quindi senza interferenza sul canale di accesso) in orari ove il traffico urbano è notevolmente ridotto e nei giorni feriali. Per garantire la fluidità delle pesature degli scogli il concorrente impegnerà a predisporre una batteria di n. 2 pese a bilico, in grado di poter rilevare in continuo le pesature (lordo e tara) dei singoli autocarri, senza imprimere rallentamenti connessi alla logistica ed ai controlli.
- Il concorrente utilizzerà mezzi d'opera aventi capacità di carico (portata in coperta) superiori a quelli previsti nel progetto definitivo ed in particolare:
 - per il carico e trasbordo di scogli di I-II e III cat si prevede l'utilizzo del Pontone GOLIA con rimorchiatore Beli Kamic (Disp. Slimar) e della M/N NICOLA Z. (Disp. Slimar) aventi capacità di carico rispettivamente pari a 2'500 e 900 t. Ne consegue che il numero di transiti si riduce proporzionalmente alla capacità di carico in quanto un solo mezzo marittimo è in grado di poter garantire con uno solo attraversamento del canale la produzione che un pontone da 600 ton in coperta farebbe percorrendo mediamente il canale 5 volte in ingresso ed in uscita. Ne consegue che per ogni mezzo marittimo, a fronte di 10 attraversamenti previsti dal progetto definitivo si avrebbero solo 2 attraversamenti con l'utilizzo dei mezzi previsti dal concorrente, con una notevolissima riduzione degli impatti sul traffico marittimo, tenuto conto che le attività di carico e posa in opera dovranno necessariamente essere eseguite in orario diurno.
 - per la posa dei tetrapodi si prevede l'impiego della M/P FERNANDO con Escavatore LIEBHERR HS 895 HD da 200 t (Disp. Slimar) avente capacità di carico in coperta di 1.038 t, superiore alle previsioni del progetto definitivo e quindi con notevole riduzione dei traffici
- L'appaltatore dispone di un imponente parco macchine di nuova generazione (4.0) composto da escavatori a fune cingolati, gru telescopiche cingolate e gommate, fork lift, vibroinfessori, aghi vibranti per la vibrosostituzione a mare ed a terra, trivelle di grandi, medie e piccole dimensioni, pale meccaniche, escavatori, autobetoniere, attrezzature per jet grouting, autocarri, frantoi, impianto di soil washing mobile per il trattamento dei fanghi di dragaggio e/o delle terre e rocce da scavo, impianto mobile di trattamento delle acque etc. nonché di una flotta marittima in numero sovrabbondante rispetto alle previsioni di impiego previste dal progetto definitivo e con caratteristiche tecniche e capacità di carico superiore. Tutti i mezzi d'opera stradali utilizzati rispettano la classe di compatibilità ambientale Euro 6, mentre i mezzi d'opera non stradali (NRMM) rispettano prevalentemente lo standard europeo TIER 5 (corrispondente all'americano Stage V) e



sono dotati di un sistema di trasmissione dati e di localizzazione delle macchine, basato su protocolli TCP/IP e HTTP, tramite rete cellulare, che consente la pianificazione dell'impiego (anche tramite upload dei piani di produzione dalle più comuni piattaforme CAD), il caricamento da remoto delle istruzioni necessarie all'accesso agli stessi beni e il monitoraggio a distanza dei parametri di funzionamento e di produzione. Tutti i dati rilevanti sono accessibili tramite tablet e smartphone, con facoltà di settaggio di notifiche push sui dispositivi mobili associati (iOS o Android), per la segnalazione immediata di anomalie e di errori, garantendo la possibilità di procedere alla correzione immediata di errori di funzionamento e di produzione, con sfruttamento teorico del 100% della capacità produttiva.

Da un punto di vista degli standard ambientali, le parti meccaniche sono progettate per rispettare i più elevati e recenti standard in termini di riduzione delle emissioni nocive, garantendo la salubrità dell'ambiente lavorativo alla manodopera impiegata nelle attività di cantiere.

Relativamente alla acustica tutti i principali mezzi in proprietà/disponibilità al concorrente sono conformi alla Direttiva Europea 2000/14/CE concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto.

- La revisione del piano di monitoraggio ambientale inoltre prevede l'esecuzione delle seguenti misure di mitigazione da prevedere per l'intera durata dei lavori in appalto:
 - bagnatura periodica della superficie di cantiere (almeno 2 volte al giorno d'estate, una volta al giorno d'inverno);
 - opportuna copertura dei mezzi adibiti al trasporto dei materiali lapidei;
 - velocità ridotta dei mezzi all'interno del cantiere;
 - lavaggio giornaliero dei mezzi e pulizia ad umido degli pneumatici degli autoveicoli in uscita dal cantiere;
 - Selezione di macchine ed attrezzature omologate in conformità alle direttive della Comunità Europea e ai successivi recepimenti nazionali.
 - Impiego di macchine movimento terra ed operatrici gommate piuttosto che cingolate.
 - Installazione, in particolare sulle macchine di elevata potenza, di silenziatori sugli scarichi.
 - Utilizzo di impianti fissi schermati.
 - Utilizzo di gruppi elettrogeni e compressori di recente fabbricazione insonorizzati.
 - Manutenzione generale dei mezzi e dei macchinari mediante lubrificazione delle parti, serraggio delle giunzioni, sostituzione dei pezzi usurati, bilanciatura delle parti rotanti, controllo delle guarnizioni delle parti metalliche, ecc.
 - Svolgimento di manutenzione alle sedi stradali interne alle aree di cantiere e sulle piste esterne, mantenendo la superficie stradale livellata per evitare la formazione di buche.
 - Orientamento degli impianti che hanno un'emissione direzionale in posizione di minima interferenza (ad esempio i ventilatori).
 - Localizzazione degli impianti fissi più rumorosi alla massima distanza dai ricettori critici o dalle aree più densamente abitate.
 - Utilizzazione di basamenti antivibranti per limitare la trasmissione di vibrazioni al piano di calpestio.
 - Limitazione allo stretto necessario delle attività nelle prime/ultime ore del periodo diurno (6:00 8:00 e 20:00 22:00).
 - Divieto di uso scorretto degli avvisatori acustici, sostituendoli quando possibile con avvisatori luminosi.
 - Intensificazione delle stazioni di monitoraggio, da numero 1 a numero 3 per la componente "sedimento";
 - In merito alla misura di mitigazione utile a minimizzare l'impatto sull'ambiente e sulle biocenosi circostanti saranno disponibili in cantiere un numero sufficienti di panne che



saranno prontamente messe in funzione qualora dalla stazione fissa siano emersi superamenti dei valori soglia per numero 6 ore consecutive. Le panne anti-torbidità saranno messe in opera nelle 24 ore dall'ultima registrazione.

Condizione ambientale n.3

La condizione ambientale n.3 viene ottemperata in parte con la trasmissione dell'aggiornamento del piano di monitoraggio ed in parte durante la fase esecutiva dell'opera in quanto:

- Il piano di monitoraggio i recettori sensibili rispondenti alla situazione attualmente esistente nell'area di progetto ed evidenzia quelli maggiormente critici per le ricadute degli inquinanti al suolo e, con particolare attenzione ai recettori sensibili monitorandoli in accordo con ARPAC con l'installazione delle stazioni di misura;
- come previsto dall'aggiornamento del piano di monitoraggio concordato con ARPAC nella fase ante operam, sarà effettuato uno studio quantificando la Carbon Footprint dell'opera in accordo alla norma ISO 14067:2018 - Carbon footprint of products) definendo strategie di riduzione delle emissioni in tutte le fasi del ciclo di vita, utilizzando standard riconosciuti quali PAS 2080:2016 Carbon management in infrastructure; oltre alla carbon footprint sarà eseguita una valutazione del ciclo di vita comprendente tutte le fasi delle lavorazioni al fine di valutare gli impatti legati non solo alle emissioni di carbonio ma anche alle emissioni di Ozono, monossido di carbonio, ossido di azoto, particolato. Valutate le emissioni residue non eliminabili la compensazione potrà essere eventualmente effettuata in accordo con la Stazione Appaltante attraverso l'accesso al mercato volontario dei crediti di carbonio;
- prima dell'avvio dei lavori sarà prodotto un piano specifico per il contenimento delle emissioni in atmosfera da attività di cantiere, riferito a tutte le fasi di lavorazione previste, contenente gli interventi specifici che si prevedono di adottare e le relative misure di mitigazione e compensazione degli eventuali impatti e ogni altra procedura operativa e gestionale utile per minimizzare gli impatti.

Prescrizioni del Ministero dei Beni Culturali

- **Prescrizione n.1:** come descritto nei paragrafi precedenti nel corso della riunione intercorsa in data 23/04/2024 presso la sede della Stazione Appaltante alla presenza degli arch. Maria Falcone Anna Migliaccio del MIC e del successivo sopralluogo presso l'area di cantiere sono stati presentati i campioni di calcestruzzo pigmentato prodotti dall'Appaltatore e si è presa visione dei fotoinserti delle opere di progetto; all'esito della riunione i funzionari del MIC si sono espressi favorevolmente per una colorazione del calcestruzzo dei tetrapodi con pigmentazione prossima a quella dell'infrastruttura esistente, ritenendo tale condizione la meno impattante dal punto di vista paesaggistico; L'ottemperanza alla prescrizione risulta pertanto immediatamente verificabile;
- **Prescrizione n.2:** Nel corso della riunione eseguita in data 22/02/2024 presso gli uffici della Soprintendenza archeologica di Napoli, alla presenza del dott. Stefano Iavarone in qualità di funzionario archeologo di zona, sono stati definiti i contenuti della relazione archeologica prodotta da tecnico abilitato che risulta allegata al presente progetto esecutivo (elab.ARC-r01);
- **Prescrizione n.3:** Come evidenziato nei paragrafi precedenti nel corso delle attività di progettazione esecutiva sono state eseguite le indagini strumentali archeologiche concordate nel corso della riunione tecnica del 22/02/2024 presso gli uffici della Soprintendenza archeologica di Napoli le cui risultanze e interpretazioni vengono riportate nella relazione archeologica prodotta da tecnico abilitato che risulta allegata al presente progetto esecutivo (ARC-r01).

13 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO

In continuità con quanto previsto dal Progetto del 2002 elaborato dal Genio Civile OO.PP.MM. – Provveditorato OO.PP. della Campania e in piena analogia a quanto previsto in fase di progettazione definitiva, l'intervento prevede il rafforzamento dei tratti caratterizzati da una maggiore vulnerabilità della foranea Duca d'Aosta mediante la realizzazione lato mare di un'opera a gettata in aderenza ai manufatti esistenti a sezione trapezoidale, costituita da un nucleo in massi naturali di I Cat., protetto da una mantellata lato mare in tetrapodi da 16 m³ (40 t) disposti in doppio strato con pendenza 3/2 (base su altezza) e poggianti su una berma di protezione al piede realizzata con tetrapodi da 4 m³ (10 t).

Tra nucleo e mantellata in tetrapodi è previsto uno strato filtro realizzato in massi naturali da 3 - 5 t (III Cat.). Al fine di garantire idonee condizioni di stabilità in fase costruttiva e mitigare eventuali problemi di funzionalità della scogliera in esercizio sotto carichi ciclici in condizioni sismiche, in progetto è stato previsto uno specifico intervento di consolidamento dei terreni naturali di imposta della scogliera esterna, consistente in un intervento di "vibrosostituzione" profonda associato alla predisposizione di uno strato superficiale di idonea pezzatura avente spessore pari a circa 0.50 m e ad un sovrastante strato di pietrame di aggotamento di pezzatura 1 - 200 kg dello spessore di circa 1.00 m.

Si riporta di seguito una sezione tipologica dell'intervento previsto da progetto.

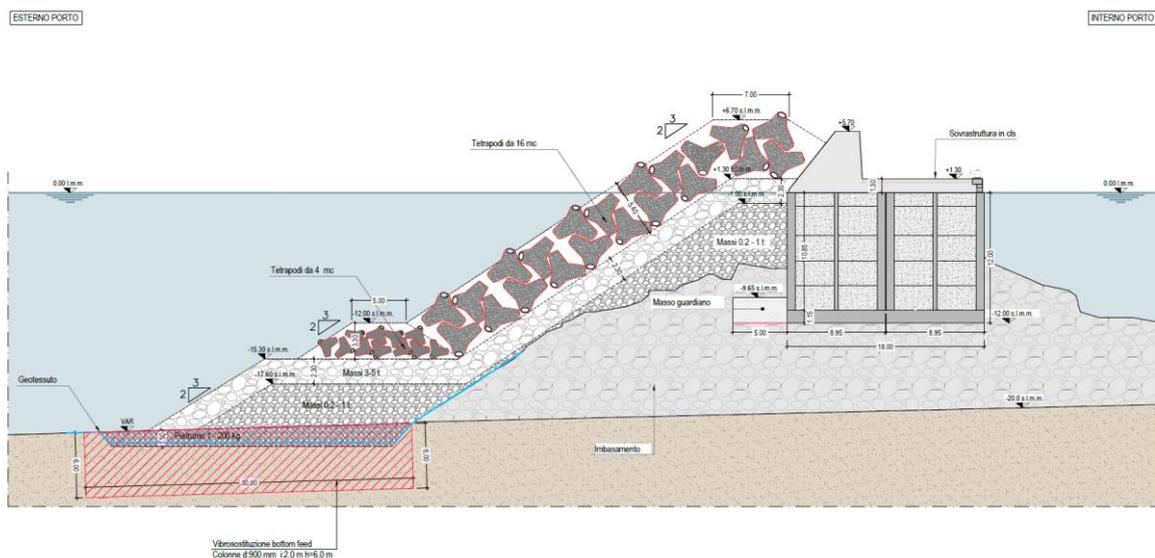


FIGURA 52 - SEZIONE TIPOLOGICA DI PROGETTO

Tale intervento riguarderà il tratto della diga esistente per lunghezza complessiva pari a circa 860 m, compreso tra le progr. 910.00 m e 1770.00 m, per un'area di impronta complessiva pari a 860 x 70 m.

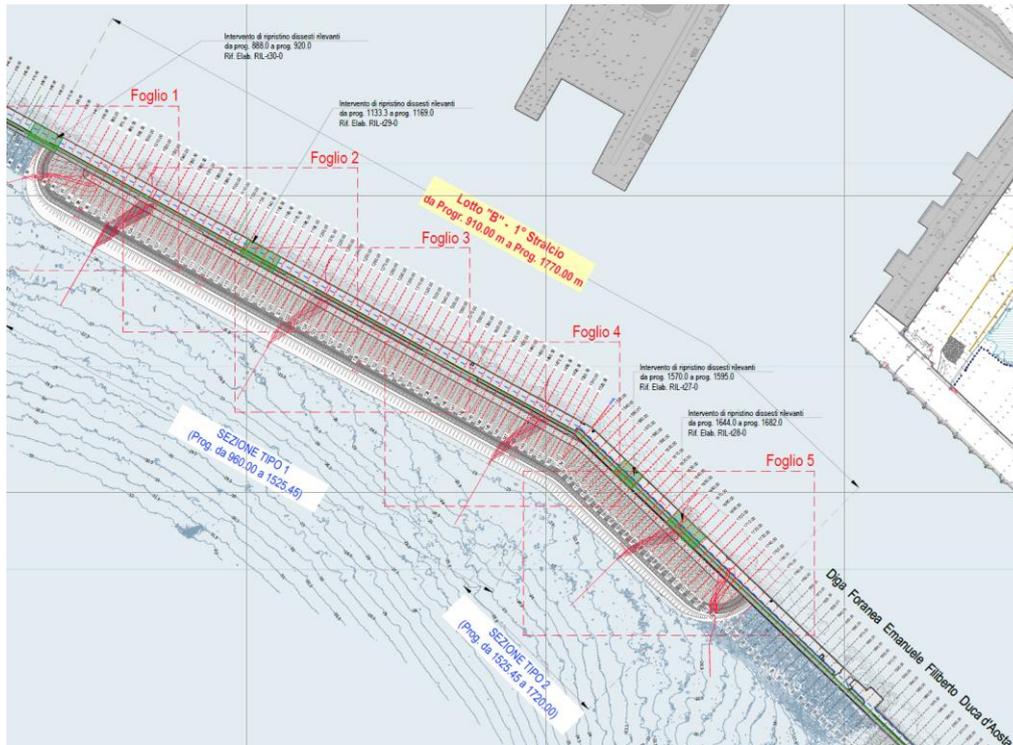


FIGURA 65 - PLANIMETRIA DI PROGETTO OPERE I STRALCIO 860 M (PNRR)

Oltre alla realizzazione dell'opera di difesa a gettata, il presente progetto di rafforzamento prevede i seguenti interventi di ripristino/riparazione locale:

- a) interventi localizzati di integrale ricostruzione del muro paraonde e del massiccio soprastante i cassoni esistenti in corrispondenza dei tratti caratterizzati da crolli delle strutture in cls, mediante collocazione di massi artificiali, casseri con pannelli prefabbricati, getti in opera, formazione di micropali e riempimento delle cavità per il ripristino strutturale dei cassoni esistenti;
- b) Interventi diffusi di ripristino/riparazione locale delle strutture esistenti, estesi per tutti i 2,6 km della diga Duca d'Aosta e dell'antemurale Thaon de Revel, consistenti in:
 - a. interventi di ripristino e/o ricostruzione del coronamento in pietra lavica;
 - b. interventi di ripristino di cavità subacquee rilevate sul fronte banchina interno porto;
 - c. interventi di sarcitura delle lesioni sul muro paraonde;
 - d. ricostruzione localizzata delle parti divelte della massicciata di coronamento dei cassoni;
 - e. ricostruzione localizzata delle scale di accesso alla diga foranea;
 - f. ricostruzione del paramento lapideo del muro paraonde della Thaon de Revel;
 - g. Demolizione dei fanali di segnalamento non più utilizzabili;
- c) l'allestimento di un impianto di segnalazione del ciglio di banchina interno con corpi illuminanti a LED alimentati da pannelli fotovoltaici posizionati su fanali posti ad interasse di 50 m.

13.1 Ricognizione sistematica per bonifica fondali da eventuali ordigni bellici

Il presente progetto prevede la ricognizione sistematica, sia superficiale che profonda del fondale marino prospiciente l'area di intervento, al fine di individuare eventuali residuati bellici inesplosi, tenuto conto che



il porto di Napoli nell'ultimo conflitto mondiale (1942-1944) è stato interessato da oltre 108 bombardamenti.

Prima dell'inizio dei lavori si dovrà procedere con la ricognizione e, eventualmente, alla bonifica da ordigni bellici, da condursi sotto l'esatta osservanza di tutte le condizioni e norme vigenti e le prescrizioni richiamate dalla Direttiva tecnica GEN-BSS001 – edizione 2020 emanata ex art.4, comma 2 del DM 28/2/2017 dal Ministero della Difesa – Direzione Lavori Demanio.

In data 19/02/2024 l'Appaltatore, in conformità a quanto previsto dall'art.9 del CSA e dal verbale di avvio dei servizi di ingegneria del 14/02/2024, ha trasmesso al Comando Logistico della Marina Militare - Reparto Infrastrutture - Ufficio bonifiche subacquee ordigni bellici- istanza per il rilascio del parere vincolante all'esecuzione della bonifica bellica sistematica subacquea allegando il DUB prodotto dalla società specializzata I.L.A. SUB srl (CFR elab. PRG-t01).

La ricognizione superficiale, come previsto dal progetto definitivo, riguarderà l'intera area di impronta dell'opera a gettata, di dimensioni in pianta pari a circa 920 x 70 m per complessivi 64 500 m² circa; ne consegue che tale attività riguarderà sia lo scanno di imbasamento dei cassoni, sia i sedimenti a perimetro.

La ricognizione profonda riguarderà invece esclusivamente la fascia di sedimenti marini esterni allo scanno di imbasamento esistente, ovvero il volume di terreno per il quale è previsto il trattamento colonnare di vibrosostituzione profonda, per una dimensione di 920 m x 30 m (26 00 m² circa); tale attività di ricognizione sistematica prevede perforazioni esplorative di altezza h=7.00 m da eseguirsi lungo una maglia regolare quadrata 2.00 x 2.00 m. Complessivamente si prevede l'esecuzione di n. 6446 perforazioni.

In data 04-03-2024 con nota prot. nr. 0006709 il Comando Logistico della Marina Militare, in relazione all'istanza trasmessa dall'Appaltatore a mezzo PEC con note assunte rispettivamente a protocollo n. M_D MCOMLOG 0005154, 0005160 e 0005161 in data 20.02.2024 ed esaminato il Documento Unico di Bonifica (DUB), ha ufficialmente trasmesso il Parere Vincolante positivo (BSS-24-011) per le attività di bonifica bellica sistematica subacquea.

Al termine dei lavori di sminamento, anche nel caso in cui non dovessero essere rinvenuti ordigni, dovrà essere rilasciata una dichiarazione di garanzia in bollo relativa alla zona bonificata con la quale l'Impresa si assumerà ogni responsabilità civile tanto nei confronti del personale e delle cose, per i danni di qualsiasi natura derivanti dall'eventuale presenza nel terreno di ordigni bellici, limitatamente alla sola area ispezionata e per la profondità stabilita.

13.2 Interventi di vibroflottazione

Considerato il quadro stratigrafico e geotecnico, l'intervento di consolidamento dei livelli meno consistenti dei terreni di imposta dell'opera a gettata è stato basato sulla tecnica della "vibrosostituzione" diffusamente impiegata per la compattazione profonda di terreni di imposta di opere portuali, quale integrazione della tecnica di vibrocospiazione dei terreni in situ con apporto di materiale arido di piccola pezzatura.

Al fine di evitare dispersione dei sedimenti durante le fasi di vibrocospiazione, si procederà preliminarmente allo stendimento, sull'intera area interessata da tale intervento di compattazione meccanica, di materiale arido ghiaioso per uno spessore di circa 50 cm.

Da un punto di vista operativo la tecnologia proposta consentirà la compenetrazione forzata del materiale ghiaioso sopra richiamato all'interno della matrice sabbioso-limosa poco consistente mediante un utensile vibrante.

In questa prima fase, il vibroflot, dotato di peso e potenza opportuna e commisurato alla profondità di trattamento, produce vibrazioni polarizzate in direzione radiale, in modo da massimizzare le tensioni di confinamento tra terreno e colonna.

Al raggiungimento della profondità richiesta è prevista l'immissione della ghiaia che verrà rilasciata nella fase di risalita, ovvero dal basso verso l'alto, in prossimità della punta vibrante con modalità "Bottom-Feed", tramite una camera di alimentazione ed un sistema di aste forate collegate ad una tramoggia posizionata in sommità all'utensile.

L'utensile ed il sistema di alimentazione della ghiaia sono intimamente legati formando un unico corpo facilmente manovrabile dalle macchine operatrici. La colonna viene formata per passi successive fasi di immissione, caduta e schiacciamento della ghiaia sia in senso radiale che verticale che avviene in una seconda fase contestualmente al ritiro graduale del vibroflot.

In tal modo grazie alla realizzazione di una serie discreta di colonne di materiale ghiaioso è possibile costituire una matrice ghiaiosa uniformemente distribuita nello strato da trattare in modo da assumere funzione di addensamento e rinforzo.

Nel caso in esame si prevede l'esecuzione di colonne di diametro reso $d:900$ mm di lunghezza pari a $h = 6.00$ m disposte a quinconce ad interasse pari a 2.00 m.

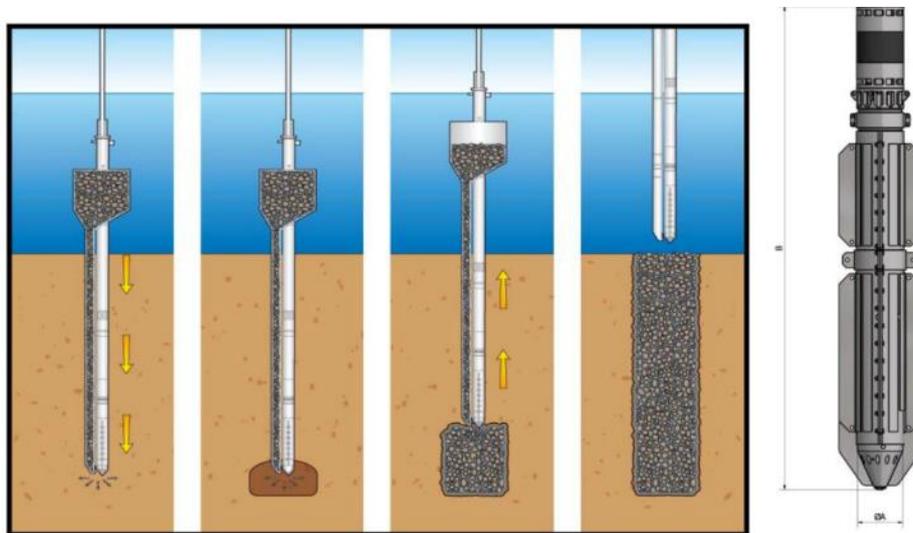


FIGURA 13-66 - SCHEMA DI TRATTAMENTO COLONNARE CON METODO BOTTOM-FEED

13.3 Imbonimento del piede dell'opera a gettata e posa di geotessuto

Ancora al fine di garantire la stabilità dell'opera a gettata e scongiurare indesiderati effetti connessi ad un eccessivo cedimento del piede della scarpata, dopo il completamento delle attività di vibrointegrazione verrà posto sul fondale interessato, che per effetto dell'addensamento avrà subito un cedimento verticale, un geotessuto strutturale di confinamento in fibra di poliestere, spessore min 4 mm e con massa areica non inferiore a 500 gr/m^2 per una larghezza di circa 40 m misurata sulla sezione trasversale.

Al disopra di tale geotessuto verrà posizionato uno strato di materiale arido minuto per uno spessore di circa 100 cm, che formerà la base di appoggio del piede dell'opera a gettata.

13.4 Salpamenti per regolarizzazione dello scanno di imbasamento

Al fine di configurare correttamente l'impronta in sezione dell'opera a gettata, il progetto prevede un'attività

selettiva di salpamento del materiale scapolo che costituisce l'imbasamento dei cassoni ai fini della riprofilatura della scarpata per la successiva formazione del nucleo in massi naturali dell'opera di difesa .

Tale attività risulta necessaria nei tratti in cui la morfologia e la profondità del fondale attuale non consente la realizzazione dell'opera secondo la configurazione geometrica di progetto.

13.5 Opere a gettata

L'opera a gettata verrà realizzata dal basso verso l'alto, con avanzamenti progressivi di circa 10 m. A seguito della stabilizzazione dell'area di sedime con le modalità sopra descritte verrà eseguita dapprima la struttura trapezoidale del piede e, progressivamente, verrà completato il nucleo, lo strato filtro e la mantellata in tetrapodi.

In linea generale, l'opera a gettata avverrà secondo le seguenti fasi:

- realizzazione del nucleo al piede in massi naturali 200 ÷ 1000 kg (I Cat.) con estradosso a quota -17.60 m s.l.m.m. e pendenza della scarpata 3/2 (base su altezza);
- realizzazione della mantellata al piede in massi naturali 3 ÷ 5 t (III Cat.) di spessore costante pari a 2.30 m con quota estradosso -15.30 m s.l.m.m. e pendenza della scarpata 3/2 (base su altezza);
- realizzazione della berma al piede in tetrapodi in cls da 4 m³ (10 t) di spessore pari a 3.30 m, larghezza pari a 5.00 m e quota estradosso berma pari a -12.0m s.l.m.m.;
- completamento del nucleo superiore in massi naturali 200 ÷ 1000 kg (I Cat.) con estradosso a quota -1.00 m s.l.m.m. e pendenza della scarpata 3/2 (base su altezza);
- posa in opera dello strato filtro in massi naturali 3 ÷ 5 t (III Cat.) di spessore costante pari a 2.30 m con quota estradosso +1.30 m s.l.m.m, con pendenza della scarpata 3/2 (base su altezza)
- posa in opera, sempre dal basso verso l'alto, della mantellata in tetrapodi in cls da 16 m³ (40 t) disposti su doppio strato, con spessore della mantellata pari a 5.40 m e pendenza della scarpata 3/2 (base su altezza), con berma a quota pari a +6.70 m s.l.m.m.

Le fasi esecutive dell'opera a gettata, ed in particolare all'avanzamento della realizzazione della sagoma, come meglio specificato al paragrafo seguente, terranno conto delle esigenze legate al ciclo produttivo in cantiere dei tetrapodi nonché dei tempi necessari a stabilizzare il piede della scogliera, in termini cedimenti da consolidazione.

In particolare l'avanzamento avverrà progressivamente in orizzontale (per la formazione del piede) e quindi in verticale per la formazione della parte superiore dell'opera a gettata.

Si prevede inoltre, dove consentito dalla sagoma dell'infrastruttura esistente, di realizzare preliminarmente il nucleo in I categoria nei casi in cui lo stesso non gravi direttamente sulla risberma prevista al piede della nuova opera a gettata.

13.5.1 Fasi esecutive

Le fasi esecutive dell'opera a gettata sono state definite tenendo conto delle esigenze tecniche legate al ciclo produttivo in cantiere dei tetrapodi e dell'evoluzione dei cedimenti indotti al piede della scogliera ed all'opera esistente in fase esecutiva.

Di seguito si propone uno schema di sviluppo delle diverse fasi esecutive.

- FASE 1.**
- a) Posa in opera primo strato di materiale arido da cava (dimensione inerti 6-20 mm) per uno spessore di circa 50 cm;
 - b) intervento di vibrosostituzione profonda con tecnologia *bottom feed* - formazione di colonne diametro reso $d:900\text{ mm}$ $h=6.00\text{ m}$ disposte a quinconce su una maglia di lato 2.00 m;

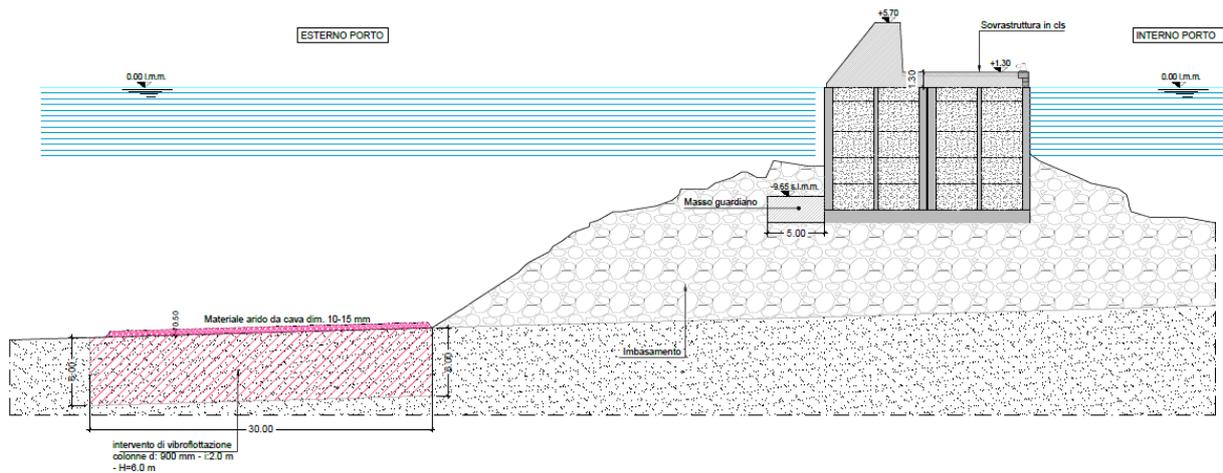


FIGURA 67 - SEZIONE TIPOLOGICA FASE ESECUTIVA 1

- FASE 2.**
- a) Posa in opera di geotessuto e successiva posa in opera di strato in pietrame di altezza pari a 1.00 m;
 - b) Formazione del nucleo in massi 0.2 - 1 t fino a quota -17.60 m s.l.m.;
 - c) formazione mantellata in massi naturali 3 - 5 t fino a quota -15.30 m s.l.m.;

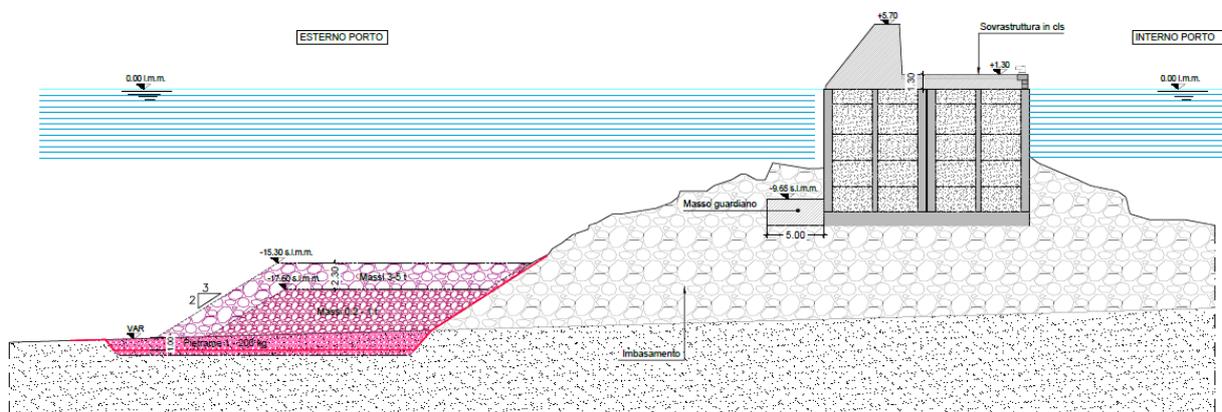


FIGURA 68 - SEZIONE TIPOLOGICA FASE ESECUTIVA 2

FASE 3. Formazione berma al piede in tetrapodi da 4 m^3 (quota estradosso berma -12.00 m s.l.m.)

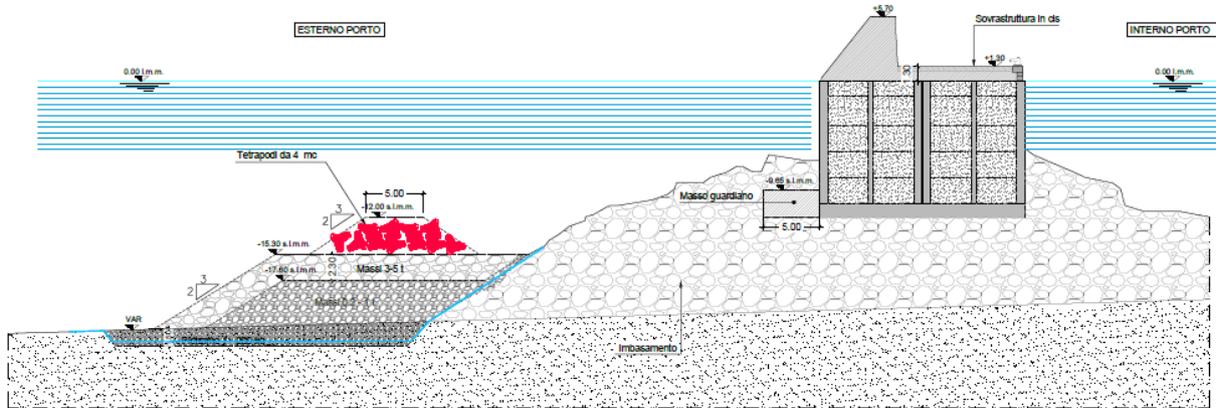


FIGURA 69 - SEZIONE TIPOLOGICA FASE ESECUTIVA 3

FASE 4. a) Formazione del nucleo in massi naturali da $0.2 - 1 \text{ t}$;
b) Formazione dello strato filtro in massi naturali $3 - 5 \text{ t}$

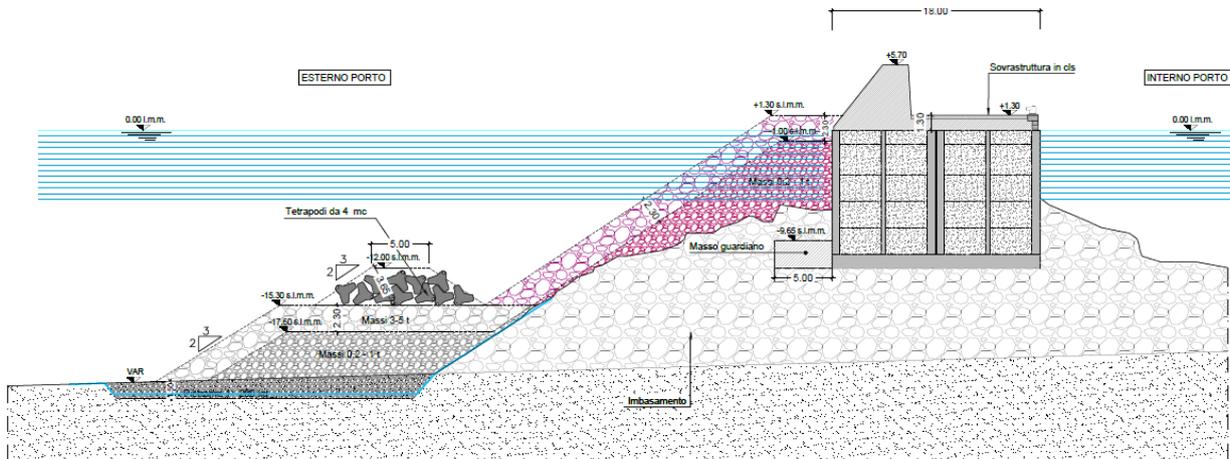


FIGURA 70 - SEZIONE TIPOLOGICA FASE ESECUTIVA 4

N.B.: la formazione del nucleo e dello strato filtro dovranno avvenire progressivamente dal basso verso l'alto con realizzazione delle sezioni a tutta sagoma per tratti in avanzamento di 20.0 m ;

FASE 5. Formazione della mantellata in tetrapodi da 16 m^3

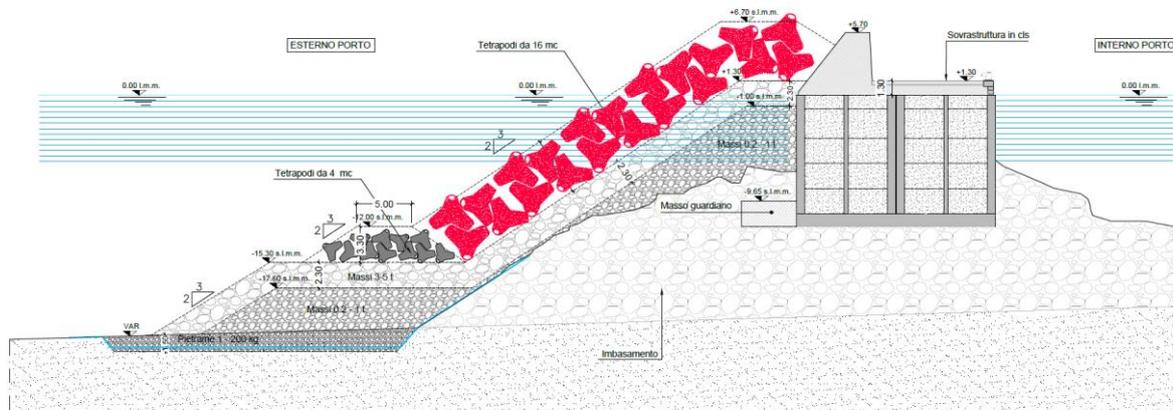


FIGURA 71 - SEZIONE TIPOLOGICA FASE ESECUTIVA 5

N.B.: la posa in opera dei tetrapodi da 16 m³ dovrà avvenire progressivamente dal basso verso l'alto con realizzazione delle sezioni a tutta sagoma per tratti in avanzamento di 20.0 m.

13.6 Interventi locali di ripristino della diga esistente

Dall'analisi dello stato di consistenza dei luoghi è emerso che sia l'antemurale Thaon de Revel che la diga foranea Duca d'Aosta sono caratterizzati dalla presenza diffusa di danni e ammaloramenti, riconducibili principalmente alla vetustà delle opere esistenti ed all'azione negli anni di eventi meteomarinari di portata eccezionale.

I punti in cui l'opera mostra significativi ammaloramenti e danni sono stati individuati nel corso delle attività di rilievo svolte dal RTP Geonautics srl / GIA consulting srl.

In particolare, sono stati individuati n. 4 punti in cui la struttura risulta essere caratterizzata da dissesti/crolli del muro paraonde e/o del massiccio di coronamento.

In merito al ripristino/consolidamento locale delle strutture esistenti, il presente progetto prevede n. 4 interventi localizzati di integrale ricostruzione del muro paraonde e del massiccio di coronamento nei tratti caratterizzati da crolli delle strutture in cls, oltre ad Interventi diffusi di ripristino/riparazione locale delle strutture esistenti, estesi per tutti i 2,6 km della diga Duca d'Aosta e dell'antemurale Thaon de Revel.

Nei paragrafi seguenti si riporta una descrizione dettagliata degli interventi di rinforzo e/o riparazione locale delle opere esistenti.

13.6.1 Interventi localizzati di integrale ricostruzione della sovrastruttura dei cassoni

I tratti interessati da interventi di integrale ricostruzione del muro paraonde e del massiccio di coronamento corrispondono ai tratti in cui sono stati rilevati i dissesti maggiormente significati in fase di rilievo:

- il tratto individuato dai punti 17b-18, da progr. +888.00 m a progr. +920.00 m;
- Il tratto individuato dai punti 7-19, da progr. +1132.00 m a progr. +1170.00 m;
- Il tratto individuato dai punti 3-6b, da progr. +1570.00 m a progr. +1595.00 m
- Il tratto individuato dai punti 4-6, da progr. +1640.00 m a progr. +1685.00 m.

In via generale, gli interventi di ricostruzione integrale della porzione di sovrastruttura interessata dagli interventi prevederanno le seguenti fasi:

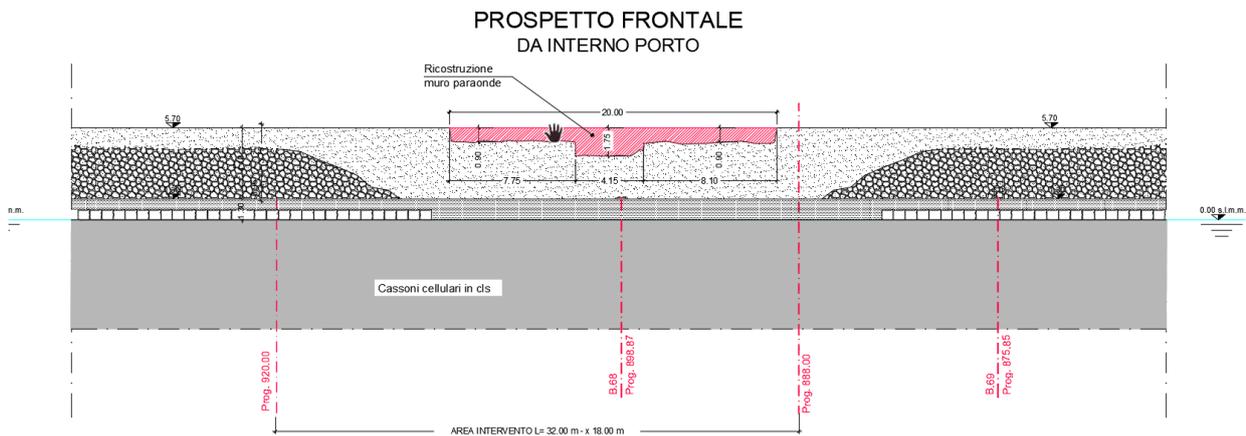
- rimozione integrale e demolizione delle parti di struttura ammalorate e/o instabili sia del piano di banchina che del muro paraonde;
- formazione di micropali d:300 mm L=10.0 m armati con tubolare in acciaio S 355 ϕ 193.7 mm sp. 10 mm di cucitura tra cassone e sovrastruttura;
- posa in opera dei massi di coronamento banchina (lato interno porto) e dei massi di contenimento del getto (lato mare) in cls mutuamente tirantati mediante barre in acciaio B 450 C ϕ 20/20;
- posa in opera doppia rete di armatura a maglia quadra ϕ 20/25x25 in acciaio B 450 C e getto in cls classe C 35/45 di completamento della soletta in c.a. spessore s=130 cm;
- posa in opera di casseri prefabbricati tralicciati (tipo predalles) e formazione del muro paraonde mediante getto in cls classe C 35/45.

Per quanto non espressamente riportato, ed in particolare per quanto riguarda il dettaglio delle fasi esecutive e l'estensione degli interventi, si rimanda agli elaborati grafici di dettaglio dedicati.

I n. 4 interventi di ricostruzione integrale della sovrastruttura dei cassoni vengono descritti nel dettaglio nei paragrafi seguenti.

13.6.1.1 INTERVENTO TRA LE PROG. +888.00 E +920.00 M

L'intervento previsto tra le progressive +888 e +920 consiste essenzialmente nella ricostruzione del tratto di muro paraonde mancante fino a quota +5.70 m s.l.m.m con impiego di casseri metallici disposti sul lato mare previa disposizione di inghisaggi con barre ϕ 20 nelle porzioni di muro integre, come di seguito illustrato.



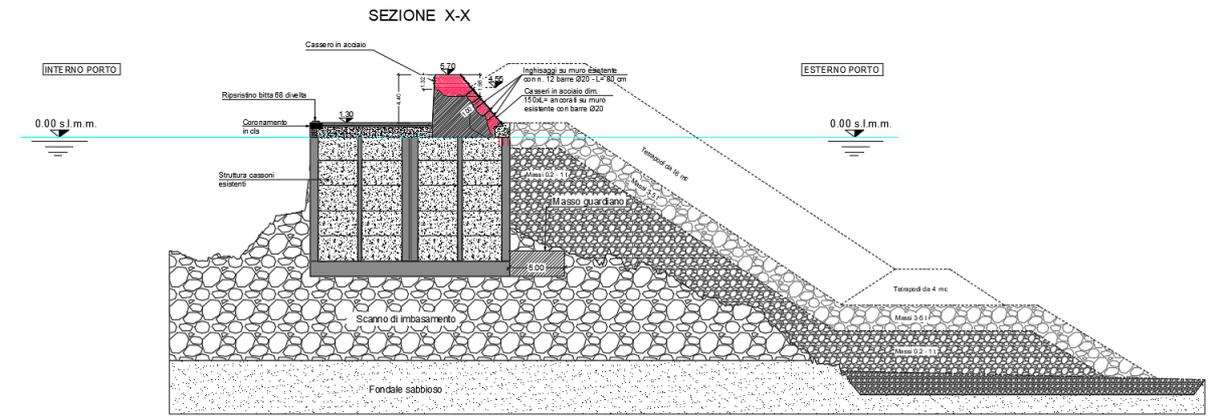


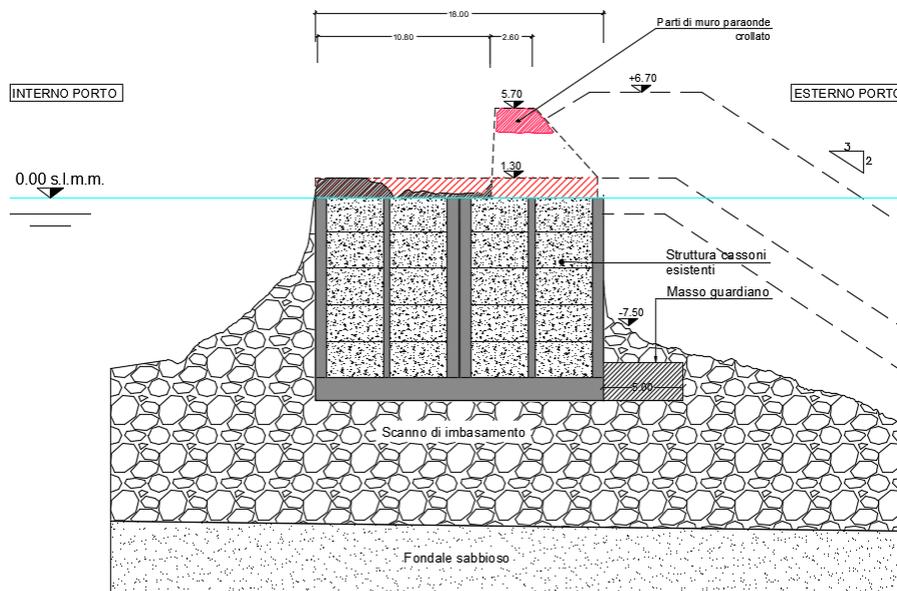
FIGURA 72 – INTERVENTO DI RICOSTRUZIONE MURO TRA LE PROG. 0+888 – 0+920

13.6.1.2 INTERVENTO TRA LE PROG. 1 133.00 E 1 169.00 M

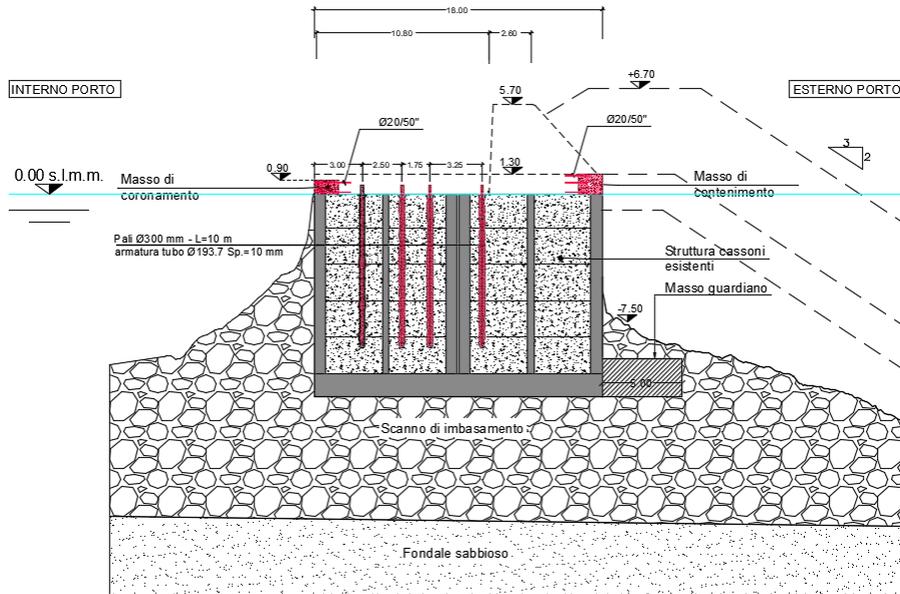
L'intervento previsto tra le progressive 1+133 – 1+169 risulta articolato in più fasi, come di seguito descritto, anche al fine di assicurarne una piena efficienza nel rispetto di idonei standard di sicurezza in esecuzione.

Le fasi previste in tal caso sono:

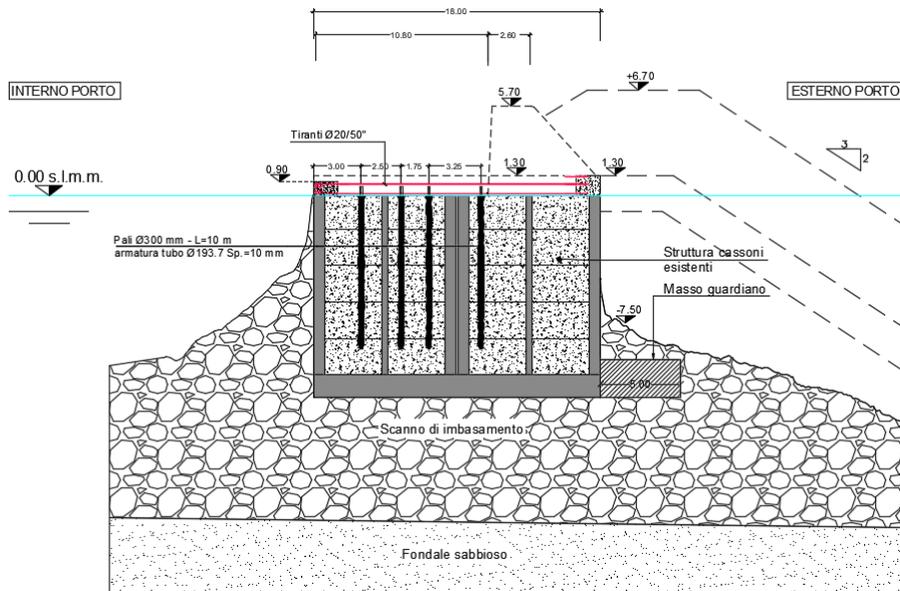
1. demolizione sovrastruttura esistente e rimozione parti instabili;



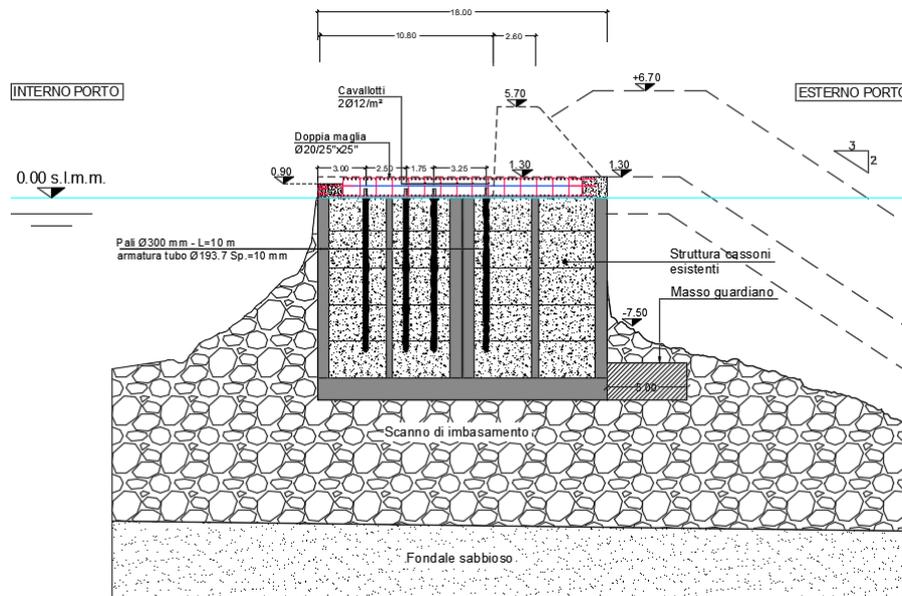
2. posa in opera massi di coronamento banchina / contenimento getto lato interno ed esterno porto, realizzazione micropali Ø300 mm - L=10 di cucitura e solidarizzazione dei blocchi presenti nelle celle dei cassoni;



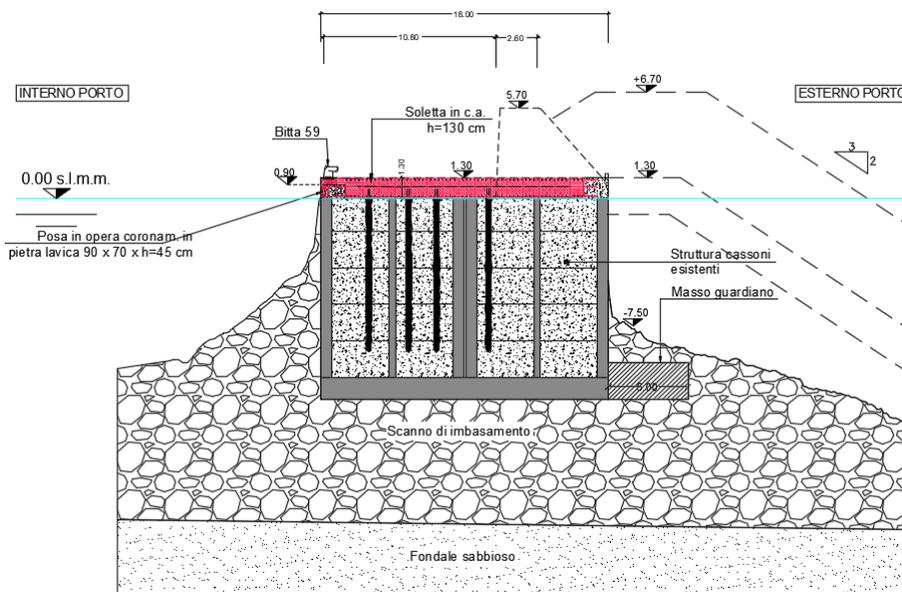
3. posa in opera tiranti in barre $\text{Ø}20/50''$ in acciaio B 450 C di collegamento tra masse di coronamento / contenimento getto



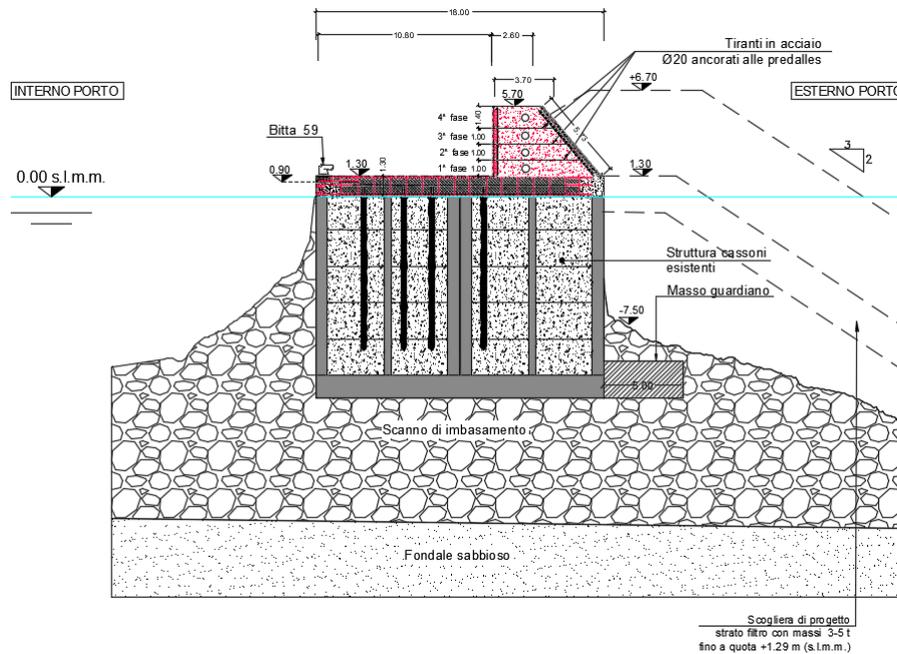
4. posa in opera armatura a doppia maglia $\text{Ø}20/25'' \times 25''$ in acciaio B 450 C superiore ed inferiore soletta in c.a.



5. getto di completamento soletta in cls classe C 35/45 - h/soletta = 130 cm, coronamento in pietra lavica e sostituzione bitte



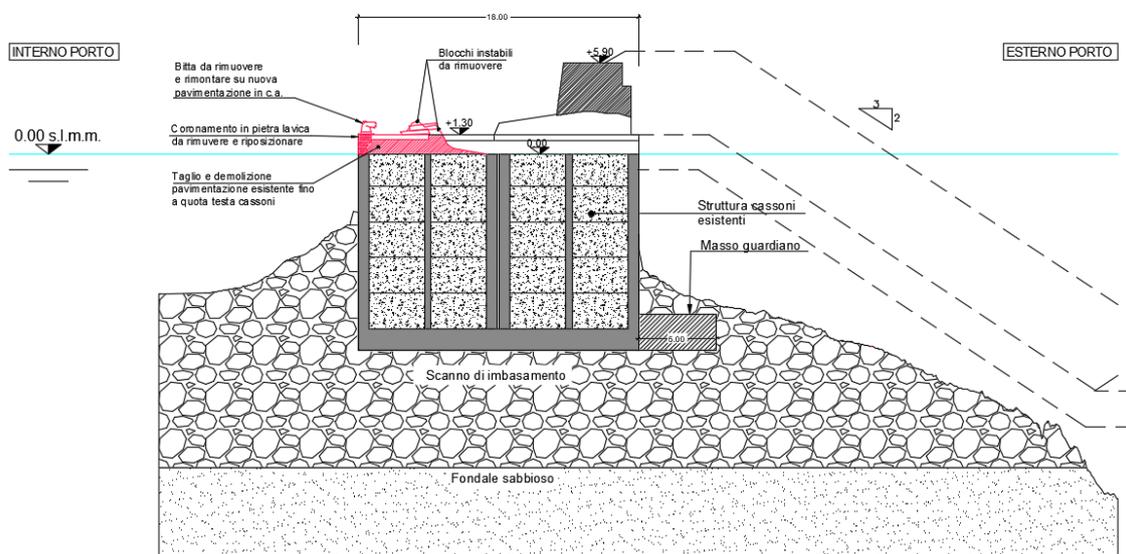
6. posa in opera casseri prefabbricati tralicciati di contenimento e getto muro paraonde in cls C 35/45 (n.4 fasi di getto)



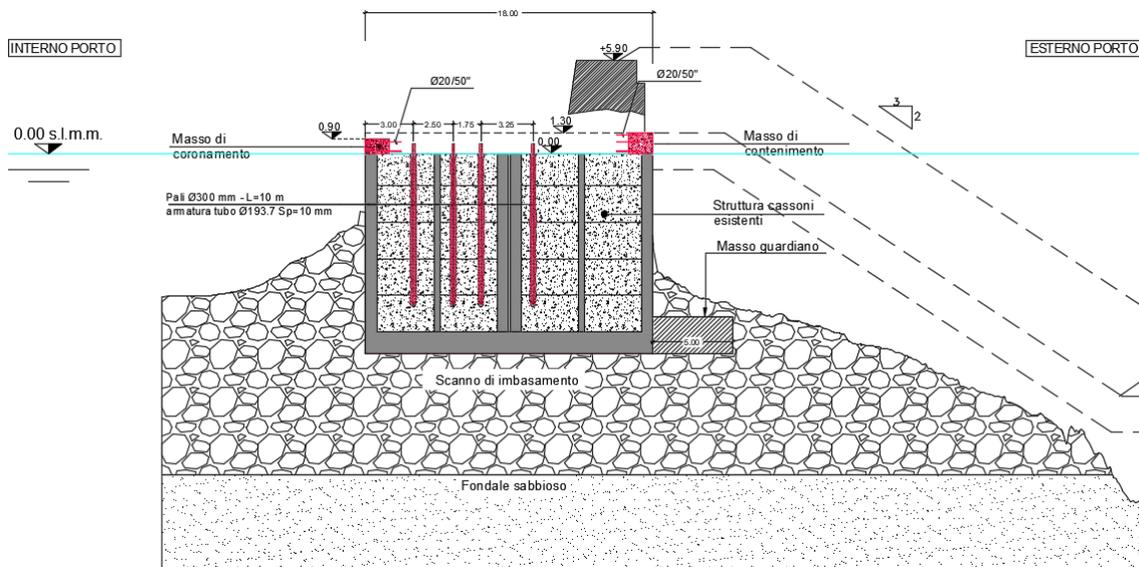
13.6.1.3 INTERVENTO TRA LE PROG. +1 570.00 E +1 595.00 M

L'intervento previsto tra le progressive +1 570.00 e +1 595.00, del tutto analogo a quello precedente, risulta articolato in fasi simili, come di seguito descritto:

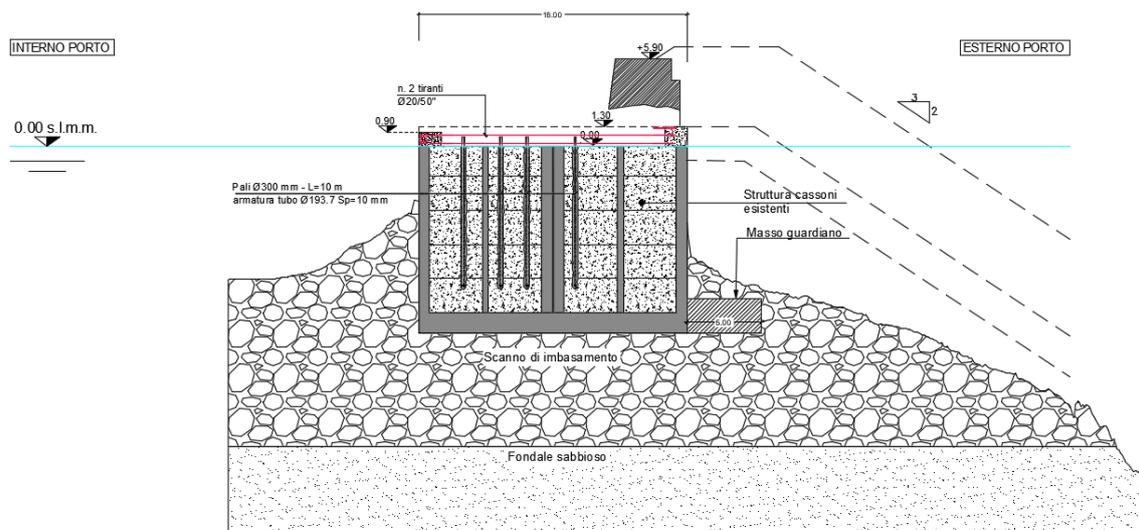
1. demolizione sovrastruttura esistente e rimozione parti instabili;



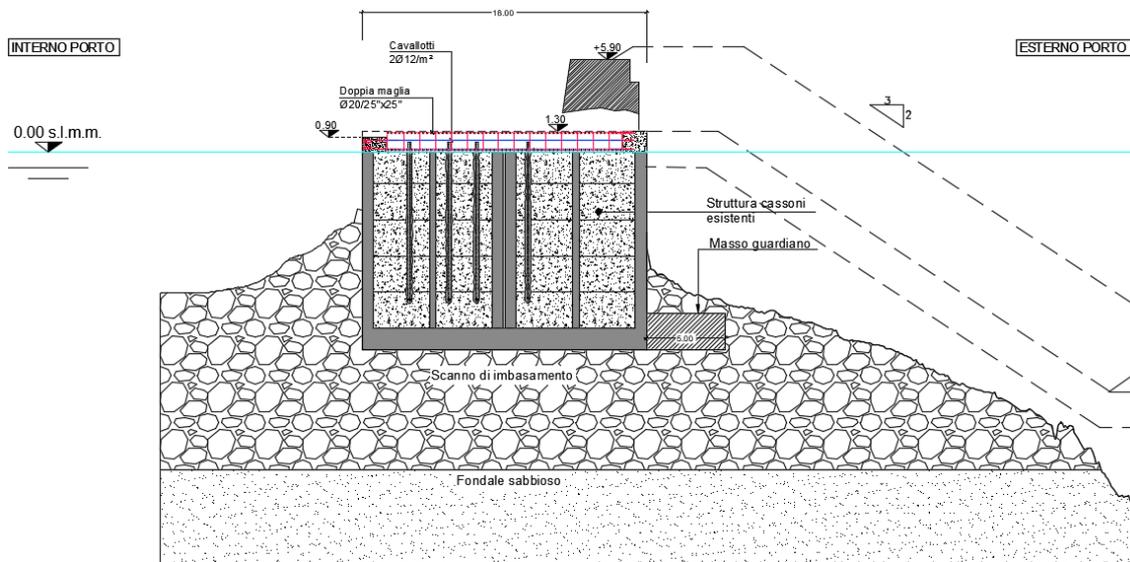
2. posa in opera massi di coronamento banchina / contenimento getto lato interno ed esterno porto, realizzazione micropali $\varnothing 300$ mm - L=10 di cucitura e solidarizzazione dei blocchi presenti nelle celle dei cassoni;



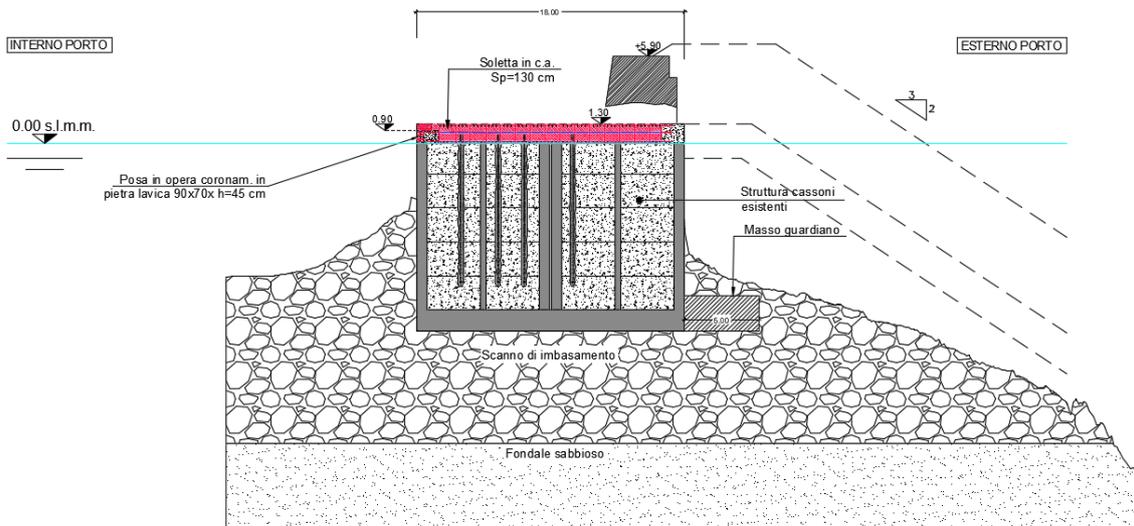
3. posa in opera tiranti in barre $\text{Ø}20/50''$ in acciaio B 450 C di collegamento tra massi di coronamento / contenimento getto



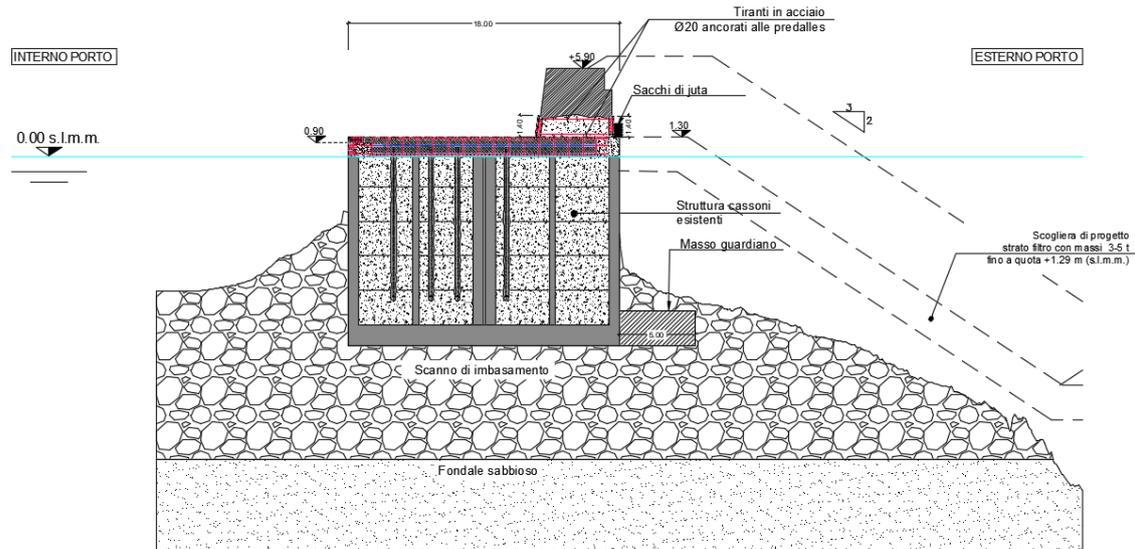
4. posa in opera armatura a doppia maglia $\text{Ø}20/25'' \times 25''$ in acciaio B 450 C superiore ed inferiore soletta in c.a.



5. getto di completamento soletta in cls classe C 35/45 - h/soletta = 130 cm, coronamento in pietra lavica e sostituzione bitte



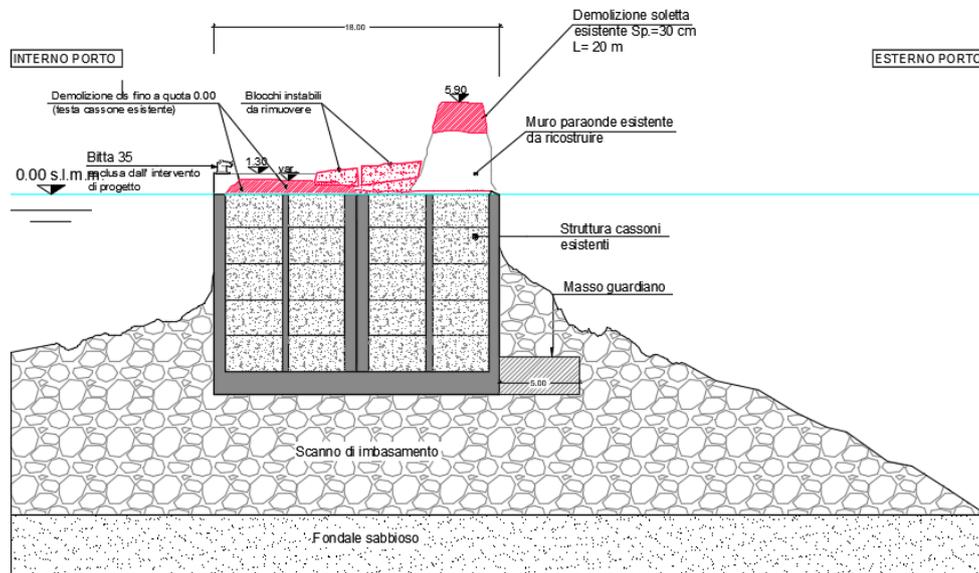
6. posa in opera casseri prefabbricati tralicciati di contenimento e getto muro paraonde in cls C 35/45 (n.4 fasi di getto)



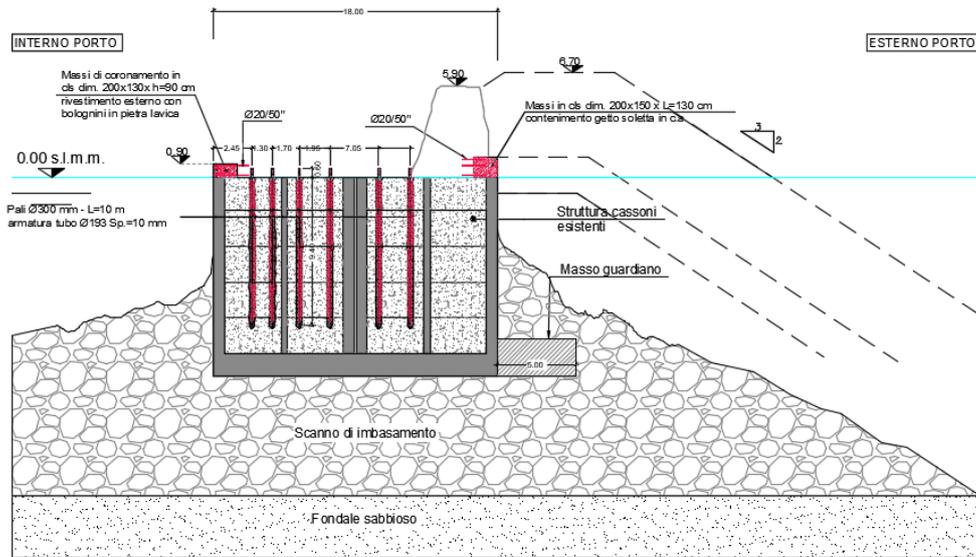
13.6.1.4 INTERVENTO TRA LE PROG. +1 644.00 E +1 682.00 M

Anche nel caso dell'intervento previsto tra le progressive +1 644.00 e +1 682.00 m il progetto ha previsto delle lavorazioni e delle fasi del tutto analoghe a quelle già illustrate nei due casi precedenti, di seguito riepilogate.

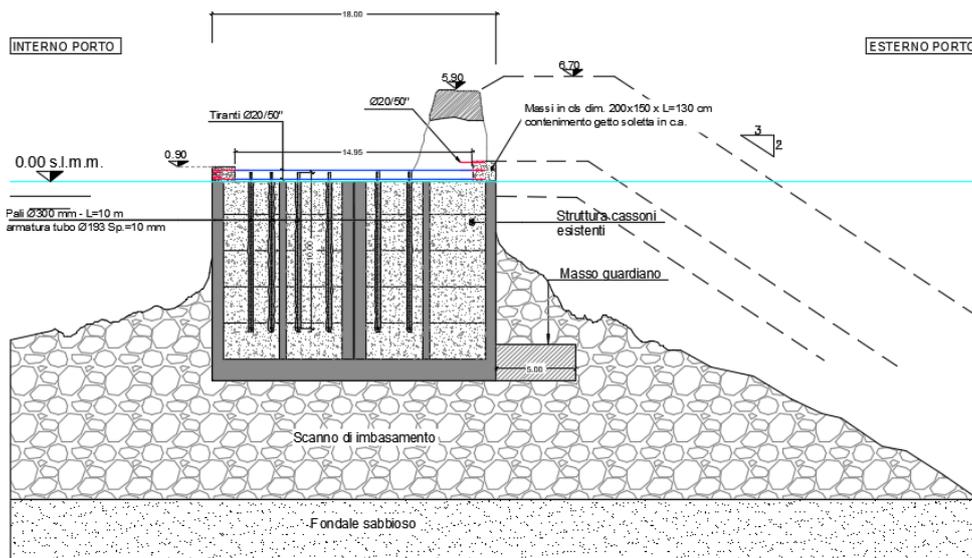
1. demolizione sovrastruttura esistente e rimozione parti instabili;



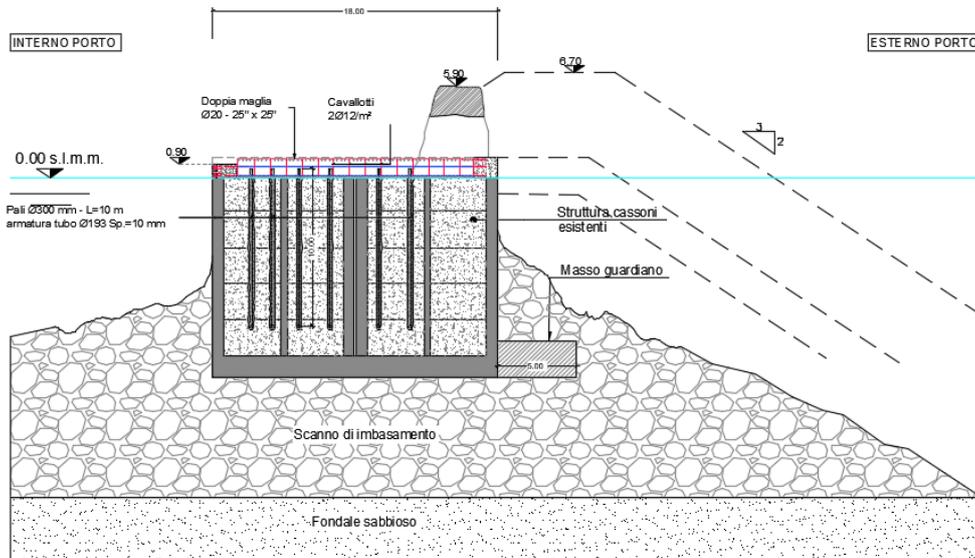
2. posa in opera massi di coronamento banchina / contenimento getto lato interno ed esterno porto, realizzazione micropali $\varnothing 300$ mm - L=10 di cucitura e solidarizzazione dei blocchi presenti nelle celle dei cassoni;



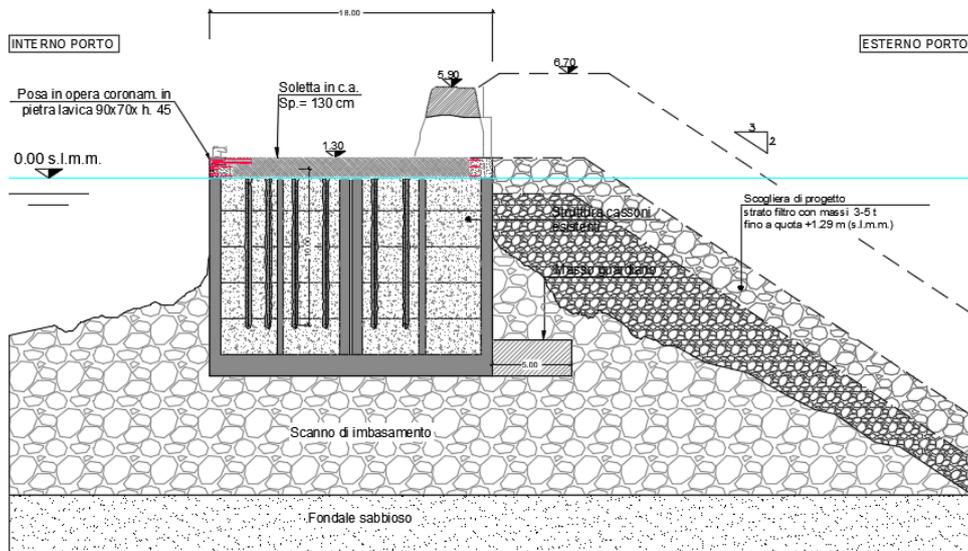
3. posa in opera tiranti in barre $\varnothing 20/50''$ in acciaio B 450 C di collegamento tra massi di coronamento / contenimento getto



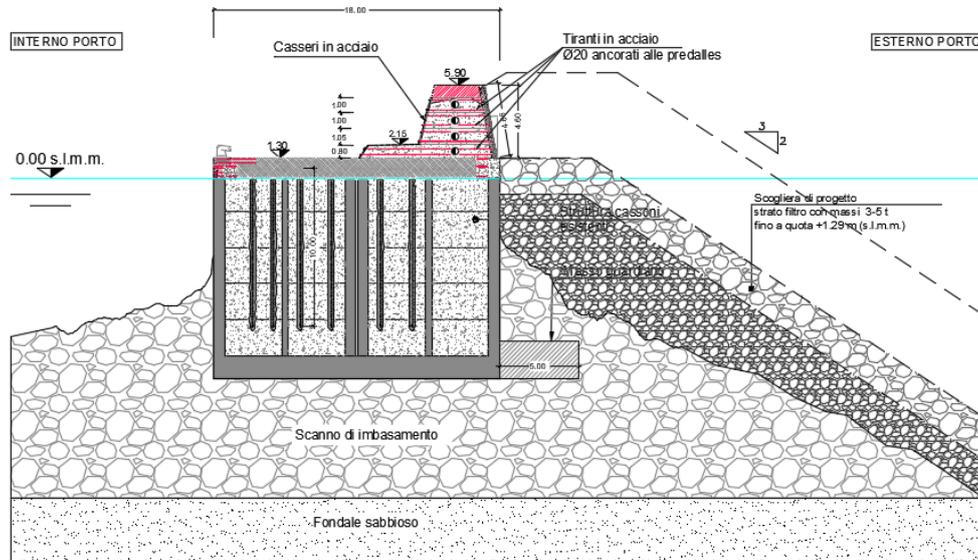
4. posa in opera armatura a doppia maglia $\varnothing 20/25'' \times 25''$ in acciaio B 450 C superiore ed inferiore soletta in c.a.



5. getto di completamento soletta in cls classe C 35/45 - h/soletta = 130 cm, coronamento in pietra lavica e sostituzione bitte



6. posa in opera casseri prefabbricati tralicciati di contenimento e getto muro paraonde in cls C 35/45 (n.4 fasi di getto)



13.6.2 Interventi diffusi di ripristino/riparazione locale delle strutture esistenti

In considerazione dello stato di ammaloramento delle strutture esistenti, il presente progetto prevede Interventi diffusi di ripristino/riparazione locale delle strutture esistenti estesi per tutti i 2,6 km della diga Duca d'Aosta e dell'antemurale Thaon de Revel.

Complessivamente, saranno realizzati n.7 interventi tipologici, di seguito elencati:

- Intervento Tipo 1: intervento di ripristino del massiccio di coronamento del muro paraonde;
- Intervento Tipo 2: intervento di ricostruzione coronamento banchina in pietra lavica (dim. 90 x 75 x h=45 cm);
- Intervento Tipo 3: intervento di ricostruzione paramento subacqueo con riempimento cavità e posa in opera paramento in pietra lavica;
- Intervento Tipo 4: intervento consolidamento muratura esistente mediante sarcitura delle lesioni, eventuale integrazione dei conci lapidei del paramento e ricostruzione cordolo superiore in cls;
- Intervento Tipo 5: Intervento demolizione e ricostruzione sovrastruttura in c.a. h=130 cm;
- Intervento Tipo 6: Intervento di demolizione e ricostruzione scale accesso banchina;
- Intervento Tipo 7: Intervento rimozione strutture in ferro e ripristino pavimentazione.

Per l'individuazione e l'ubicazione degli interventi di progetto si rimanda all'elaborato progettuale "PRG-t25 Atlante fotografico referenziato del paramento interno della diga Duca d'Aosta e dell'Antemurale Thaon de Revel", in cui gli interventi tipologici sopra descritti sono localizzati con riferimento alla posizione delle bitte esistenti. La sintesi degli interventi di riparazione locale delle strutture esistenti è riportata nelle tabelle seguenti.



RELAZIONE GENERALE

TA BELLA 2 - RIEPILOGO INTERVENTI TIPO 1

INTERVENTO 1		Intervento demolizione, consolidamento e ricostruzione sovrastruttura cassoni e muro paraonde						
BITTE		PROG		dist	descrizione intervento	Coronamento	Muro paraonde	AREE DI DANNO MAGGIORE
da n.	a n.	da (m)	a (m)	(m)	vedi progetto			
B81	B82	618.63	575.61	43.02	INTERVENTO RICOSTRUZIONE SOMMITALE MURO PARAONDE TRA PROG 575 e 615 m	pietra lavica	muratura a quota + 4,80	cedimento parte sommitale muro paraonde
B83	B84	555.72	535.60	20.12	INTERVENTO RICOSTRUZIONE SOMMITALE MURO PARAONDE TRA PROG 535 e 555 m	pietra lavica	muratura a quota + 4,80	cedimento parte sommitale muro paraonde
B87	B88	515.87	488.30	27.57	INTERVENTO RICOSTRUZIONE SOMMITALE MURO PARAONDE TRA PROG 505 e 515 m	calcestruzzo	muratura a quota + 4,50	cedimento parte sommitale muro paraonde
B100	B101	94.40	49.08		INTERVENTO RICOSTRUZIONE SOMMITALE MURO PARAONDE TRA PROG 82 e 89 m	pietra lavica	muratura a quota + 4,50	cedimento parte sommitale muro paraonde

TABELLA 3 - RIEPILOGO INTERVENTI TIPO 2

INTERVENTO 2		Ricostruzione coronamento banchina in pietra lavica dim 90 cm x70 cm x h=45 cm					
BITTE		PROG		dist	lunghezza del coronamento da integrare	Coronamento	Muro paraonde
da n.	a n.	da (m)	a (m)	(m)	(m)		
B04	B05	2 547.71	2 522.59	25.12	4.5	pietra lavica	calcestruzzo q +6,0 m
B06	B07	2 497.86	2 472.87	24.99	16	pietra lavica	calcestruzzo q +6,0 m
B15	B16	2 252.24	2 186.09	66.15	10.5	calcestruzzo	calcestruzzo q +6,0 m
B16	B17	2 186.09	2 159.53	26.56	20	pietra lavica	muratura con sovrastruttura in cls
B17	B18	2 159.53	2 132.76	26.77	15	pietra lavica	muratura con sovrastruttura in cls
B18	B19	2 132.76	2 107.59	25.17	16.5	pietra lavica	muratura con sovrastruttura in cls
B19	B20	2 107.59	2 081.78	25.81	7.5	pietra lavica	muratura con sovrastruttura in cls
B20	B21	2 081.78	2 055.54	26.24	9.5	pietra lavica	muratura con sovrastruttura in cls
B22	B23	2 029.14	2 002.99	26.15	26.5	pietra lavica	muratura con sovrastruttura in cls
B23	B24	2 002.99	1 974.54	28.45	28.5	pietra lavica	muratura con sovrastruttura in cls
B24	B25	1 974.54	1 950.83	23.71	20	pietra lavica	muratura con sovrastruttura in cls
B25	B26	1 950.83	1 905.97	44.86	20	pietra lavica	calcestruzzo q +6,0 m
B33	B34	1 723.42	1 703.80	19.62	16	pietra lavica	calcestruzzo q +6,0 m
B35	B36	1 683.72	1 643.68	40.04	40	pietra lavica	muratura
B37	B38	1 623.42	1 603.54	19.88	2	pietra lavica	muratura
B39	B40	1 583.56	1 563.48	20.08	8	pietra lavica	calcestruzzo q +6,0 m
B42	B43	1 525.30	1 496.71	28.59	30	pietra lavica	muratura e calcestruzzo - cambio quota
B101	TESTATA				10	pietra lavica	



TABELLA 4 - RIEPILOGO INTERVENTI TIPO 3

INTERVENTO 3		Intervento ricostruzione paramento subacqueo			
BITTE		PROG		dist	superf pavimentazione x h=130 cm
da n.	a n.	da (m)	a (m)	(m)	(m2)
B15	B16	2 252.24	2 186.09	66.15	40
B29	B30	1 823.55	1 783.01	40.54	20
B39	B40	1 583.56	1 563.48	20.08	8
B43	B44	1 496.71	1 479.70	17.01	20
B44	B45	1 479.70	1 456.11	23.59	20
B54	B55	1 256.06	1 236.01	20.05	30
B55	B56	1 236.01	1 212.99	23.02	30
B57	B58	1 197.11	1 176.63	20.48	20
B69	B70	875.87	855.66	20.21	20
B70	B71	855.66	835.58	20.08	20
B91	B92	403.64	375.17	28.47	30

TABELLA 5 - RIEPILOGO INTERVENTI TIPO 4

INTERVENTO 4		Consolidamento muratura e sarcitura lesioni			
BITTE		PROG		dist	superficie da consolidare
da n.	a n.	da (m)	a (m)	(m)	(m2)
B15	B16	2 252.24	2 186.09	66.15	10
B16	B17	2 186.09	2 159.53	26.56	10
B17	B18	2 159.53	2 132.76	26.77	10
B18	B19	2 132.76	2 107.59	25.17	10
B22	B23	2 029.14	2 002.99	26.15	10
B23	B24	2 002.99	1 974.54	28.45	10
B24	B25	1 974.54	1 950.83	23.71	20
B87	B88	515.87	488.30	27.57	18

TABELLA 6 - RIEPILOGO INTERVENTI TIPO 5

INTERVENTO 5		Demolizione e ricostruzione sovrastruttura in c.a. h=1,30 m			
BITTE		PROG		dist	ricostruzione sovrastruttura in c.a.
da n.	a n.	da (m)	a (m)	(m)	(m2)
B42	B43	1 525.30	1 496.71	28.59	170
B48	B49	1 399.75	1 376.03	23.72	30
B55	B56	1 236.01	1 212.99	23.02	117
B59bis	B60	1 136.05	1 095.95	40.10	380
B66	B67	955.93	934.83	21.10	230
B86	B87	524.78	515.87	8.91	6





TABELLA 7 - RIEPILOGO INTERVENTI TIPO 6

INTERVENTO 6		ricostruzione scale accesso banchina			
BITTE		PROG		dist	scale di banchina
da n.	a n.	da (m)	a (m)	(m)	
B09	B10	2 419.49	2 394.30	25.19	struttura c.a.
B15	B16	2 252.24	2 186.09	66.15	struttura c.a.
B33	B34	1 723.42	1 703.80	19.62	struttura c.a.
B42	B43	1 525.30	1 496.71	28.59	struttura c.a.
B59bis	B60	1 136.05	1 095.95	40.10	pietra lavica - 2 rampe
B67	B68	934.83	898.87	35.96	struttura c.a. - 2 rampe
B85	B86	525.57	524.78	0.79	gradonata in pietra lavica
B97	B98	243.49	181.17	62.32	pietra lavica
B98	B99	181.17	129.15	52.02	pietra lavica 2 rampe

TABELLA 8 - RIEPILOGO INTERVENTI TIPO 7

INTERVENTO 7		Rimozione strutture in carpenteria metallica			
BITTE		PROG		dist	descrizione
da n.	a n.	da (m)	a (m)	(m)	
B01	B02	2 617.12	2 597.20	19.92	1 fanale rosso
B30	B31	1 783.01	1 763.34	19.67	1 fanale
B38	B39	1 603.54	1 583.56	19.98	1 fanale
B41	B42	1 543.82	1 525.30	18.52	1 fanale
B85	B86	525.57	524.78	0.79	1 fanale

14 MONITORAGGIO GEOTECNICO DEI CEDIMENTI DEI CASSONI

Il presente progetto esecutivo prevede un monitoraggio in corso d'opera dei cedimenti dei cassoni costituenti l'infrastruttura foranea esistente.

Il monitoraggio, di natura topografica, verrà eseguito mediante realizzazione di una linea di livellazione geometrica di alta precisione, ottenuta su vertici di livellazione (**caposaldi di misura**) materializzati all'estradosso della sovrastruttura dei cassoni in cls mediante borchie a testa sferica inghisate direttamente sulla superficie estradosale del calcestruzzo. Le borchie di misura saranno posizionate sull'estradosso del muro paraonde esistente ad interasse di 20 m, per cui complessivamente si prevede il monitoraggio dei cedimenti dell'opera esistente in n. 40 Sezioni Correnti di Monitoraggio (SCM), individuate prima dell'inizio dell'opera dalla progressiva progettuale di installazione dei capisaldi.

La campagna di misura dei cedimenti verticali differenziali, indotti sul corpo della diga esistente nelle fasi di realizzazione della scogliera di protezione prevista da progetto, consiste nell'effettuare una linea di livellazione geometrica di alta precisione mediante autolivello digitale e stadie invar, ottenendo una misura della quota di uno o più caposaldi di riferimento, installati in zona sicuramente non soggetta a cedimenti, a cui vengono riferite le successive letture dei caposaldi di misura posizionati nei punti di monitoraggio. Le misure, compensate per anelli chiusi adiacenti potranno raggiungere la precisione sul dislivello verticale di 0,2 mm.

La prima campagna di misura, da eseguirsi prima dell'inizio delle attività di realizzazione della scogliera, costituirà il punto di zero del monitoraggio in corso d'opera. Le successive campagne di misura, riferite a quella di zero, forniranno indicazioni su eventuali fenomeni in atto e sull'entità dei cedimenti indotti. Ad ogni livellazione, si chiude la poligonale tornando a ribattere il punto di partenza, verificando che l'errore di chiusura di quota della poligonale, non sia superiore alla tolleranza accettabile di un decimo di millimetro.

Il risultato di ciascun rilievo e per ogni SCM verrà graficato in curve tempo cedimento e spazio cedimento e dovrà essere correlato anche alla fase di realizzazione della scogliera in corrispondenza della progressiva di riferimento, consentendo in questo modo l'interpretazione dei risultati in termini opere realizzate – cedimenti osservati.

14.1 Sezioni Correnti di Monitoraggio

Come precedentemente riportato, prima dell'inizio delle attività di realizzazione dell'opera a gettata di progetto saranno individuate n. 40 Sezioni Correnti di Monitoraggio (di seguito SCM)

Le SCM avranno un interasse pari a 20 m, in modo da consentire il monitoraggio della diga per l'intero sviluppo dell'intervento (pari a circa 800 m), e saranno individuate mediante una progressiva univocamente definita sulle planimetrie progettuali.

In corrispondenza delle SCM saranno installati vertici di livellazione costituiti da borchie a testa sferica inghisate direttamente all'estradosso del muro paraonde dei cassoni esistenti. La posizione delle borchie sarà georeferenziata in coordinate DATUM WGS 84 – FUSO 33N.



14.2 Articolazione temporale del monitoraggio geotecnico

Preliminarmente all'inizio delle attività di realizzazione dell'opera a gettata, verrà eseguita una prima campagna di misura che costituirà il punto di zero del monitoraggio in corso d'opera.

Il presente progetto esecutivo prevede in via preliminare l'esecuzione di n. 10 campagne di misura in corso d'opera. Il numero delle campagne di misura potrà tuttavia variare in funzione dei riscontri ottenuti dalle prime campagne di monitoraggio, aumentando la frequenza del monitoraggio nel caso in cui i cedimenti verticali dei cassoni in fase di esecuzione della scogliera superino i cedimenti attesi, pari a circa 7.0 cm lato mare (cfr. §9.1 dell'elaborato 1494-01-NA-DA-PE-GEO-r03 Relazione di calcolo geotecnico).

Per ogni campagna di misura dovrà essere indicato data della livellazione, quota assoluta dei caposaldi di misura per ognuna delle SCM, variazione della quota (Δ) rispetto alla campagna di misura precedente, in modo da poter graficizzare l'andamento dei cedimenti mediante una curva tempo-cedimenti per ognuna delle SCM di riferimento.

Per ogni campagna di misura dovrà essere inoltre annotato lo stato di avanzamento dell'opera a gettata, in modo da poter correlare i cedimenti dei cassoni con il grado di realizzazione della scogliera.

14.3 Registro del monitoraggio

Per ogni campagna di misura i dati derivanti dal monitoraggio topografico dovranno essere riportati in forma tabellare, riportando:

- Identificativo della SCM;
- Progressiva della SCM;
- Coordinate in WGS84 del caposaldo di misura della SCM;
- Quota assoluta dei caposaldi di misura delle campagne precedenti;
- Quota assoluta dei caposaldi di misura della campagna corrente;
- Cedimento verticale (Δ) per ogni campagna di misura riferito alla campagna di zero ed alla campagna di misura precedente.



15 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE

15.1 Obiettivi di progetto

Il progetto dell'illuminazione della diga si pone l'obiettivo di risolvere le criticità legate alla visibilità della diga foranea da parte delle navi che transitano nel Canale di Levante. Attualmente, infatti, si riscontrano difficoltà da parte delle navi che devono manovrare in ingresso e uscita dalle darsene.

Per superare tale criticità, in accordo con la capitaneria di porto, si prevede di adottare un sistema di segnalamento simile a quanto già realizzato in altri porti (Genova, Nizza).

Si vuole mettere in evidenza che l'obiettivo del progetto è quello di rendere visibile il bordo lato costa della diga, creando un corridoio luminoso che le navi possano utilizzare come riferimento per la navigazione e non quello di illuminare completamente l'opera.

Si evidenzia che sono già stati recentemente installati con separato appalto presso la Diga Foranea n.12 corpi illuminanti di tale tipologia.

15.2 Posizionamento e criteri dimensionali

L'allineamento dei pali è stato studiato in modo da evidenziare tutti i possibili ostacoli alla navigazione, seguendo il contorno dell'opera esistente. Questo ha portato ad avere 56 pali (di cui n.12 installati con separato appalto) con interasse pari a 50 metri in condizioni standard, puntualmente modificata per esigenze date dalla presenza di bitte preesistenti o di spigoli da segnalare.

In ogni caso la distanza massima tra due sorgenti luminose non supera mai i 65 metri.

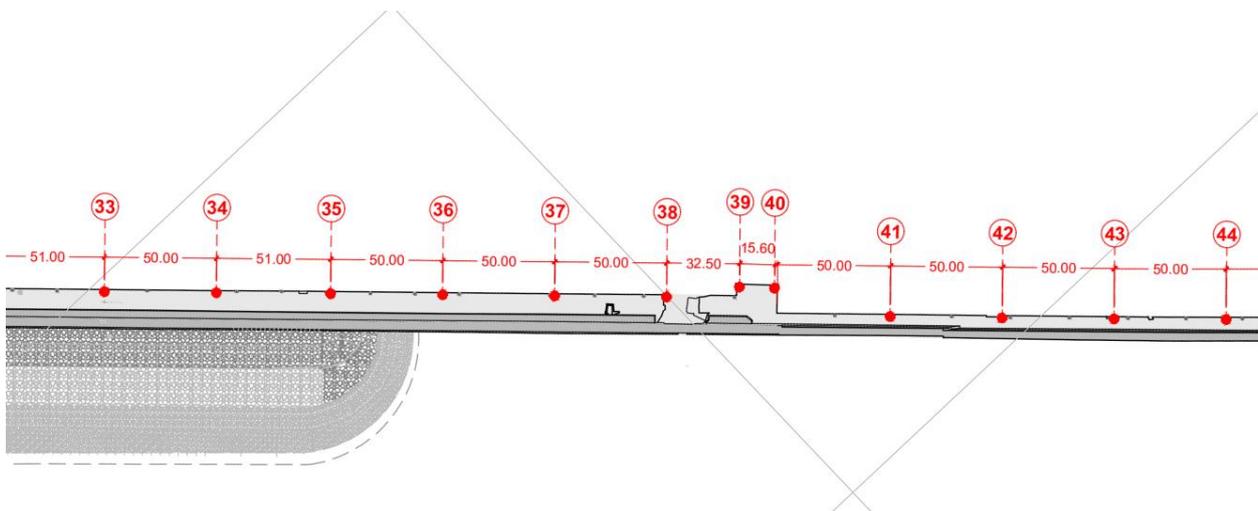


FIGURA 73 - STRALCIO PLANIMETRICO POSIZIONE PALI ILLUMINAZIONE

La scelta del sistema di illuminazione è ricaduta su kit fotovoltaici autonomi da installare sulla testa dei pali e segnapassi da installare ogni 10 m circa.

Ogni kit è composto da 4 moduli fotovoltaici con potenza totale di 150 Wp di potenza e una batteria di accumulo da 37 Ah, che forniscono energia ad una lampada LED parzializzabile con una potenza massima di 100 W.

La scelta di un sistema come quello appena esposto è dovuta a diversi fattori, primo tra tutti la possibilità di non collegare l'impianto alla rete, alimentando ogni lampada con i propri pannelli e relativa batteria, e in secondo luogo, con questa soluzione non è necessario realizzare una rete elettrica evitando, di conseguenza, lavorazioni sulla sovrastruttura esistente.

Inoltre non è necessario nessun quadro elettrico e nessun impianto di terra o equipotenziale, in quanto il sistema lavora in completa autonomia dalla rete elettrica, in bassissima tensione di 12V e direttamente in DC senza necessità di trasformatori.

Lavorando in bassissima tensione, anche le operazioni di manutenzione verranno semplificate, senza necessità di sezionare parti del circuito di alimentazione.

Il dimensionamento del corpo illuminante, in mancanza di normative in merito, è stato effettuato analizzando quanto già eseguito su progetti simili e fissando la distanza di avvistamento a 300m (si è imposta tutta la larghezza del canale a favore di sicurezza).

Il wattaggio di esercizio della lampada, impostato a 27 W, è stato tarato cercando il giusto equilibrio tra durata della batteria di accumulo e potenza luminosa.

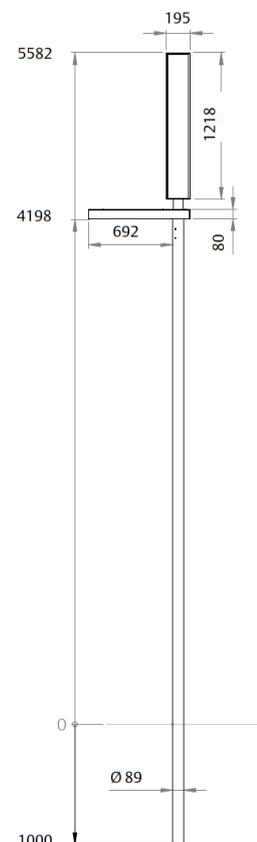
Considerando un funzionamento dell'impianto pari a 10 ore consecutive ed ipotizzando un funzionamento in completa assenza di sole, con questi valori si è quindi assicurata una durata dell'illuminazione pari a 3,5 giorni (35 ore).

Ogni pannello fotovoltaico dovrà essere orientato verso SUD in modo da massimizzare l'esposizione al sole e tutti i kit dovranno essere dotati di centralina di controllo per la gestione dell'accensione e del dimming.

In questo modo, in fase di esercizio sarà possibile ottimizzare l'impianto, sia regolando il sensore crepuscolare, sia tarando il parzializzatore della lampada.



FIGURA 77 - KIT FOTOVOLTAICO



16 GESTIONE E BILANCIO DELLE MATERIE

Le materie che verranno impiegate per la realizzazione dell'opera in progetto fanno riferimento principalmente alle seguenti categorie:

- *Inerti naturali di matrice lapidea:*
 - o pietre naturali e da taglio;
 - o massi per scogliera;
 - o inerti naturali per realizzazione attività di vibrosostituzione
- *Inerti naturali di matrice detritica:*
 - o sabbia da impiegare nelle malte e nei calcestruzzi;
 - o ghiaie e pietrischi da impiegare nei conglomerati cementizi e per formazione di massicciate;
- *Altri materiali:*
 - o cemento;
 - o tout venant (misto di cava);
 - o acqua per i conglomerati cementizi armati e per calcestruzzi.

Le lavorazioni previste per la realizzazione del rafforzamento dell'esistente diga foranea Duca d'Aosta sono tali da non determinare significativi quantitativi di materiali assimilabili a rifiuti da dover conferire in discarica.

L'opera in progetto, infatti, le cui fasi realizzative sono descritte in dettaglio nei paragrafi precedenti, non prevede attività di dragaggio o scavi.

La modesta porzione di materiale scapolo che costituisce l'imbasamento della diga esistente e che risulta interferente con la sagoma dell'opera a gettata di progetto sarà salpata e trasferita in apposite vasche allestite nelle aree di cantiere per essere caratterizzato e successivamente, trattandosi di materiale inerte, trasportato in impianti di recupero.

Analogamente le demolizioni, ad opere ultimate, delle strutture provvisorie in calcestruzzo realizzate per l'allestimento del cantiere (basamenti in cls, rampe, piste per la formazione di tetrapodi etc., verde selvatico, muri in cls interferenti con la viabilità di cantiere) saranno demolite, frantumate e , dopo la caratterizzazione ex Dlgs 152/06, saranno trasportate in impianti di recupero.

I volumi dei materiali necessari alla realizzazione delle opere in progetto, per i quali è necessario l'approvvigionamento, sono indicati nella tabella seguente suddivisi in base alla tipologia (materiali lapidei, calcestruzzi o materiali per la protezione dei fondali). In una tabella a parte sono indicati invece i volumi riutilizzati per le attività di salpamento.

Complessivamente il materiale occorrente per la realizzazione del progetto in esame ammonta a circa 731 000 t di materiali lapidei e 112 000 m³ calcestruzzi.

Nella tabella che segue si riportano, in cifre arrotondate, le quantità di forniture che caratterizzano l'esecuzione delle opere di progetto

DESCRIZIONE MACRO QUANTITA'	u.m.	I stralcio 26,1mesi
MATERIALE ARIDO		
massi calcarei di I e II categoria	t	595 521,04
materiale arido minuto - pietrame scapoli e ghiaia	t	135 535,89
CALCESTRUZZI		
calcetsruzzo per tetrapodi da 16 m3	m3	87 748,00
calcetsruzzo per tetrapodi da 4 m3	m3	14 740,00
calcestruzzo per impianto di cantiere	m3	3 180,00
calcestruzzo per interventi ricostruzione sovrastruttura	m3	5 959,00
SUBTOTALE CLS		111 627,00
VALORI DERIVATI DEI CONSUMI PER CONFEZIONAMENTO DEL CALCESRUZZO		
DESCRIZIONE MACRO QUANTITA'	u.m.	I stralcio 26,10
inerti per calcestruzzi	m3	89 301,60
sabbie per calcestruzzi	m3	44 650,80
cemento sfuso	q.li	390 694,50
acqua per impasto	mc	55 813,50

Nella tabella che segue si riportano inoltre le quantità di materiali di risulta provenienti dalla attività di salpamento e demolizione che andranno caratterizzati e conferiti a discarica.



MATERIALI PROVENIENTI DA SALPAMENTI, DEMOLIZIONI E SCOTICO		
DESCRIZIONE MACROQUANTITA'	u.m.	QUANTITA'
SALPAMENTI LOCALIZZATI DI MATERIALE SCAPOLO SCANNO IMBASAMENTO ESISTENTE	m ³	6 426,00
Subot materiale arido scapolare a mare	m³	6 426,00
DEMOLIZIONI DI CLS PER INTERVENTI DI RIPRISTINO DIGA	m ³	1 292,00
DEMOLIZIONI DI CLS - PISTE PRODUZIONE TETRAPODI AD ULTIMAZIONE LAVORI	m ³	44,16
DEMOLIZIONE MURO E RAMPE IN CLS INTERFERENTI CON LA VIABILITA' DI CANTIERE	m ³	329,00
Subtot materiale cementizio	m³	1 665,16
SCOTICO ED ESTIRPAZIONE VERDE SELVATICO AREE INCOLTE ALL'INTERNO DELL'AREA DI CANTIERE	m ³	3 026,00
Subtot verde selvatico	m³	3 026,00

Sono stati attribuiti alle quantità indicate i seguenti codici CER:

MATERIALI PROVENIENTI DA SALPAMENTI, DEMOLIZIONI E SCOTICO - CODICE CER PRESUNTO				
PROVENIENZA	u.m.	QUANTITA'	CODICE CER	DESCRIZIONE
SALPAMENTI LOCALIZZATI DI MATERIALE SCAPOLO SCANNO IMBASAMENTO ESISTENTE	m ³	6 426,00	17 05 04	Terre e rocce da scavo a mare
DEMOLIZIONI OPERE IN CLS	m ³	1 665,16	17 01 01	Cls armato
CO VEGETAZIONE SPONTANEA	m ³	3 026,00	20 02 01	vegetazione

16.1 Censimento cave e discariche

Per la realizzazione delle opere in oggetto saranno necessari materiali lapidei di natura calcarea che potranno essere prelevati dai siti censiti nel Piano delle Attività Estrattive della Regione Campania (P.R.A.E.)¹

L'impresa appaltatrice ha effettuato una preliminare indagine di mercato per la definizione dei fornitori che possano fornire i materiali lapidei rispondenti sia ai requisiti di qualità che alle scadenze di fornitura necessarie per il rispetto del programma dei lavori.

¹ Il PRAE è stato approvato nel 2006 come indicato nell'ordinanza n.11 del 7 giugno 2006, pubblicata sul B.U.R.C. (Bollettino Ufficiale Regione Campania) n. 27 del 19 giugno 2006



L'elenco delle cave individuate è di seguito riportato:

- Maiellaro srl con Stabilimento in Via S.P. di Nola – loc. Signorina di Polvica - 80030 – Roccarainola (NA) dotato di Decreto Autorizzativo n.84 del 08/04/2022;
- Prima Cava srl con stabilimento in Via Oglio, 4, 81027 San Felice a Cancellio CE – dotato di Decreto Autorizzativo n. 36 del 16/02/2022

Fermo restando che similmente alle cave anche per la discarica sarà cura dell'Impresa Appaltatrice eseguire un indagine di mercato per la definizione del sito di conferimento.

In questa fase si riporta di seguito una serie di discariche presenti sul territorio ed autorizzate che possono essere utilizzate per conferire i quantitativi modesti indicati nella tabella sovrastante.

In particolare, in Provincia di Napoli esistono:

- 40 impianti presso cui conferire rifiuti con codice 170504: TERRA E ROCCE, DIVERSE DA QUELLE DI CUI ALLA VOCE 17 05 03
(https://www.cittametropolitana.na.it/opr/guida_conferimento_rifiuti?p_p_id=quale_rifuto_devi_conferire_WAR_ProvinciaVicinaOprportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normale&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&quale_rifiuto_devi_conferire_WAR_ProvinciaVicinaOprportlet_jspPage=%2Fjsp%2Fquale_rifiuto_devi_conferire.jsp)
- 59 impianti presso cui conferire rifiuti con codice CER 170101: CEMENTO
(https://www.cittametropolitana.na.it/opr/guida_conferimento_rifiuti?p_p_id=quale_rifuto_devi_conferire_WAR_ProvinciaVicinaOprportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normale&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&quale_rifiuto_devi_conferire_WAR_ProvinciaVicinaOprportlet_jspPage=%2Fjsp%2Fquale_rifiuto_devi_conferire.jsp)
- 12 impianti presso cui conferire rifiuti con codice CER 200201 RIFIUTI BIODEGRADABILI
(https://www.cittametropolitana.na.it/opr/guida_conferimento_rifiuti?p_p_id=quale_rifuto_devi_conferire_WAR_ProvinciaVicinaOprportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normale&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&quale_rifiuto_devi_conferire_WAR_ProvinciaVicinaOprportlet_jspPage=%2Fjsp%2Fquale_rifiuto_devi_conferire.jsp)

17 CANTIERIZZAZIONE E FASI ESECUTIVE

Il presente progetto esecutivo non prevede variazioni delle attività di cantierizzazione e del Piano di Sicurezza e Coordinamento rispetto a quanto previsto dal progetto definitivo posto a base di appalto a meno della integrazione delle migliorie offerte in sede di gara di seguito riportate:

- L'appaltatore allestirà nell'area di cantiere un impianto di betonaggio, con capacità di 1000 mc/die, dotato di silos di stoccaggio del cemento in grado di garantire la produzione per 4 giorni continuativi. Tale scelta produce il vantaggio che non sarà necessario ricorrere a impianti esterni che comporterebbero, prescindendo dalle altre difficoltà operative legate ai tempi di percorrenza per l'accesso al cantiere dovuto al traffico veicolare negli orari di punta, l'impegno della viabilità urbana con almeno 80 autobetoniere al giorno;
- L'approvvigionamento del cemento sfuso, delle sabbie e degli inerti per alimentare gli impianti di betonaggio da 1000 m³/die verrà garantito, via terra (quindi senza interferenza sul canale di accesso) in orari ove il traffico urbano è notevolmente ridotto e, inoltre, non si registra alcuna interferenza con i traffici portuali. Tale condizione è attuabile anche perché le aree logistiche di cantiere sono esterne al recinto doganale.
- Gli interventi di progetto prevedono la fornitura di circa 645 mila ton di scogli calcarei di I, II e III categoria e di tout venant oltre alla ghiaia necessaria per l'esecuzione delle colonne vibroflottate. Anche per tali forniture, al fine di ridurre gli impatti sui traffici portuali e sulla viabilità urbana, gli approvvigionamenti verranno garantiti via terra (quindi senza interferenza sul canale di accesso) in orari ove il traffico urbano è notevolmente ridotto e nei giorni feriali. Per garantire la fluidità delle pesature degli scogli il concorrente impegnerà a predisporre una batteria di n. 2 pese a bilico, in grado di poter rilevare in continuo le pesature (lordo e tara) dei singoli autocarri, senza imprimere rallentamenti connessi alla logistica ed ai controlli.
- Il concorrente utilizzerà mezzi d'opera aventi capacità di carico (portata in coperta) superiori a quelli previsti nel progetto definitivo ed in particolare:
 - per il carico e trasbordo di scogli di I-II e III cat si prevede l'utilizzo del Pontone GOLIA con rimorchiatore Beli Kamic (Disp. Slimar) e della M/N NICOLA Z. (Disp. Slimar) aventi capacità di carico rispettivamente pari a 2'500 e 900 t. Ne consegue che il numero di transiti si riduce proporzionalmente alla capacità di carico in quanto un solo mezzo marittimo è in grado di poter garantire con uno solo attraversamento del canale la produzione che un pontone da 600 ton in coperta farebbe percorrendo mediamente il canale 5 volte in ingresso ed in uscita. Ne consegue che per ogni mezzo marittimo, a fronte di 10 attraversamenti previsti dal progetto definitivo si avrebbero solo 2 attraversamenti con l'utilizzo dei mezzi previsti dal concorrente, con una notevolissima riduzione degli impatti sul traffico marittimo, tenuto conto che le attività di carico e posa in opera dovranno necessariamente essere eseguite in orario diurno.
 - per la posa dei tetrapodi si prevede l'impiego della M/P FERNANDO con Escavatore LIEBHERR HS 895 HD da 200 t (Disp. Slimar) avente capacità di carico in coperta di 1.038 t, superiore alle previsioni del progetto definitivo e quindi con notevole riduzione dei traffici
- L'appaltatore dispone di un imponente parco macchine di nuova generazione (4.0) composto da escavatori a fune cingolati, gru telescopiche cingolate e gommate, fork lift, vibroinfessori, aghi vibranti per la vibrosostituzione a mare ed a terra, trivelle di grandi, medie e piccole dimensioni, pale meccaniche, escavatori, autobetoniere, attrezzature per jet grouting, autocarri, frantoi, impianto di soil washing mobile per il trattamento dei fanghi di dragaggio e/o delle terre e rocce da scavo, impianto mobile di trattamento delle acque etc. nonché di una flotta marittima in numero sovrabbondante rispetto alle previsioni di impiego previste dal progetto definitivo e con



caratteristiche tecniche e capacità di carico superiore. Tutti i mezzi d'opera stradali utilizzati rispettano la classe di compatibilità ambientale Euro 6, mentre i mezzi d'opera non stradali (NRMM) rispettano prevalentemente lo standard europeo TIER 5 (corrispondente all'americano Stage V) e sono dotati di un sistema di trasmissione dati e di localizzazione delle macchine, basato su protocolli TCP/IP e HTTP, tramite rete cellulare, che consente la pianificazione dell'impiego (anche tramite upload dei piani di produzione dalle più comuni piattaforme CAD), il caricamento da remoto delle istruzioni necessarie all'accesso agli stessi beni e il monitoraggio a distanza dei parametri di funzionamento e di produzione. Tutti i dati rilevanti sono accessibili tramite tablet e smartphone, con facoltà di settaggio di notifiche push sui dispositivi mobili associati (iOS o Android), per la segnalazione immediata di anomalie e di errori, garantendo la possibilità di procedere alla correzione immediata di errori di funzionamento e di produzione, con sfruttamento teorico del 100% della capacità produttiva.

Da un punto di vista degli standard ambientali, le parti meccaniche sono progettate per rispettare i più elevati e recenti standard in termini di riduzione delle emissioni nocive, garantendo la salubrità dell'ambiente lavorativo alla manodopera impiegata nelle attività di cantiere.

Relativamente alla acustica tutti i principali mezzi in proprietà/disponibilità al concorrente sono conformi alla Direttiva Europea 2000/14/CE concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto.

- La revisione del piano di monitoraggio ambientale inoltre prevede l'esecuzione delle seguenti misure di mitigazione da prevedere per l'intera durata dei lavori in appalto:
 - bagnatura periodica della superficie di cantiere (almeno 2 volte al giorno d'estate, una volta al giorno d'inverno);
 - opportuna copertura dei mezzi adibiti al trasporto dei materiali lapidei;
 - velocità ridotta dei mezzi all'interno del cantiere;
 - lavaggio giornaliero dei mezzi e pulizia ad umido degli pneumatici degli autoveicoli in uscita dal cantiere;
 - Selezione di macchine ed attrezzature omologate in conformità alle direttive della Comunità Europea e ai successivi recepimenti nazionali.
 - Impiego di macchine movimento terra ed operatrici gommate piuttosto che cingolate.
 - Installazione, in particolare sulle macchine di elevata potenza, di silenziatori sugli scarichi.
 - Utilizzo di impianti fissi schermati.
 - Utilizzo di gruppi elettrogeni e compressori di recente fabbricazione insonorizzati.
 - Manutenzione generale dei mezzi e dei macchinari mediante lubrificazione delle parti, serraggio delle giunzioni, sostituzione dei pezzi usurati, bilanciatura delle parti rotanti, controllo delle guarnizioni delle parti metalliche, ecc.
 - Svolgimento di manutenzione alle sedi stradali interne alle aree di cantiere e sulle piste esterne, mantenendo la superficie stradale livellata per evitare la formazione di buche.
 - Orientamento degli impianti che hanno un'emissione direzionale in posizione di minima interferenza (ad esempio i ventilatori).
 - Localizzazione degli impianti fissi più rumorosi alla massima distanza dai ricettori critici o dalle aree più densamente abitate.
 - Utilizzazione di basamenti antivibranti per limitare la trasmissione di vibrazioni al piano di calpestio.
 - Limitazione allo stretto necessario delle attività nelle prime/ultime ore del periodo diurno (6:00 8:00 e 20:00 22:00).
 - Divieto di uso scorretto degli avvisatori acustici, sostituendoli quando possibile con avvisatori luminosi.
 - Intensificazione delle stazioni di monitoraggio, da numero 1 a numero 3 per la componente



“sedimento”;

- In merito alla misura di mitigazione utile a minimizzare l'impatto sull'ambiente e sulle biocenosi circostanti saranno disponibili in cantiere un numero sufficienti di panne che saranno prontamente messe in funzione qualora dalla stazione fissa siano emersi superamenti dei valori soglia per numero 6 ore consecutive. Le panne anti-torbidità saranno messe in opera nelle 24 ore dall'ultima registrazione.

Ai sensi dell'art. 17, comma 1 lettera del Dlgs 81/01 l'impresa esecutrice elaborerà il POS i cui contenuti dovranno essere conformi all'allegato XV.

Eventuali modifiche del layout di cantiere dovranno essere riportate nella relazione di cantierizzazione che dovrà essere sottoposta prima della consegna dei lavori alla verifica e all'approvazione del Coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione.

Quest'ultimo ove ritenesse accoglibile le proposte di modifica del layout di cantierizzazione provvederà ad aggiornare il Piano di Sicurezza e Coordinamento redatto in fase di progettazione.

18 CENSIMENTO E PROGETTO DI RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE

L'intervento di Rafforzamento della Diga Duca D'Aosta non presenta interferenze sia di tipo strutturale che di tipo impiantistico nei riguardi dell'opera esistente.

In particolare, a seguito di un censimento operato da:

- Informativa AdSP
- Rete GIS
- Banche dati specialistiche (es. Navionics)

e della campagna di indagini batimetriche del maggio 2019 e del febbraio 2024 non sono state rilevate ulteriori interferenze con reti e servizi esistenti sia aeree che subacquee.

Dal punto di vista impiantistico, il presente progetto non presenta impianti e/o collegamenti con le reti servizi esistenti.

Le interferenze che si sono rilevate sono da un punto di vista di aspetti sulla sicurezza fra il cantiere a mare del Lotto A *“Prolungamento a levante della diga a cassoni cellulari”* con il cantiere a mare del Lotto B ed in termini di viabilità all'interno dell'area portuale dei mezzi marittimi in entrata ed in uscita dall'imboccatura levante del Porto sono state risolte in fase di elaborazione del PSC parte del progetto base appalto e non in capo agli scriventi.

Analogo discorso per le interferenze connesse all'uso promiscuo della viabilità di cantiere all'interno delle aree ubicate presso la Darsena di Levante.

19 COSTO E DURATA DELLE OPERE

L'importo lordo delle opere, in conformità a quanto previsto dal progetto definitivo e dal contratto d'appalto ammonta ad **Euro 80.233.760,25** per di cui Euro 78.203.166,76 per lavori (Euro 5.525.383,39 per lavori a misura ed Euro 72.677.783,37 per lavori a corpo), Euro 2.030.593,49 per oneri della sicurezza non soggetti a ribasso.

L'importo complessivo per l'esecuzione del piano di monitoraggio, in variazione rispetto a quanto definito in fase di progettazione definitiva a seguito delle prescrizioni rese dall'ARPAC e dal Ministero dell'Ambiente



è stimato in Euro 1.259.934,51 di cui Euro 1.054.485,80 per l'esecuzione del monitoraggio ante e in corso d'opera ed Euro 205.448,71 per l'esecuzione del monitoraggio post operam.

I tempi previsti per l'esecuzione dell'opera, al netto del monitoraggio ambientale, sono pari a 783 giorni naturali e consecutivi al netto del ribasso temporale del 10% offerto dall'Appaltatore in fase di gara.

I prezzi unitari utilizzati sono i medesimi previsti dal progetto definitivo ed allegati al Contratto di Appalto e sono stati desunti da:

- Prezzario Regionale dei Lavori Pubblici anno 2023 della Regione Campania approvato con Delibera di G.R. n. 50 del 08.02.2023 pubblicata sul BURC n. 13 del 13/02/2023;
- n. 19 nuovi prezzi di cui sono riportate in allegato al presente progetto le analisi prezzo (previste dal progetto definitivo e allegate al contratto d'appalto).

I costi della manodopera utilizzati per l'elaborazione delle analisi prezzo sono desunti dalle analisi di cui Tariffario Regione Campania anno 2023.

I costi elementari dei mezzi ed attrezzature sono desunti dalla Tabella Prezzi Novembre-Dicembre 2020- 1° Gennaio 2021 del Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche per la Campania, Molise, Puglia e Basilicata del 13/07/2021 e da prezzi di mercato.

Analogo discorso per i prezzi unitari utilizzati per l'aggiornamento del computo metrico relativo al Piano di monitoraggio Ambientale. Per riscontrare le prescrizioni del MASE e del Ministero dell'ambiente sono stati integrati n.2 nuovi prezzi denominati PMA.01 e PMA.02 le cui analisi sono riportate nell'elaborato ECO-r09 parte del presente progetto esecutivo

20 CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI

Il cronoprogramma dei lavori al netto del ribasso temporale offerto dall'Appaltatore in fase di gara (10%) prevede un tempo di 783 giorni naturali e consecutivi per l'esecuzione dei lavori al netto dei tempi previsti per l'esecuzione del monitoraggio ambientale ante operam (30 gg).

Successivamente all'ultimazione dei lavori è previsto un monitoraggio ambientale post operam della durata di 12 mesi anni non in carico al Consorzio Appaltatore.

Il cronoprogramma, nella stima dei tempi di esecuzione delle opere, tiene conto di eventuali interferenze meteomarine e di gestione dello specchio acqueo prospiciente l'area di cantiere con il traffico portuale.

Il cronoprogramma dei lavori è dettagliato nell'elaborato ECO-r06-0 parte del presente progetto esecutivo.