

D.P.C.M. 15.10.2015

Interventi per la bonifica ambientale e rigenerazione urbana dell'area di Bagnoli - Coroglio.

APPALTO MISTO DI SERVIZI DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA PER LA PROGETTAZIONE DEFINITIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE PER APPALTO INTEGRATO, COMPRENSIVO DI SERVIZI DI INDAGINI E DI LAVORI DI TEST DI DIMOSTRAZIONE TECNOLOGICA, OLTRE AI SERVIZI DI DIREZIONE DEI LAVORI E DI COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE, AFFERENTE ALL'INTERVENTO DENOMINATO "RIMOZIONE COLMATA, BONIFICA DEGLI ARENILI EMERSI "NORD" E "SUD" E RISANAMENTO E GESTIONE DEI SEDIMENTI MARINI COMPRESI NELL'AREA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE DI BAGNOLI-COROGLIO" (NA)"
CIG: 87792756EA - CUP: C65E19000350001 - CUP: C65E19000390001



Presidenza del Consiglio dei Ministri
IL COMMISSARIO STRAORDINARIO DEL GOVERNO
PER LA BONIFICA AMBIENTALE E RIGENERAZIONE URBANA
DELL'AREA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE
BAGNOLI - COROGLIO



STAZIONE APPALTANTE



Funzione Servizi di Ingegneria

Direzione Area Tecnica
Ambiente:
Ing. Edoardo Robortella Stacul

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. Lorenzo MORRA

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO

_PROGER S.p.A. (mandataria)
_AMBIENTE S.p.A.
_RINA CONSULTING S.p.A.
_ARCADIS ITALIA S.r.l.

_FINALCA INGEGNERIA S.r.l.
_3BA S.r.l.
_DHI SRL A SOCIO UNICO
_ASPS Servizi Archeologici s.n.c.

Coordinatore della Progettazione e Responsabile della Integrazione delle Relazioni Specialistiche PMI
_Ing. M. Balzarini (RINA)

Responsabile Paesaggio, Ambiente, Naturalizzazione, Agroalimentare, Zootecnica, Ruralità, Foreste (CAT.P.03)
_Ing. L. Rossi (ARCADIS)

Responsabile Paesaggio, Ambiente, Naturalizzazione, Agroalimentare, Zootecnica, Ruralità, Foreste (CAT.P.01)
_Ing. E. Scanferla (PROGER)

Responsabile Strutture (CAT. S.03)

_Ing. A. Tomarchio (RINA)

Archeologo

_Dott. F. Tiboni (ASPS)

Responsabile Paesaggistica

_Ing. F. Tamburini (AMBIENTE)

Responsabile Aspetti Naturalistici e S.I.A.

_Ing. L. Bertolé (ARCADIS)

Responsabile della Modellazione Numerica

_Ing. A. Pedroncini (DHI)

Responsabile Impianti (CAT. IB.06)

_Ing. G. Morlando (FINALCA)

Responsabile Acustica

_Ing. C. Di Michele (PROGER)

Responsabile Geologia

_Geol. M. Sandrucci (PROGER)

Coor. Sicurezza in fase di Progettazione

_Ing. N. Sciarra (PROGER)

BIM MANAGER

_Geom. G. Pietrolungo (PROGER)

Responsabile Rilievi

_Geol. L. Bignotti (AMBIENTE)

Responsabile Indagini

_Geol. M. Mannocci (AMBIENTE)

Resp. Test dimostrazione Tecno.

-Rimozione Sedimenti

_Geol. R. Costa (ARCADIS)

Resp. Test dimostrazione Tecno.

-Capping

_Geol. P. Mauri (AMBIENTE)

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

ELABORATO	DATA	NOME	FIRMA
REDAITTO	08/2023	Ing. S. Biemmi (ARCADIS)	
VERIFICATO	08/2023	Ing. L. Rossi (ARCADIS)	<i>Lorenzo Rossi</i>
APPROVATO	08/2023	Ing. Edoardo Robortella Stacul	
DATA	08/2023		
REVISIONE	DATA	AGGIORNAMENTI	SCALA
Rev. 0	20/07/2023	PRIMA EMISSIONE	-
Rev. 1	07/08/2023	REVISIONE 1	CODICE FILE
Rev. 2	-		2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01



CIG: 87792756EA - CUP: C65E19000350001 - Rimozione Colmata e Bonifica Arenili - CUP: C65E19000390001 - Progettazione e Risanamento Sedimenti Marini

INVITALIA

APPALTO MISTO DI SERVIZI DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA PER LA PROGETTAZIONE DEFINITIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE PER APPALTO INTEGRATO, COMPRESIVO DI SERVIZI DI INDAGINI E DI LAVORI DI TEST DI DIMOSTRAZIONE TECNOLOGICA, OLTRE AI SERVIZI DI DIREZIONE DEI LAVORI E DI COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE, AFFERENTE ALL'INTERVENTO DENOMINATO "RIMOZIONE COLMATA, BONIFICA DEGLI ARENILI EMERSI "NORD" E "SUD" E RISANAMENTO E GESTIONE DEI SEDIMENTI MARINI COMPRESI NELL'AREA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE DI BAGNOLI-COROGGIO (NA)".

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Rev.	Descrizione	Preparato	Controllato	Approvato	Data
0	Prima Emissione	Ing. S. Biemmi (ARCADIS)	Ing. L. Rossi (ARCADIS)	Ing. E. Robortella Stacul	20/07/2023
1	Revisione 1	Ing. S. Biemmi (ARCADIS)	Ing. L. Rossi (ARCADIS)	Ing. E. Robortella Stacul	07/08/2023

All rights, including translation, reserved. No part of this document may be disclosed to any third party, for purposes other than the original, without written consent of RINA Consulting S.p.A.



RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

INDICE

	Pagina
INDICE DELLE TABELLE	4
INDICE DELLE FIGURE	4
ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	6
1 PREMESSA	7
1.1 PROCEDIMENTI AMMINISTRATIVI	8
1.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	9
1.2.1 Documentazione tecnico amministrativa	9
1.2.2 Riferimenti normativi e tecnici	9
1.2.3 Riferimenti bibliografici	10
1.3 OBIETTIVI DELL'INTERVENTO	10
1.3.1 Sintesi progettazione della nuova linea di riva	11
2 INQUADRAMENTO DELLE AREE DI INTERVENTO	14
2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO	17
2.1.1 Inquadramento geografico	17
2.1.2 Inquadramento geomorfologico	18
2.1.3 Inquadramento geologico	19
2.1.4 Inquadramento idrogeologico	20
2.2 INDAGINI PREGRESSE	22
2.2.1 Sondaggi esplorativi anno 1997	22
2.2.2 Sondaggi di caratterizzazione: fase 1 anno 1999	22
2.2.3 Sondaggi di caratterizzazione: fase 2 anno 2000	22
2.2.4 Sondaggi PdC anno 2017	22
2.2.5 Sondaggi Appalto Specifico n.2 anno 2018	23
2.2.6 Sondaggi Appalto Specifico n.18 anno 2021	23
3 MODELLO CONCETTUALE	24
3.1 CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI PRESENTI IN COLMATA AI SENSI DELLA NORMATIVA VIGENTE	24
3.2 RICOSTRUZIONE TRIDIMENSIONALE DELLE VOLUMETRIE IN AREA COLMATA	26
3.3 RAZIONALIZZAZIONE DEI DATI AI FINI DELLE ATTIVITÀ DI SCAVO	27
3.3.1 Razionalizzazione della superficie di interfaccia colmata-sedimenti naturali sottostanti e definizione delle quote e spessori di scavo	27
3.3.2 Razionalizzazione della superficie piezometrica e definizione degli spessori di scavo nei materiali insaturi/saturi	29
3.4 TEST DI TRATTABILITÀ	31
3.4.1 Test di trattabilità con soil washing e desorbimento termico (2020)	31
3.4.2 Test di trattabilità con soil washing (2023)	33
3.4.3 Stima del possibile scenario di trattamento dei sedimenti escavati/dragati	37
3.5 DATI DI BASE PROGETTUALE	39
3.6 LIMITI, VINCOLI ED INTERFERENZE PRESENTI	40
4 STRATEGIA DI INTERVENTO	44
5 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	46
5.1 ATTIVITÀ DI CANTIERIZZAZIONE E ALLESTIMENTO AREE DEPOSITO	47
5.2 OPERE PROPEDEUTICHE	48
5.2.1 Pulizia delle aree a terra ed eventuale decespugliamento	49

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

5.2.2	Bonifica da ordigni esplosivi e residuati bellici delle aree a terra	49
5.2.3	Demolizione delle strutture	52
5.2.4	Rilievo topografico	52
5.2.5	Realizzazione delle opere di sostegno	53
5.3	CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI INSATURI IN BANCO	55
5.4	VAGLIATURA E CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI INSATURI IN CUMULO	62
5.5	MODALITA' DI SCAVO DEI MATERIALI INSATURI	65
5.6	MODALITA' DI SCAVO DEI MATERIALI SATURI	68
5.6.1	Fase 1: approntamento delle vasche di disidratazione	69
5.6.2	Fase 2: rimozione selettiva dei materiali di riporto	70
5.6.3	Fase 3: movimentazione dei materiali rimossi verso le vasche di disidratazione	71
5.6.4	Fase 4: disidratazione e gestione dei materiali scavati	71
5.6.5	Caratterizzazione del materiale disidratato	71
5.6.6	Reflui di processo	71
5.7	CARICO E TRASPORTO DEI CUMULI PRESSO I DEPOSITI TEMPORANEI	71
5.8	LOGISTICA AREA IMPIANTI E DEPOSITI	72
5.9	SEQUENZA DI SCAVO	72
5.9.1	Fase 1 – scavo insaturo	72
5.9.2	Fase 2 – scavo saturo	73
5.9.3	Fase 3 – scavo insaturo in corrispondenza delle aree di deposito temporaneo	74
5.9.4	Fase 4 – scavo saturo in corrispondenza delle aree di deposito temporaneo	75
5.9.5	Fase 5 – scavo insaturo in corrispondenza dell'ultima area di deposito temporaneo	76
5.10	TEMPISTICHE DI SCAVO PREVISTE	77
5.11	GESTIONE DEI MATERIALI CONTENENTI AMIANTO	78
5.12	SALPAMENTO DELLA SCOGLIERA E DEL MURO DI CONTENIMENTO	79
5.13	RIPASCIMENTO	80
6	COLLAUDO DEGLI INTERVENTI	81
7	MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI E PIANO DI MONITORAGGIO	83
7.1	GENERALITÀ	83
7.2	MONITORAGGIO AMBIENTALE	83
8	CRONOPROGRAMMA DEGLI INTERVENTI	86
9	COMPUTO METRICO ESTIMATIVO	87

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1.1:	Sintesi dati di escavo, dragaggio e ripascimento per la realizzazione della LdR progettuale	13
Tabella 3.1:	Stima dei volumi ubicati a sud del pontile elaborati mediante software specialistici	26
Tabella 3.2:	Stima dei volumi elaborati ripartiti tra insaturo e saturo	26
Tabella 2.6:	Lotto A1. Riepilogo dei risultati dei test di trattabilità	36
Tabella 2.7:	Lotto A2. Riepilogo risultati dei test di trattabilità	36
Tabella 2.8:	Lotti A1 e A2. Riepilogo efficienze di abbattimento delle concentrazioni	36
Tabella 2.9:	Riduzione delle concentrazioni dei contaminanti attese post trattamento soil washing	38
Tabella 3.3:	Dati di base della progettazione – volumi da gestire negli scavi	39
Tabella 5.1:	Materiali derivanti dalle operazioni di demolizione	52
Tabella 5.2:	Analiti da ricercare e limiti di riferimento nei terreni	60
Tabella 5.3:	Analiti da ricercare e limiti di riferimento eluati	61
Tabella 5.4:	Set analitico adottato per il test di cessione per la verifica dell'idoneità al recupero ai sensi del DM 186/06 e s.m.i.	62
Tabella 5.5:	Set analitico adottato per il test di cessione per la verifica dell'ammissibilità in discarica ai sensi del D.Lgs. 121/2020	63
Tabella 5.6:	Set analitico adottato per la caratterizzazione del rifiuto	63
Tabella 5.7:	Tempistiche di scavo	78
Tabella 7.1:	Sintesi delle attività previste dal Piano di Monitoraggio Ambientale	84

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.1:	Aree di intervento	12
Figura 1.2:	Nuovo profilo di spiaggia emersa e sommersa	12
Figura 2.1:	Ubicazione dell'ARIN	14
Figura 2.2:	Panoramica della colmata	15
Figura 2.3:	Stato attuale della colmata	15
Figura 2.4:	Stralcio CTR in scala 1:5.000	17
Figura 2.5:	Carta geomorfologica (Russo e Calderoni, 1998)	19
Figura 2.6:	Carta della soggiacenza della falda (Stralcio elaborato 2015E051INV_FTE_AMB_TT.7.04)	21
Figura 3.1:	Discretizzazione della superficie di interfaccia in celle 40 x 40 m	27
Figura 3.2:	Estrapolazione base di scavo media in mslm per ciascuna cella 40 x 40 m	28
Figura 3.3:	Spessore medio di scavo in m per ciascuna cella n-esima	29
Figura 3.4:	Estrapolazione quota falda media per ciascuna cella 40x40 m	30
Figura 3.5:	Spessore medio di scavo insaturo (a sinistra) e saturo (a destra) per ciascuna cella 40x40 m	31
Figura 2.10:	Ubicazione Area E dell'Arenile Sud sottoposta a test pilota delle tecnologie di bonifica nel 2020	32
Figura 2.11:	Aree oggetto di test di dimostrazione tecnologica	33
Figura 2.12:	Riepilogo delle verifiche sulla recuperabilità delle matrici solide granulari	37
Figura 3.6:	Estratto dal PRARU - Tavola di suddivisione delle Macrozone a terra, in arancio la Colmata	40
Figura 3.7:	Ubicazione della colmata (in rosso) e suddivisione celle di intervento	41
Figura 3.8:	Planimetria impermeabilizzazioni, pozzi di ricarica e scarico TAF in colmata	43
Figura 5.1:	Schema esemplificativo della gestione dei materiali	46
Figura 5.2:	Ubicazione rappresentativa delle palancole	54
Figura 5.3:	Ubicazione rappresentativa dei diaframmi	55
Figura 5.4:	Griglia utilizzata per l'identificazione delle strisce e celle di scavo	57
Figura 5.5:	Schema di realizzazione saggi per la caratterizzazione in sito	58

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Figura 5.6:	Cella di caratterizzazione maglia 40x40m – Disposizione planimetrica schematica dei punti di campionamento e visualizzazione in sezione delle celle	59
Figure 5.7:	Sequenza operativa di scavo	66
Figura 5.8:	Sequenza di scavo – step 0	66
Figure 5.9:	Sequenza di scavo – step 1	67
Figura 5.10:	Sequenza di scavo – step 2	67
Figura 5.11:	Sequenza di scavo – step 3	68
Figura 5.12:	Schema di avanzamento dello scavo del terreno saturo	70
Figura 5.13:	Schema esemplificativo scavo insaturo - Fase 1	73
Figura 5.14:	Schema esemplificativo scavo saturo - Fase 2	74
Figura 5.15:	Schema esemplificativo scavo insaturo area deposito - Fase 3	75
Figura 5.16:	Schema esemplificativo completamento scavo saturo - Fase 4	76
Figura 5.17:	Schema esemplificativo completamento scavo insaturo - Fase 5	77
Figure 5.18:	Operazioni di salpamento dei massi contaminati e posa nei container a tenuta	79

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

CdS	Conferenza dei Servizi
ARIN	Area di Rilevante Interesse Nazionale
PFTE	Progetto di Fattibilità Tecniche ed Economiche Bonifiche e Risanamento Ambientale del SRIN di Bagnoli-Coroglio
PRARU	Programma di Risanamento Ambientale e di Rigenerazione Urbana di Bagnoli – Coroglio
ISS	Istituto Superiore di Sanità
ISPRA	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
ARPAC	Agenzia Regionale Protezione Ambientale della Campania
AdR	Analisi di Rischio
SNPA	Sistema Nazionale Protezione Ambiente
MATTM	Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
MITE	Ministero della Transizione Ecologica
BAT	Best Available Techniques
LdR	Linea di Riva
CSC	Concentrazioni Soglia di Contaminazione (DLgs 152/06)
CER	Catalogo Europeo dei Rifiuti
MCA	Materiali Contenenti Amianto
ATS	Agenzia di Tutela della Salute

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

1 PREMESSA

Il presente documento è stato preparato nell'ambito dell'*Appalto misto di servizi di ingegneria e architettura per la progettazione definitiva e coordinamento della sicurezza in fase di progettazione per appalto integrato, comprensivo di servizi di indagini e di lavori di test di dimostrazione tecnologica, oltre ai servizi di direzione dei lavori e di coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione, afferente all'intervento denominato "rimozione colmata, bonifica degli arenili emersi "Nord" e "Sud" e risanamento e gestione dei sedimenti marini compresi nell'Sito di Rilevante Interesse Nazionale di Bagnoli-Coroglio (NA)".*

Il contesto in cui si inseriscono gli interventi di appalto integrato suddetti è stato delineato dal Piano di Risanamento Ambientale e di Rigenerazione Urbana di Bagnoli (PRARU), il cui Stralcio Urbanistico e relative Norme Tecniche Attuative (NTA) sono stati approvati nella Conferenza di Servizi (CdS) del 14 giugno 2019 e adottati dal Commissario con Decreto n. 81 del 21 giugno 2019 e dal Presidente della Repubblica con D.P.R del 6 agosto 2019.

Il PRARU prevede che saranno ricostituite le caratteristiche originarie del sito, alterate dalle precedenti attività industriali con, come obiettivo primario, il ripristino della balneabilità dello specchio acqueo antistante il sito, tramite le seguenti azioni:

- ✓ Eliminazione degli scarichi incontrollati attualmente attivi
- ✓ Risanamento dei sedimenti inquinati a mare
- ✓ Ripascimento e bonifica degli arenili emersi
- ✓ Rimozione delle scogliere di protezione presso l'arenile Nord e Sud

Il PRARU prevede quindi una nuova configurazione della costa all'interno della baia con le seguenti caratteristiche:

- ✓ Rimozione integrale della colmata
- ✓ Valorizzazione del Pontile Nord.
- ✓ Demolizione dei tre pontili:
 - Pontile Sud
 - Pontile Sala Pompe
 - Pontile Città delle Scienze
- ✓ Realizzazione spiaggia pubblica nel tratto di lungomare compreso tra l'Arenile Nord e l'Arenile Sud avente le seguenti caratteristiche:
 - 2 km di lunghezza
 - 60 m larghezza minima
 - 120 m larghezza massima
 - 21,3 ettari di superficie
 - Porto turistico a Nisida

Al fine di consentire di completare/realizzare tutti gli interventi necessari e prodromici alla piena rigenerazione urbana definita dal PRARU, INVITALIA ha predisposto il Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica per la realizzazione degli interventi di bonifica e risanamento ambientale delle aree a terra e dell'area marina nell'Area di Rilevante Interesse Nazionale (ARIN) di Bagnoli Coroglio (di seguito PFTE) sottoposto a Conferenza di Servizi preliminare conclusasi nell'agosto 2020.

Il PFTE è stato articolato sostanzialmente in tre principali linee di intervento:

- ✓ aree a terra, sia di proprietà di INVITALIA che di competenza in qualità di Soggetto Attuatore in quanto ricadenti all'interno del ARIN;
- ✓ MACROAREA 1: area di colmata, per la quale si deve intendere ricompresa anche la fascia degli arenili emersi a nord (arenile Bagnoli) e a sud (arenile Coroglio) nonché la porzione di sedimenti sui quali insiste l'area di colmata vera e propria;
- ✓ MACROAREA 2: area marina, comprendente le volumetrie di sedimenti sommersi ricadenti all'interno del ARIN, al netto di quelli di cui al punto precedente.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Il presente elaborato costituisce, per l'ambito di intervento "MACROAREA 1 –COLMATA", la progettazione delle attività di risanamento individuate, illustrandone le modalità di esecuzione, di collaudo e di monitoraggio nel tempo e dettagliando gli elementi tecnici adottati in attuazione delle linee generali di progetto riportate nel PFTE. Infatti, ferme restando le basi progettuali e la funzionalità delle opere descritte nel PFTE, nel presente documento sono state adottate soluzioni migliorative per alcuni aspetti operativi, attuate in conseguenza all'analisi delle alternative disponibili, scegliendo le soluzioni che meglio si adattano al contesto del sito e/o che risultano maggiormente efficienti ed efficaci al raggiungimento degli obiettivi di intervento.

1.1 PROCEDIMENTI AMMINISTRATIVI

Di seguito viene riportato un elenco dei principali procedimenti amministrativi che si sono succeduti nel corso degli ultimi anni relativamente all'oggetto del presente documento:

- ✓ Piano di caratterizzazione integrativo delle aree a terra, che ha riguardato anche l'area della colmata – Conferenza dei servizi del **14 aprile 2016**.
- ✓ Piano di Caratterizzazione ambientale dell'area marino costiera all'interno del Sito di Interesse Nazionale di Napoli Bagnoli-Coroglio – Progetto ABBACO, approvato dal Commissario di Governo con Decreto del **26 settembre 2017** mentre i risultati del Piano di Caratterizzazione sono stati approvati con Decreto del Commissario di Governo del **13 novembre 2019**.
- ✓ Conferenza dei Servizi del 14 giugno 2019 per l'approvazione dello Stralcio Urbanistico e delle relative Norme Tecniche Attuative (di seguito NTA) del PRARU adottati dal Commissario con Decreto n. 81 del 21 giugno 2019 e dal Presidente della Repubblica con D.P.R del 6 agosto 2019. L'approvazione dello Stralcio Urbanistico e le relative NTA è l'atto formale a valle del quale è possibile procedere con tutti i successivi livelli di progettazione degli interventi di risanamento ambientale, infrastrutturazione e rigenerazione urbana.
- ✓ In data **12 febbraio 2020** è stato istituito il tavolo tecnico "*Risanamento ambiente marino-costiero nel SIN Bagnoli-Coroglio*", con il fine, tra l'altro, di definire gli obiettivi di balneabilità, le proprietà di intervento e condividere le tecnologie di risanamento marino da sottoporre a test pilota;
- ✓ In data **24 giugno 2020** è stato trasmesso al Commissario Straordinario, con prot. n. 0091522 il "Progetto di Fattibilità Tecnica economica della Bonifica e Risanamento Ambientale" sia delle aree a terra che delle aree marine.
- ✓ Con verbale di chiusura della CdS prot. CSB 000077 del **13 agosto 2020** sono stati acquisiti i pareri espressi dagli Enti interessati nell'ambito del procedimento in oggetto.
- ✓ In data **22 febbraio 2022** è stata aggiudicata la gara per la Progettazione definitiva in oggetto e le relative attività, in via d'urgenza, sono state avviate in data **17 marzo 2022**;
- ✓ In data **29 aprile 2022** si è tenuta una seduta del tavolo Tecnico "*Risanamento ambiente marino-costiero nel SIN Bagnoli-Coroglio*" nel corso della quale Invitalia, come previsto dai capitolati di gara, ha illustrato i seguenti documenti, già trasmessi al Commissario di Governo con nota prot. 0092143 del 07.04.2022:
 - Approccio metodologico per lo sviluppo dell'Analisi di rischio sanitaria sito specifica per gli arenili e la zona on shore della parte a mare;
 - Approccio metodologico per lo sviluppo dell'Analisi di rischio ecologica sito specifica per la zona off shore della parte a mare;
 - Piano operativo dei test di dimostrazione tecnologica: "Capping";
 - Piano operativo dei test di dimostrazione tecnologica: "Risanamento sedimenti marini";
- ✓ In data **4 maggio 2022** e **23 maggio 2022**, rispettivamente ISS e ISPRA/ARPAC hanno trasmesso i propri pareri relativi ai documenti su detti;
- ✓ In data **15 maggio 2022** si è tenuta una seduta del tavolo Tecnico "*Risanamento ambiente marino-costiero nel SIN Bagnoli-Coroglio*" in cui, relativamente all'analisi di rischio per gli arenili e per la zona on shore, è stato stabilito, tra l'altro, di utilizzare lo strumento dell'analisi del rischio (AdR), da eseguirsi in modalità diretta, a fini previsionali;

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

- ✓ In data **15 giugno 2022** si è tenuta una seduta del tavolo Tecnico "*Risanamento ambiente marino-costiero nel SIN Bagnoli-Coroglio*" nel corso della quale, ai fini dell'elaborazione del Progetto definitivo in oggetto, è stato concordato di
 - di procedere ad eseguire un Piano di Caratterizzazione integrativo degli Arenili, complementare rispetto alla caratterizzazione eseguita nel 2021 da Invitalia, che dovrà essere validato da ARPAC e che dovrà fornire utili informazioni anche ai fini della valutazione del rischio;
 - di utilizzare lo strumento dell'analisi del rischio (AdR), da eseguirsi in modalità diretta, a fini previsionali secondo modalità operative che saranno oggetto di successivi incontri;
- ✓ In data **01 luglio 2022** Invitalia ha trasmesso "*la proposta di Piano di Caratterizzazione complementare degli Arenili Nord e Sud al fine di recepire eventuali osservazioni/prescrizioni da parte degli Enti Competenti, preliminarmente alla fase esecutiva*";
- ✓ In data **15 luglio 2022** sono state avviate i lavori dei test di dimostrazione tecnologia su detti;
- ✓ In data **13 ottobre 2022** è stato trasmesso il parere ARPAC, condiviso con ISPRA nell'ambito del SNPA, relativo alla Proposta di Piano di Caratterizzazione su detta;
- ✓ In data **19 ottobre 2022**, è stato acquisito da Invitalia al prot. 0306847 del 20.10.2022, il parere ISS relativo alla Proposta di Piano di Caratterizzazione su detta;
- ✓ In data **01 dicembre 2022** Commissario ha espresso "*parere favorevole relativamente alla proposta di Piano di caratterizzazione complementare dell'Arenile Nord e Sud come integrato con la documentazione inoltrata da Invitalia con nota prot. n. 0309540 del 24/10/2022 ovvero*";
- ✓ In data **30 gennaio 2023** sono state avviate le attività del Piano di Caratterizzazione complementare degli Arenili Nord e Sud.
- ✓ In data **05 aprile 2023** Invitalia ha trasmesso ad ARPAC, per le successive attività di validazione, i risultati del Piano di caratterizzazione suddetto.

1.2 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

1.2.1 Documentazione tecnico amministrativa

Per la progettazione degli interventi sono stati considerati alla seguente documentazione tecnica prodotta durante l'iter amministrativo sviluppato per il sito:

- [1] "Progetto di Fattibilità Tecnico economica della Bonifica e Risanamento Ambientale"
- [2] "Caratterizzazione e Messa in Sicurezza dell'area di Colmata", Di Pastena e Martone – febbraio 2017
- [3] "Caratterizzazione dell'area di colmata a mare", Bagnolifutura S.p.A – 27 settembre 2002
- [4] "Relazione tecnica Appalto Specifico n.2", Invitalia – 6 dicembre 2018
- [5] "Relazione indagini ambientali e geotecniche eseguite", Invitalia – maggio 2020
- [6] "Relazione conclusiva Appalto Specifico n.18", Invitalia – 11 maggio 2021
- [7] "Programma di Risanamento Ambientale e di Rigenerazione Urbana", Invitalia luglio 2021

1.2.2 Riferimenti normativi e tecnici

Per la progettazione dell'intervento si è fatto riferimento alla normativa tecnica attualmente vigente in materia ed in particolare:

- [R1] D.M. 5 febbraio 1998 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti a procedure semplificate di recupero ai sensi degli Art. 31 e 32 del D.Lgs. 05/02/1997, n. 22
- [R2] D.M. 12 giugno 2002, n. 161 "Norme tecniche per il recupero agevolato dei rifiuti pericolosi", ex D.Lgs 22/1997 – Testo vigente
- [R3] D.Lgs. 03.04.2006 n. 152: "Norme in materia ambientale" e ss.mm.ii.
- [R4] DM 186 del 05/04/2006. Regolamento recante modifiche al decreto ministeriale 5 febbraio 1998 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero, ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22"

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

- [R5] D.Lgs. 09.04.2008 n. 81: "Attuazione dell'art. 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro" e ss.mm.it.
- [R6] D.M. 27.09.2010: "Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel Decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio 3 agosto 2005"
- [R7] Norma UNI 10802:2004: "Rifiuti – Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi. – campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati"
- [R8] DL 25 gennaio 2012 n.2 recante misure straordinarie e urgenti in materia ambientale convertito con modificazioni in legge del 24 marzo 2012 n.28
- [R9] DPR 13/06/2017 n.120 "Regolamento recante la disciplina delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n.133 convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014 n.164
- [R10] Nota del MATTM 13338 del 14/05/2014 "Richiesta chiarimenti in merito all'applicazione della normativa su terre e rocce da scavo".
- [R11] D.Lgs. 03.09.2020 n. 121: "Attuazione della direttiva (UE) 2018/850 che modifica la direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti
- [R12] Linee guida SNPA 22/2019 "Linee Guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo"
- [R13] Legge 29 luglio 2021, n.108 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 31 maggio 2021, n.77 recante governance del Piano nazionale di ripresa e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure"
- [R14] Decreto del MITE n.152 del 27 settembre 2022 "Regolamento che disciplina la cessazione della qualifica di rifiuto dei rifiuti inerti da costruzione e demolizione e di altri rifiuti inerti di origine minerale, ai sensi dell'articolo 184-ter, comma 2, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152"
- [R15] Ministero della Difesa "Direttiva Tecnica Bonifica Bellica Sistemica Terrestre", 2ª serie aa.vv. aggiornata al 20 gennaio 2020. <https://www.difesa.it/SGD-DNA/Staff/DT/GENIODIFE/Pagine/Bonifica-Terrestre.aspx>

1.2.3 Riferimenti bibliografici

- [B1] "Evoluzione geomorfologica della depressione Bagnoli-Fuorigrotta: periferia urbana della città di Napoli" (F. Russo, G. Calderoni e M. Lombardo) – gennaio 1998
- [B2] "Phlegrean fields" (M. Rosi, A. Sbrana) – 1987
- [B3] "Chemical and Sr-isotopic evolution of the Phlegraean magmatic system before the Campanian Ignimbrite and the Neapolitan Yellow Tuff eruptions" (L. Pappalardo et al.) – 1999
- [B4] "Contributi allo studio del Golfo di Pozzuoli: caratteristiche tessiturali dei sedimenti superficiali" (M. Pennetta) – 1984
- [B5] "Ricerche geologiche nel Golfo di Pozzuoli" (P. Colantoni et al.) – 1972

1.3 OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

Come indicato nell'aggiornamento del PRARU, del luglio 2021, al fine del raggiungimento degli obiettivi di risanamento ambientale è stato definito l'OBIETTIVO GENERALE O.G. 1 – Completare gli interventi di bonifica e risanamento ambientale dell'ARIN. Il primo obiettivo intende completare gli interventi di bonifica e risanamento ambientale dell'area a terra, a mare e lungo il "waterfront", **definendo una nuova linea di costa che colleghi gli arenili nord e sud dopo la rimozione della colmata attraverso l'utilizzo delle migliori tecnologie possibili a costi sostenibili**, restituendo all'uso collettivo il sito compromesso da inquinamento, garantendo la tutela della salute pubblica e delle risorse ambientali e, contemporaneamente, fornendo i presupposti per la valorizzazione delle opportunità di sviluppo che sono contenute nel PRARU

È stato definito il seguente obiettivo specifico e la conseguente azione da implementare:

- ✓ **Obiettivo Specifico O.S. 1.3 – Bonificare e risanare la fascia costiera**

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

*In linea con la nuova vocazione dell'area, sarà realizzata una nuova linea di costa, **attraverso la rimozione dell'area di colmata e interventi di bonifica/ripascimento degli arenili emersi da Nord a Sud**. Saranno anche realizzati interventi di bonifica e risanamento ambientale della fascia costiera ("waterfront").*

✓ **Azione 1.3.1** – Rimozione integrale dell'area di "colmata"

In considerazione dell'obiettivo su riportato e della conseguente azione specifica, il Progetto di Fattibilità tecnico economica redatto da Invitalia nel 2020 e sottoposto alla Conferenza di Servizi Preliminare di agosto del medesimo anno ha delineato degli scenari di intervento riportando il relativo quadro sinottico complessivo di raffronto dei pro e contro e delle condizioni limitanti (matrice di coerenza).

In particolare, rimandando per i dettagli a quanto riportato nel PFTE su detto, è stato individuato, quale scenario ottimale di intervento, lo *scenario n. 3 – Rimozione dell'area di colmata tramite interventi integrati* in quanto *in linea con i principi previsti nelle BAT e con i principi della Direttiva 2008/98/CE "Direttiva Quadro Rifiuti" nonché sostenibile da un punto di vista economico, minimizzando la criticità legata all'incertezza del raggiungimento degli obiettivi di bonifica in tempi certi e funzionali al PRARU.*

Si chiarisce, quindi, che **l'obiettivo della presente progettazione, per quanto riguarda il comparto Colmata (Macrozona 1) è il risanamento ambientale tramite la rimozione integrale della colmata mediante scavo, cernita, carico, trasporto e recupero/smaltimento. Il successivo ripascimento sarà finalizzato a ricostituire l'arenile e una linea di riva stabile, che tenderà il più possibile a quella delineata dal PRARU.**

1.3.1 Sintesi progettazione della nuova linea di riva

La progettazione della LdR progettuale prevede, in sintesi (per i dettagli si rimanda agli elaborati **2021E014INV-01-D-02-OM-RS-REL-01-01, 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01**):

- ✓ la creazione della nuova linea di costa attestata su un profilo idrodinamicamente stabile nel lungo periodo, quale raccordo tra gli arenili esistenti;
- ✓ la realizzazione di un insieme di strutture a chiusura del sistema, con lo scopo di confinamento dell'area soggetta al risanamento, prevedendo un pennello di chiusura a nord e a sud della zona attualmente idrodinamicamente instabile raccordati ad una soglia di contenimento (barriera soffolta) da realizzarsi alla batimetrica – 5 m s.l.m.m. e un ulteriore pennello realizzato in corrispondenza dell'attuale pontile Nord.

Con tali strutture l'intera area di intervento è stata suddivisa in n.3 zone (si veda la seguente Figura 1.1)

- 1) **"Microcella Nord"**, comprendente la zona emersa tra il pennello nord e il pennello Pontile Nord (costituita da una porzione della superficie ex PFTE dell'Arenile Nord e la porzione di Colmata a nord del Pontile Nord) e la zona marina antistante sino alla barriera soffolta;
- 2) **"Macrocella"**, comprendente la zona emersa tra il Pontile Nord e il pennello sud (costituita dalla zona della colmata a sud del Pontile Nord) e la zona marina antistante sino alla barriera soffolta
- 3) **"Zona Arenile Sud"**, comprendente l'intero Arenile Sud e la zona marina antistante sino alla profondità di chiusura.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

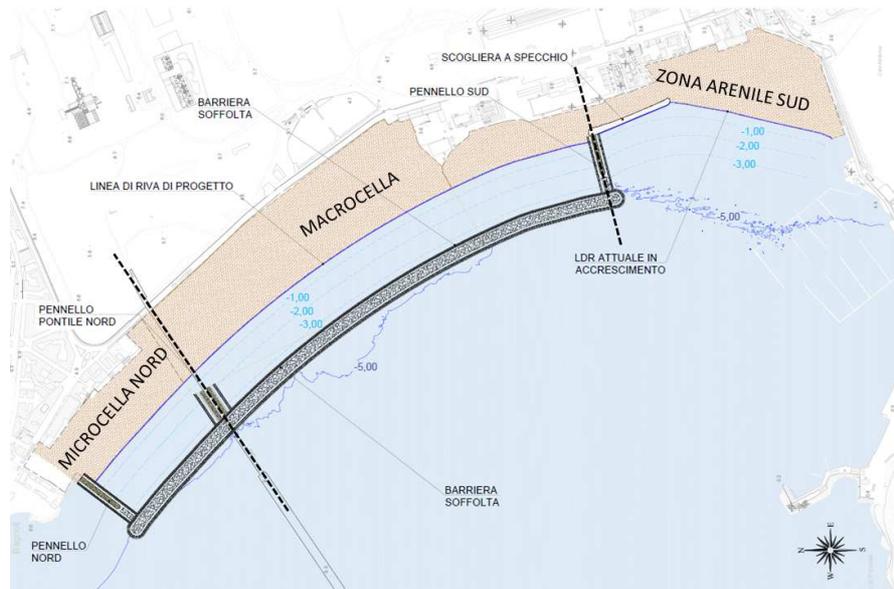


Figura 1.1: Aree di intervento

- ✓ la rimozione dello strato attivo di spiaggia, emersa e sommersa e il ripascimento con materiale conforme in modo da evitare che le mareggiate movimentino materiale potenzialmente contaminato e che vi sia contatto diretto dei futuri fruitori della nuova spiaggia con sedimenti non conformi. Le caratteristiche granulometriche (D50) del materiale di prestito per la parte di ripascimento "attiva" saranno tali da rispettare la granulometria naturale e, al contempo, minimizzare i volumi di sabbia da approvvigionare e massimizzare gli effetti di stabilità.

Lo spessore di ripascimento è stato previsto pari ad almeno 1 m in corrispondenza dell'intera estensione della spiaggia emersa nella configurazione progettuale (Microcella Nord, Macrocella e Zona Arenile Sud).

La seguente Figura 1.2 mostra la sezione tipologica del nuovo profilo di spiaggia che sarà realizzato a valle delle rimozioni dello strato attivo e del ripascimento con materiale conforme.

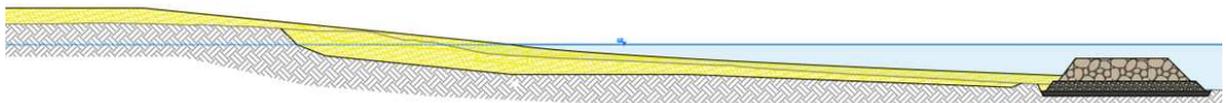


Figura 1.2: Nuovo profilo di spiaggia emersa e sommersa

La seguente tabella sintetizza i volumi di escavo, dragaggio e ripascimento previsti in ciascuna delle aree di progettazione della nuova LdR.

Si precisa che l'escavo corrisponde al volume di sedimenti da rimuovere calcolati dal profilo attuale della spiaggia emersa e sommersa sino ad una quota pari alla base del volume dinamico o alla quota -2 m slm (al di sotto di tale quota -2 m slm il volume è stato considerato "di dragaggio")

L'escavo corrisponde quindi alle porzioni della Microcella Nord e della Zona Arenile Sud appartenenti al volume dinamico (determinato conservativamente adottando opportuni coefficienti di sicurezza) e che comprendono sia sedimenti emersi (attuale spiaggia dell'Arenile Nord e Sud), sia sedimenti sommersi nella fascia limitrofa alla LdR progettuale.

L'escavo nella zona di colmata non comprende gli ulteriori volumi di riporto che saranno oggetto delle attività di rimozione della colmata stessa, così come descritto nell'elaborato **2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-01-00**.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Tabella 1.1: Sintesi dati di escavo, dragaggio e ripascimento per la realizzazione della LdR progettuale

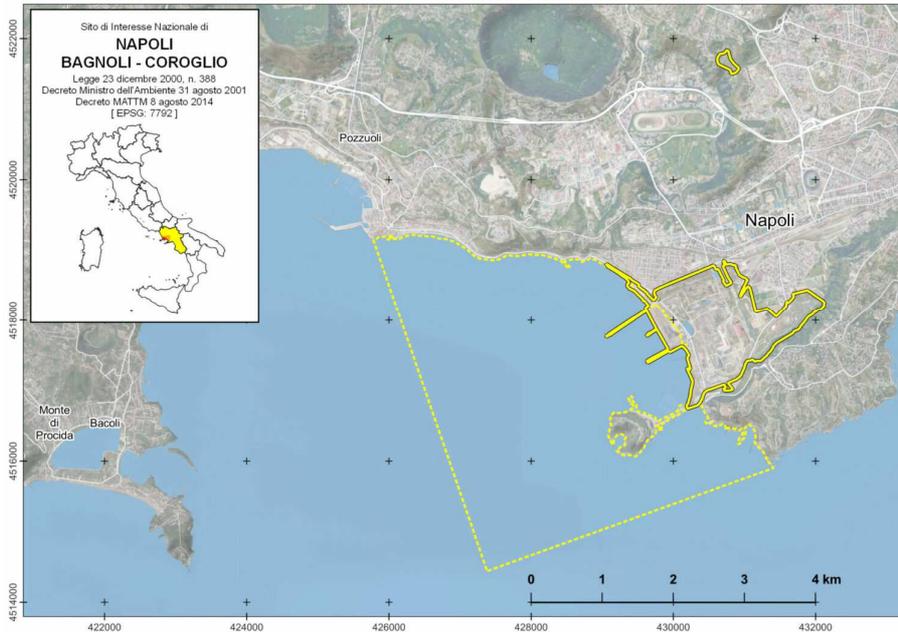
Zona	Volume di escavo (m ³)	Volume di dragaggio (m ³)	Volume di ripascimento (m ³)
Microcella Nord	59.700	54.000	207.500
Macrocella	147.500	334.500	861.500
Zona Arenile Sud	140.000	83.500	399.000

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

2 INQUADRAMENTO DELLE AREE DI INTERVENTO

Il sito di interesse nazionale di Bagnoli-Coroglio è ubicato all'estremità sudoccidentale della città di Napoli, nell'area orientale del Golfo di Pozzuoli (Golfo di Napoli) tra la zona di Coroglio-Isola di Nisida e l'abitato di Pozzuoli (vedi Figura seguente).



Fonte: Perimetrazione ARIN di Napoli Bagnoli-Coroglio (Gazzetta Ufficiale del 23-08-2014 n.195) dal Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione Generale per la Tutela del Territorio e delle Risorse Idriche

Figura 2.1: Ubicazione dell'ARIN

Il territorio dell'ARIN di Bagnoli-Coroglio costituisce parte integrante dei Campi Flegrei, una complessa area vulcanica, con caratteristiche di caldera di collasso (Rosi and Sbrana, 1987) che è stata attiva almeno negli ultimi ~ 60 ka BP (Pappalardo et al., 1999).

La distribuzione dei sedimenti nel Golfo di Pozzuoli e nelle aree adiacenti è strettamente controllata dalle vicende climatiche e vulcano-tettoniche della zona (Pennetta et al., 1984). Per quanto riguarda le caratteristiche tessiturali dei sedimenti del Golfo di Pozzuoli, Colantoni et al. (1972) individuano tre zone, delle quali, la prima è di interesse per il presente lavoro.

Essa corrisponde alla piattaforma litorale, fino ai 15-20 m di profondità; ove sono presenti sabbie sia fini che grossolane, scarsamente cernite e con asimmetria positiva. Queste caratteristiche sono dovute alla composizione mineralogica ricca in pomice, indipendenti dal resto del sedimento per quanto riguarda la granulometria.

L'area di interesse per il presente lavoro è costituita dalla Colmata realizzata negli anni '60 con il riempimento a mare di un tratto compreso tra gli Arenili Nord e Sud e il tombamento della relativa fascia costiera.

L'area di colmata di Bagnoli è stata realizzata nel periodo 1963 – 1965 con il riempimento a mare del tratto compreso tra i due pontili, Nord e Sud, e il tombamento della relativa fascia costiera. Vennero così, acquisiti dall'ex Italsider nuovi spazi per la realizzazione del parco fossili (area settentrionale tra il pontile Nord e la presa a mare), parco rottame e deposito semiprodotti (area meridionale tra presa a mare e Pontile Sud) che furono adeguati all'aumentata capacità produttiva dello stabilimento di Bagnoli.

Per la sua realizzazione è stato effettuato il riempimento di una superficie di circa 160.000 m² del fondale marino e di circa 40.000 m² della spiaggia originaria (area di proprietà ex Bagnolifutura).

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023



Figura 2.2: Panoramica della colmata

L'immagine seguente mostra lo stato attuale della colmata e alcune prese fotografiche dello stato di fatto di maggio 2023.



Figura 2.3: Stato attuale della colmata

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023



Foto 1 – vista da pontile sud verso la colmata



Foto 2 - vista da pontile sud verso nord



Foto 3 – particolare del muro di contenimento e dello stato del capping



Foto 4 - particolare dello stato del capping



Foto 5 – foce del canale Bianchettaro



Foto 6 – attuale piano della colmata

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023



Foto 7 – attuale piano campagna colmata pozzo di ricarica



Foto 8 - particolare di un pozzo di ricarica

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, GEOMORFOLOGICO, GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

2.1.1 Inquadramento geografico

Nella cartografia ufficiale italiana (IGM) il sito risulta inquadrato nella serie 25V scala 1:25.000 tavoletta 184 III Nord Est "Pozzuoli". Per quanto riguarda la nuova produzione ufficiale (IGM serie 25) il sito ricade nella tavoletta alla scala 1:25.000 numero 447 II "Napoli". Sempre all'interno della produzione cartografica nazionale, ma alla scala 1:50.000 (IGM Serie 50), l'area è ricompresa nel Foglio 446-447 "Napoli"; mentre ricade nel Foglio 184 "Napoli" per la carta al 1:100.000 delle serie 100/V e 100/L.

Infine, per quanto riguarda la produzione cartografica della Regione Campania e della Provincia di Napoli, l'area di colmata è contenuta all'interno dell'Elemento 447153 "Napoli – Posillipo" della Carta Tecnica Numerica della Provincia di Napoli alla scala 1:5.000 (figura sottostante).

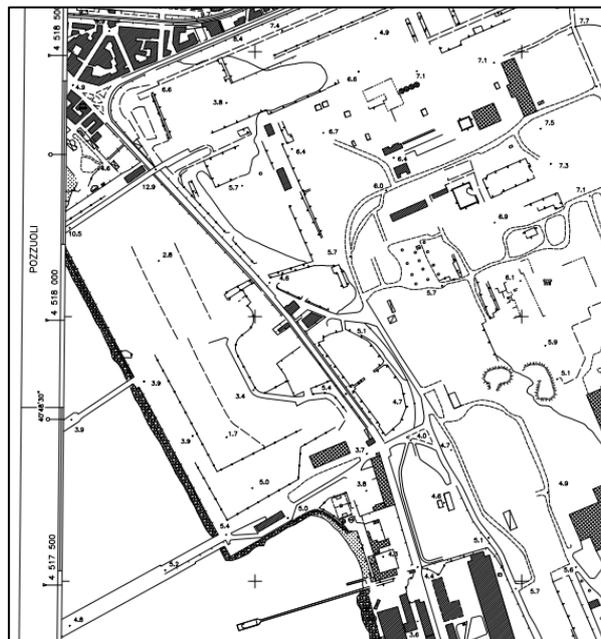


Figura 2.4: Stralcio CTR in scala 1:5.000

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

2.1.2 Inquadramento geomorfologico

La piana di Bagnoli-Fuorigrotta si estende per circa 7,5 km² ed è situata tra il campo policroterico di Agnano e la dorsale di Posillipo, a circa 10 km a NE rispetto al Golfo di Posillipo; essa deve il suo assetto morfologico alle vicende vulcaniche e vulcano-tettoniche connesse alle manifestazioni eruttive flegree. È caratterizzata da due evidenti elementi geomorfologici: il Terrazzo di Bagnoli-Fuorigrotta e la Piana di Coroglio, separati da una debole scarpata erosionale di circa 2 m identificata come "paleofalesia", ed il suo riempimento è costituito in massima parte da sedimenti di origine vulcanica subaerei e marini depositatisi in un'area caratterizzata da prevalente subsidenza. A questi sedimenti sono spesso intercalati depositi alluvionali, palustri e paleosuoli.

In particolare, la depressione è stata individuata, come bacino di sedimentazione marina, con il collasso vulcano-tettonico che tra gli 11 e 12 mila anni fa circa, originò la «caldera flegrea» (Russo e Calderoni, 1998). Essa fu poi ristretta e confinata spazialmente dalla messa in posto, in seguito a numerose eruzioni prevalentemente esplosive, del campo policroterico di Agnano a NW che in due fasi distinte, tra 11 e i 3,7 mila anni fa circa, contribuì massicciamente all'aggradazione della depressione bacinale con conseguente avanzamento della linea di costa e formazione del Terrazzo di Bagnoli-Fuorigrotta.

La risalita eustatica del livello marino insieme ad una marcata subsidenza di natura bradisismica consentirono che a valle del Terrazzo, nella Piana di Coroglio, la sedimentazione marina continuasse fino in epoca recente intervallata ad episodi continentali di tipo palustre. Tali ambienti sono persistiti fino agli inizi del 1800 quando l'intera area è stata definitivamente bonificata ed interamente industrializzata e urbanizzata, portando ad una completa trasformazione morfologica del territorio.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

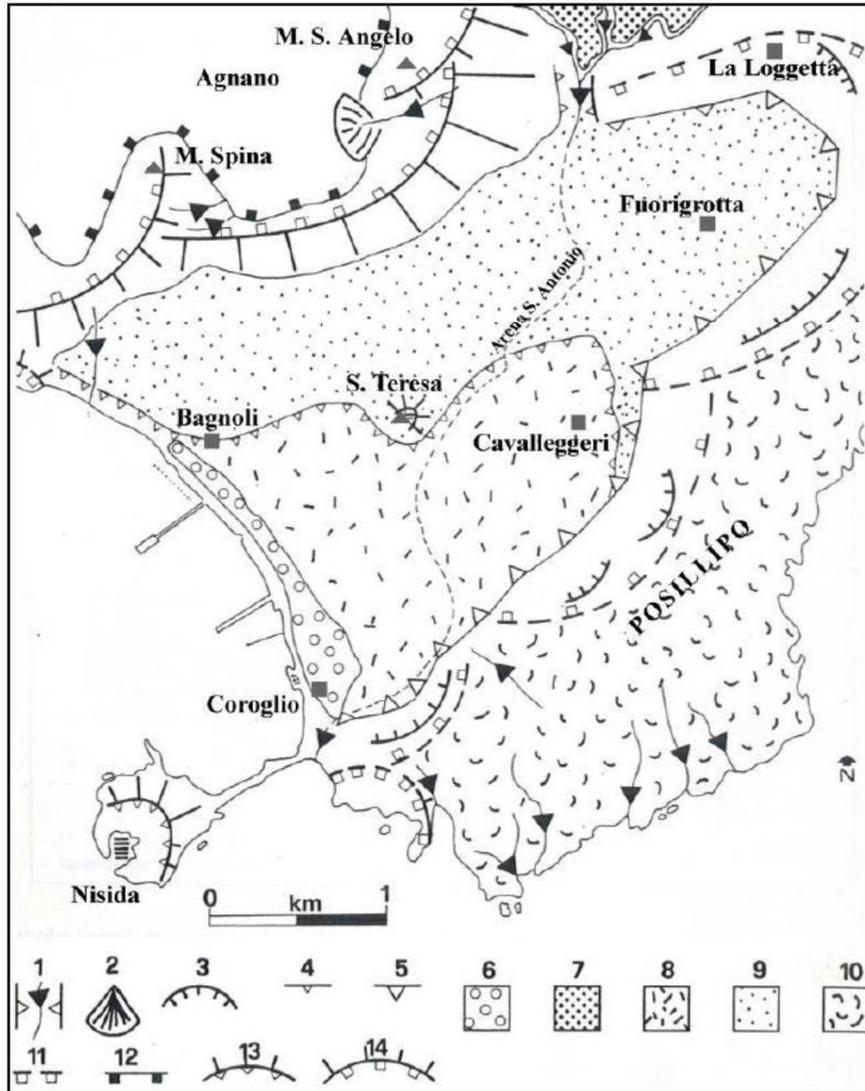


Figura 13 - Carta geomorfologica semplificata dell'area di Bagnoli-Fuorigrotta. Legenda:1) Valloni di erosione torrentizia; 2) conoidi alluvionali; 3) versanti interessati da erosione diffusa o di tipo franoso; 4) scarpata erosionale, "paleofalesia", che delimita il terrazzo di Bagnoli-Fuorigrotta; 5) scarpata erosionale dovuta all'arretramento del versante della caldera; 6) area occupata dalla duna costiera; 7) superficie terrazzata della piana di Soccavo; 8) piana di Coroglio; 9) terrazzo di Bagnoli-Fuorigrotta; 10) superficie strutturale del recinto calderico; 11) lineamenti sub arcuati di possibili recinti craterici coinvolti nella calderizzazione; 12) orlo craterico del campo di Agnano; 13) edifici vulcanici; 14) edifici vulcanici relitti (da Russo e Calderoni, 1998, modificata).

Figura 2.5: Carta geomorfologica (Russo e Calderoni, 1998)

2.1.3 Inquadramento geologico

L'area di studio ricade all'interno della zona vulcanica attiva dei Campi Flegrei, rappresentata dalla depressione tettonica di Bagnoli-Fuorigrotta, situata ad Ovest della città di Napoli.

Il principale elemento geologico-strutturale è costituito dalla vasta caldera vulcanica collassata circa 35.000 anni fa a seguito dell'eruzione e conseguente messa in posto dell'Ignimbrite Campana (Tufo grigio campano). I prodotti di tale eruzione costituiscono i principali litotipi affioranti lungo le scarpate che bordano i margini occidentali e settentrionali della depressione Flegrea e si estendono verso est lungo l'allineamento Camaldoli-Poggioreale (Orsi

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

et al.1996), mentre sono assenti all'interno della zona dei Campi Flegrei, verosimilmente a causa dei processi erosivi o perché ricoperti dalle vulcaniti delle successive eruzioni dei Campi Flegrei e del Vesuvio e da terreni alluvionali.

In particolare, nella zona più prossima al litorale di Bagnoli, per la gran parte dell'area ex Italsider, sono presenti sabbie e limi di ambiente litorale attuale e recente; sono anche presenti depositi di origine palustre a granulometria prevalentemente limosa con livelli torbosi.

Un importante coltre di terreni di riporto formato anche da una componente di materiale litoide di provenienza "industriale" frammisto ai prodotti cineritici rimaneggiati hanno ricoperto in modo disuniforme l'intera piana a costituire un nuovo orizzonte litologico: si tratta di depositi generalmente poco addensati, rimaneggiati e localmente caratterizzati da depositi antropici costituiti da scorie di lavorazione.

2.1.4 Inquadramento idrogeologico

Per quanto riguarda l'idrogeologia dell'area di colmata si richiama quanto riportato nell'elaborato **2021E014INV-01-D-00-GE-RS-REL-02-00**.

I dati stratigrafici e le prove di permeabilità condotte nel tempo nel sito hanno permesso di stimare come l'acquifero dell'ARIN di Bagnoli sia caratterizzato da un sistema di due unità idrogeologiche sottostanti una coltre di riporti antropici non sempre interessata dalla falda. I dati hanno portato a identificare un modello di circolazione monofalda a "due velocità" dato che dalle prove in situ risultano dei valori di conducibilità idraulica orizzontale differenti di quasi un ordine di grandezza:

- ✓ unità idrogeologica 1 (fino a 15 m da p.c.): costituita schematicamente da una litologia prevalentemente sabbioso limosa e/o limoso sabbiosa con coefficiente medio $K_h = 2.87E-5$ m/s
- ✓ unità idrogeologica 2 (oltre 15 m da p.c.): costituita schematicamente da sabbia debolmente limosa-ghiaiosa alla quale è possibile attribuire un coefficiente medio $K_h = 8.68E-5$ m/s

L'immagine seguente mostra uno stralcio della carta della soggiacenza della falda riportata nel PFTE (elaborato **2015E051INV_FTE_AMB_TT.7.04**).

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023



Figura 2.6: Carta della soggiacenza della falda (Stralcio elaborato 2015E051INV_FTE_AMB_TT.7.04)

In corrispondenza dell'ARIN è stato realizzato un sistema di messa in sicurezza delle acque di falda (MISE), composto dai seguenti impianti:

- ✓ una Barriera costituita da n. 31 pozzi di emungimento, localizzati all'interno dell'area di Invitalia, e di n. 42 pozzi di ricarica localizzati sulla colmata, oggi non più attivi (c.d. "Barriera BF");
- ✓ n. 2 diaframmi plastici, localizzati rispettivamente sugli Arenili Nord e Sud dell'ARIN Bagnoli Coroglio (c.d. "diaframmi plastici");
- ✓ un impianto di trattamento delle acque di falda provenienti dalla Barriera BF, localizzato all'interno dell'area di Invitalia (c.d. "TAF1");
- ✓ un impianto di trattamento delle acque di falda provenienti dai diaframmi plastici, sito a via Coroglio sulla colmata (c.d. "TAF2").

Le acque trattate dall'impianto TAF2 sono scaricate in pubblica fognatura a fronte delle autorizzazioni allo scarico rilasciate dall'ATO 2 Napoli-Volturno in data 5 agosto 2009 (Prot./SCA b. 3483/2009) e successivi rinnovi.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

È in corso da parte di INVITALIA la progettazione, affidamento ed esecuzione di un nuovo sistema di messa in sicurezza delle acque di falda in sostituzione dell'esistente che sarà costituito da una nuova barriera idraulica (c.d. "Barriera Invitalia") ed un nuovo impianto di trattamento delle acque di falda (c.d. "TAF3").

2.2 INDAGINI PREGRESSE

Nei seguenti paragrafi si riporta, in estrema sintesi, la cronistoria delle campagne di monitoraggio eseguite in area di colmata dal 1997 al 2021.

2.2.1 Sondaggi esplorativi anno 1997

Nel novembre del 1997, su commissione della Società Bagnoli S.p.A., nel contesto delle indagini preliminari in area di colmata, sono stati eseguiti n. 19 sondaggi esplorativi sia in area di colmata sia nella zona sud di essa, spinti fino alla profondità massima di 5,3 m da p.c.

L'indagine evidenziò la presenza di materiale di riporto contenente prevalentemente scorie da lavorazione industriale, calcestruzzo ed inerti frammisti ad una matrice sabbioso-limosa localmente contaminata da idrocarburi.

2.2.2 Sondaggi di caratterizzazione: fase 1 anno 1999

Tra luglio e settembre del 1999, su commissione della Società Bagnoli S.p.A., nell'ambito del progetto preliminare di bonifica del sito di Bagnoli, è stata eseguita una prima fase di indagini di caratterizzazione della colmata e della zona a sud di essa mediante l'esecuzione di n. 329 carotaggi ambientali spinti fino ad una profondità massima di 7,2 m da p.c., realizzati su maglia 25 x 25 m e che hanno interessato i riporti ed i sedimenti insaturi.

L'esame delle stratigrafie dei sondaggi realizzate mediante carotaggi, ha confermato la presenza di riporto costituito in prevalenza da un'abbondante matrice di natura piroclastica (pozzolana) con incluso pezzame di vario tipo: clasti calcarei, scorie di lavorazione siderurgica, laterizi, elementi tufacei, conglomerati cementizi. In alcuni carotaggi è stata inoltre rilevata la presenza di minerali ferrosi; l'unità stratigrafica sottostante è risultata costituita da sedimento sabbioso di granulometria da fine a grossolana di color marrone-grigiastro.

Per la definizione dello stato di inquinamento dei terreni insaturi indagati è stata utilizzata la Tab. 1 Colonna A del D.M. 471/99 modificata per l'Autorità Portuale di Napoli: il materiale di riporto insaturo è risultato scarsamente contaminato da composti organici (idrocarburi), mentre il sedimento naturale non è risultato contaminato dai composti organici ma ha mostrato la presenza di composti inorganici con valori medi superiori ai limiti di colonna B del D.M. 471/99 modificata per gli elementi: Arsenico (As), Piombo (Pb), Vanadio (V) e Zinco (Zn).

2.2.3 Sondaggi di caratterizzazione: fase 2 anno 2000

Nel corso del 2000 è stato eseguito un ulteriore rilevamento geologico, idrogeologico e geochimico mediante l'esecuzione di n. 80 carotaggi, realizzati su maglia 50 x 50 m, spinti fino ad una profondità massima di 12,3 m da p.c. interessando sia riporti, sia i sedimenti saturi.

I materiali rilevati al di sotto della linea di falda sono stati descritti come costituiti in prevalenza da un'abbondante matrice di natura piroclastica (pozzolana) con incluso pezzame di vario tipo: clasti calcarei, scorie e loppe d'altoforno, laterizi, elementi tufacei, conglomerati cementizi.

Per la definizione dello stato di inquinamento dei materiali saturi indagati è stata utilizzata la Tab. 1 Colonna A del DM. 471/99: una porzione è risultata contaminata da composti organici (idrocarburi ed Idrocarburi Policiclici Aromatici -IPA-) e, analogamente all'insaturo, è stata confermata la diffusa presenza di metalli pesanti (in particolare As, V, Zn).

2.2.4 Sondaggi PdC anno 2017

Il piano di caratterizzazione che è stato redatto da ISPRA ed eseguito da Invitalia, ha previsto nell'area della colmata l'esecuzione di n. 15 sondaggi approfonditi fino ai 6,6 m dal p.c.; i risultati di tale piano sono stati validati positivamente dal SNPA nel luglio 2018.

La descrizione stratigrafica dei carotaggi ha confermato la presenza di riporti caratterizzati da scorie industriali, laterizi e conglomerati cementizi immersi in matrice piroclastica.

Anche i risultati analitici hanno confermato sostanzialmente la tipologia e la distribuzione dei contaminanti riscontrata nel corso delle precedenti campagne di caratterizzazione.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

2.2.5 Sondaggi Appalto Specifico n.2 anno 2018

Nei mesi di ottobre e novembre 2018 nell'ambito delle attività "Esecuzione indagini ambientali e geotecniche da realizzarsi sull'area di colmata del Sito di Rilevante Interesse Nazionale di Bagnoli Coroglio" è stato realizzato da Invitalia un affinamento conoscitivo dei materiali costituenti la colmata, utile e necessario a fornire ulteriori informazioni alla loro gestione ai fini del successivo progetto di rimozione della colmata.

In particolare, sono stati eseguiti n. 66 sondaggi geognostici spinti sino agli 11 m ca. da p.c. con il prelievo di n. 198 campioni di terreno provenienti dai suddetti sondaggi da sottoporre ad analisi chimiche ed il prelievo di n. 193 campioni da sottoporre a test di cessione.

Le analisi di laboratorio (test di cessione ai sensi del D.M. 5 febbraio 1998 e s.m.i.) realizzate sui 193 campioni di materiale prelevato hanno rivelato che i materiali costituenti la colmata risultavano eccedenti le CSC di Tab.2 del D.Lgs. 152/per metalli quali As, Pb, V.

2.2.6 Sondaggi Appalto Specifico n.18 anno 2021

L'Appalto Specifico n.18 è stato effettuato nel periodo compreso tra il 21/01/2021 e il 07/05/2021 ed è consistito della realizzazione di n.56 sondaggi geognostici ambientali (spinti oltre i materiali di colmata ad una profondità massima di 14 m da p.c.) e l'esecuzione di n.12 sondaggi geotecnici (a 30 m da p.c.) disposti nella porzione perimetrale, pur internamente all'area di colmata.

Le analisi di laboratorio realizzate sui 168 campioni hanno rivelato, in sintesi, che i materiali al di sotto della colmata risultano eccedenti le CSC di Tab.1 D.Lgs. 152/2006 per Idrocarburi pesanti, IPA e As.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

3 MODELLO CONCETTUALE

Per la progettazione degli interventi si è fatto riferimento ai **dati chimici e stratigrafici di base** derivati dalle campagne di indagine precedentemente descritte:

- ✓ Sondaggi esplorativi eseguiti nel 1997; di questi, n. 2 sondaggi attrezzati a piezometro (PFR3, PFR10), sono stati utilizzati nella ricostruzione della superficie piezometrica.
- ✓ Rilevamento geologico, idrogeologico e geochemico (Fase 1) eseguito nel 1999 dalla Società Bagnoli S.p.A. consistente in oltre 300 carotaggi a maglia 25 x 25 m che hanno interessato i riporti e il sottostante sedimento naturale.
- ✓ Rilevamento geologico, geochemico e idrogeologico (Fase 2), eseguito nel 2000 con la realizzazione di 80 carotaggi spinto fino al materiale naturale saturo; di questi, n. 3 sondaggi attrezzati a piezometro (PFR-F12/2, PFR-F15/2, PFR-F6/2), sono stati utilizzati nella ricostruzione della superficie piezometrica.
- ✓ Piano di caratterizzazione, redatto da ISPRA ed eseguito da Invitalia nel 2017, che ha previsto l'esecuzione di n. 15 sondaggi approfonditi anche oltre il materiale costituente la colmata.
- ✓ Piano di caratterizzazione di dettaglio realizzato da Invitalia nel 2018 con la realizzazione di n. 66 sondaggi geognostici e 64 prove penetrometriche eseguiti per la maggior parte nei materiali costituenti colmata.
- ✓ Caratterizzazione integrativa dei sedimenti sottostanti la colmata eseguita da Invitalia nel 2021 nell'ambito dell'Appalto Specifico n.18.

A queste si aggiungono:

- ✓ Sondaggi realizzati da Invitalia nel 2019 nell'ambito dell'Appalto Specifico n. 3; di cui, n. 3 sono stati attrezzati a piezometro (Pz26, Pz27, Pz28);
- ✓ Sondaggi realizzati nel 2011 nell'ambito del piano di nuova messa in sicurezza delle acque di falda; di cui, n. 1 (PFRS3), è stato attrezzato a piezometro;

utilizzati nella ricostruzione della superficie piezometrica del sito.

Le indagini condotte dal 2017 al 2021 hanno permesso di effettuare una valutazione delle caratteristiche qualitative del materiale da rimuovere in coerenza con la normativa vigente. Il paragrafo 3.1 descrive l'ambito normativo in cui si inserisce il progetto di rimozione della colmata e le verifiche necessarie al fine di gestire correttamente i materiali di scavo.

L'intera mole dei dati disponibili è stata inoltre utilizzata per la definizione della volumetria complessiva della colmata da rimuovere, aggiornando la valutazione già presentata nel PFTE (che non comprendeva i dati relativi alle indagini del 2021). Per la gestione dei dati, il loro studio e l'analisi, si è proceduto ad una completa digitalizzazione degli stessi attraverso l'utilizzo del software Surfer (GOLDEN SOFTWARE, LLC.) e la creazione di un geodatabase tramite il software EVS pro (sviluppato dalla C TECH Development Corporation).

Nell' allegato specialistico "Ricostruzione tridimensionale dell'area colmata" sono descritte le attività condotte per la realizzazione del geodatabase e le elaborazioni effettuate con il software EVS pro, mentre nel paragrafo 3.3 si illustra la razionalizzazione delle elaborazioni condotte con i software al fine di ottenere le informazioni geometriche dello scavo discretizzate secondo una maglia regolare.

3.1 CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI PRESENTI IN COLMATA AI SENSI DELLA NORMATIVA VIGENTE

La rimozione dei materiali costituenti la colmata finalizzata al ripristino della linea di costa secondo gli obiettivi definiti dal PRARU rientra nell'ambito di disciplina del DPR 120/17 "Regolamento recante la disciplina delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n.133 convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014 n.164".

Tali materiali infatti sono definibili come "terre e rocce da scavo" ai sensi dell'art. 2 comma c del DPR 120/2017, ovvero "il suolo escavato derivante da attività finalizzate alla realizzazione di un'opera, tra le quali: scavi in genere (sbancamento, fondazioni, trincee); perforazione, trivellazione, palificazione, consolidamento; opere infrastrutturali (gallerie, strade); rimozione e livellamento di opere in terra. Le terre e rocce da scavo possono contenere anche i seguenti materiali: calcestruzzo, bentonite, polivinilcloruro (PVC), vetroresina, miscele cementizie e additivi per scavo meccanizzato, purché le terre e rocce contenenti tali materiali non presentino concentrazioni di inquinanti superiori ai limiti di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, per la specifica destinazione d'uso".

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Ai fini della qualifica dei materiali di scavo come sottoprodotti è necessario rispettare i requisiti definiti dal DPR 120/2017, all'Art 4. "Criteri per qualificare le terre e rocce da scavo come sottoprodotti", che prevedono che le terre e rocce:

- a) *sono generate durante la realizzazione di un'opera, di cui costituiscono parte integrante e il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale*
- b) *il loro utilizzo è conforme alle disposizioni del piano di utilizzo di cui all'articolo 9 o della dichiarazione di cui all'articolo 21, e si realizzi:*
 - 1) *nel corso dell'esecuzione della stessa opera nella quale è stato generato o di un'opera diversa, per la realizzazione di reinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, miglioramenti fondiari o viari, recuperi ambientali oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali;*
 - 2) *in processi produttivi, in sostituzione di materiali di cava;*
- c) *sono idonee ad essere utilizzate direttamente, ossia senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;*
- d) *soddisfano i requisiti di qualità ambientale espressamente previsti dal Capo II o dal Capo III o dal Capo IV del presente regolamento, per le modalità di utilizzo specifico di cui alla lettera b).*

Nel caso specifico, il ripristino della linea di costa secondo gli obiettivi definiti dal PRARU è definibile come l'opera da realizzare e parte del materiale della colmata sarà riutilizzato come indicato nel Piano di Utilizzo descritto nell'elaborato **2021E014INV-01-D-00-GE-RS-REL-08-01** e a valle delle verifiche di idoneità al riutilizzo stesso.

I requisiti di qualità ambientale per il sito in oggetto sono quelli indicati nel Capo IV "Terre e rocce da scavo prodotte in cantieri di grandi dimensioni non sottoposti a VIA e AIA", per i quali l'art. 22¹ rimanda all'art. 20 il quale specifica che "1. non siano superati i valori delle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con riferimento alle caratteristiche delle matrici ambientali e alla destinazione d'uso urbanistica del sito di destinazione, e che le terre e rocce da scavo non costituiscono fonte diretta o indiretta di contaminazione per le acque sotterranee, fatti salvi i valori di fondo naturale.

2. Nel caso in cui, per fenomeni di origine naturale siano superate le concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, i valori di fondo naturale sostituiscono le suddette concentrazioni soglia di contaminazione. A tal fine, i valori di fondo da assumere sono definiti con la procedura di cui all'articolo 11, comma 1, e, in tal caso, l'utilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti è possibile nel rispetto delle condizioni indicate nell'articolo 11, comma 2²".

Pertanto, i materiali oggetto di scavo della colmata sono stati analizzati al fine di verificare la possibilità di qualificarli come sottoprodotti, tramite il confronto tra le concentrazioni misurate nelle campagne di indagine eseguite e le CSC di Tab. 1 colonne A e B del D.lgs.152/06 o i Limiti ISS per i parametri non normati dal D.lgs.152/06 o, se superiori, i Valori di Fondo dell'ARIN di Bagnoli-Coroglio.

Inoltre, poiché la colmata è costituita da riporti, in conformità con la prassi seguita negli altri progetti INVITALIA dell'ARIN Bagnoli approvati, è necessario anche verificare che le concentrazioni dei contaminanti analizzati negli eluati dei test di cessione eseguiti rispettino i limiti del DM 5 febbraio 1998 o, se superiori, i Valori di fondo naturale approvati in sede di segreteria tecnica al MATTM nell'ambito dell'iter di autorizzazione dei progetti di Bagnoli Futura (parametri Arsenico 380 µg/l, Berillio: 9 µg/l, Ferro: 3106 µg/l, Manganese: 1104 µg/l e Piombo:19 µg/l) e il valore di fondo dei Fluoruri (4.000 µg/l), riportato nell'Analisi di rischio sito-specifica rev.3 del dicembre 2019 approvata in CdS di febbraio 2020.

Per i materiali con contaminanti in concentrazione eccedenti le CSC di Tab. 1 colonna B / Limiti ISS, non qualificabili come sottoprodotti, sono stati valutati i possibili flussi di gestione sulla base della conformità degli eluati ai limiti di

¹ Art. 22 "1. Le terre e rocce da scavo generate in cantieri di grandi dimensioni non sottoposti a VIA o AIA, come definiti nell'articolo 2, comma 1, lettera v) , per essere qualificate sottoprodotti devono rispettare i requisiti di cui all'articolo 4, nonché i requisiti ambientali indicati nell'articolo 20"

² Art.11 "2. Le terre e rocce da scavo di cui al comma 1 sono utilizzabili nell'ambito del sito di produzione o in un sito diverso a condizione che tale ultimo sito presenti valori di fondo naturale con caratteristiche analoghe in termini di concentrazione per tutti i parametri oggetto di superamento nella caratterizzazione del sito di produzione. La predisposizione e la presentazione del piano di utilizzo avviene secondo le procedure e le modalità di cui all'articolo 9"

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

ammissibilità in discarica per rifiuti inerti, non pericolosi e pericolosi indicati nel D.Lgs.n 121 del 3 settembre 2020 oppure, per un eventuale recupero, ai limiti del DM Ambiente n°186 del 05/04/2006.

Non essendo disponibili analisi specifiche di classificazione del rifiuto ai sensi dell'Al D parte IV del D.Lgs.152/06, il destino individuato è da considerarsi "indicativo" e sarà verificato in fase di caratterizzazione a seguito della identificazione del codice CER e della conferma dei requisiti di ammissibilità in discarica sopracitati.

3.2 RICOSTRUZIONE TRIDIMENSIONALE DELLE VOLUMETRIE IN AREA COLMATA

La ricostruzione tridimensionale dell'area della colmata, descritta in dettaglio nell'allegato specialistico "Ricostruzione tridimensionale dell'area colmata", ha permesso di stimare i volumi dei principali materiali che la costituiscono. In particolare, sono stati stimati principali volumi della colmata epurando la porzione sottostante al pontile nord, che non verrà scavata e la porzione a nord in quanto verrà assimilata alla Microcella Nord e pertanto scavata durante le operazioni di risanamento degli arenili. I dettagli di tale intervento sono descritti nel report 2021E014INV-01-D-01-AR-RS-REL-01-01. I volumi ottenuti sono riassunti nelle seguenti tabelle:

Tabella 3.1: Stima dei volumi ubicati a sud del pontile elaborati mediante software specialistici

Orizzonte	Volume a sud del pontile nord (mc)
Corpo Colmata	1.244.400
Capping	51.000
Riporto con scorie, loppe e minerali fossili	394.000
Riporto generico	799.400
Materiale da riutilizzare in sito	99.800
Materiale da inviare ad eventuale trattamento e/o riutilizzo in sito in aree ad uso commerciale-industriale	296.400
Materiale da inviare a discarica per rifiuti inerti	204.500
Materiale da conferire a discarica per rifiuti non pericolosi	532.000
Materiale da inviare a recupero	60.700

I volumi così ottenuti sono stati successivamente suddivisi in insaturo e saturo, di seguito sono riassunti i volumi stimati sia con sia senza pontile nord:

Tabella 3.2: Stima dei volumi elaborati ripartiti tra insaturo e saturo

Orizzonte	Volume insaturo (mc)	Volume saturo (mc)
Corpo Colmata	903.100	341.300
Capping	51.000	0
Riporto con scorie, loppe e minerali fossili	310.000	84.000
Riporto generico	542.100	257.300
Materiale da riutilizzare in sito	86.200	13.600
Materiale da inviare ad eventuale trattamento e/o riutilizzo in sito in aree ad uso commerciale-industriale	240.200	56.200
Materiale da inviare a discarica per rifiuti inerti	146.700	57.800
Materiale da conferire a discarica per rifiuti non pericolosi	335.200	196.800
Materiale da inviare a recupero	43.800	16.900

3.3 RAZIONALIZZAZIONE DEI DATI AI FINI DELLE ATTIVITÀ DI SCAVO

La superficie di interfaccia colmata-sedimenti sottostanti e la superficie piezometrica descritte nell'allegato 1 sono state "razionalizzate" al fine di ottenere una discretizzazione della colmata in celle a cui poter assegnare un valore univoco di profondità e spessore di scavo insaturo/saturo e agevolare quindi le future attività di caratterizzazione preliminare e scavo per la rimozione della colmata.

3.3.1 Razionalizzazione della superficie di interfaccia colmata-sedimenti naturali sottostanti e definizione delle quote e spessori di scavo

La superficie di interfaccia rappresentata in Figura 3.1 è stata razionalizzata mediante una griglia a maglie regolari di dimensioni 40 x 40 m (vedi immagine seguente) al fine di ottenere una discretizzazione in celle a cui poter assegnare un valore univoco di spessore di scavo.

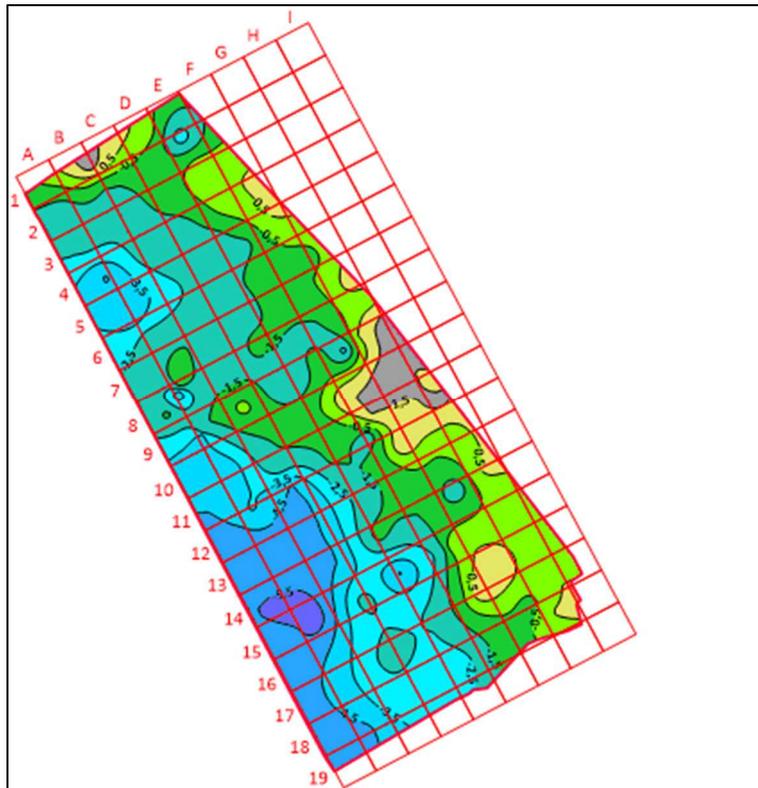


Figura 3.1: Discretizzazione della superficie di interfaccia in celle 40 x 40 m

Attraverso l'utilizzo del software QGIS, è stato definito il valore medio della quota della superficie di interfaccia colmata – sedimenti sottostanti assegnata al centroide per ciascuna cella di discretizzazione, in modo da ricavare la base di scavo media per la specifica cella in m s.l.m.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

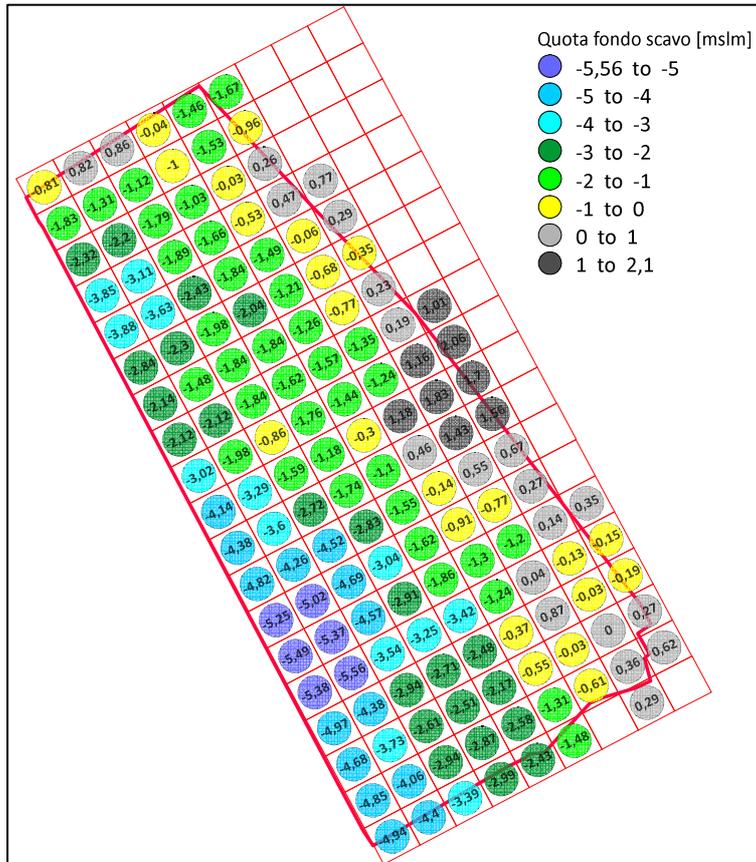


Figura 3.2: Estrapolazione base di scavo media in mslm per ciascuna cella 40 x 40 m

La medesima discretizzazione è stata effettuata anche per la quota topografica Z (m s.l.m.), ricavando, per differenza, lo spessore medio di materiale da scavare per ciascuna cella.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

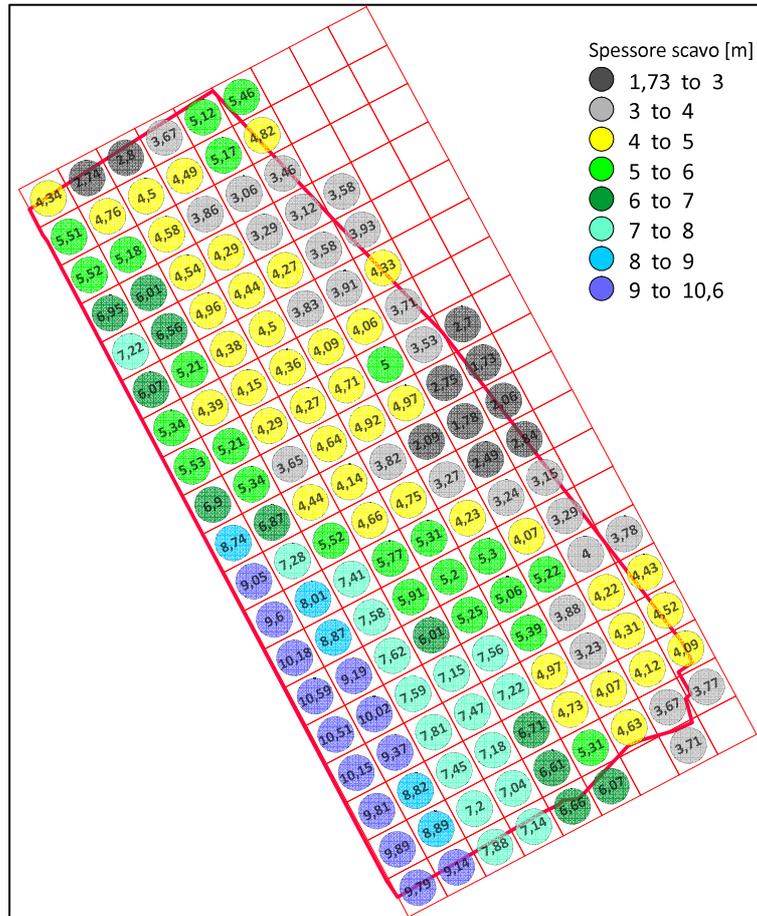


Figura 3.3: Spessore medio di scavo in m per ciascuna cella n-esima

3.3.2 Razionalizzazione della superficie piezometrica e definizione degli spessori di scavo nei materiali insaturi/saturi

La superficie piezometrica rappresentata in Figura 3.4 è stata discretizzata secondo la medesima maglia di celle regolari 40 x 40 m utilizzata nella definizione della superficie di interfaccia. A ciascuna cella è stato quindi assegnato il valor medio del livello di falda in m s.l.m. tramite software QGIS (si veda immagine seguente).

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

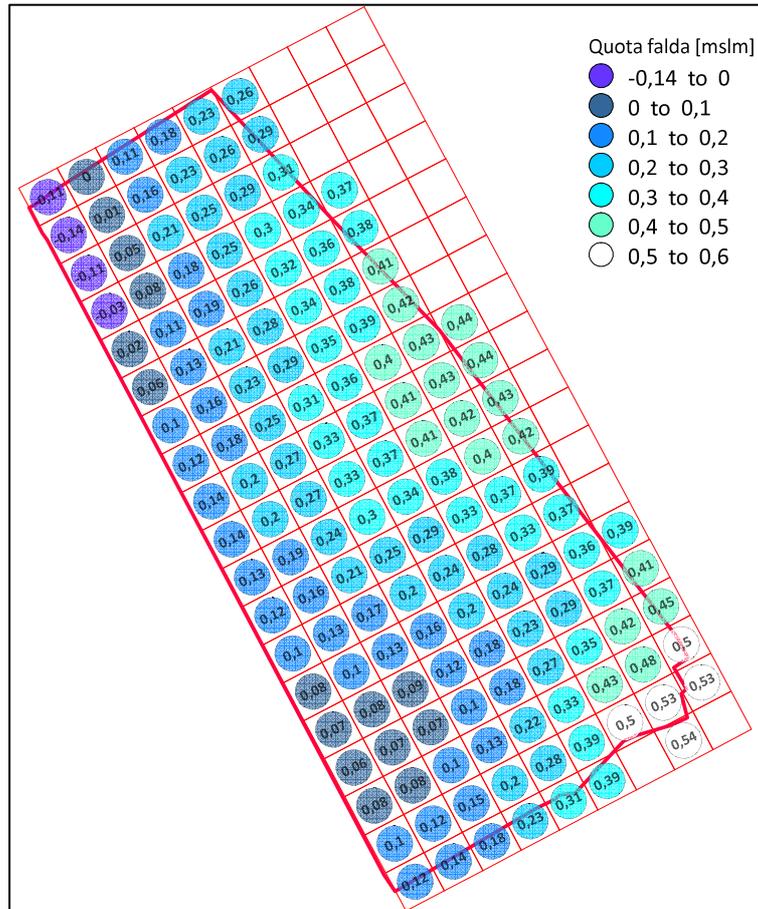


Figura 3.4: Estrapolazione quota falda media per ciascuna cella 40x40 m

Combinando le informazioni relative alla base di scavo (Figura 3.2) e alla superficie piezometrica (Figura 3.4 precedente) è stato ricavato lo spessore di materiale insaturo e saturo per ciascuna cella di scavo. Per quanto riguarda lo spessore insaturo, le profondità di scavo aumentano progressivamente da NNE a SSO, con un minimo pari a 1,73 m nella zona centrale ad Est dell'area di colmata ed un massimo di 5,12 m nella porzione a SO. Similmente, lo spessore di scavo nel saturo raggiunge un valore massimo a SO (5,64 m).

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

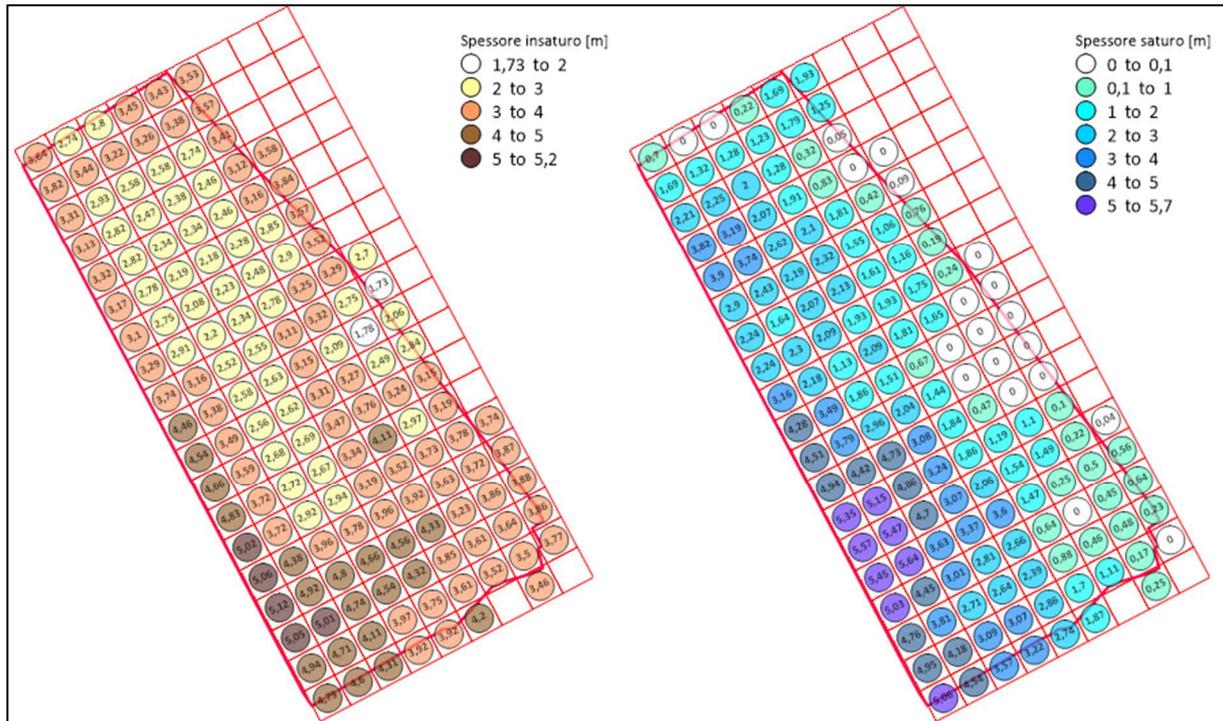


Figura 3.5: Spessore medio di scavo insaturo (a sinistra) e saturo (a destra) per ciascuna cella 40x40 m

3.4 TEST DI TRATTABILITÀ

3.4.1 Test di trattabilità con soil washing e desorbimento termico (2020)

Nel 2020 il RTI composto da Ambienthesis SpA, Chelab srl e Ecologica Sud Servizi srl, nell’ambito dell’esecuzione di alcuni test pilota delle tecnologie di bonifica individuate nella fase di screening e potenzialmente applicabili per il risanamento ambientale dell’ARIN di Bagnoli-Coroglio, ha eseguito un test di trattabilità di soil washing (SW) e desorbimento termico (DT) a scala pilota (presso impianto Geoter srl di Concamarise, VR) su un campione di circa 150 ton di sabbie prelevate sull’arenile Sud (denominata area E)³.

L’immagine seguente mostra le attività condotte nell’area E.

³ La relazione finale dei test è disponibile sul sito internet INVITALIA, sezione Rilancio Bagnoli, elaborati Progetto Definitivo Bonifica Lotto 1 Fondiarie all’interno del sito di rilevante interesse nazionale di Bagnoli-Coroglio rev_1: <https://www.invitalia.it/cosa-facciamo/rilanciamo-le-aree-di-crisi-industriale/rilancio-bagnoli/doc03---progetti-di-bonifica>

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023



Figura 3.6: Ubicazione Area E dell'Arenile Sud sottoposta a test pilota delle tecnologie di bonifica nel 2020

Per quanto riguarda il SW, il test a scala pilota è stato preceduto da una fase di test a scala di laboratorio condotta presso il laboratorio VITO NV di Anversa- Belgio che ha individuato il miglior chemical da utilizzare per abbattere le contaminazioni.

Il materiale (150 ton/area), caratterizzato da una distribuzione granulometrica nettamente spostata verso la frazione sabbiosa (Fine < 0,063 mm 6%, Sabbie 92%, Ghiaie 1% e Ciottoli 1%) è stato sottoposto a 2 test di lavaggio distinti:

- ✓ 75 ton trattate solo con acqua a pH controllato (6 +/- 0,5);
- ✓ 75 ton trattate con acqua a pH controllato (6 +/- 0,5) e reagente Chelante EDTA (soluzione liquida al 40%).

Per ciascuna prova i tagli granulometrici prodotti in uscita dal trattamento sono stati i seguenti:

- ✓ fango: fino a 0,063 mm
- ✓ sabbia: 0,063-2 mm
- ✓ ghiaio: 2-20 mm
- ✓ ciottolo: 20-60 mm

Gli esiti del test hanno indicato:

- ✓ un potenziale recupero delle sole frazioni grossolane, mentre per le sabbie permangono eccedenze delle CSC del D.Lgs.152/06 Tab.1 colonna A o Valori di fondo dell'ARIN Bagnoli e, per Arsenico, anche delle CSC di Tab.1 colonna B;
- ✓ un potenziale rispetto dei limiti di cessione negli eluati;
- ✓ una certa corrispondenza tra i risultati del test condotto con acqua a pH controllato e con reagente con reagente Chelante EDTA.

Per quanto riguarda il DT gli esiti del test a scala pilota condotto sia a 550°C sia a 480-500°C hanno indicato:

- ✓ una discreta lavorabilità del materiale grazie della ridotta presenza di materiale a granulometria grossolana (ciottolo e ghiaia) che rende più difficoltoso il mantenimento delle temperature di processo;

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

- ✓ una efficiente rimozione delle frazioni organiche (IPA in particolare) con il raggiungimento delle CSC del D.Lgs.152/06 Tab.1 colonna A (mentre per i metalli, come prevedibile, la tecnologia non è risultata risolutiva);
- ✓ una generale conformità dei limiti di cessione negli eluati per le frazioni grossolane e fini.

L'ipotesi di un trattamento combinato SW e DT è stata elaborata su base matematica, simulando che le frazioni in uscita dal soil washing non conformi al recupero potessero essere ulteriormente trattate tramite desorbitore termico. Tale scenario ha mostrato un potenziale miglioramento qualitativo in tutte le frazioni in uscita grazie all'abbattimento degli idrocarburi residui non trattati completamente dal SW, associati, tuttavia a possibili peggioramenti delle concentrazioni negli eluati dei test di cessione in particolare nelle frazioni più grossolane.

3.4.2 Test di trattabilità con soil washing (2023)

Nell'ambito dell'Appalto misto di servizi di ingegneria e architettura per la progettazione definitiva e coordinamento della sicurezza in fase di progettazione per appalto integrato, comprensivo di servizi di indagini e di lavori di test di dimostrazione tecnologica, oltre ai servizi di direzione dei lavori e di coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione, afferente all'intervento denominato "rimozione colmata, bonifica degli arenili emersi "Nord" e "Sud" e risanamento e gestione dei sedimenti marini compresi nel Sito di Rilevante Interesse Nazionale di Bagnoli-Coroglio (NA)", il RTI costituito da PROGER S.p.A, ARCADIS ITALIA S.r.l., AMBIENTE S.p.A., RINA CONSULTING S.p.A., FINALCA INGEGNERIA S.r.l., DHI SRL A SOCIO UNIC), 3BA S.r.l., ASPS Servizi Archeologici s.n.c. di Laura Sanna e Francesco Tiboni, è stato incaricato di eseguire test pilota di soil washing al fine di verificare la possibilità di recuperare i sedimenti delle aree a mare ricomprese nell'ARIN di Bagnoli-Coroglio.

I test pilota sono stati previsti sui sedimenti rimossi da 3 specifiche macroaree (denominate A, B e C), ubicate tra la linea di costa e la batimetrica - 5 m e selezionate all'interno dei poligoni di Thiessen che, nell'ambito del progetto ABBaCo, erano risultati maggiormente contaminati (si veda anche la seguente Figura 3.7):

- ✓ Macroarea A: specchio acqueo antistante l'Arenile Nord;
- ✓ Macroarea B: specchio acqueo antistante la Colmata;
- ✓ Macroarea C: specchio acqueo antistante l'Arenile Sud.

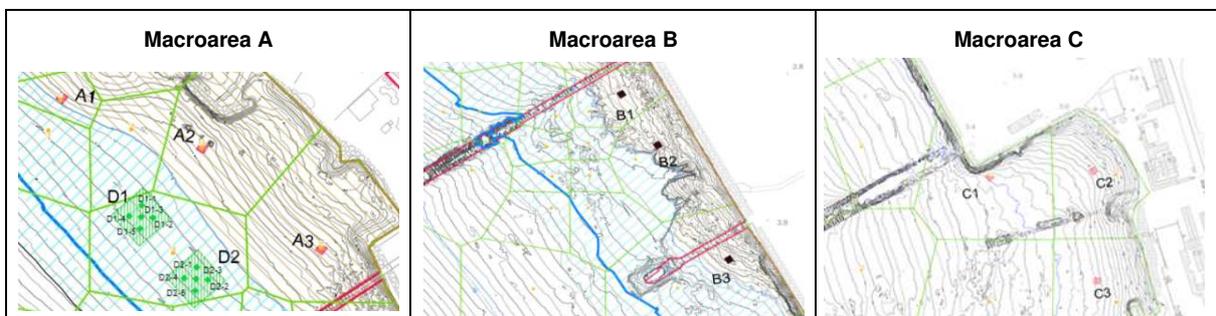


Figura 3.7: Aree oggetto di test di dimostrazione tecnologica

I test pilota sono stati eseguiti in due fasi:

- ✓ Fase I: Esecuzione di test pre-trattabilità a scala di laboratorio;
- ✓ Fase II: Esecuzione di test di trattabilità a scala industriale.

I test di trattabilità a scala di laboratorio (**FASE I**) sono stati condotti dalla Società Semataf S.r.l. con sede legale in Via Germania 10/O a Borgo Venusio (PT) su campioni di sedimenti prelevati sui Lotti A2 (scelto per la presenza di significative concentrazioni di Idrocarburi Policiclici Aromatici e inorganici) e Lotto B3 (scelto per le significative concentrazioni di inorganici).

I test sono stati eseguiti simulando il completo ciclo di trattamento industriale dell'impianto SW della Società. I materiali prodotti dallo svolgimento del test (matrici solide, rifiuti solidi, rifiuti liquidi) sono stati sottoposti a determinazione analitica di laboratorio per verificare sia la possibilità di certificare la materia solida come materia prima seconda (prevalentemente sabbia), sia l'ammissibilità a smaltimento dei residui solidi e liquidi prodotti a valle

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

del trattamento presso la Piattaforma Semataf. Di seguito si riassumono le considerazioni della Società relativamente ai campioni trattati:

- ✓ Lotto A2: Le analisi chimiche condotte dal laboratorio privato di Semataf sui materiali derivanti dal trattamento, prevalentemente sabbie, hanno mostrato che per la materia prima seconda non è possibile concludere positivamente il processo di end of waste per il superamento del parametro Fluoruri nei test di cessione. Le analisi chimiche condotte sui rifiuti solidi (fanghi) hanno mostrato che non sono ammissibili a smaltimento presso la Piattaforma Semataf, per il superamento del parametro Cloruri nei test di cessione, mentre quelle condotte sui rifiuti liquidi hanno mostrato l'ammissibilità a smaltimento.
- ✓ Lotto B3: Le analisi chimiche condotte dal laboratorio privato di Semataf sui materiali derivanti dal trattamento, prevalentemente sabbie, hanno mostrato che per la materia prima seconda è possibile concludere positivamente il processo di end of waste. Le analisi chimiche sui rifiuti solidi (fanghi) e sui rifiuti liquidi hanno mostrato sono ammissibili a smaltimento presso la Piattaforma Semataf.

In ragione di queste risultanze, delle prospettabili difficoltà comunicate dall'impianto Semataf in merito al trattamento e completamento del processo di End of Waste, della difficoltà di poter accettare materiali qualitativamente peggiori rispetto del Lotto B3, il test di trattabilità a scala industriale (**FASE II**) è stato eseguito presso l'impianto Ladurner Remedia Srl ubicato a Mira (VE) in Via Bastiette 23, autorizzato con Determina n° 50904 del 09/06/2017 della città metropolitana di Venezia, modificata con Determina n° 47882 del 25/06/2018 e ulteriormente e sostanzialmente modificata con Determina n° 541 / 2021 prot. 2021 / 13287 del 16/03/2021. L'impianto è costituito da diversi elementi e processi, di seguito sintetizzati:

- ✓ tramoggia di carico dotata di griglia separatrice ribaltabile e sottostante nastro trasportatore. La griglia ha la funzione di separare ed estrarre meccanicamente elementi di elevata pezzatura (ad esempio blocchi cementizi, rocce, legni) e nel disgregare le zolle più compatte del materiale escavato;
- ✓ deferrizzatore a nastro, con magneti potenza kW 2,2, avente lo scopo di separare e recuperare eventuali manufatti metallici caratterizzati da proprietà magnetiche;
- ✓ sfangatrice a pale "KISA" che consente un'energica azione meccanica di disgregazione del materiale da trattare, con regolazione della velocità di rotazione degli alberi porta pale e dell'inclinazione di lavoro della macchina;
- ✓ vaglio orizzontale a doppio albero con reti in poliuretano e impianto a doccia su tutti i piani, con spruzzatori, per separare i granuli a maggiore diametro;
- ✓ vaglio vibrante sgocciolatore;
- ✓ gruppo ciclonatura con vasca "GRF" ed idrociclone;
- ✓ n. 2 celle di attrizione con filtro idrociclone e n.2 vasche. Nelle celle di attrizione la miscela sabbia/acqua proveniente dal gruppo di ciclonatura primario va ad alimentare la prima camera della cella di attrizione. Lo sfregamento reciproco tra i granuli di sabbia porta ad un distacco degli inquinanti adesi sulla superficie esterna dei granuli stessi. La torbida viene poi sospinta da alberi a palette attraverso le due vasche della cella stessa e poi convogliata al gruppo di risciacquatura finale;
- ✓ gruppo recupero fini, costituito da pompa centrifuga orizzontale con girante, idrociclone, vaglio vibrante sgocciolatore ad azionamento elettromeccanico con masse eccentriche regolabili e piano vagliante con pannelli in poliuretano;
- ✓ vaglio a banana per la ulteriore separazione delle piccole particelle organiche in sospensione;

Inoltre, la linea di trattamento della frazione superiore a 2 mm comprende anche:

- ✓ separatore a pulsazione SETZ MACHINE (per classi di densità);
- ✓ vaglio vibrante inclinato ed impianto a doccia su tutti i piani, con spruzzatori calibrati. (cd. vaglio ad umido)

La linea acque processo – estrazione fini è costituita da un sistema a circolo chiuso con un impianto di trattamento acque dedicato, finalizzato principalmente alla estrazione delle parti fini (fanghi) in modo che l'acqua ricircolata continui ad avere caratteristiche chimico-fisiche idonee per esercitare l'azione di lavaggio sui materiali trattati, e costituito dalle seguenti sezioni:

- ✓ sezione vasca di reazione e sollevamento torbida costituita da un serbatoio da 75 m³;

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

- ✓ sezione condizionamenti chimici costituita da un impianto di preparazione e dosaggio latte di calce, con un dissolvente di capacità 2 m³ collegato ad un silo autoportante da 55 m³ per lo stoccaggio della calce idrata in polvere, in esterno al capannone;
- ✓ sezione chiarificazione acque costituita da n. 2 sedimentatori cilindrici statici a flusso verticale di 210.000 litri cadauno;
- ✓ sezione di omogeneizzazione e pompaggio fanghi dal fondo del chiarificatore, costituita da n. 1 vasca da 20 m³ con agitatore;
- ✓ sezione di disidratazione fanghi costituita da n. 1 filtropressa a 61 piastre con impianto di lavaggio automatico delle tele e scarico del materiale filtro pressato;
- ✓ sezione di ulteriore di depurazione delle acque di lavaggio (già chiarificate) composta da vasca di equalizzazione-sedimentazione e batteria di filtrazione.

Alla data di redazione del presente documento il test di trattabilità è stato completato a scala industriale sui Lotti A1 e A2 della Macroarea A.

Per ciascun lotto sono state effettuati test di lavaggio in due repliche di trattamento distinte, dividendo i cumuli in due volumi uguali:

- ✓ Lotto A1: prove eseguite su circa 100 ton a replica;
- ✓ Lotto A2: prove eseguite su circa 75 ton a replica.

Le prime repliche sono state eseguite effettuando le operazioni di lavaggio ad acqua a pH controllato. Le seconde repliche sono state eseguite effettuando le medesime operazioni di lavaggio ad acqua a pH controllato del protocollo di trattamento individuato per le prime repliche con l'aggiunta di una fase di stimolazione del processo di ossidazione chimica dei sedimenti post-lavaggio con Perossido di Idrogeno (H₂O₂, CAS N° 7722-84-1). Il prodotto, selezionato in ragione delle elevate concentrazioni di composti idrocarburi, è stato utilizzato in soluzione molto concentrata, di circa il 35%, irrorata sulla frazione sabbiosa trattata uscente dall'impianto e potenzialmente recuperabile.

I risultati del test hanno indicato:

- ✓ per la replica 1 (lavaggio ad acqua a pH controllato):
 - Lotto A1: una percentuale di abbattimento delle concentrazioni dei parametri non conformi in ingresso pari a circa il 36%.
 - Lotto A2: una percentuale di abbattimento delle concentrazioni dei parametri non conformi in ingresso pari a circa il 58%.
- ✓ per la replica 2 (lavaggio ad acqua a pH controllato con l'aggiunta post-lavaggio di Perossido di Idrogeno):
 - Lotto A1: una percentuale di abbattimento delle concentrazioni dei parametri non conformi in ingresso pari a circa il 70%.
 - Lotto A2: una percentuale di abbattimento delle concentrazioni dei parametri non conformi in ingresso pari a circa il 60%.

In generale, il trattamento a scala industriale ha mostrato una moderata efficacia nel ridurre la contaminazione riscontrata in partenza nei Lotti A1 ed A2 per tragaruardare le CSC definite dal D.Lgs. 152/06 di Tabella 1 colonna A o Valori di Fondo dell'ARIN di Bagnoli, mentre permette di raggiungere i valori definiti dalla colonna B.

L'aggiunta di Perossido di Idrogeno nei materiali post-trattamento si è rivelata più efficace nell'abbattere alcuni parametri specifici: in particolare, per il Lotto A1 l'aggiunta del reagente ha permesso la riduzione delle concentrazioni di Zinco e di alcuni Idrocarburi Policiclici Aromatici alle CSC Colonna A o Valori di Fondo (si veda la Tabella 3.3). Per il Lotto A2, il cui trattamento con il solo lavaggio ad acqua ha mostra una significativa efficacia, in particolare per Cadmio, Mercurio e alcuni Idrocarburi Policiclici Aromatici, si è riscontrato che l'aggiunta di Perossido di Idrogeno nei materiali post-trattamento non ha apportato significativi benefici in termini di abbattimento (inoltre, per alcuni analiti, si è registrata una anomala inversione nel tenore della concentrazione, si veda la Tabella 3.4).

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Tabella 3.3: Lotto A1. Riepilogo dei risultati dei test di trattabilità

Parametro	u.m.	CSC Col. A / Valore di fondo (VF)*	Ingresso	Lotto A1 – Replica 1 Uscita	Lotto A1 – Replica 2 Uscita
Arsenico (As)	mg/kg	29 *	64	61	31,1
Zinco (Zn)	mg/kg	158 *	229	254	137
Benzo(a)antracene	mg/kg	0,5	2,2	1,49	0,46
Benzo(a)pirene	mg/kg	0,1	2,6	1,54	0,54
Benzo(b)fluorantene	mg/kg	0,5	2,2	1,14	0,54
Benzo(g,h,i)perilene	mg/kg	0,1	1,87	0,85	0,48
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg	0,1	0,47	0,161	0,098
Pirene	mg/kg	5	5,2	2,9	1,18
Sommatoria IPA	mg/kg	10	20	11	4,4

Tabella 3.4: Lotto A2. Riepilogo risultati dei test di trattabilità

Parametro	u.m.	CSC Col. A / Valore di fondo (VF)*	Ingresso	Lotto A2 – Replica 1 Uscita	Lotto A2 – Replica 2 Uscita
Arsenico (As)	mg/kg	29 *	79	43,7	44,1
Cadmio (Cd)	mg/kg	2	7,9	0,64	0,29
Mercurio (Hg)	mg/kg	1	1,86	0,18	<0,21
Piombo (Pb)	mg/kg	103 *	510	149	160
Zinco (Zn)	mg/kg	158 *	1510	451	444
Benzo(a)antracene	mg/kg	0,5	6,5	3,8	2,3
Benzo(a)pirene	mg/kg	0,1	10,4	4,2	3,2
Benzo(b)fluorantene	mg/kg	0,5	8	3,1	2,8
Benzo(g,h,i)perilene	mg/kg	0,1	6,7	2,3	2,6
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg	0,1	1,3	0,85	0,45
Pirene	mg/kg	5	19	9,9	7,6
Sommatoria IPA	mg/kg	10	70	31	25
Idrocarburi Pesanti C>12 (C12÷C40)	mg/kg	50	99	78	142

La tabella seguente riepiloga le percentuali di abbattimento delle concentrazioni dei contaminanti eccedenti le CSC di Tabella 1 Colonna A rilevate nei sedimenti marini prelevati nel Lotto A1 e nel Lotto A2 e l'efficienza media complessiva stimabile per i due Lotti.

Tabella 3.5: Lotti A1 e A2. Riepilogo efficienze di abbattimento delle concentrazioni

Parametro	Abbattimento massimo nel Lotto A1 [%]	Abbattimento massimo nel Lotto A2 [%]	Efficienza media di abbattimento delle concentrazioni nei Lotti A1 e A2 [%]
Arsenico	51%	45%	48%
Cadmio		96%	96%
Mercurio		90%	90%
Piombo		71%	71%
Zinco	40%	71%	55%
Idrocarburi C>12		21%	21%
Pirene	77%	60%	69%
Benzo(a)antracene	79%	65%	72%
Benzo(b)fluorantene	75%	65%	70%
Benzo(a)pirene	79%	69%	74%

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Benzo(g,h,i)perilene	74%	66%	70%
Dibenzo(a,h)antracene	79%	65%	72%
Sommatoria IPA	78%	64%	71%

In sintesi, quindi, nell'ottica di un eventuale riutilizzo in sito dei materiali trattati tramite soil washing, sulla base dei primi test completati alla data di redazione del presente documento, è possibile osservare che (si veda anche la Figura 3.8):

- ✓ tutti gli eluati prodotti durante i test di cessione sono conformi ai i limiti di cui all'Allegato 3 del D.M. 05/02/1998 o ai Valore di Fondo dell'ARIN di Bagnoli (questi ultimi significativi, in particolare, per il parametro Fluoruri, il cui limite è pari a 4 mg/l);
- ✓ i materiali del Lotto A2, indipendentemente dalle modalità di trattamento selezionate, risultano sempre recuperabili in siti a destinazione d'uso commerciale/industriale;
- ✓ i materiali del Lotto A1 risultano recuperabili in siti a destinazione d'uso commerciale/industriale applicando la tipologia di trattamento prevista in Replica 2.

	MATRICE SOLIDA POST-TRATTAMENTO Lotto A1 - Replica 1		MATRICE SOLIDA POST-TRATTAMENTO Lotto A2 - Replica 1		MATRICE SOLIDA POST-TRATTAMENTO Lotto A1 - Replica 2		MATRICE SOLIDA POST-TRATTAMENTO Lotto A2 - Replica 2	
	Confronto con CSC (D.Lgs. 152/06)		Confronto con CSC (D.Lgs. 152/06)		Confronto con CSC (D.Lgs. 152/06)		Confronto con CSC (D.Lgs. 152/06)	
	CSC Col A	CSC Col B	CSC Col A	CSC Col B	CSC Col A	CSC Col B	CSC Col A	CSC Col B
NON CONFORMITA'	ANALITI NON CONFORMI	ANALITI NON CONFORMI	ANALITI NON CONFORMI	ANALITI CONFORMI	ANALITI NON CONFORMI	ANALITI CONFORMI	ANALITI NON CONFORMI	ANALITI CONFORMI
	Arsenico (As)	Arsenico (As)	Arsenico (As)		Arsenico (As)		Arsenico (As)	
	Zinco (Zn)		Zinco (Zn)		Benzo(a)pirene		Piombo (Pb)	
	Benzo(a)antracene		Benzo(a)antracene		Benzo(b)fluorantene		Zinco (Zn)	
	Benzo(a)pirene		Benzo(b)fluorantene		Benzo(g,h,i)perilene		Benzo(a)antracene	
	Benzo(b)fluorantene		Benzo(a)pirene				Benzo(b)fluorantene	
	Benzo(g,h,i)perilene		Benzo(b)fluorantene				Benzo(g,h,i)perilene	
	Dibenzo(a,h)antracene		Benzo(g,h,i)perilene				Dibenzo(a,h)antracene	
	Sommatoria IPA		Dibenzo(a,h)antracene				Pirene	
			Pirene				Sommatoria IPA	
			Sommatoria IPA				Iidrocarburi Pesanti C>12	
			Iidrocarburi Pesanti C>12					
NON CONFORMITA'	ANALITI CONFORMI	ANALITI CONFORMI	ANALITI CONFORMI *	ANALITI CONFORMI *	ANALITI CONFORMI	ANALITI CONFORMI	ANALITI CONFORMI *	ANALITI CONFORMI *
ESITO COMPLESSIVO	NON RECUPERABILE	NON RECUPERABILE	NON RECUPERABILE	RECUPERABILE	NON RECUPERABILE	RECUPERABILE	NON RECUPERABILE	RECUPERABILE

* Fluoruri non conformi ai D.M. 05/02/1998 (1,5 mg/l) ma conformi ai Valori di fondo naturale (4 mg/l)

Figura 3.8: Riepilogo delle verifiche sulla recuperabilità delle matrici solide granulari

3.4.3 Stima del possibile scenario di trattamento dei sedimenti escavati/dragati

Come illustrato nei paragrafi precedenti, i test di soil washing del 2020 hanno mostrato un potenziale recupero delle sole frazioni grossolane, mentre per le sabbie sono rimaste eccedenze delle CSC del D.Lgs.152/06 Tab.1 colonna A o Valori di fondo dell'ARIN Bagnoli e, per Arsenico, anche delle CSC di Tab.1 colonna B. Il trattamento con desorbimento termico si è dimostrato estremamente efficiente nella rimozione delle frazioni organiche, in particolare per gli IPA, permettendo di raggiungere le CSC del D.Lgs.152/06 Tab.1 colonna A, mentre non è risultato risolutivo, come prevedibile, per l'abbattimento dei metalli.

Le ulteriori prove di soil washing eseguite nei 2023 hanno mostrato una efficienza media di abbattimento della concentrazione dei contaminanti rilevati nei sedimenti marini antistanti all'Arenile Nord variabile tra il 21 e il 96% (si veda la Tabella 3.5). Ulteriori sperimentazioni saranno condotte affinando il sistema di trattamento sulla base dei primi risultati ricavati dal trattamento dei Lotti A1 e A2.

Considerando di poter raggiungere una efficienza di abbattimento almeno pari ai valori medi determinati per i contaminanti eccedenti le CSC in ingresso ai test eseguiti sui Lotti A1 e A2 (Tabella 3.5), è possibile stimare una

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

riduzione delle concentrazioni medie dei sedimenti oggetto di escavo/dragaggio. La tabella seguente riporta tali concentrazioni medie post-trattamento ricavate applicando le percentuali di abbattimento della Tabella 3.5 alle concentrazioni medie pre-trattamento determinate considerando:

- ✓ le analisi eseguite nell'ambito del progetto ABBaCO sui sedimenti marini prelevati nelle zone prospicienti l'Arenile Nord (punti di indagine 7/bis, 11/bis, 14, 15 e 20), l'Arenile Sud (punti di indagine 62, 63, 71, 72, 82, 83, 91, 92 e 95) e antistanti la colmata (punti di indagine 30, 37, 44 e 61);
- ✓ le analisi eseguite nel 2021-2023 sugli Arenili Nord e Sud;
- ✓ le analisi eseguite nel 2017-2021 sui sedimenti sottostanti la colmata.

Tabella 3.6: Riduzione delle concentrazioni dei contaminanti attese post trattamento soil washing

Parametro	CSC di Tab.1 Col A D.Lgs. 152/06 o Valori di Fondo ARIN	Concentrazione media pre-trattamento			Efficienza media di abbattimento **	Concentrazione media post-trattamento		
		zona Arenile Nord	zona Colmata	zona Arenile Sud		zona Arenile Nord	zona Colmata	Arenile Sud
Arsenico	29*	44,50	86,82	71,11	48%	23,14	45,15	36,98
Cadmio	2	0,38	1,49	0,24	96%	0,02	0,06	0,01
Mercurio	1	0,14	0,08	0,26	90%	0,01	0,01	0,03
Piombo	103*	81,24	263,10	224,47	71%	23,56	76,30	65,10
Zinco	158*	159,17	669,99	434,31	55%	71,63	301,49	195,44
Idrocarburi C>12	50	273,72	363,29	272,61	21%	216,24	287,00	215,36
Pirene	5	11,43	10,65	8,96	69%	3,54	3,30	2,78
Benzo(a)antracene	0,5	5,07	5,75	5,43	72%	1,42	1,61	1,52
Benzo(b)fluorantene	0,5	6,69	5,90	7,51	70%	2,01	1,77	2,25
Benzo(a)pirene	0,1	6,06	4,96	5,23	74%	1,58	1,29	1,36
Benzo(g,h,i)perilene	0,1	4,44	2,99	2,96	70%	1,33	0,90	0,89
Dibenzo(a,h)antracene	0,1	0,86	0,67	0,77	72%	0,24	0,19	0,22
Sommatoria IPA	10	44,68	18,23	33,24	71%	12,96	5,29	9,64

Note
 * Valori di Fondo ARIN di Bagnoli-Coroglio
 ** Calcolata come media dell'efficienza determinata per i singoli parametri nei test eseguiti sul Lotto A1 e sul Lotto A2

Come evidente dalla tabella, i parametri che mediamente risultano eccedere le CSC di Tabella 1 Colonna A o i Valori di Fondo dell'ARIN di Bagnoli post-trattamento sono quelli organici Idrocarburi C>12 e IPA ai quali si aggiunge anche lo Zinco e l'Arsenico nei materiali che saranno oggetto di escavo/dragaggio in corrispondenza della colmata e dell'Arenile Sud.

Considerando l'ottima performance del desorbimento termico nella rimozione delle frazioni organiche nell'ambito del test del 2020, si ipotizza che i parametri organici eccedenti le CSC di Tabella 1 Colonna A post lavaggio possano essere portati a conformità tramite un intervento combinato di soil washing e desorbimento termico.

Per quanto riguarda le concentrazioni dei parametri Arsenico e Zinco, pari al massimo a 2 volte i limiti di fondo naturale definiti per l'ARIN, i prossimi test di soil washing che saranno eseguiti nelle altre macroaree potranno verificare il quadro emerso per i Lotti A1 e A2 ed eventualmente incrementare l'efficienza di abbattimento utilizzando differenti tempi di contatto nelle celle di attrizione e con il reagente già risultato mediamente efficace su tali contaminanti.

Sulla base di quanto sopra, cautelativamente, in questa fase di progettazione definitiva, si stima che, a seguito di un trattamento combinato di soil washing e desorbimento termico, possa essere recuperato circa il 50% dei sedimenti escavati e dragati dalle aree di intervento, da riutilizzare per le attività di ripascimento necessarie alla creazione della nuova linea di riva.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

3.5 DATI DI BASE PROGETTUALE

Secondo quanto definito nel modello concettuale delineato a seguito delle campagne di caratterizzazione eseguite e delle elaborazioni eseguite con EVS, i materiali costituenti la colmata sono suddivisibili in:

- materiali inerti costituenti il capping per i quali si prevede il riutilizzo nell'ambito del cantiere, previa verifica ai sensi della normativa vigente;
- materiali di riempimento, con concentrazione dei contaminanti inferiori alle CSC Tab.1 Col. A del D.Lgs.152/06 e/o Limiti ISS e/o Valori di fondo ed eluati con concentrazioni inferiori ai limiti del DM 5 febbraio 1998 e/o Valori di fondo, per i quali, fatte salve le opportune verifiche geotecniche, è possibile il riutilizzo in sito;
- materiali di riempimento, con concentrazione dei contaminanti superiore alle CSC Tab.1 Col. A e/o Valori di fondo ma inferiore alle CSC Tab.1 Col. B e/o Limiti ISS ed eluati con concentrazioni inferiori ai limiti del DM 5 febbraio 1998 e/o Valori di fondo, per i quali, previo idoneo trattamento e fatte salve le opportune verifiche geotecniche, è possibile il riutilizzo in aree a destinazione d'uso commerciale dell'ARIN.;
- materiali di riempimento, con concentrazione dei contaminanti superiori alle CSC Tab.1 Col. B e/o con eluati non conformi ai limiti del DM 5 febbraio 1998 e/o Valori di fondo per i quali, si prevede che siano sottoposti a processo di vagliatura. Previa caratterizzazione del rifiuto il sottovaglio sarà conferito a idoneo impianto di recupero/smaltimento, mentre il sopravaglio, previa caratterizzazione potrà essere eventualmente recuperato.

La tabella seguente sintetizza la volumetria dei materiali sopra descritti, distinguendoli anche tra insaturo e saturo.

Tabella 3.7: Dati di base della progettazione – volumi da gestire negli scavi

	TOTALE		INSATURO		SATURO	
	(m ³)	% sul totale	(m ³)	% sul totale	(m ³)	% sul totale
Volume totale Colmata, di cui:	1.244.400		903.100	73%	341.300	27%
volume di capping:	51.000		51.000	100%	0	0%
volume di loppe/scorie di lavorazione:	394.000		310.000	79%	84.000	21%
volume di riporto:	799.400		542.100	68%	257.300	32%
Volume colmata senza capping	1.193.400		852.100	71%	341.300	29%
Volume della colmata senza capping con gestione "riutilizzo in sito"	99.800	8%	86.200	86%	13.600	14%
Volume della colmata senza capping con gestione "eventuale trattamento e/o riutilizzo in sito – aree a destinazione d'uso commerciale-industriale"	296.400	25%	240.200	81%	56.200	19%
Volume della colmata senza capping con gestione "a conferimento a discarica per rifiuti inerti"	204.500	17%	146.700	72%	57.800	28%
Volume della colmata senza capping con gestione "a conferimento in discarica per rifiuti non pericolosi"	532.000	45%	335.200	63%	196.800	37%
Volume della colmata senza capping con gestione "a recupero"	60.700	5%	43.800	72%	16.900	28%
Somma volumi da gestire nella colmata senza capping	1.193.400		852.100	71%	341.300	29%

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

3.6 LIMITI, VINCOLI ED INTERFERENZE PRESENTI

Nella progettazione si è tenuto conto dei seguenti **limiti di intervento e interferenze**:

1. Secondo gli obiettivi del PRARU il progetto prevede la rimozione integrale della colmata finalizzata al ripristino della linea di costa. La dismissione avverrà per aree di scavo definite a seguito della caratterizzazione dei materiali che la costituiscono. L'area oggetto di intervento sarà costituita quindi dall'intera Colmata così delimitata:
 - ✓ A Nord da parte della scogliera e dalla recinzione verso l'arenile nord;
 - ✓ A Est da Via Coroglio, con la presenza di un muro di contenimento in c.c.a. contraddistinto da un avanzato stato di degrado;
 - ✓ A Sud da parte della scogliera e dall'area dell'arenile sud;
 - ✓ A Ovest, verso il mare, dalla scogliera e dal muro di contenimento.



Figura 3.9: Estratto dal PRARU - Tavola di suddivisione delle Macrozone a terra, in arancio la Colmata

I confini della colmata includono quindi anche una quotaparte di areale a nord del pontile nord (opera questa da preservare). L'intervento di rimozione di tale area avverrà, per motivi logistici contestualmente agli interventi di risanamento previsti per l'arenile nord.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Di seguito si riporta la planimetria di progetto della nuova LdR con evidenziata l'area di colmata ricadente nella microcella nord (in blu).

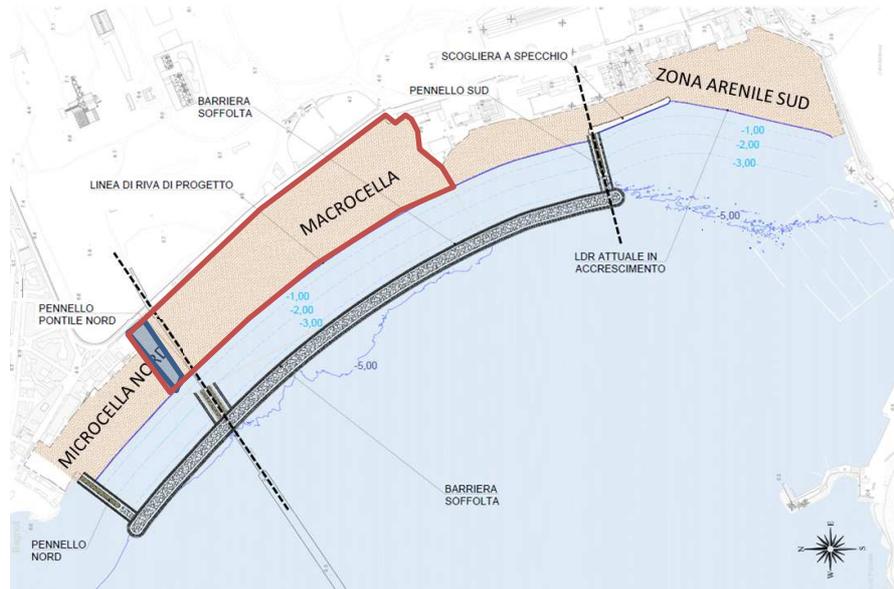


Figura 3.10: Ubicazione della colmata (in rosso) e suddivisione celle di intervento

2. Gli interventi previsti saranno interferenti con le seguenti opere/strutture che dovranno essere preservate:

- ✓ pontile nord;
- ✓ muro di contenimento lungo via Coroglio

Al fine di preservare le suddette opere nel corso degli scavi si prevede la realizzazione di opere di sostegno come descritto nel Paragrafo 5.2.3. e nel report **2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-01-00**

3. Gli interventi saranno interferenti con le seguenti opere/strutture che dovranno essere demolite:

- ✓ Pontile Sud
- ✓ Pontile sala pompe
- ✓ Alveo Canale Bianchettaro
- ✓ Fabbricato ex mensa aziendale
- ✓ Fabbricato ex uffici personale e cabina elettrica
- ✓ Vasca interrata ex impianto acque
- ✓ Fondazioni ex bilici
- ✓ Fondazioni ex centralina di carico e distribuzione nafta
- ✓ Fondazione e nastri 48, 48a e 49
- ✓ Aree impermeabilizzate
- ✓ Scogliera e muro di contenimento
- ✓ Rete di monitoraggio piezometrica
- ✓ Sistema TAF2

Inoltre, l'area della Colmata è interessata dalle seguenti opere di messa in sicurezza:

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

- ✓ una barriera idraulica di emungimento e relativo impianto di trattamento: la barriera idraulica è posizionata parallelamente a Via Coroglio all'interno dell'ex sito siderurgico, quindi esternamente all'area di scavo prevista;
- ✓ una barriera idraulica di ricarica: costituita da una batteria di pozzi ubicati lungo i limiti costieri della colmata, oggi non attivi che verranno dsismessi durante le operazioni di risanamento;
- ✓ un'impermeabilizzazione dell'area di colmata: a valle dello sbarramento rappresentato dalla barriera idraulica di emungimento, nel 2001 è stato realizzato un intervento di messa in sicurezza, consistente in un'impermeabilizzazione della superficie al fine di minimizzare la lisciviazione dei contaminanti operata dalle acque meteoriche e di ruscellamento.

In relazione alla localizzazione dei lavori di scavo da eseguire, secondo le indicazioni del PRARU e quanto previsto nell'elaborato del PFTE "*Relazione tecnica - Area colmata e Arenili emersi*" 05/2020, la barriera idraulica di emungimento sarà preservata ed eventualmente modificata a seguito di appropriata modellazione del sistema che prevede:

- ✓ il mantenimento di una barriera di emungimento in posizione di monte idraulico ed esternamente al confine Est dell'attuale Colmata;
- ✓ la completa rimozione della barriera di ricarica;
- ✓ la dismissione degli attuali TAF1 e TAF2, collocati rispettivamente al di fuori e internamente all'attuale Colmata;
- ✓ la messa in esercizio di un nuovo TAF3 a servizio del sistema di barrieramento idraulico secondo la nuova configurazione.

Le opere di impermeabilizzazione presenti sulla Colmata sono suddivise in 4 diverse aree con diverse caratteristiche (Area 1 e Area 3 con presenza di geoteli ricoperti da inerte/stabilizzato, Area 2 e Area 4 con presenza di copertura di asfalto/cemento). Si prevede la completa rimozione delle attuali impermeabilizzazioni nel corso dei lavori.

Nel seguito si riporta la planimetria delle impermeabilizzazioni, dei pozzi di ricarica e degli scarichi presenti in colmata.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

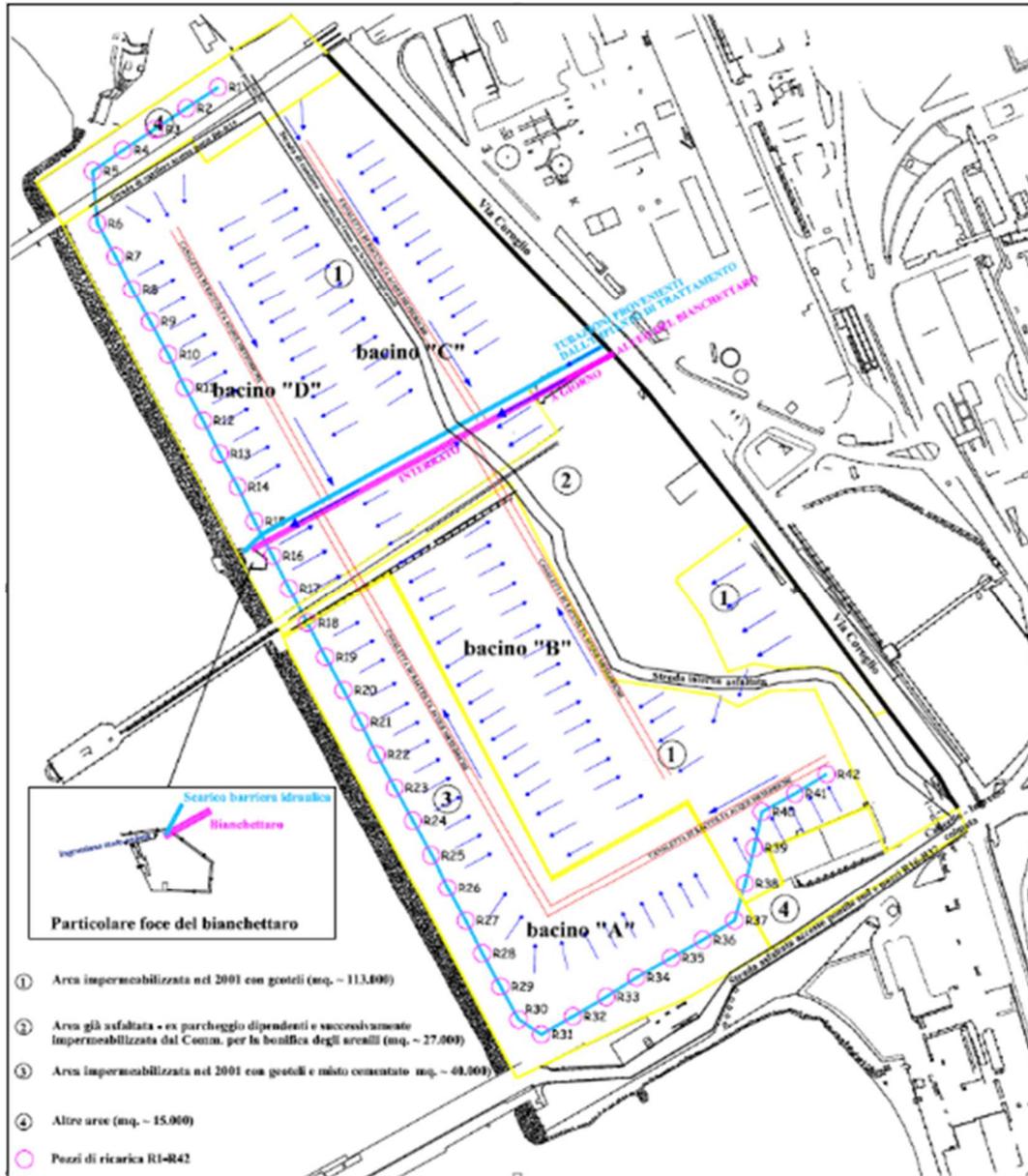


Figura 3.11: Planimetria impermeabilizzazioni, pozzi di ricarica e scarico TAF in colmata

4 STRATEGIA DI INTERVENTO

La strategia di intervento è stata definita sulla base di quanto esplicitato nel PFTE e nel PRARU.

In particolare, rimandando per i dettagli a quanto riportato nei suddetti documenti, è stato individuato, quale scenario ottimale di intervento di rimozione della Colmata lo scenario n. 3 previsto dal PFTE - *Rimozione dell'area di colmata tramite interventi integrati in quanto in linea con i principi previsti nelle BAT e con i principi della Direttiva 2008/98/CE "Direttiva Quadro Rifiuti" nonché sostenibile da un punto di vista economico, minimizzando la criticità legata all'incertezza del raggiungimento degli obiettivi di bonifica in tempi certi e funzionali al PRARU.*

Tale scenario prevede quindi la rimozione integrale della Colmata finalizzata al ripristino della linea di costa secondo gli obiettivi del PRARU.

Per quanto attiene la volumetria di sedimenti sottostante l'area di colmata il suddetto scenario ipotizzava una tipologia e un grado di contaminazione di tali sedimenti compatibile con i livelli di contaminazione dei sedimenti esterni, e tale dunque da non rendere necessario l'intervento di risanamento contestuale alla rimozione della colmata.

Considerando la natura "dinamica" dei sedimenti sottostanti la colmata è stata necessaria una progettazione integrata che tenesse conto della loro evoluzione nel tempo e permettesse di agire correttamente su tutti i comparti che le caratterizzano, ovvero sul comparto "dinamico" e sul comparto "statico". È stata quindi effettuata la progettazione e definizione della nuova Linea di Riva "stabile" (LdR progettuale) e dei sistemi di confinamento della stessa che, insieme, permettono di rendere "permanenti" gli interventi progettati e sulla base della quale sono stati definite le volumetrie di sedimenti sottostanti la colmata da rimuovere in quanto appartenenti al volume dinamico, i cui dettagli sono riportati negli elaborati specialistici **2021E014INV-01-D-02-OM-RS-REL-01-01**, **2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01**. Inoltre, la progettazione complessiva dell'intervento è stata supportata dalla procedura di Analisi di Rischio (AdR) che ha permesso la verifica dell'accettabilità del rischio da esposizione di eventuali contaminazioni residue a valle dell'applicazioni delle attività in progetto (si veda elaborato **2021E022INV-01-D-00-GE-IS-REL-03-01**).

La progettazione è stata quindi sviluppata secondo le seguenti fasi:

1. Analisi dei dati delle indagini eseguite, digitalizzazione dei dati, creazione del geodatabase della colmata, definizione del modello concettuale dell'area di intervento e definizione delle volumetrie di scavo con suddivisione in base al destino previsto.
2. Valutazione delle volumetrie dei sedimenti sottostanti la colmata da rimuovere perché appartenenti al volume dinamico.
3. Definizione delle modalità di scavo in funzione di:
 - ✓ caratterizzazione in banco a cumulo rovescio della porzione insatura;
 - ✓ caratterizzazione in cumulo della parte insatura non afferente a sottoprodotto a seguito di vagliatura;
 - ✓ caratterizzazione in cumulo della parte satura;
 - ✓ volumetrie e produttività di scavo sia nella porzione satura sia insatura;
 - ✓ estensioni delle aree di intervento;
 - ✓ presenza di vincoli/interferenze nelle zone di escavazione;
 - ✓ necessità di opere provvisoria;
 - ✓ eventuale interconnessione con il trattamento del materiale escavato per il successivo riutilizzo.
4. Suddivisione del progetto in fasi/parti funzionali:
 - ✓ attività propedeutiche;
 - ✓ demolizioni delle strutture presenti in colmata;
 - ✓ opere di sostegno;
 - ✓ fasi di scavo;
 - ✓ gestione del materiale scavato;
 - ✓ gestione dei sedimenti sottostanti la colmata;

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

- ✓ rimodellamento della nuova linea di costa.
5. Redazione del progetto definitivo contenente in particolare:
- ✓ modalità di scavo e rinterro (ripascimento);
 - ✓ piano di gestione dei materiali (materiali inviati a trattamento/smaltimento, bilancio materiali, necessità di volumetrie da cave di prestito con specifiche caratteristiche qualitative, granulometriche, colorimetriche);
 - ✓ piano di gestione delle interferenze (operazioni di dismissione/demolizione di alcune strutture ed opere esistenti, operazioni di protezione e preservazione di altre strutture e opere esistenti).
 - ✓ stima delle tempistiche di intervento
 - ✓ modalità di collaudo degli interventi
 - ✓ computo metrico estimativo.

5 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Come anticipato nel paragrafo precedente, l'intervento di rimozione integrale della colmata sarà finalizzato al ripristino della linea di costa secondo gli obiettivi del PRARU.

Di seguito vengono dettagliate puntualmente le fasi di intervento previste, premettendo fin d'ora che in fase esecutiva l'impresa potrà proporre procedure operative alternative nel rispetto del raggiungimento degli obiettivi di bonifica e della garanzia del rispetto dei più elevati standard di sicurezza rivolti sia al personale operante in campo, che alla popolazione ed all'ambiente circostante.

Preliminarmente all'avvio delle fasi operative di rimozione della colmata, vengono riportate le attività di cantierizzazione e di realizzazione delle opere propedeutiche per lo scavo e la gestione dei materiali scavati.

Le operazioni di scavo, descritte successivamente, saranno quindi suddivise in due macrofasi inerenti rispettivamente allo scavo del materiale insaturo e di quello saturo.

Sulla base della caratterizzazione in banco che sarà effettuata, secondo i criteri di classificazione di cui al Paragrafo 3.1 e dettagliati nel seguito, i materiali insaturi potranno essere conferiti a deposito temporaneo per essere riutilizzati come sottoprodotti. In caso contrario saranno sottoposti a vagliatura e quindi, a seguito di nuova caratterizzazione in cumulo, saranno inviati a recupero oppure classificati come rifiuto e conferiti a smaltimento/recupero off-site.

Allo stesso modo saranno gestiti i materiali saturi, previo dewatering.

Di seguito si riporta lo schema esemplificativo della gestione dei materiali in colmata, rimandando per i dettagli al report **2021E014INV-01-D-00-GE-RS-REL-08-01**.

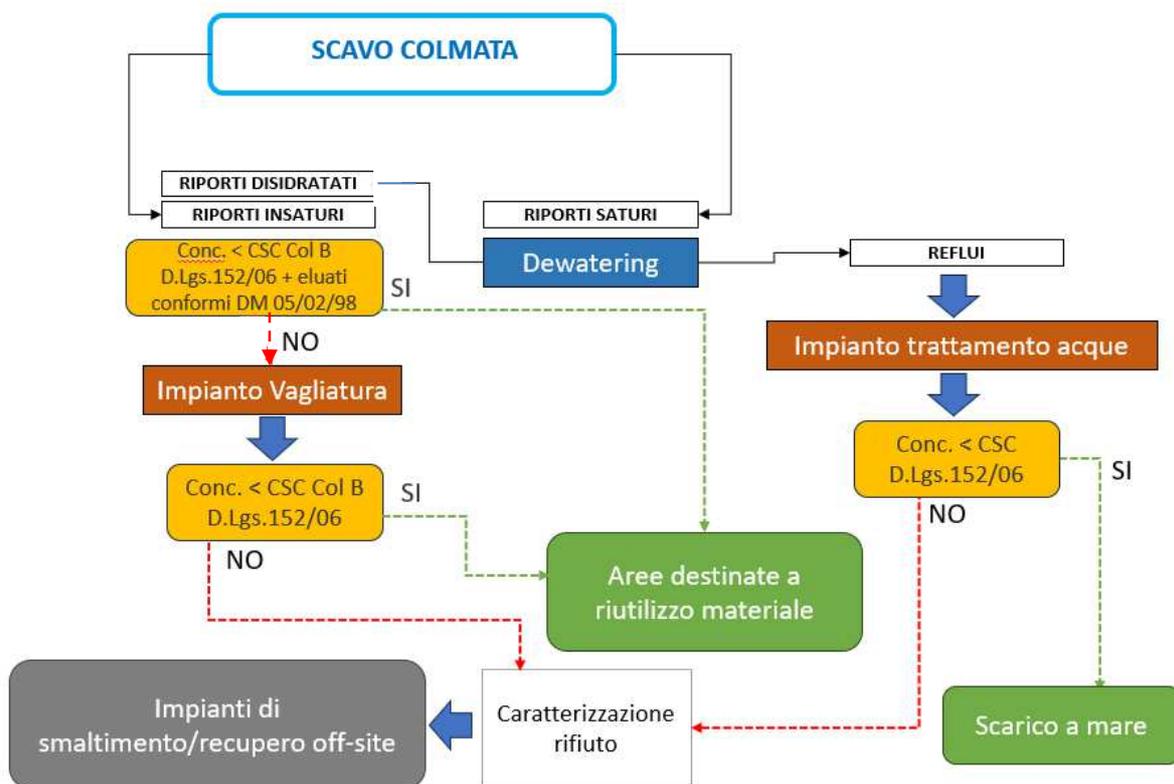


Figura 5.1: Schema esemplificativo della gestione dei materiali

Si precisa che durante le procedure di rimozione e di gestione dei materiali di scavo verrà costantemente garantito il controllo dei flussi e la tracciabilità dei materiali scavati.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Lo schema di intervento può essere riassunto nelle fasi seguenti:

- ✓ attività di cantierizzazione;
- ✓ installazione delle opere propedeutiche;
- ✓ caratterizzazione a cumulo rovescio per la porzione insatura;
- ✓ fasi di scavo del materiale insaturo di riempimento della colmata;
- ✓ gestione del materiale scavato tramite recupero del materiale classificato come sottoprodotto e vagliatura del restante;
- ✓ Caratterizzazione dei materiali insaturi in cumulo;
- ✓ fase di rimozione del materiale di riempimento saturo della colmata con escavatore a fune e/o dragaggio;
- ✓ caratterizzazione in cumulo del materiale saturo;
- ✓ gestione del materiale saturo e delle acque di disidratazione;
- ✓ gestione dei sedimenti sottostanti la colmata;
- ✓ rimodellamento della nuova linea di costa.

Si ricorda che gli interventi di rimozione dei materiali per l'area di colmata ubicata a nord del pontile nord saranno eseguiti contestualmente a quelli dell'arenile nord e gestiti secondo le descritte nel report **2021E014INV-01-D-01-AR-RS-REL-01-01**.

5.1 ATTIVITÀ DI CANTIERIZZAZIONE E ALLESTIMENTO AREE DEPOSITO

L'area di cantiere e il deposito preliminare dei materiali di scavo saranno realizzati all'interno dell'ARIN, considerando quest'ultimo come un unico "sito" di progetto e comprenderanno sia un deposito e un'area di trattamento da realizzarsi in corrispondenza dell'ex Stabilimento Italsider di Bagnoli, sia un deposito e un'area di trattamento da realizzarsi in corrispondenza della colmata, in maniera tale da ripartire le volumetrie in diversi flussi e minimizzare le interferenze con via Coroglio.

Il risanamento della colmata sarà avviato successivamente alle operazioni da condurre sugli arenili. L'area di cantiere in colmata, comprensiva delle baie di disidratazione e dei depositi temporanei, sarà tuttavia allestita precedentemente in quanto necessaria per permettere il dislocamento dei materiali derivanti dalle suddette operazioni.

Nello specifico:

- ✓ in corrispondenza della colmata (il cui risanamento sarà eseguito a valle delle operazioni da condurre sugli arenili) saranno ospitate le baie di stoccaggio dei volumi provenienti dalle zone di escavo e dragaggio. Tali volumi saranno infatti trasportati tramite betta di appoggio al motopontone sino al pontile sud, ove sarà effettuato il carico del materiale su autocarro che si occuperà del trasporto e scarico finale nelle vasche di *dewatering* opportunamente realizzate (replicando quanto eseguito nell'ambito dei test di dimostrazione tecnologica condotti in sito nel 2022-2023).

Inoltre, il deposito temporaneo in area di colmata riceverà anche i volumi provenienti dalle zone di escavo ubicate a terra nella Zona Arenile Sud (tramite autocarri di trasporto che percorreranno via Coroglio per circa 700 m, dall'uscita del cantiere all'ingresso della colmata). Tale scelta deriva dalla possibilità di minimizzare le successive movimentazioni dei materiali in funzione del loro stato qualitativo. Infatti, i volumi non conformi ai limiti di riferimento saranno trattati tramite impianto *soil washing*, che sarà installato anch'esso nel cantiere ubicato in corrispondenza della colmata.

Successivamente il deposito temporaneo sarà a servizio dello scavo dei materiali di riporto insaturi e saturi costituenti la colmata.

- ✓ in corrispondenza dell'ex Stabilimento Italsider di Bagnoli saranno realizzate le baie di stoccaggio che ospiteranno i volumi provenienti dalle zone di escavo ubicate a terra nella Microcella Nord. Tali volumi saranno infatti trasportati tramite autocarri dall'area di cantiere al deposito temporaneo creando un opportuno varco nella recinzione dell'ex area industriale di fronte all'ingresso dell'Arenile Nord nel corso della prima fase di intervento (arenili e colmata in microcella nord). Nel corso della fase di rimozione dei materiali costituenti la colmata, creando un incrocio semaforizzato, gli autocarri potranno attraversare via

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Coroglio occupando la carreggiata solo per il tempo strettamente necessario al transito da un varco all'altro, minimizzando l'interferenza.

Pertanto, in sintesi, l'area di cantiere che sarà realizzata sulla colmata (di seguito "deposito colmata") e che riceverà i volumi di escavo e dragaggio a mare della Microcella Nord e dell'escavo e dragaggio della Zona Arenile Sud e successivamente i materiali di scavo costituenti la colmata, sarà costituita da:

- ✓ un deposito di stoccaggio di 45.600 m², caratterizzato da n.13 baie da 2.000 m³/cad e n.2 baie da 1.800 m³/cad, consentendo quindi la ricezione di una volumetria complessiva di materiali pari a 29.600 m³;
- ✓ l'area tecnica di trattamento dei sedimenti (derivanti dagli arenili) non conformi tramite impianto *soil washing*;
- ✓ l'area tecnica di trattamento delle acque di processo del *soil washing*.

L'area di cantiere che sarà realizzata nell'ex Stabilimento Italsider di Bagnoli (di seguito "deposito ex stabilimento") che riceverà i volumi di escavo a terra della Microcella Nord, compresi i riporti della porzione di colmata a nord del Pontile Nord, sarà costituita da:

- ✓ un'area di stoccaggio di 41.300 m², caratterizzata da n. 20 baie da 5.000 m³ l'una (per un volume complessivo di stoccaggio pari a 100.000 m³);
- ✓ un'area tecnica di trattamento tramite vagliatura dei riporti non conformi;
- ✓ un'area di stoccaggio di 34.000 m², caratterizzata da n.16 baie da 5.000 m³ (per un volume complessivo di stoccaggio pari a 80.000 m³) e dedicata ad accogliere i rifiuti post trattamento di vagliatura in attesa dell'invio *off-site*.

Al fine di proteggere i materiali dall'azione di dilavamento esercitata dalle acque meteoriche e al fine di evitare eventuali risospensione di polveri ad opera dei venti, saranno previsti opportuni sistemi di copertura di tutte le aree di lavoro.

I depositi temporanei saranno anche dotati di pesa e impianto di lavaggio ruote, oltre ai baraccamenti necessari alle attività delle maestranze e opportune aree parcheggio.

La cantierizzazione comprenderà anche la realizzazione delle seguenti opere:

- ✓ il collegamento delle aree di bonifica della colmata con le aree di deposito mediante l'allestimento di almeno n. 1 varco in corrispondenza del vertice sud-est della colmata, lungo via Coroglio, tale da ottimizzare i flussi di scavo previsti;
- ✓ la predisposizione della viabilità suddivisa tra:
 - viabilità dei mezzi d'opera tra le aree di risanamento e le aree di deposito;
 - viabilità all'interno dell'ex stabilimento per il trasporto dei materiali dall'area di deposito alla viabilità esterna (per il collegamento successivo agli impianti di destino finale).
- ✓ la delimitazione delle aree di lavoro con apposita recinzione per la separazione delle differenti aree di cantiere;
- ✓ l'allestimento di presidi ambientali e relativi allacciamenti (*fog cannon*, irrigatori, cisterne di raccolta, ecc.).

5.2 OPERE PROPEDEUTICHE

Prima di iniziare le attività di rimozione dei materiali costituenti la colmata nelle aree di progetto sarà necessario condurre alcune operazioni preliminari che permetteranno anche la verifica ed eventuale aggiornamento dei dati progettuali esposti al par. 3.5. Nello specifico, sarà necessario eseguire:

- ✓ la pulizia delle aree a terra ed eventuale decespugliamento;
- ✓ rimozione delle interferenze/demolizione delle strutture esistenti;
- ✓ il rilievo topografico;
- ✓ la bonifica da ordigni esplosivi e residuati bellici;
- ✓ la realizzazione delle opere di sostegno per il muro lungo via Coroglio e per il Pontile Nord.

Di seguito si descrivono le attività sopra elencate.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

5.2.1 Pulizia delle aree a terra ed eventuale decespugliamento

Prima di iniziare le attività di scavo sarà eseguita la preliminare pulizia delle aree di lavoro con la rimozione e la gestione a norma di legge degli eventuali rifiuti e materiali interferenti con le superfici delle aree di lavoro.

Nel caso sia necessario, sarà eseguito un decespugliamento con adeguato mezzo meccanico, cingolato o gommato, dotato di braccio adeguato alla lavorazione e opportunamente munito di apparato falciante conforme alle disposizioni di legge vigenti. Eventualmente l'attività potrà essere completata a mano.

Durante le attività di decespugliamento si provvederà ad una bagnatura delle piste di cantiere e delle aree di lavoro al fine di evitare l'innalzamento di polveri.

La sterpaglia rimossa dovrà essere allontanata dall'area di lavoro, caratterizzata ai fini del successivo smaltimento e assegnazione codice E.E.R. e smaltita secondo quanto previsto dal D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. (codice E.E.R. presunto 20 02 01 – rifiuti biodegradabili o codice E.E.R. 20 01 38 – Legno diverso da quello di cui alla voce 20 01 37 se ad alta matrice legnosa. Se contenenti sostanze pericolose codice E.E.R. 20 01 37 Legno contenente sostanze pericolose).

Nel caso in cui durante le operazioni di decespugliamento venissero rinvenuti rifiuti abbandonati nell'area si procederà con:

- ✓ la loro caratterizzazione e classificazione ai fini dell'assegnazione di idoneo codice E.E.R.;
- ✓ nel caso risultassero contaminati da amianto, dovrà essere adottata una procedura di lavaggio ed incapsulamento, tramite utilizzo di una apposita vasca amovibile, con filtrazione delle acque di risulta. I rifiuti così trattati potranno essere classificati ed avviati allo smaltimento.

5.2.2 Bonifica da ordigni esplosivi e residuati bellici delle aree a terra

Preliminarmente a qualsiasi attività di scavo e di investigazione del sottosuolo, è prevista la Bonifica Sistemica Terrestre (BST) che, come indicato dalla "Direttiva Tecnica GEN BST 001 Ed. 2020" (rif. doc.[R15]) consiste nell'*insieme delle attività di ricerca, individuazione e scoprimento di residuati bellici inesplosi posti sulla superficie del terreno o interrati, effettuate in maniera sistematica al fine di garantire che ogni parte del volume di terreno sul quale saranno condotte successivamente delle attività antropiche sia scevro da ordigni che costituiscano un potenziale rischio per l'incolumità di persone e beni sia mobili che immobili.*

Gli apparati di ricerca utilizzati dovranno essere in grado di rilevare efficacemente, mediante chiari segnali acustici e strumentali, la presenza nel terreno di residuati bellici inesplosi, quali Rilevatori di metalli ad induzione elettromagnetica (Active Metal Detector), Magnetometri (Passive Metal Detector) e Georadar (GPR - Ground Penetrating Radar).

La BST si articola in bonifica superficiale e bonifica profonda. Nel sito in esame tali attività dovranno essere realizzate attraverso modalità di ricerca sia superficiale che profonda per permettere l'applicazione del palancolato fino alla quota di progetto. L'area di indagine sarà pertanto quella confinante con il confine est della colmata, verso via Coroglio.

La bonifica superficiale consiste nelle attività di ricerca, localizzazione e scoprimento di ordigni bellici nonché di tutte le masse metalliche presenti superficialmente sul terreno e all'interno di uno strato di profondità massima di cm. 100. Dovrà essere eseguita secondo la seguente procedura:

- ✓ suddivisione dell'area da bonificare in "campi" numerati delle dimensioni di 50 m x 50 m, a sua volta suddivisi in "strisce" della larghezza massima di 0,80 m identificate da lettere.

Ciascuna area così delimitata, dovrà essere rilevata sui quattro vertici con sistema GPS; tale strumentazione dovrà presentare caratteristiche tecniche in grado di fornire una precisione di posizionamento planimetrico pari \pm a 3 cm. Il rilievo così realizzato dovrà essere elaborato tramite planimetrie in formato cartaceo e informatizzato (dwg e shapefile) e tabelle cartacee ed informatizzate (formato excel);

- ✓ l'attività di ricerca sarà condotta procedendo per "strisce" successive, esplorando tutta la superficie interessata mediante l'apparato di ricerca passato lentamente al di sopra di essa, ad una distanza massima dal suolo non superiore a 5 centimetri;
- ✓ nel caso di rilevazione della presenza di una interferenza magnetica in un determinato punto, in corrispondenza di esso si dovrà procedere con lo scavo di avvicinamento, che dovrà essere eseguito a

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

mano a distanza inferiore di 50 centimetri dalla sorgente dell'anomalia magnetica, in maniera da portare allo scoperto l'oggetto metallico che origina la stessa.

La bonifica profonda ha lo scopo di ricercare, individuare e localizzare ordigni esplosivi residuati bellici presenti all'interno di un determinato volume di terreno che dovrà essere soggetto a scavi oppure ad attività invasive come il movimento di mezzi d'opera, ad una certa profondità dal piano di campagna, normalmente superiore a cm. 100. Dovrà essere eseguita secondo la seguente procedura:

- ✓ suddivisione dell'area da bonificare in "campi" numerati della dimensione di m. 50 x 50 (la stessa adottata per la bonifica superficiale), a loro volta suddivisi in quadrati aventi il lato di m. 2,80 (o dimensione inferiore in caso di diffuse anomalie magnetiche con conseguente riduzione anche della profondità di indagine);
- ✓ perforazione al centro di ciascun quadrato (determinato dall'incrocio delle diagonali), a mezzo di trivella non a percussione, di un foro di diametro maggiore rispetto a quello della sonda dell'apparato di ricerca e comunque, per motivi di sicurezza, non superiore a cm. 20. Tale foro dovrà avere inizialmente una profondità di cm. 100 (o quota inferiore come detto in precedenza) dal piano campagna, corrispondente alla quota garantita con la bonifica superficiale, preliminarmente eseguita;
- ✓ inserimento della sonda dell'apparato di ricerca nel foro fino a raggiungere il fondo di questo; l'apparato, predisposto ad una maggiore sensibilità radiale, sarà capace di garantire la rilevazione di masse ferromagnetiche interrate entro un raggio di m. 2 (o distanza inferiore in caso di diffuse interferenze ferromagnetiche);
- ✓ effettuazione di una seconda perforazione fino a profondità di cm. 300 (o quota inferiore in caso di diffuse interferenze ferromagnetiche con conseguente riduzione anche della profondità di indagine), qualora l'apparato non abbia segnalato interferenze;
- ✓ prosecuzione con perforazioni progressive di 200 cm per volta (o quota inferiore in caso di diffuse interferenze ferromagnetiche con conseguente riduzione anche della profondità di indagine), indagando il foro con la sonda dell'apparato rilevatore come in precedenza descritto, fino al raggiungimento della quota prevista. Qualora si riscontri un substrato roccioso prima del raggiungimento della profondità prevista, ci si attesterà a tale quota riscontrata.
- ✓ segnalazione dei fori che hanno generato segnali di intensità tale da poter essere riconducibili a possibili ordigni bellici, mediante picchetto in legno di altezza m. 1 riportate in sommità un triangolo capovolto di colore rosso. Tali fori dovranno essere marcati anche sulla pianta dell'area.
- ✓ escavazione mediante mezzo meccanico, nel rispetto delle specifiche norme di legge sulla sicurezza, per la messa in luce della massa che genera l'anomalia ferromagnetica, da eseguire iniziando dalla superficie in posizione laterale rispetto al segnale riscontrato avvicinandosi allo stesso fino ad una distanza di sicurezza valutata dal rastrellatore con l'ausilio dello strumento, successivo scavo a mano per l'avvicinamento e lo scoprimento della massa che genera l'anomalia ferromagnetica;

L'impresa specializzata dovrà garantire, nell'attestato di bonifica bellica, un ulteriore metro oltre la profondità raggiunta con i fori trivellati.

La bonifica profonda potrà essere condotta anche con le seguenti metodiche:

- ✓ mediante penetrometri con sonda magnetometrica integrata: tale tecnica risulta particolarmente idonea per l'impiego nelle adiacenze di strutture inamovibili contenenti intelaiature metalliche che possano dare origine ad interferenze ferromagnetiche a priori non differenziabili da quelle prodotte da un eventuale ordigno bellico interrato;
- ✓ mediante scavo meccanico a strati: applicata in terreni caratterizzati dalla presenza diffusa di anomalie magnetiche che rendono scarsamente efficace la bonifica superficiale classica nonché il metodo delle trivellazioni;
- ✓ mediante scavo manuale a strati: adeguata allo scoprimento di masse metalliche interrate in luoghi ove, per problemi operativi (esempio: elevata probabilità di presenza di un ordigno bellico in luogo urbanizzato) ovvero mancanza di sufficiente spazio, non sia opportuno/possibile l'uso di mezzi meccanici.

Poiché il materiale attraversato durante la BST potrà essere saturo, come previsto dalla "Direttiva Tecnica GEN BST 001 Ed. 2020" (rif. doc.[R15]) in presenza di acqua non ricadente nella tipologia della bonifica sistematica subacquea, gli apparati di ricerca utilizzati dovranno essere idonei ad operare all'interno dell'acqua fino alla profondità prevista nelle perforazioni.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Al termine delle attività dovrà essere redatta la planimetria dell'area oggetto della ricerca, georeferenziata, in formato cartaceo e digitale (.dwg e shapefile), nella quale siano riportate in modo univoco i percorsi effettivamente investigati e le aree oggetto di indagine superficiale e profonda.

L'iter autorizzativo che dovrà essere svolto prevede quanto di seguito descritto.

Tutte le attività di bonifica sistematica terrestre dovranno essere eseguite mediante imprese specializzate (ditte B.C.M) iscritte all'Albo istituito con D.M. 11 maggio 2015, n. 82 e sono soggette all'emissione del Parere Vincolante dell'Autorità Militare competente per territorio. Tale Parere Vincolante viene emesso, su delega di Ministro della Difesa alla Direzione dei Lavori e del Demanio (GENIODIFE), dagli Organi Esecutivi Periferici (OEP) territorialmente competenti (nel caso specifico il 10° Reparto Infrastrutture di Napoli).

Ai fini dell'ottenimento del Parere Vincolante allo svolgimento della BST, dovrà essere presentato all'OEP una specifica istanza con annesso il Documento Unico di Bonifica Bellica Sistematica Terrestre (DUB), redatto utilizzando le modalità tecnico-operative tratte dall'elenco in annesso IV della "Direttiva Tecnica GEN BST 001 Ed. 2020" sottoscritto dal Dirigente Tecnico BCM dell'impresa specializzata incaricata del servizio, in possesso di brevetto di specializzazione in corso di validità, e dal Soggetto Interessato o suo delegato. L'OEP, dopo aver proceduto a verificare la regolarità del DUB, emetterà, entro il termine di 30 giorni dalla data di acquisizione al protocollo, il proprio Parere Vincolante.

Il soggetto interessato, una volta ricevuto il parere vincolante positivo o positivo con riserve da parte dell'Autorità Militare potrà dare mandato all'impresa specializzata di avviare le attività di BST.

L'impresa potrà iniziare tali attività solo dopo aver notificato agli enti/soggetti indicati in appendice I dell'annesso III della "Direttiva Tecnica GEN BST 001 Ed. 2020", la data di inizio nonché l'elenco dettagliato del personale (comprensivo del numero di brevetto BCM), dei mezzi, delle attrezzature e degli apparati di ricerca (compresi i numeri di targa e matricola) che saranno impiegati nello svolgimento dello specifico servizio BST.

Nell'esecuzione del servizio BST, l'impresa dovrà attenersi scrupolosamente al Parere Vincolante emanato dall'OEP, ivi comprese le eventuali variazioni/implementazioni ricevute in caso di Parere Vincolante Positivo con riserve. Ogni variante al DUB, in termini di aree da sottoporre a bonifica o modalità tecnico-operative dovrà essere preventivamente approvata dall'OEP.

Una volta ultimate le operazioni di BST, entro e non oltre 20 giorni, l'impresa specializzata dovrà inviare all'OEP "l'Attestato di Bonifica Bellica" con la quale dichiarerà di aver eseguito le prestazioni in conformità al parere vincolante positivo rilasciato dall'OEP, ivi comprese le eventuali variazioni/implementazioni ricevute in caso di Parere Vincolante positivo con riserve, assumendosi la responsabilità di eventuali danni alle persone ed alle cose, comunque derivanti da imperfetta esecuzione delle attività, prima, durante e dopo le operazioni di verifica effettuate dal Ministero della Difesa.

L'OEP, nei termini di 30 giorni dalla data di ricezione dell'Attestato di Bonifica Bellica, effettuati i dovuti controlli, provvederà a restituire all'impresa specializzata l'Attestato, debitamente vistato e corredato della validazione dell'Amministrazione Difesa (A.D.) sul corretto svolgimento del servizio di BST e permetterà la liberalizzazione dell'area sotto il profilo bellico in base all'esito delle verifiche di carattere documentale e/o controlli in situ eseguiti.

L'Attestato di Bonifica Bellica, debitamente vistato dall'A.D. e la relativa validazione del servizio BST, sono le uniche certificazioni che, insieme, attestano la conclusione delle attività di BST e la conformità o meno dell'esecuzione del servizio di BST al parere vincolante positivo emanato dall'OEP.

In caso di individuazione e scorporamento di presunto ordigno l'impresa specializzata dovrà:

- ✓ sospendere immediatamente le attività di ricerca;
- ✓ effettuare tempestiva comunicazione all'OEP ed agli Organi di Pubblica Sicurezza locali per i successivi adempimenti previsti dalle vigenti disposizioni in materia di Bonifica Bellica Occasionale fornendo, qualora le condizioni di sicurezza lo permettano, tutte le possibili indicazioni, ivi comprese eventuali immagini anche in formato digitale;
- ✓ porre in atto, in condizioni di sicurezza, idonea segnaletica di pericolo intorno all'ordigno bellico nonché tutti gli accorgimenti ritenuti necessari, da valutare di volta in volta in funzione dei luoghi e della tipologia dell'ordigno, per evitare che estranei possano avvicinarsi all'ordigno ed allo scavo effettuato.

Le attività di BST potranno essere riprese solo dopo l'intervento di personale specializzato dell'A.D. preposto alla successiva neutralizzazione dell'ordigno.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

5.2.3 Demolizione delle strutture

Le attività di demolizione da eseguirsi per la rimozione dei materiali della colmata prevedono:

- ✓ Attività di decespugliamento, abbattimento alberi e pulizia aree;
- ✓ Rimozione di barriere e/o recinzioni e/o parapetti
- ✓ Attività di demolizione manufatti (edifici, strutture interrare, pontili, ecc.);
- ✓ Rimozione di pavimentazione in asfalto e in calcestruzzo;

Dalle attività di demolizione delle strutture fuori terra ed interrate si genereranno i seguenti materiali solidi

Tabella 5.1: Materiali derivanti dalle operazioni di demolizione

Materiale	Rifiuti biodegradabili	Ferro	Asfalto	Materiali da demolizione	Tubazioni in ferro	Telo HDPE	Traversine in legno	Pietrame
UdM	mc	kg	mc	mc	ml	mq	Kg	mc
TOTALE	2.500	1.492.994	17.880,92	87.283,85	460	180.000	70.000	25.289

I materiali prodotti verranno accumulati in area idonea previo assenso della Direzione dei Lavori, in attesa del loro riutilizzo, previa verifica analitica per l'idoneità al riutilizzo.

I materiali provenienti dalle demolizioni verranno collocati nelle apposite baie allestite al di fuori dell'area della colmata e sottoposti a trattamento in sito mediante impianto mobile di frantumazione. I materiali derivanti dalla lavorazione saranno collocati in baie allestite in prossimità degli impianti in cumuli di volume non superiore a 5.000 m³, e verranno effettuati i campionamenti del sottoprodotto generato dal trattamento (aggregato recuperato) per il suo riutilizzo, secondo quanto previsto dalla campagna mobile di trattamento ed in conformità alle prescrizioni dettate dal D.M. 152/2022.

L'asfalto, le tubazioni, il ferro, il telo in HDPE, il Pietrame verranno anch'essi depositati in area di deposito temporaneo in attesa della caratterizzazione e successivo conferimento in impianto.

I dettagli relativi alle opere di demolizione e alla relativa gestione dei materiali sono da riportati nei seguenti elaborati grafici **2021E014INV-01-D-12-DE-DE-PLA-01-00, 2021E014INV-01-D-12-DE-DE-PLA-02-00, 2021E014INV-01-D-12-DE-DE-DEM-01-00, 2021E014INV-01-D-12-DE-DE-DEM-02-00, 2021E014INV-01-D-12-DE-DE-DEM-03-00, 2021E014INV-01-D-12-DE-DE-DEM-04-00, 2021E014INV-01-D-12-DE-DE-DEM-05-00**

5.2.4 Rilievo topografico

A seguito delle demolizioni delle opere fuori terra presenti in colmata verrà eseguito un rilievo topografico delle superfici ricadenti all'interno delle zone di scavo. Al termine delle attività di scavo sarà ripetuto il rilievo e associato a misure batimetriche al fine di verificare l'effettiva rimozione dei materiali di riporto e dei sedimenti secondo i dati progettuali.

Il rilievo dovrà permettere di identificare gli elementi di interferenza da preservare quali il muro lungo via Coroglio e il pontile nord.

Il rilievo topografico dovrà essere eseguito, con mezzi, tecnologie e metodologie idonee a garantire una precisione pari a: ± 3 cm planimetricamente ± 5 cm altimetricamente

Al termine dei lavori di ripascimento oltre al rilievo dei terreni emersi sarà eseguito anche il rilievo della linea di riva. Tale rilievo, da eseguirsi con GPS ad alta precisione, dovrà essere effettuato con mare calmo in un arco di tempo complessivamente non superiore a tre giorni, al fine di evitare continue modifiche della stessa, determinando almeno un punto ogni 2 m o meno qualora la morfologia della spiaggia lo richieda.

Nel caso non venga utilizzato uno strumento che consente di percorrere la stessa direttrice sulla quota zero in tempo reale, l'operatore dovrà battere sempre almeno tre punti sopra e sotto la linea di riva distanti tra loro al

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

massimo 30 cm che consentiranno di ottenere per interpolazione la posizione della linea di riva relativa allo zero assoluto.

La restituzione della linea di riva dovrà indicare anche la presenza di tratti inderodibili costituiti da opere di difesa (barriere radenti, pennelli, pontili, ecc.), tratti o emergenze rocciose naturali (costituenti la linea di riva o ubicate nelle sue vicinanze sia a terra che a mare) o artificiali. Il margine di tali tratti dovrà essere individuato, sia in corrispondenza del l.m.m. che al piede lato mare e comunque si dovranno fornire tutte le informazioni utili in modo da poterli definire con un elevato grado di dettaglio.

Il sistema di riferimento in base al quale dovranno essere restituiti i dati è WGS84, proiezione UTM, fuso 33N.

Il rilievo sarà inquadrato sui punti geodetici della rete trigonometrica italiana dell'Istituto Geografico Militare (IGM) o su quelli di raffittimento collaudati. Nel caso si usino servizi di correzione della posizione (NRTK) bisognerà specificare il datum rispetto al quale tali servizi operano. Il datum verticale dovrà essere riferito allo 0 IGM.

5.2.5 Realizzazione delle opere di sostegno

Secondo quanto previsto nel report specialistico **2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-01-00** le tecniche di scavo previste per i materiali insaturi e saturi della colmata non necessiteranno l'adozione di particolari sistemi di cinturazione dell'area. Si prevede tuttavia la realizzazione di opere di sostegno per il muro di confinamento presente lungo il perimetro est della colmata, confinante con via Coroglio.

Allo stesso modo saranno previste opere di sostegno per il pontile nord, dal momento che dovranno essere rimossi anche i materiali sottostanti lo stesso.

A protezione dello scavo in corrispondenza del muro in via Coroglio si prevede l'allestimento di una o due file di palancole in funzione dell'altezza degli scavi come visualizzato nella figura seguente.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023



Figura 5.2: Ubicazione rappresentativa delle palancole

A sostegno dello scavo tra le due palancole si prevede l'utilizzo di un puntone in acciaio di tipo HEB200 posto ad interasse 3 m.

Data la variabilità dell'altezza di scavo totale si sono considerate due condizioni di scavo in funzione delle quali si prevede l'infissione di una sola fila di palancole oppure l'infissione della doppia fila di palancole (altezza di scavo massima):

- ✓ doppia fila di palancole: previste per altezze di scavo superiore a 3 m.
- ✓ singola fila di palancole: previste per altezze di scavo inferiori o uguali a 3 m.

In particolare, si prevede di procedere con l'infissione di due blocchi di palancole di 40 metri (pari alla lunghezza di una cella di scavo) per una lunghezza totale di 80 metri a step successivi, seguendo l'operatività del cantiere. Laddove è prevista l'infissione della doppia fila di palancole lo scavo della porzione compresa tra le due file sarà eseguita con escavatore di dimensioni adeguate.

Una volta ultimati gli scavi dei materiali nell'area delle palancole si procederà al ripascimento della sola area scavata tra le file di palancole e in caso di unica fila a ridosso del muro di via Coroglio per un franco di 2 metri e mantenendo un'inclinazione del ripascimento rispetto allo scavo non superiore a 45°.

Si procederà quindi ad estrarre il primo blocco di palancole per infiggerlo in serie al secondo già infisso e proseguire quindi con lo scavo. La procedura proseguirà fino a completamento degli scavi lungo il muro.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Al fine di preservare il pontile nord saranno realizzate due file di diaframmi ad una distanza di circa 1 metro dallo stesso a protezione rispettivamente del lato nord e di quello sud. Ciascun diaframma avrà uno spessore di 0,8 m ed una lunghezza di 14 m.

Come elemento di contrasto in testa ai diaframmi sarà inserita una trave in calcestruzzo di dimensioni 0,5 m x 0,5 m. Per i dettagli costruttivi delle opere provvisorie e definitive si veda l'elaborato **2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-01-00**.



Figura 5.3: Ubicazione rappresentativa dei diaframmi

Il materiale sottostante il pontile, compreso tra i due diaframmi di protezione, che non afferisce ai riporti collocati sull'area della colmata, sarà lasciato in loco senza essere scavato.

Per i dettagli e le verifiche di stabilità delle opere di sostegno sopra descritte si faccia riferimento al report specialistico sopraccitato **2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-01-00**.

5.3 CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI INSATURI IN BANCO

Al fine di classificare il materiale scavato e definirne le modalità di gestione è stata prevista la caratterizzazione in situ (o "in banco") dei materiali, ricorrendo all'applicazione del cosiddetto "cumulo rovescio".

Questa operazione permetterà di:

- ✓ conoscere le caratteristiche chimico-fisiche e merceologiche dei materiali di risulta prima della loro "messa a giorno", attraverso l'identificazione di "celle" a volumetria prestabilita e individuate da codici univoci che consentano la tracciabilità del materiale che verrà scavato fino al suo destino finale;

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

- ✓ rendere possibile lo smistamento ed il deposito temporaneo dei sottoprodotti e delle terre e rocce da scavo che saranno riutilizzate in sito;
- ✓ rendere possibile il carico dei materiali di risulta direttamente dalle aree di scavo sugli automezzi destinati al deposito preliminare e di minimizzare quindi la loro manipolazione e movimentazione;
- ✓ rintracciare in ogni momento il materiale scavato delle singole aree, mediante la classificazione/codifica del materiale di risulta tramite l'assegnazione del codice CER sulla base dei disposti dell'Allegato D, Parte IV al D.Lgs 152/2006;
- ✓ verificare le volumetrie dei materiali stimate nel precedente Capitolo 3, mediante il calcolo definitivo dei quantitativi degli stessi da recuperare o da conferire in impianti di smaltimento;
- ✓ presentare agli Enti di controllo un dettagliato piano di scavo, di gestione e di smaltimento dei materiali di risulta;
- ✓ individuare a priori le possibili destinazioni finali del rifiuto destinato allo smaltimento e ottimizzare i flussi dei materiali.

La fase di caratterizzazione dei materiali sarà condotta con adeguato anticipo rispetto alle successive fasi di scavo e nessuna cella sarà scavata se non sarà stata precedentemente caratterizzata.

Data la configurazione planimetrica della colmata, le attività di caratterizzazione con cumulo rovescio (poi successivamente di rimozione materiali abbancati in discarica) saranno realizzate secondo strisce di scavo lungo la direzione ortogonale al lato mare.

A loro volta le singole strisce saranno suddivise in "celle" di caratterizzazione di estensione pari a circa⁴ 1600 m² disposte secondo una maglia regolare pari a 40 m x 40 m; ogni cella avrà uno spessore pari a 1,0 m in maniera tale da poter caratterizzare celle di scavo di volumetria unitaria "in banco" pari a circa 1.600 m³.

L'estensione areale delle celle e la volumetria proposte potranno essere revisionate in fase di progettazione esecutiva.

La seguente figura mostra la griglia regolare adottata (40 x 40 m) con l'identificazione numerica di ciascuna cella.

⁴ Le celle poste sui confini della colmata saranno limitate arealmente da questi e pertanto avranno superfici inferiori a 1600 m².

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

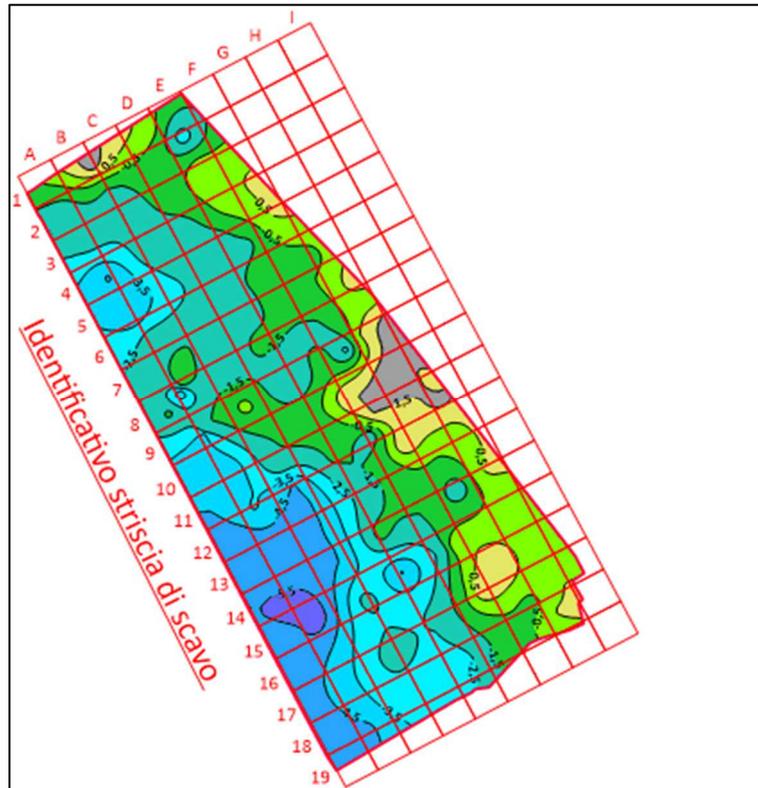


Figura 5.4: Griglia utilizzata per l'identificazione delle strisce e celle di scavo

La scelta di operare la caratterizzazione secondo celle disposte sulla base di una griglia regolare è motivata dalle seguenti considerazioni:

- ✓ consente la tracciabilità e la georeferenziazione dei settori di intervento sia nella fase di campionamento in banco che nella successiva fase di scavo;
- ✓ fornisce all'impresa geometrie di semplice esecuzione in fase operativa;
- ✓ consente la tracciabilità, la georeferenziazione e la agevole individuazione dei piani di fondo per un confronto immediato tra le quote di fondo scavo presunte e quelle effettive, facilitando il riscontro dei volumi di scavo.

Al fine di ottimizzare le tempistiche legate al flusso operativo della caratterizzazione e rimozione della colmata, la fase di caratterizzazione verrà eseguita in situ via via su più strisce parallele.

Pertanto, in corrispondenza di ciascuna "cella" di caratterizzazione saranno eseguiti un numero indicativo di **n.5 saggi esplorativi** che saranno disposti in corrispondenza dei vertici ed al centro della cella di riferimento.

Si prevede che i saggi saranno realizzati mediante escavatore, il quale durante l'attività avrà la cura di depositare i materiali a bordo scavo rispettando la stratigrafia originaria, formando piccoli cumuli di materiale omogeneo.

Lo schema di realizzazione saggi per la caratterizzazione in situ è riportato nell'immagine seguente.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

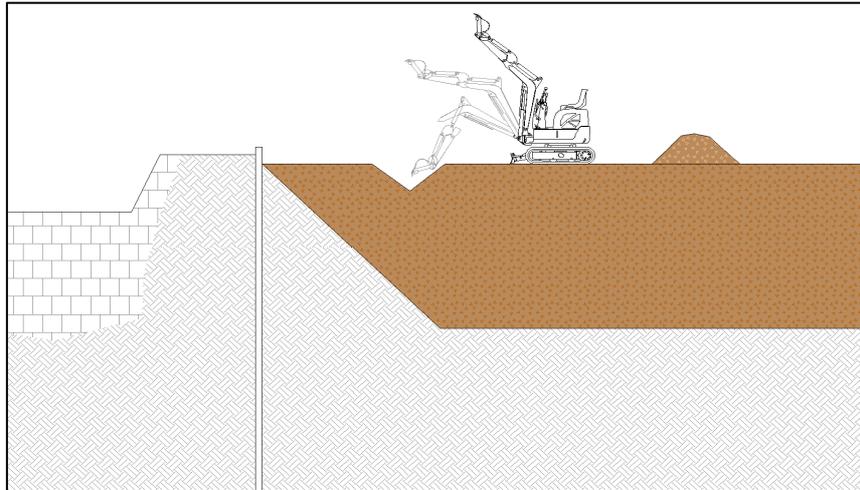


Figura 5.5: Schema di realizzazione saggi per la caratterizzazione in sito

Da ciascun saggio, per ciascun orizzonte omogeneo, saranno prelevati n. 2 incrementi (da circa 1,0-2,0 litri ciascuno), indicativamente dagli intervalli 0,0÷0,5 m e 0,5÷1,0 m dalla superficie della cella di riferimento. In caso di presenza di pavimentazioni (asfalto o cls), queste saranno campionate a parte, garantendo quindi prelievi suddivisi in funzione della omogeneità del materiale. Laddove è presente il capping di impermeabilizzazione (la cui profondità di installazione è compresa tra 10 e 50 cm da p.c.) si prevede il prelievo dei due campioni uno sopra e l'altro al di sotto del capping.

Ciascuna cella di volumetria pari a 1.600 m³ sarà pertanto caratterizzata da almeno n.10 incrementi, ciascuno dei quali rappresentativo di un volume unitario omogeneo in banco di 160 m³. La metodologia di prelievo potrà essere aggiornata durante la fase di progettazione esecutiva.

Per quanto riguarda le celle perimetrali la cui area risulta inferiore a 1.600 m² in quanto sottendono solo parzialmente la colmata, il numero di saggi esplorativi sarà calcolato in modo proporzionale all'area della cella stessa.

Allo stesso modo, ciascuna cella di caratterizzazione presenterà un differente numero di incrementi verticali, in relazione allo spessore del materiale da scavare.

Gli incrementi unitari saranno uniti ed omogeneizzati tra loro per costituire il campione medio composito rappresentativo del volume di scavo, dal quale ottenere, per quartatura, il campione da sottoporre ad analisi di laboratorio e le altre aliquote necessarie ad eventuali controanalisi.

Nell'ipotesi di ricorrere all'uso di un escavatore cingolato per la realizzazione dei saggi di caratterizzazione, si ipotizza di poter approfondire i saggi per una profondità di almeno 2 m; pertanto, a partire dalla superficie di ciascuna cella di scavo si prevede di poter caratterizzare almeno n. 2 celle di scavo (cella 0÷1 m e cella da 1÷2 m dal piano di caratterizzazione). Per la caratterizzazione della cella profonda sarà eseguita la stessa procedura operativa sopra descritta.

La figura seguente mostra la procedura di caratterizzazione descritta.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

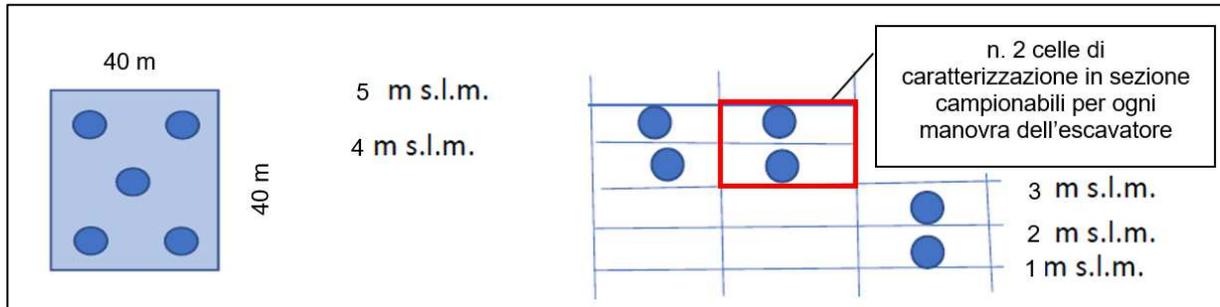


Figura 5.6: Cella di caratterizzazione maglia 40x40m – Disposizione planimetrica schematica dei punti di campionamento e visualizzazione in sezione delle celle

Al termine dell'attività di campionamento i saggi esplorativi verranno richiusi, rispettando la sequenza stratigrafica originaria.

Come già anticipato, poiché le fasi di caratterizzazione (incluso l'ottenimento degli esiti) dovranno anticipare sempre le fasi di scavo, verranno eseguite in parallelo anche su più strisce adiacenti in modo da ottimizzare le tempistiche di rimozione delle diverse celle man mano che le stesse verranno caratterizzate.

Si precisa che l'Allegato 2 del D.P.R. 120/2017 prevede un determinato numero di campioni da sottoporre ad analisi da determinare sulla base alla superficie e, in particolare, per aree di dimensioni superiori a 10.000 mq considera che vengano sottoposti ad analisi sette (7) campioni più uno (1) ogni 5.000 mq. Pertanto, considerando che la superficie totale interessata dall'intervento è pari a circa 200.000 mq dovranno essere prelevati un numero minimo di campioni da sottoporre ad analisi pari a quarantasette (47), determinato come riassunto nella seguente tabella.

Tabella 5.1: Determinazione del numero minimo di campioni/celle

Area colmata (mq)	Numero campioni primi 10.000 mq	Area rimanente da caratterizzare (mq)	Minimo numero campioni ogni 5.000	Minimo numero campioni (celle)	Numero di celle previste	Dimensione celle di caratterizzazione (m x m)
200.000	7	190.000 (200.000 - 10.000)	40 (200.000 / 5.000)	47 (7 + 40)	125 ⁵	~ 40 x 40

Il numero di celle definite per la caratterizzazione e lo scavo della colmata è di gran lunga sufficiente al fine di temperare ai criteri normativi di cui sopra. Si ritiene che il dettaglio proposto possa favorire una migliore dislocazione dei materiali scavati, anche in considerazione delle difformità qualitative del materiale di riporto evidenziate dalle indagini di caratterizzazione ad oggi effettuate.

Il campionamento e la preparazione del campione per le successive analisi seguiranno procedure standardizzate e saranno condotte a cura di personale tecnico di laboratorio specializzato. Le analisi saranno eseguite da un laboratorio accreditato, con applicazione di metodiche convenzionali.

Sui campioni verranno eseguite le seguenti analisi:

- ✓ chimico-fisica ai sensi del DPR 120/17 per la valutazione dei requisiti di sottoprodotto: finalizzata alla verifica delle CSC di cui alla Tabella 1 colonne A e B dell'Allegato 5 alla Parte Quarta, Titolo V del D.lgs. n. 152/2006
- ✓ test di cessione per la valutazione dei requisiti di sottoprodotto secondo le procedure del DM 5/2/1998 e confronto delle concentrazioni rilevate nell'eluato con i limiti individuati nella tabella di cui all'Allegato 3 dal suddetto decreto/VF definiti per l'ARIN.

Per ogni campione dovrà essere prelevato n. 1 barattolo in vetro da 1 l di materiale setacciato a 2 cm da sottoporre ad analisi di laboratorio ricercando il set analitico di Tabella 5.2.

⁵ Stimato considerando l'adattamento delle celle perimetrali ai confini della colmata

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Inoltre, dovrà essere prelevata un'ulteriore aliquota di materiale tal quale in n. 1 barattolo in vetro da 0,5 kg finalizzata all'esecuzione del test di cessione di cui al D.M. 05/02/1998 ricercando il seguente set analitico (il medesimo di quello applicato nell'ambito della caratterizzazione complementare del 2023).

Il campionamento sarà eseguito da personale specializzato, che provvederà a registrare su apposito verbale, tutte le informazioni necessarie per la completa e univoca identificazione del rifiuto di riferimento; la registrazione, inoltre, includerà tutte le informazioni riportate al punto 6.2 della Norma UNI EN 14899.

I risultati analitici saranno confrontati con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione previste dalla vigente normativa (Tab. 1 dell'Allegato 5 al Titolo V Parte IV del D.Lgs. 152/06) e con i valori di fondo individuati per il SIN di Bagnoli.

L'elenco degli analiti ed i relativi limiti di riferimento sono riportati in dettaglio nella tabella seguente.

Tabella 5.2: Analiti da ricercare e limiti di riferimento nei terreni

PARAMETRO	METODO	D.Lgs. 152/2006	D.Lgs. 152/2006	Valori di fondo naturale SIN Bagnoli mg/Kg ss
		Parte IV All.5 Tab. 1 colonna A mg/Kg ss	Parte IV All.5 Tab. 1 colonna B mg/Kg ss	
Antimonio	EPA3051+EPA6010	10	30	
Arsenico	EPA3051+EPA6010	20	50	29
Berillio	EPA3051+EPA6010	2	10	9
Cadmio	EPA3051+EPA6010	2	15	-
Cobalto	EPA3051+EPA6010	20	250	120
Cromo Totale	EPA3051+EPA6010	150	800	-
Mercurio	EPA7473	1	5	-
Nichel	EPA3051+EPA6010	120	500	-
Piombo	EPA3051+EPA6010	100	1000	103
Rame	EPA3051+EPA6010	120	600	-
Selenio	EPA3051+EPA6010	3	15	-
Stagno	EPA3051+EPA6010	-	-	14
Tallio	EPA3051+EPA6010	1	10	-
Vanadio	EPA3051+EPA6010	90	250	100
Zinco	EPA3051+EPA6010	150	1500	158
Fluoruri	CNR IRSA 14 Q 64 Vol.2 1985	100	2000	-
Cianuri	APHA Standard methods 21st 4500 CN F	1	100	-
Cromo VI	CNR IRSA 16 Q 64 Vol. 3 1985	2	15	-
Amianto	DM 06/09/94 All. 1 Met. B	1000	1000	-
Idrocarburi C>12	ISO12703: 2004	50	750	-
Idrocarburi C<12	EPA5035+EPA8015	10	250	-
Benzo[a]antracene	EPA3550C+EPA8270E	0,5	10	
Benzo[a]pirene	EPA3550C+EPA8270E	0,1	10	
Benzo[b]fluorantene	EPA3550C+EPA8270E	0,5	10	
Benzo[k]fluorantene	EPA3550C+EPA8270E	0,5	10	
Benzo[g,h,i]perilene	EPA3550C+EPA8270E	0,1	10	
Crisene	EPA3550C+EPA8270E	5	50	
Dibenzo[a,h]antracene	EPA3550C+EPA8270E	0,1	10	
Indeno[1,2,3-c,d]pirene	EPA3550C+EPA8270E	0,1	5	
Pirene	EPA3550C+EPA8270E	5	50	
Dibenzo[a,e]pirene	EPA3550C+EPA8270E	0,1	10	
Dibenzo[a,h]pirene	EPA3550C+EPA8270E	0,1	10	
Dibenzo[a,i]pirene	EPA3550C+EPA8270E	0,1	10	

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

PARAMETRO	METODO	D.Lgs. 152/2006	D.Lgs. 152/2006	Valori di fondo naturale SIN Bagnoli mg/Kg ss
		Parte IV All.5 Tab. 1 colonna A mg/Kg ss	Parte IV All.5 Tab. 1 colonna B mg/Kg ss	
Dibenzo[a,]pirene	EPA3550C+EPA8270E	0,1	10	
Sommatoria Policiclici Aromatici (D.LGS 152/06)	EPA3550C+EPA8270E	10	100	

I test di cessioni da eseguirsi sui campioni secondo quanto indicato in precedenza, saranno eseguiti ai sensi del Decreto 5 Febbraio 98; il test di eluizione da applicare ai campioni prelevati dovrà essere eseguito in conformità alla norma UNI EN 12457-2, i cui risultati saranno confrontati con i limiti di cui all'allegato 3 del Decreto stesso e riportati nella tabella seguente

Tabella 5.3: Analiti da ricercare e limiti di riferimento eluati

PARAMETRO	U.M.	Concentrazione Limite
Nitrati	mg/l NO ₃	50
Fluoruri	mg/l F	1,5
Solfati	mg/l SO ₄	250
Cloruri	mg/l Cl	100
Cianuri	µg/l Cn	50
Bario	mg/l Ba	1
Rame	mg/l Cu	0,05
Zinco	mg/l Zn	3
Berillio	µg/l Be	10
Cobalto	µg/l Co	250
Nichel	µg/l Ni	10
Vanadio	µg/l V	250
Arsenico	µg/l As	50
Cadmio	µg/l Cd	5
Cromo totale	µg/l Cr	50
Piombo	µg/l Pb	50
Selenio	µg/l Se	10
Mercurio	µg/l Hg	1
Amianto	mg/l	30
COD	mg/l	30
pH		5,5<>12,0

I materiali conformi ai limiti di cui alle tabelle sopra riportate saranno riutilizzati in sito in funzione della colonna di riferimento.

L'applicazione di tale caratterizzazione permetterà quindi di classificare il materiale nelle seguenti classi:

- ✓ materiale direttamente riutilizzabile in sito in funzione della colonna di riferimento.
- ✓ non conformi alle CSC e/o al test di cessione che saranno gestiti come rifiuto ai sensi della vigente normativa in materia.

Il materiale che dall'esito della caratterizzazione in banco non avrà i requisiti per il riutilizzo sarà quindi sottoposto a vagliatura e a una nuova caratterizzazione in cumulo come specificato nel seguito. Per quanto riguarda il processo di vagliatura si faccia riferimento al documento **2021E022INV-01-D-12-IM-RS-REL-01-00**.

5.4 VAGLIATURA E CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI INSATURI IN CUMULO

Il materiale che dall'esito della caratterizzazione in banco non rispetterà i requisiti per il riutilizzo sarà sottoposto a vagliatura.

La caratterizzazione del materiale a valle dei trattamenti avverrà in cumuli nelle baie di stoccaggio predisposte per ospitare il materiale trattato tramite vagliatura ossia il sopravaglio potenzialmente riutilizzabile e il sottovaglio, da inviare invece presso impianti di smaltimento/recupero off-site.

Ai fini del campionamento si farà riferimento alle seguenti norme:

- ✓ Norma UNI 10802:2013 "Rifiuti - Campionamento manuale, preparazione del campione ed analisi degli eluati";
- ✓ Norma UNI EN 14899:2006 "Caratterizzazione dei rifiuti - Campionamento dei rifiuti - Schema quadro di riferimento per la preparazione e l'applicazione di un piano di campionamento";
- ✓ Norma UNI CEN/TR 15310-1 "Caratterizzazione dei rifiuti – Campionamento dei rifiuti – Parte 1: Guida alla selezione e applicazione dei criteri per il campionamento in diverse condizioni"
- ✓ Norma UNI/TR 11682:2017 "Rifiuti - Esempi di piani di campionamento per l'applicazione della UNI 10802:2013"

Il campionamento sarà eseguito da personale specializzato, con modalità analoghe a quelle indicate nel precedente par.5.6, tramite prelievo di incrementi unitari, successivamente omogeneizzati e quartati.

Per il materiale potenzialmente riutilizzabile dovrà essere prelevato un campione setacciato a 2 cm in n. 1 barattolo in vetro da 1 kg, da sottoporre ad analisi per la verifica di conformità alle CSC di Tab. 1 Col A e B del D.Lgs. 152/2006 o Limiti proposti da ISS e Valori di fondo naturale dell'ARIN Bagnoli-Coroglio.

Inoltre, nel caso si verificassero eccedenze dei limiti di riferimento, saranno prelevati i seguenti campioni ai fini della definizione del corretto canale di smaltimento presso impianti off-site:

- ✓ n. 1 barattolo in vetro da 0,5 kg per il test di cessione di cui al D.M. 05/02/1998 per la verifica dell'idoneità del materiale al recupero (ai sensi del DM 186/06 e s.m.i.);
- ✓ n. 1 barattolo in vetro da 0,5 kg per il test di cessione di cui al D.Lgs 121/2020 per verifica della corrispondenza ai criteri di ammissibilità in discarica;
- ✓ n. 3 barattoli da 1 kg per l'analisi di caratterizzazione del rifiuto ai sensi della Parte Quarta del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

Per ogni campione di sottovaglio saranno prelevati esclusivamente i campioni sopra elencati per la definizione del corretto canale di smaltimento presso impianti off-site.

Le analisi saranno eseguite da un laboratorio accreditato, con applicazione di metodiche già riportate in Tabella 5.2 per la caratterizzazione del materiale ai sensi del D.Lgs.152/06 e i seguenti set analitici da adottare per il test di cessione di verifica dell'idoneità del materiale al recupero (Tabella 5.4), per il test di cessione per la verifica della corrispondenza ai criteri di ammissibilità in discarica (Tabella 5.5) e per la caratterizzazione del rifiuto (Tabella 5.6).

Tabella 5.4: Set analitico adottato per il test di cessione per la verifica dell'idoneità al recupero ai sensi del DM 186/06 e s.m.i.

Parametro	Metodo
Arsenico, Bario, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo Totale, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Vanadio, Zinco	UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6020B:2014
pH	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10523:2012
Solfati, Nitrati, Fluoruri, Cloruri	UNI EN 12457+UNI EN ISO 10304-1
Cianuri	UNI EN 12457-2:2004 + APHA Standard methods 23rd 4500 CN F
Richiesta chimica di ossigeno (COD)	UNI EN 12457-2: 2004 + ISO 15705: 2002
Amianto	UNI EN 12457-2:2004+M.I.NA031

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Parametro	Metodo
pH	UNI EN ISO 10523: 2012

Tabella 5.5: Set analitico adottato per il test di cessione per la verifica dell'ammissibilità in discarica ai sensi del D.Lgs. 121/2020

Parametro	Metodo
Antimonio, Arsenico, Bario, Cadmio, Cromo Totale, Mercurio, Molibdeno, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Zinco	UNI EN 12457-2:2004 + EPA 6020B:2014
Cloruri, Solfati, Fluoruri	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN ISO 10304-1
Indice di fenolo	UNI EN 12457-2:2004 + APAT CNR IRSA 5070 Man 29 2003
Carbonio organico disciolto (DOC)	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 1484:1999
Solidi totali disciolti	UNI EN 12457-2:2004 + UNI EN 15216: 2008

Tabella 5.6: Set analitico adottato per la caratterizzazione del rifiuto

Parametro	Metodo
pH	CNR IRSA 1 Q 64 Vol 3 1985 + APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003
Sostanza secca (Residuo a 105°C)	UNI EN 14346:2007 Met A
Residuo a 600 °C	CNR IRSA 2 Q 64 Vol 2 1984 Notiziario 2 2008
Densità'	CNR IRSA 3 Q 64 Vol 2 1984
Carbonio organico totale (TOC)	UNI EN 13137:2002 Met A
Infiammabilità	Regolamento 30 maggio 2008, n. 440/2008/CE
Bi (Bismuto)	UNI EN 15309:2007
Tipologia	MP-02343-IT 2020 Rev.1
Stato fisico	MP-02343-IT 2020 Rev.1
Colore	MP-02343-IT 2020 Rev.1
Odore	MP-02343-IT 2020 Rev.1
Bicarbonati	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 IV.2 + APAT CNR IRSA 2010 Man 29 2003
Carbonati	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 IV.2 + APAT CNR IRSA 2010 Man 29 2003
Idrossidi	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 IV.2 + APAT CNR IRSA 2010 Man 29 2003
Fosforo totale (P)	UNI EN 13657:2004 + EPA 6010D 2018
Alluminio (Al), Antimonio (Sb), Argento (Ag), Arsenico (As), Bario (Ba), Berillio (Be), Boro (B), Cadmio (Cd), Calcio (Ca), Cobalto (Co), Cromo totale (Cr), Ferro (Fe), Manganese (Mn), Mercurio (Hg), Molibdeno (Mo), Nichel (Ni), Piombo (Pb), Potassio (K), Rame (Cu), Selenio (Se), Sodio (Na), Stagno (Sn), Tallio (Tl), Tellurio (Te), Vanadio (V), Zinco (Zn)	UNI EN 13657:2004 + EPA 6010D 2018
Cromo esavalente (CrVI)	UNI EN ISO 15192: 2021
Bromuri, Cloruri, Fluoruri, Nitrati, Solfati	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met IV.2
Benzene, Etilbenzene, Stirene, Toluene, (m+p)-Xilene, o-Xilene, Cumene, n-propilbenzene, 1,2,4-Trimetilbenzene, 1,3,5-Trimetilbenzene, Alfa-Metilstirene, 4-Ter-butiltoluene	EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018
Naftalene, Acenafilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b+j)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Indeno(1,2,3-cd)pirene,	EPA 3550C 2007 + EPA 8270E 2018

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Parametro	Metodo
Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Dibenzo(a,e)pirene, Dibenzo(a,h)pirene, Dibenzo(a,i)pirene, Dibenzo(a,l)pirene, Benzo(e)pirene	
Sommatoria idrocarburi policiclici aromatici (parere ISS 35653 del 6/8/10 All.1)	EPA 3550C 2007+ EPA 8270E 2018 + MADEP-VPH-18- 2.1 Rev 2.1 2018
1,1,1,2-Tetracloroetano, 1,1,1-Tricloroetano, 1,1,2,2-Tetracloroetano, 1,1,2-Tricloroetano, 1,1-Dicloroetano, 1,1-Dicloroetilene, 1,1-Dicloropropene, 1,2,3-Tricloropropano, 1,2-Dibromo-3-cloropropano, 1,2-Dibromoetano, 1,2-Dicloroetano, 1,2-Dicloropropano, 1,3-Dicloropropano, 2,2-Dicloropropano, 2,3-Dicloropropene, 2-Cloro-1,3-butadiene (Beta-cloroprene), 3-cloropropene, Benzilcloruro, Bis(2-cloroisopropil)etere, Bromoclorometano, Bromodiclorometano, Bromoformio, Bromometano, Cis-1,2-dicloroetilene, Cis-1,3-Dicloropropene, Cloroetano, Cloroformio, Clorometano, Cloruro di vinile, Dibromoclorometano, Dibromometano, Diclorometano, Esaclorobutadiene, Esacloroetano, Tetracloroetilene, Tetraclorometano, Trans-1,2-dicloroetilene, Trans-1,3-Dicloropropene, Tricloroetilene, Triclorofluorometano, 1,3-Butadiene, 2-Esanone, 4-Vinilcicloesene, Acetone, Acetonitrile, Acrilonitrile, n-Butile acetato, Cicloesano, Etere etilico, Diisobutil chetone, Etanolo, Etile Acetato+Metiletilchetone, Isobutanolo, Isobutile acetato, Isoprene, Isopropanolo, Isopropil acetato, Metile acetato, Metile acrilato, Metilmetacrilato, Metilisobutilchetone, Metilterbutiletere (MTBE), n-Butanolo, n-esano, n-Propile acetato, Sec-Butanolo, Ter-butanolo (alcol terbutilico), Acetato di vinile, Clorobenzene, 1,2-Diclorobenzene, 1,3-Diclorobenzene, 1,4-Diclorobenzene	EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018
2-Butossietanolo, 2-Metossietile acetato	EPA 3585:1996 + EPA 8260D:2018
m-cloronitrobenzene, Nitrobenzene, 1,2-Dinitrobenzene, 1,3-Dinitrobenzene, 1,4-Dinitrobenzene, (o+p)-Cloronitrobenzene, p-nitrotoluene, o-Nitrotoluene, 2,3-Dinitrotoluene, 2,6-Dinitrotoluene, 2,4-Dicloronitrobenzene, 2,4-Dinitrotoluene, 2,5-Dicloronitrobenzene, 3,4-dicloronitrobenzene, 1,2,3-tricloro-4-nitrobenzene, Pentacloronitrobenzene, 1,2,4-Triclorobenzene, Fenolo, (m+p)-Cresolo, o-Cresolo, 2-Etilfenolo, 2-Fenilfenolo, 2,4-Dimetilfenolo, 2,4,6-Trimetilfenolo, 2-Clorofenolo, (3+4)-Clorofenolo, 2,4-Diclorofenolo, 3,5-Diclorofenolo, 2,6-Diclorofenolo, 2,4,6-Triclorofenolo, (2,3,4,6 + 2,3,4,5)-Tetraclorofenolo, Pentaclorofenolo e suoi sali ed esteri, 4-Cloro-3-Metilfenolo, Anilina, Difetilammina, o-anisidina, m-anisidina, p-anisidina, Benzidina, p-Cloroanilina, 5-cloro-2-metilanelina, 3,3'-Dimetossibenzidina, o-nitroanilina, m-nitroanilina, p-nitroanilina, 3-Metilanelina, N,N-dietilanelina, 2,4-dicloroanilina, 2-cloro-5-nitroanilina, (o+p)-toluidina, 3,4-Dicloroanilina, 2,2',4,4'-Tetrabromodifeniletere, 3,3',4,4'-Tetrabromodifeniletere, 2,2',4,5'-Tetrabromodifeniletere, 2,3',4,4'-Tetrabromodifeniletere, 2,3',4',6'-Tetrabromodifeniletere, 2,2',3,4,4'-Pentabromodifeniletere, 2,2',4,4',5'-Pentabromodifeniletere, 2,2',4,4',6'-Pentabromodifeniletere, 2,3',4,4',6'-Pentabromodifeniletere, 3,3',4,4',5'-Pentabromodifeniletere, 2,2',3,4,4',5'-Esabromodifeniletere, 2,2',4,4',5,5'-Esabromodifeniletere, 2,2',4,4',5,6'-Esabromodifeniletere, 2,3,3',4,4',5'-Esabromodifeniletere, 2,2',3,4,4',5',6'-Eptabromodifeniletere, 2,2',3,4,4',6,6'-Eptabromodifeniletere, 2,3,3',4,4',5',6'-Eptabromodifeniletere, Decabromodifeniletere, Sommatoria polibromodifenileteri, Dicofol, 4,4'-DDT, Aldrin, alfa-Endosulfan, Alfa-esaclorocicloesano (Alfa-HCH), Beta-Endosulfan, Beta-esaclorocicloesano (Beta-HCH), Clordano, Clordecone, Delta-esaclorocicloesano (Delta-HCH), Dieldrin, Endosulfan, Sommatoria Endosulfan, Endrin, Gamma-esaclorocicloesano (Lindano), Eptacloro, Esabromobifenile, Esaclorobenzene, Mirex, Pentaclorobenzene, Toxafene,	EPA 3550C 2007 + EPA 8270E 2018

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Parametro	Metodo
Esabromociclododecano, 2,4,4'-TrCB (PCB-28)+2,4',5-TrCB (PCB-31), 2,2',5,5'-TeCB (PCB-52), 2,2',3,5',6-PeCB (PCB-95), 2,2',4,4',5-PeCB (PCB-99), 2,2',4,5,5'-PeCB (PCB-101), 2,3,3',4',6-PeCB (PCB-110), 2,2',3,3',4,4'-HxCB (PCB-128), 2,2',3,4,4',5'-HxCB (PCB-138), 2,2',3,4',5,5'-HxCB (PCB-146), 2,2',3,4',5',6-HxCB (PCB-149), 2,2',3,5,5',6-HxCB (PCB-151), 2,2',4,4',5,5'-HxCB (PCB-153), 2,2',3,3',4,4',5-HpCB (PCB-170), 2,2',3,3',4',5,6-HpCB (PCB-177), 2,2',3,4,4',5,5'-HpCB (PCB-180), 2,2',3,4,4',5',6-HpCB (PCB-183), 2,2',3,4',5,5',6-HpCB (PCB-187), Sommatoria policlorobifenili (PCB)	
Policlorobifenili (PCB), Policlorotrifenili (PCT), Policloronaftaleni totali (PCN)	EPA 3550C 2007 + EPA 8082A 2007
2,3,7,8-TCDD, 1,2,3,7,8-PeCDD, 1,2,3,4,7,8-HxCDD, 1,2,3,6,7,8-HxCDD, 1,2,3,7,8,9-HxCDD, 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD, OCDD, 2,3,7,8-TCDF, 1,2,3,7,8-PeCDF, 2,3,4,7,8-PeCDF, 1,2,3,4,7,8-HxCDF, 1,2,3,6,7,8-HxCDF, 2,3,4,6,7,8-HxCDF, 1,2,3,7,8,9-HxCDF, 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF, 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF, OCDF, Equivalente di tossicità WHO-TEQ (2006)	EPA 8280B 2007
Cloroalcani C10÷C13	MP-02511-IT 2020 Rev.1.0
Idrocarburi Leggeri C<=12 (C5÷C12)	EPA 5021A 2014 + EPA 8015C 2007
Idrocarburi Pesanti C>12 (C12÷C40), Oli minerali (C10-C40)	UNI EN 14039:2005
Idrocarburi (sommatoria idrocarburi leggeri C<12 e idrocarburi pesanti C>12)	EPA 5021A:2014 + EPA 8015C:2007 + UNI EN 14039:2005
Idrocarburi Alifatici C5÷C8, Dipentene	MADEP-VPH-18-2.1 Rev 2.1 2018
Contenuto di amianto (SEM)	DM 06/09/1994 GU n° 288 10/12/1994 All 1 Met B
Acido perfluoroottansolfonico (PFOS), N-etil-eptadecafluoro ottan sulfonamide (N-Et-FOSA), N-etil-eptadecafluoro ottan sulfonamide etanolo (N-Et-FOSE), N-metil-eptadecafluoro ottan sulfonamide (N-Me-FOSA), N-metil-eptadecafluoro ottan sulfonamide etanolo (N-Me-FOSE), Somma PFOS e suoi derivati (secondo Reg. (UE) 2019/1021)	ASTM D7968-17a

I materiali di sopravaglio prodotti dal trattamento di vagliatura, se conformi al test di cessione ai sensi del D.M. 05/02/98 ed idonei da un punto di vista geotecnico verranno impiegati nella costituzione di rilevati, sottofondi, riempimenti, ecc. riutilizzati in sito.

Gli aggregati recuperati, qualora destinati al riutilizzo fuori sito, dovranno essere gestiti ai sensi del D.M. 152/2002 e risultare conformi ai limiti di cui all'allegato 1 del citato Decreto.

Al contrario il materiale sarà invece classificato come rifiuto e codificato tramite l'assegnazione del codice CER sulla base dei disposti dell'Allegato D, Parte IV del D.Lgs 152/2006. Di conseguenza saranno individuate le destinazioni finali dei rifiuti da inviare a smaltimento off-site.

5.5 MODALITA' DI SCAVO DEI MATERIALI INSATURI

L'attività di scavo dei materiali sarà avviata solo successivamente all'ottenimento degli esiti della preventiva caratterizzazione in situ dei materiali, i cui riscontri analitici, collegati agli esiti emersi dai sondaggi stratigrafici effettuati, potranno individuare eventuali criticità operative o il rinvenimento della superficie di separazione tra il materiale di riporto ed i sottostanti sedimenti naturali.

L'intervento è stato progettato considerando i limiti areali riportati nelle planimetrie di progetto così come indicato al Capitolo 3.

Tuttavia, la geometria e le profondità reali degli scavi di bonifica terranno conto di:

- ✓ eventuali vincoli ai confini del sito e strutture di delimitazione di limiti di proprietà (recinzioni, muro di confine con via Coroglio, interferenza col Pontile Nord, opere di sostegno, etc.);

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

- ✓ il reale spessore dei materiali di riporto che sarà definito con ulteriore dettaglio solo a seguito delle indagini di caratterizzazione preliminare in situ e mediante osservazioni visive dirette in fase di scavo.

Come già anticipato in precedenza le fasi di caratterizzazione e di scavo verranno eseguite in parallelo su più strisce in maniera tale da ottimizzare le tempistiche di rimozione delle diverse celle, man mano che altre celle verranno caratterizzate e si attendono i risultati delle analisi.

Si prevede di effettuare lo scavo secondo strisce ortogonali al lato mare in arretramento da ovest verso est, ossia iniziando dalla zona con presenza di maggiori spessori di riporto, in modo sia da facilitare la logistica di cantiere sia di assicurare l'allestimento della cantierizzazione nei pressi del confine di via Coroglio, nonché l'ottimizzazione dei flussi dei materiali e l'anticipo della prima fase di caratterizzazione in banco su un maggior numero di celle.

La figura seguente illustra, in modo esemplificativo, l'approccio operativo alla rimozione della colmata, mostrando in sezione le fasi generali di caratterizzazione e scavo delle celle di intervento: nello stesso istante potranno essere in corso sia attività di caratterizzazione, sia attività di scavo su celle / strisce limitrofe.

Si specifica che, come già descritto al Paragrafo 5.3 (in merito alla capacità di approfondimento dell'escavatore cingolato), per ogni striscia di scavo la caratterizzazione in situ interesserà coppie di celle a profondità progressiva.

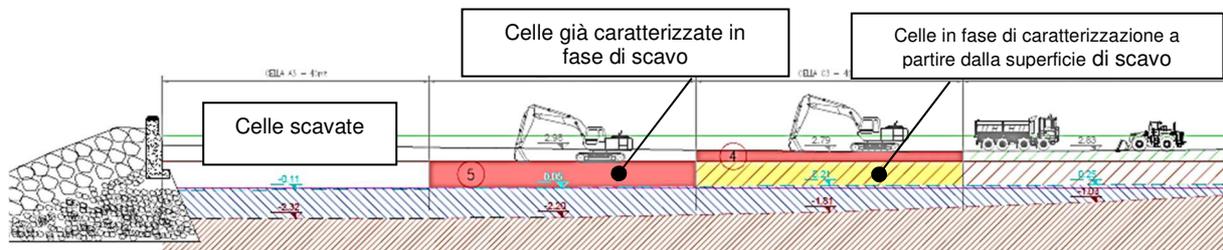


Figure 5.7: Sequenza operativa di scavo

Nello specifico, si riporta la descrizione e la illustrazione della sequenza operativa che impatta le prime le strisce di scavo (si precisa che tale metodologia potrà essere ottimizzata o revisionata in fase di progettazione esecutiva):

- ✓ **Step 0:** sarà possibile effettuare la caratterizzazione in situ delle coppie di celle a profondità 0 ÷ 2 m da p.c. delle prime 6 strisce di intervento A, B, C, D, E, F campitura in giallo nell'immagine seguente.

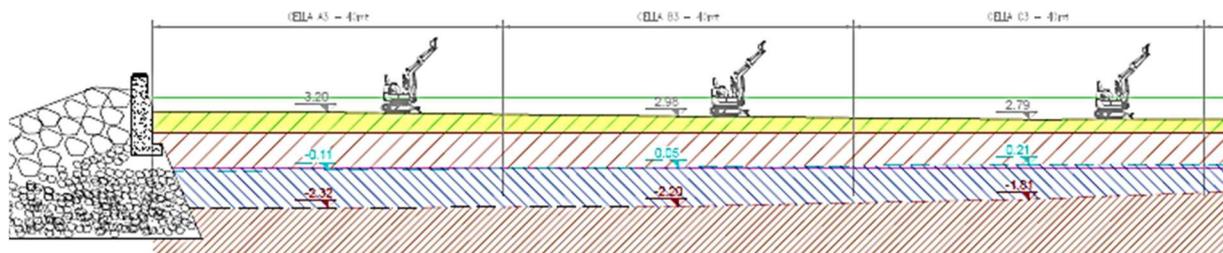


Figure 5.8: Sequenza di scavo - step 0

- ✓ **Step 1** (a valle dell'ottenimento dei risultati della caratterizzazione in situ dello "Step 0") si può iniziare con
 - o lo **scavo** e trasporto verso il deposito preliminare **delle coppie di celle a profondità 0 ÷ 2 m da p.c. della prima striscia** [cella indicata con il numero 1].
 - o seguito dalla **caratterizzazione in situ delle coppie di celle a profondità 2 ÷ 4 m da p.c.** (della **prima striscia** [area con campitura gialla]).

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

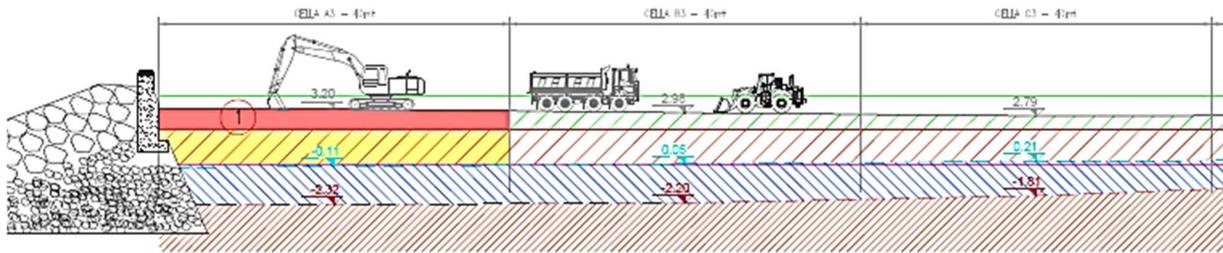


Figure 5.9: Sequenza di scavo – step 1

✓ **Step 2:** si procederà con

- lo **scavo**, e trasporto verso il deposito preliminare di:
 - **celle a profondità 0 ÷ 2 m da p.c. della seconda striscia** [cella indicata con il numero 2]
 - **celle a profondità 2 ÷ 4 m da p.c. della prima striscia** [cella indicata con il numero 3].
- Potrà essere avviata la **caratterizzazione in situ** di:
 - **celle a profondità 2 ÷ 4 m da p.c. della seconda striscia** [area con campitura gialla].
 - **eventuali celle con profondità 4 ÷ 6 m da p.c. della prima striscia** [area con campitura gialla].

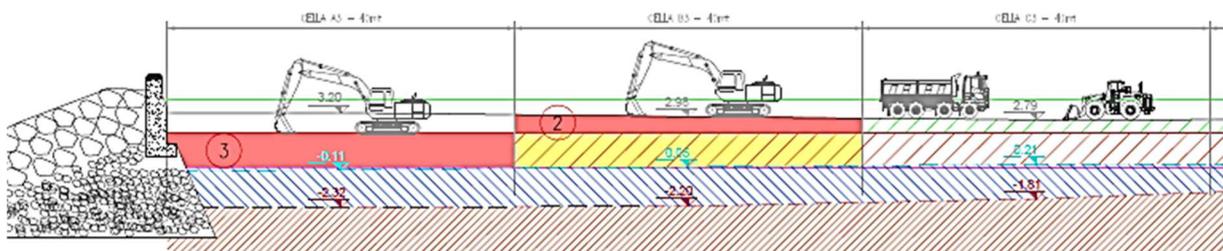


Figura 5.10: Sequenza di scavo – step 2

✓ **Step 3:** si procederà con

- lo **scavo** e trasporto verso il deposito preliminare di:
 - **celle a profondità 0 ÷ 2 m da p.c. della terza striscia** [cella indicata con il numero 4].
 - **celle a profondità 2 ÷ 4 m da p.c. della seconda striscia** [cella indicata con il numero 5].
 - **Eventuali celle a profondità superiore a 4 m della prima striscia**
- Potrà essere avviata la **caratterizzazione in situ** di:
 - **celle a profondità 2 ÷ 4 m da p.c. della terza striscia** [area con campitura gialla].
 - **Eventuali celle a profondità superiore a 4 m da p.c. della seconda striscia.**

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

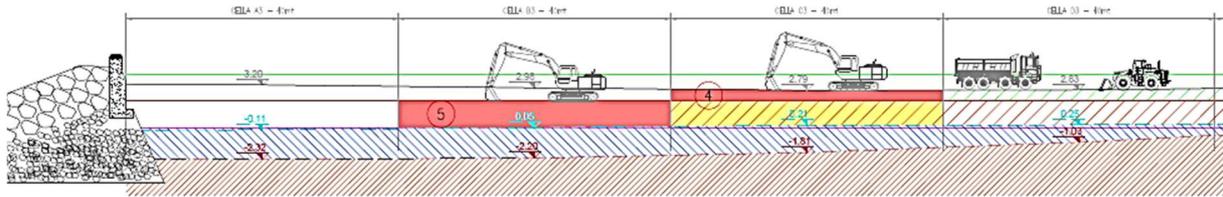


Figura 5.11: Sequenza di scavo – step 3

La metodica di scavo sopra descritta proseguirà quindi fino a rimozione completa del materiale insaturo.

Con riferimento a quanto sopra esposto, gli scavi saranno condotti in modo da limitare il più possibile la dimensione areale dei fronti di scavo, privilegiando scavi in approfondimento rispetto a scavi di sbancamento su superfici aperte; pertanto, appena saranno rimosse le celle di scavo, si procederà dal nuovo piano campagna alla caratterizzazione delle celle sottostanti.

La soluzione proposta permette di:

- ✓ limitare la dimensione areale dei fronti di scavo, confinando le superfici di materiale esposto e la relativa gestione dei fronti (umidificazione antipolvere, copertura con geotessili in condizioni meteorologiche avverse, ecc.);
- ✓ garantire una gestione operativa ottimale del materiale scavato, anche in relazione ai tempi di risposta delle analisi di caratterizzazione ed alla capacità ricettiva del deposito preliminare e/o degli impianti di destino finale;
- ✓ velocizzare il flusso dei materiali di risulta da destinare a smaltimento;
- ✓ creare opportune rampe di accesso (preferibilmente realizzate in scavo e pertanto costituite da materiale oggetto di scavo successivo) di pendenza non superiore a 45° e fronti di scavo con altezza non critica per la stabilità geotecnica.

Tutti i mezzi di scavo dovranno essere dotati di sistemi che permettano il controllo accurato dei profili di scavo.

Il materiale scavato sarà caricato su autocarri e trasportato nelle baie di stoccaggio, presenti nel deposito ex stabilimento, ove saranno sottoposti a caratterizzazione in cumulo per la definizione del corretto flusso di gestione.

5.6 MODALITA' DI SCAVO DEI MATERIALI SATURI

La rimozione del materiale saturo, costituente la colmata, sarà avviata, a seguito del completamento delle operazioni di asportazione dei materiali insaturi, al netto di un idoneo franco di sicurezza.

Secondo quanto ricostruito attraverso il geodatabase il volume complessivo di materiale di riporto saturo da rimuovere sarà pari a circa 348.000 m³

Inoltre, a seguito delle valutazioni e studi effettuati sul volume dinamico, si dovrà procedere alla rimozione di circa 147.500 m³ di sedimento sottostante in corrispondenza della Macrocella, in virtù delle valutazioni relative al volume dinamico riportate negli elaborati specialistici **2021E022INV-01-D-02-MA-RS-REL-01-01** e **2021E014INV-01-D-02-OM-RS-REL-01-01**.

L'intervento sarà realizzato adoperando tecnologie ambientali in grado di minimizzare il rischio connesso con la risospensione dei materiali durante le operazioni di asportazione degli stessi.

Tutti i mezzi di scavo dovranno essere dotati di sistemi che permettano il controllo accurato dei profili di scavo, preverranno l'incremento di torbidità e dispersione delle sostanze dannose e ottimizzeranno la concentrazione del materiale asportato, in relazione alla sua destinazione finale.

I materiali estratti saranno sottoposti in seguito a disidratazione ad attività di campionamento in cumulo ai fini della definizione del destino dei materiali scavati secondo le finalità indicate per la caratterizzazione dei materiali insaturi di cui al Paragrafo 5.3 e 5.4.

Si prevede quindi di operare secondo le seguenti fasi:

Fase 1 – L'approntamento delle vasche di disidratazione è un'operazione già predisposta, in quanto le medesime vasche avranno ricevuto i materiali provenienti sia dalla Microzona nord che dalla Macrozona sud. Pertanto aree di

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

stoccaggio temporaneo, caratterizzazione e disidratazione dei materiali e di raccolta delle acque (vasca di disidratazione) saranno già presenti in sito;

Fase 2 – Rimozione selettiva dei materiali saturi di riporto.

Fase 3 – Movimentazione dei materiali rimossi verso le vasche di disidratazione.

Fase 4 – Disidratazione e gestione dei materiali scavati che comprende:

- ✓ gestione delle acque di disidratazione;
- ✓ caratterizzazione dei materiali per classificazione quali sottoprodotti o per attribuzione codice E.E.R.;
- ✓ carico e trasporto dei cumuli, in fasi temporali diverse, presso le aree di deposito individuate o conferimento a smaltimento;

5.6.1 Fase 1: approntamento delle vasche di disidratazione

Preventivamente all'avvio degli scavi nel materiale saturo come specificato in precedenza saranno già allestite vasche di disidratazione del materiale, in quanto avranno gestito i materiali degli arenili. Ogni vasca di disidratazione sarà realizzata per garantire una veloce disidratazione per gravità dei materiali stoccati; la disidratazione permetterà di minimizzare i volumi di acqua da inviare a trattamento ed inoltre permetterà di effettuare un trasporto su gomma in sicurezza.

Si prevede l'utilizzo in cantiere (anche a seguito del trattamento degli arenili) di n. 13 vasche di disidratazione della capienza di 2.000 m³ e due della capienza di 1.800 m³, per una volumetria totale di 29.600 m³. Infatti, verrà utilizzata la stessa area di deposito temporaneo, già utilizzata per le precedenti fasi di scavo del materiale insaturo.

Le vasche saranno suddivise e identificate secondo l'area di provenienza del materiale.

Nello specifico le vasche di disidratazione saranno munite di un'opportuna superficie d'appoggio al fine di creare una base impermeabile adeguata alle caratteristiche fisico-chimiche dei materiali escavati ed all'insistenza dei carichi statici e dinamici e tali da permettere il drenaggio delle acque di disidratazione. L'area di deposito avrà una pendenza tale da convogliare le acque di disidratazione verso sistemi di canalizzazione dotati di pozzetti di raccolta di dimensioni idonee. La profilazione e le pendenze saranno ottenute con la posa in opera di sabbia o misto stabilizzato per uno spessore di 50 mm. Inoltre, l'area sarà opportunamente sigillata con asfalto o miscela bentoniche posta in opera sopra lo strato di sabbia o misto stabilizzato. Sarà inoltre posato un telo in HDPE alla base dello strato di stabilizzato.

Al di sopra del livello impermeabile saranno posti in opera i tubi di drenaggio, con diametro di almeno 200 mm, e lo strato drenante (ad es. ghiaia frantumata lavata) di idonea pezzatura. I tubi di drenaggio e lo strato drenante avranno rispettivamente resistenza allo schiacciamento e caratteristiche geotecniche tali da permettere la movimentazione di mezzi d'opera per il carico dei sedimenti. Lo strato drenante sarà protetto da uno strato di geotessile tessuto non tessuto di grammatura adeguata e non inferiore ai 500 g/m².

In alternativa, lo strato drenante potrà essere anche realizzato con geocompositi costituiti da una struttura in HDPE cuspidata ad elevato indice di vuoti, generalmente accoppiata ad un geotessile filtrante incollato sulle cuspidi. Il geotessile non tessuto filtra l'acqua proveniente dal sedimento (funzione di filtrazione) e la struttura drenante, avente un elevato indice di vuoti, la trasporta ai tubi collettori (funzione di drenaggio).

Le acque drenate saranno convogliate in un collettore che a sua volta avrà come termine ultimo una vasca di raccolta attrezzata con pompe ad immersione, di cui una *spare*, con portate adeguate a rilanciare le acque a serbatoi di accumulo predisposti in prossimità delle vasche di disidratazione. Al fine di migliorare la gestione delle acque potrebbe essere posato in opera un collettore e un sistema di raccolta delle acque per ciascuna vasca. In questo modo è possibile intervenire su una singola vasca qualora emergessero problematiche relative al *dewatering* (ad es. il caso in cui lo strato di geotessile tessuto non tessuto si dovessero intasare).

Ciascuna baia sarà delimitata su tutti quattro con moduli prefabbricati in calcestruzzo (indicativamente di altezza H=4,0 m).

Al fine di proteggere i materiali dall'azione di dilavamento esercitata dalle acque meteoriche saranno previsti opportuni sistemi di copertura. Quindi, i cumuli saranno mantenuti coperti con teli in LDPE qualora vi fossero fenomeni atmosferici o una volta completato il *dewatering*, in attesa del carico e trasporto a deposito temporaneo/destino. L'acqua di origine meteorica, che insisterà nell'area senza andare a contatto con i materiali stoccati, potrà quindi essere lasciata defluire.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Potranno essere prese in esame soluzioni ingegneristiche differenti rispetto a quanto sopra descritta, conservando l'approccio metodologico.

5.6.2 Fase 2: rimozione selettiva dei materiali di riporto

Si prevede di effettuare lo scavo del materiale saturo tramite escavatore a fune cingolato, che opererà lavorando a partire dalle aree di colmata scavate nel solo terreno insaturo. Analogamente a quanto effettuato per il terreno insaturo si prevede un avanzamento a strisce perpendicolari al lato mare, da ovest verso est, secondo lo schema di lavoro esemplificato nella seguente figura.

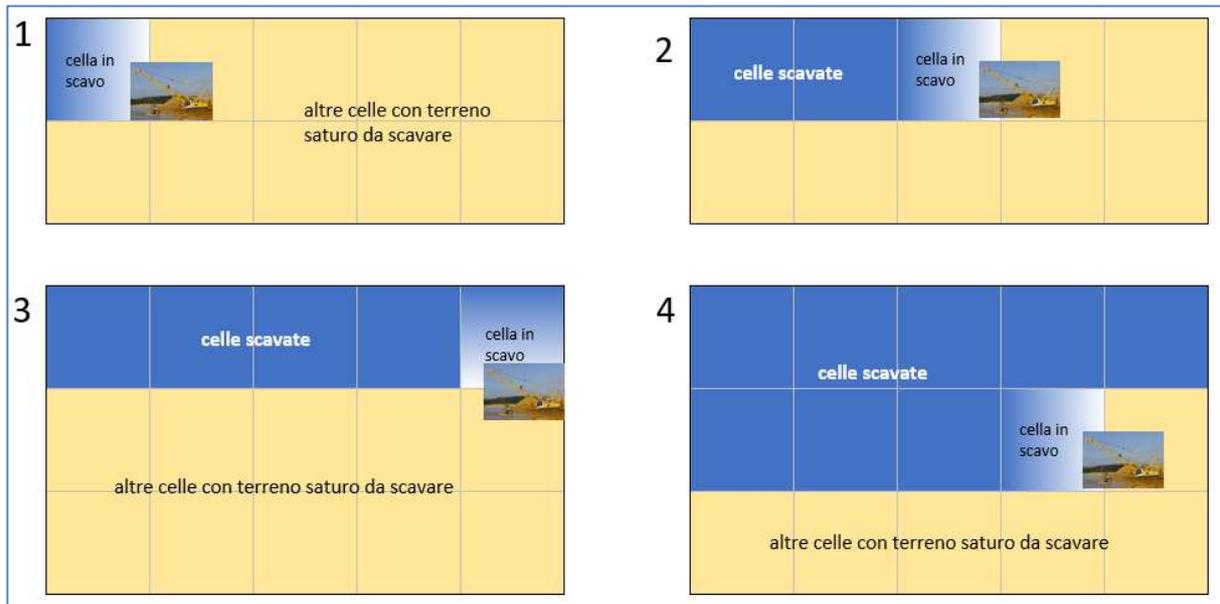


Figura 5.12: Schema di avanzamento dello scavo del terreno saturo

Per le aree di colmata in cui la ricostruzione del modello concettuale ha evidenziato presenza di materiali saturi da rimuovere con uno spessore superiore ai 3 metri (indicativamente quindi quelle prospicienti alla scogliera di contenimento e verso il lato sud della colmata), potrà essere prevista, previa rimozione della scogliera e del muro di contenimento, l'esecuzione di un dragaggio utilizzando un escavatore con benna ambientale da 12 m³ (benna mordente bivalve ermetica) montato su motopontone di stazza lorda da 60 a 100 t.

I mezzi di scavo saranno dotati di sistemi di manovra che permetteranno il controllo accurato dei profili di scavo.

Saranno adottati diversi accorgimenti per limitare risospensione di sedimenti e il rilascio di contaminanti, ed in particolare:

- ✓ la riduzione del tasso di dragaggio per rallentare le operazioni, particolarmente importante per contenere la velocità della benna in fase di avvicinamento al fondale e per la successiva risalita verso la superficie libera; si attende che la produzione giornaliera non sarà superiore ai 300 m³;
- ✓ la riduzione della penetrazione della benna, che può causare l'espulsione dei sedimenti dalla stessa.

Inoltre, laddove dovesse essere operato il dragaggio da mare con motopontone, in prossimità delle aree di scavo, sarà adottato un sistema di controllo della risospensione che prevede la messa in opera di barriere fisiche del tipo silt *curtains/screens*. Le barriere flessibili saranno adagate sull'acqua, dotate di una serie di galleggianti sulla superficie e di una catena di ancore/zavorre sul fondo. Sarà adottata una protezione completa e dunque le barriere si estenderanno dalla superficie fino al fondo in modo da contenere i materiali/sedimenti e ridurre sia la diffusione nella colonna d'acqua superiore che il movimento al fondo.

L'efficacia dei silt *curtains/screens* è determinata principalmente dalle condizioni idrodinamiche della zona, come le correnti ed il vento, le altezze d'onda e l'escursione dei livelli di marea. In caso di utilizzo di motopontone prima

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

di dare avvio alla rimozione selettiva dei sedimenti saranno quindi valutate le condizioni meteo-marine per verificare la possibilità o meno di iniziare le attività in sicurezza.

5.6.3 Fase 3: movimentazione dei materiali rimossi verso le vasche di disidratazione

Il sedimento rimosso sarà movimentato e posizionato nelle vasche di stoccaggio e disidratazione attraverso l'uso del motopontone e/o dell'escavatore a funi. La collocazione a terra del materiale dragato sarà realizzata mediante svuotamento meccanico con l'escavatore con benna o a grappo, manovrati da motopontone o con l'escavatore a fune a seconda del mezzo prescelto.

La collocazione dei materiali rimossi potrà avvenire direttamente sulle vasche di disidratazione (per le aree di scavo adiacenti ad esse) oppure caricando gli stessi su dumper o autocarri per il trasporto del materiale. In questo caso i mezzi di trasporto saranno collocati in prossimità delle celle in escavo, in posizione di sicurezza.

Durante il trasporto saranno adottate tutte le accortezze al fine di prevenire o ridurre al minimo la perdita di materiale, tra cui: con uso del motopontone il controllo, anche automatizzato, dell'effettiva chiusura delle porte di scarico; la copertura del carico; la limitazione del grado di riempimento, adottando un adeguato franco di sicurezza.

Preliminarmente alla fase di rimozione selettiva del materiale sarà definita la successione temporale degli interventi e il percorso dei mezzi per avvicinarsi alle vasche di disidratazione, limitando le manovre.

5.6.4 Fase 4: disidratazione e gestione dei materiali scavati

I materiali depositati nelle vasche di stoccaggio subiranno una disidratazione naturale che, dalle prove di laboratorio eseguite sui sedimenti ha dimostrato di essere molto efficace in tempi piuttosto brevi.

Le acque di drenaggio, seguendo la pendenza delle vasche, scoleranno a gravità verso la canalina di raccolta delle acque collegata a due pozzetti di rilancio. I pozzetti di rilancio saranno attrezzati con idonee pompe sommerse operanti in attacco e stacca su controllo di livello nel pozzetto, in modo da poter rilanciare le acque a cisterne di accumulo ad qui verranno convogliate ad un impianto trattamento acque dedicato che verrà installato nell'area di cantiere.

5.6.5 Caratterizzazione del materiale disidratato

La caratterizzazione del materiale avverrà in cumuli una volta ultimato il processo di disidratazione e seguirà il medesimo processo descritto al Paragrafo 5.4

5.6.6 Reflui di processo

Così come previsto nel report di gestione delle materie **2021E014INV-01-D-00-GE-RS-REL-08-01** i rifiuti liquidi prodotti dal *dewatering* dei terreni saturi, nonché da eventuali attività di aggotamento degli scavi verranno avviati all'impianto di trattamento delle acque presente in sito ed autorizzato ai sensi del D.Lgs. 152/06 art. 252, comma 7.

L'impianto sarà gestito secondo quanto riportato nella relazione specialistica **2021E022INV-01-D-12-IM-RS-REL-01-00** alla quale si rimanda per i dettagli.

Le acque uscenti dall'impianto saranno convogliate a mare previa caratterizzazione e autorizzazione degli Enti competenti.

5.7 CARICO E TRASPORTO DEI CUMULI PRESSO I DEPOSITI TEMPORANEI

Una volta completata la fase di disidratazione, la fase di carico dei materiali avverrà tramite l'ausilio di mezzi meccanici. La modalità di confezionamento ipotizzata è sfusa in cassone. I cassoni per il trasporto dei materiali saranno di tipo telonato, adatti al trasporto di terreni contaminati.

Il carico dei materiali avverrà per fasi temporali diverse in modo da liberare tutte le vasche progressivamente, e renderle disponibili per il *dewatering* del nuovo materiale saturo escavato. I materiali saranno quindi condotti nelle appropriate aree deposito in funzione dei destini previsti a seguito della caratterizzazione effettuata.

I cassoni degli autocarri dovranno essere a tenuta al fine di evitare la perdita di materiale (in particolare per il saturo) nel percorso compreso tra il cantiere e le aree di deposito.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

5.8 LOGISTICA AREA IMPIANTI E DEPOSITI

Secondo quanto dettagliato nel report **2021E014INV-01-D-00-GE-RS-REL-08-01**, i materiali prodotti dovranno essere depositati conformemente alle indicazioni progettuali, in corrispondenza delle aree di deposito temporaneo appositamente predisposte in cui dovranno essere chiaramente identificate, anche mediante apposita cartellonistica le aree per il deposito dei differenti rifiuti. Dovranno essere predisposte inoltre aree differenti e distinte per il deposito dei rifiuti pericolosi da quelli non pericolosi.

Le aree di deposito saranno predisposte secondo il seguente schema:

- ✓ Aree di deposito dei materiali saturi da sottoporre a trattamento di *dewatering*: realizzate in corrispondenza dell'area della colmata, in prossimità dell'impianto di trattamento delle acque, con dimensioni comprese tra 1.800 e 2.000 m³ (deposito colmata)
- ✓ Aree di deposito dei materiali insaturi (demolizioni, materiali derivanti dalla rimozione della colmata, rifiuti, sottovaglio, ecc.): realizzate in corrispondenza di un'area esterna all'area della colmata con baie di deposito temporaneo di dimensioni tali da garantire cumuli di volume non superiore a 5.000 m³ (deposito ex stabilimento). In corrispondenza di ciascuna delle aree di deposito saranno collocati i relativi impianti di frantumazione e vagliatura.

Si riportano di seguito le principali indicazioni che dovranno essere attuate:

Deve essere rispettato il criterio temporale/quantitativo previsto dalla norma;

- ✓ i rifiuti devono essere tenuti distinti per tipologia (EER);
- ✓ deve essere posta una adeguata segnaletica con l'indicazione del rifiuto in deposito;
- ✓ i rifiuti non prodotti in via esclusiva dalle demolizioni e scavo (legno, metalli, cartoni, plastica ecc.) andranno posti in adeguati contenitori e/o cassonetti.

Sulla cartellonistica apposta in corrispondenza di ogni tipologia di rifiuto dovrà essere chiaramente identificato il produttore, il Codice EER con la relativa descrizione (con l'eventuale dicitura in attesa di caratterizzazione qualora ancora non disponibile l'analisi chimica), il rapporto di prova identificativo e la data di formazione dei cumuli, lo stato fisico, l'eventuale pericolosità, le norme per la manipolazione e per il contenimento dei rischi per la salute dell'uomo e dell'ambiente.

Nell'area di deposito temporaneo andranno attuate le specifiche attività di controllo concordate con gli Enti e riportate in un apposito protocollo operativo.

I materiali, che all'esito delle analisi chimiche di laboratorio risultino conformi alla normativa in merito ad un loro possibile riutilizzo, saranno spostati dal deposito temporaneo direttamente nelle aree di riutilizzo o dove indicato dalla Direzione Lavori e dalla Committente. Dovrà essere mantenuto un apposito registro per la tracciabilità dei flussi.

I materiali che non potranno essere recuperati in sito saranno inviati ai centri di raccolta e/o trattamento/smaltimento debitamente autorizzati secondo la normativa vigente.

5.9 SEQUENZA DI SCAVO

L'avanzamento dello scavo seguirà lo schema di intervento descritto nell'incipit del presente capitolo. Come già anticipato, l'intervento sarà distinto in due differenti macrofasi, afferenti rispettivamente alla rimozione del terreno insaturo e, successivamente di quello saturo.

Tuttavia, per la complessità del cantiere e le caratteristiche (dimensioni, ubicazione dei depositi temporanei, viabilità di cantiere in relazione ai destini dei materiali) nonché gli obiettivi dell'intervento (rimozione completa della colmata, inclusa la parte saturo), sarà necessario strutturare il lavoro in fasi, secondo una sequenza predefinita.

Possono essere individuate 5 differenti fasi come descritto nel seguito

5.9.1 Fase 1 – scavo insaturo

In particolare, la prima fase sarà costituita dalla rimozione del terreno insaturo secondo la procedura descritta al Paragrafo 5.5. Lo scavo interesserà tutta l'area di colmata fatta eccezione per quella che sarà dedicata ai depositi temporanei, all'area di cantiere e alle piste di collegamento.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Ai fini di velocizzare le tempistiche di rimozione della colmata, in relazione alle ingenti volumetrie da rimuovere, si prevede l'utilizzo contemporaneo di n.4 escavatori da 150 quintali in grado di operare con una produttività giornaliera di 500 m³ ciascuno. Ad ogni escavatore verrà associata una pala gommata atta a caricare il materiale scavato all'interno di un dumper per poi essere convogliato presso l'area deposito di competenza.

Di conseguenza, fermo restando la metodica di caratterizzazione e scavo per strisce descritta al Paragrafo 5.5, l'area di scavo sarà suddivisa in 4 porzioni differenti di analoga volumetria, nelle quali opereranno 1 escavatore una pala gommata e un dumper.

In questa fase il materiale riutilizzabile sarà trasportato in apposite aree interne all'ex stabilimento, il materiale non conforme sarà accumulato nel deposito ubicato in area colmata o nel deposito interno all'area industriale e sottoposto a vagliatura. Sarà quindi inviato a recupero o smaltimento sulla base della caratterizzazione effettuata.

Di seguito è rappresentata schematicamente la prima fase di scavo.

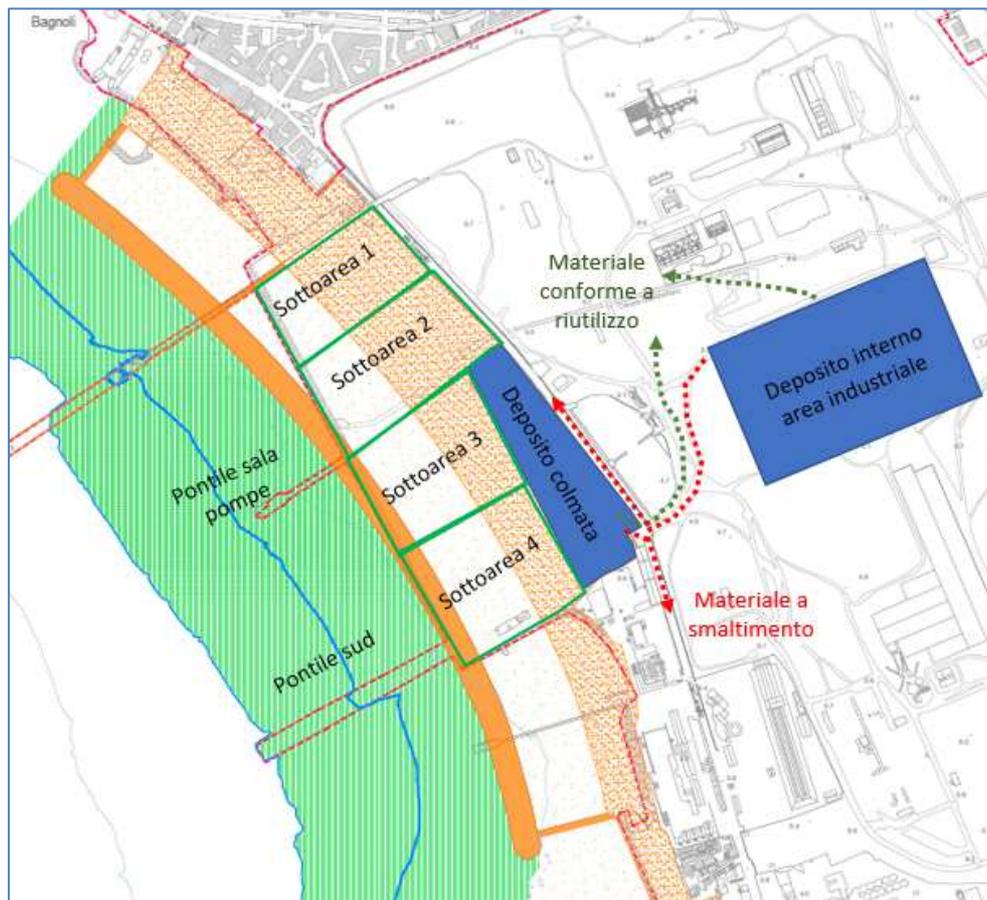


Figura 5.13: Schema esemplificativo scavo insaturo - Fase 1

5.9.2 Fase 2 – scavo saturo

La seconda fase prevederà l'asportazione dei materiali di riporto saturi tramite le modalità indicate al Paragrafo 5.6.

Analogamente alla prima fase si prevederà l'utilizzo contemporaneo di 4 escavatori a fune supportati da pale gommate e dumper con cassoni stagni. La produttività è stimata in complessivi 1500 m³/g.

Anche in questo caso non verranno interessati dagli scavi le porzioni di colmata interessate dai depositi temporanei dei materiali/rifiuti, nonché l'area di cantiere e le piste di collegamento.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Al fine di prevenire eventuali fenomeni di franamento, fatto salvo il mantenimento di inclinazioni sulle pareti di scavo non superiori a 45°, sarà mantenuto un franco di terreno di circa 20 m tra le aree saturate da scavare e le aree da mantenere di cui sopra.

In questa fase il materiale sarà accumulato nelle vasche di drenaggio del deposito in colmata e caratterizzato in cumulo, per la definizione del possibile riutilizzo.

Il materiale riutilizzabile sarà trasportato in apposite aree interne all'ex stabilimento, il materiale non conforme sarà accumulato nel deposito ubicato in area colmata o nel deposito interno all'area industriale e sottoposto a vagliatura. Sarà quindi inviato a recupero o smaltimento sulla base della caratterizzazione effettuata.

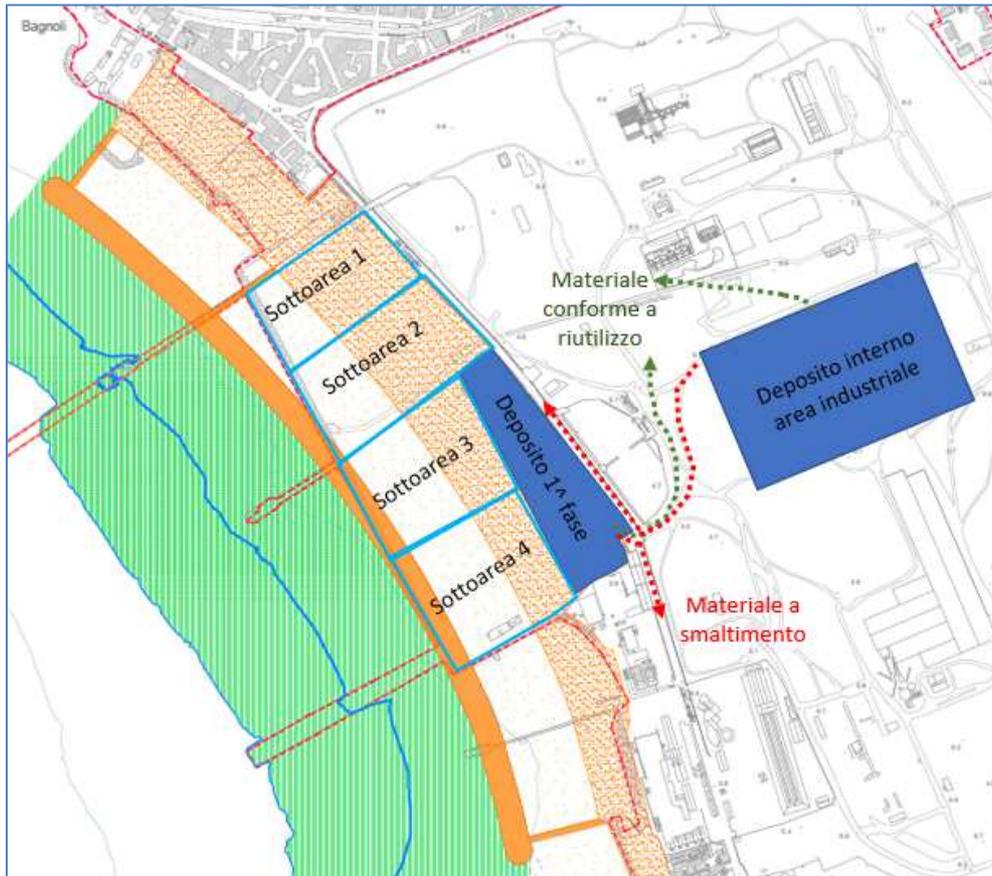


Figura 5.14: Schema esemplificativo scavo saturo - Fase 2

5.9.3 Fase 3 – scavo insaturo in corrispondenza delle aree di deposito temporaneo

La terza fase di scavo del terreno insaturo interesserà una parte delle aree utilizzate nelle prime fasi quale deposito temporaneo dei materiali e a servizio del cantiere. Lo scavo sarà preceduto dalla caratterizzazione in banco del materiale.

In questa fase il materiale riutilizzabile sarà trasportato in aree apposite interne all'ex stabilimento, il materiale non conforme sarà accumulato nel deposito 2° fase in colmata (di capienza per 7.600 m³) o nel deposito interno all'area industriale e sottoposto a vagliatura. Sarà quindi inviato a recupero o smaltimento sulla base della caratterizzazione effettuata.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

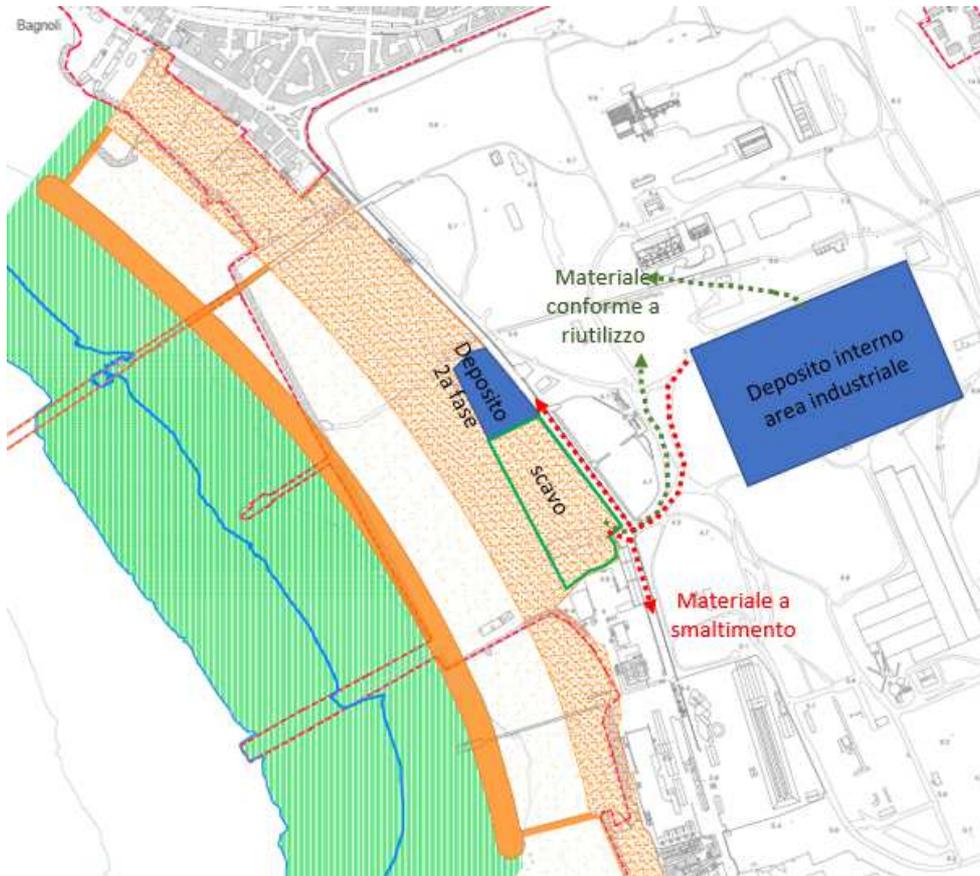


Figura 5.15: Schema esemplificativo scavo insaturo area deposito - Fase 3

5.9.4 Fase 4 – scavo saturo in corrispondenza delle aree di deposito temporaneo

Successivamente lo scavo sarà approfondito nel materiale saturo.

Il materiale sarà accumulato nelle vasche di drenaggio del deposito 2a fase in colmata e caratterizzato in cumulo. Il materiale riutilizzabile sarà trasportato in aree apposite interne all'ex stabilimento, il materiale non conforme sarà accumulato nel deposito interno all'area industriale e sottoposto a vagliatura. Sarà quindi inviato a recupero o smaltimento sulla base della caratterizzazione effettuata.

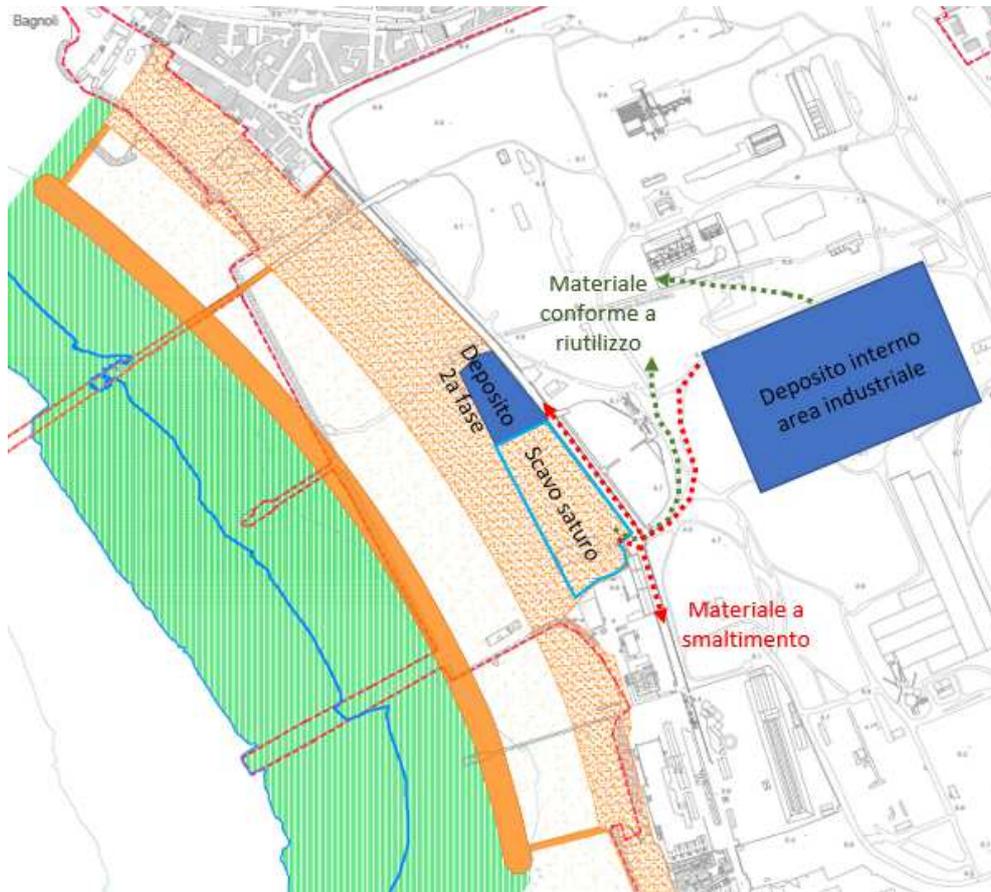


Figura 5.16: Schema esemplificativo completamento scavo saturo - Fase 4

5.9.5 Fase 5 – scavo insaturo in corrispondenza dell'ultima area di deposito temporaneo

L'ultima fase di scavo comprenderà i terreni insaturi corrispondenti all'area precedentemente adibita a secondo deposito temporaneo in colmata. Lo scavo sarà preceduto dalla caratterizzazione in banco dei materiali.

Come evidenziato dalla ricostruzione del geodatabase di cui al Capitolo 3, quest'ultima area di scavo non presenta spessori di riporti saturi da rimuovere.

Il materiale sarà accumulato nelle baie del deposito interno allo stabilimento e caratterizzato in cumulo. Il materiale riutilizzabile sarà trasportato in apposite aree interne all'ex stabilimento, il materiale non conforme sottoposto a vagliatura. Sarà quindi inviato a recupero o smaltimento sulla base della caratterizzazione effettuata.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

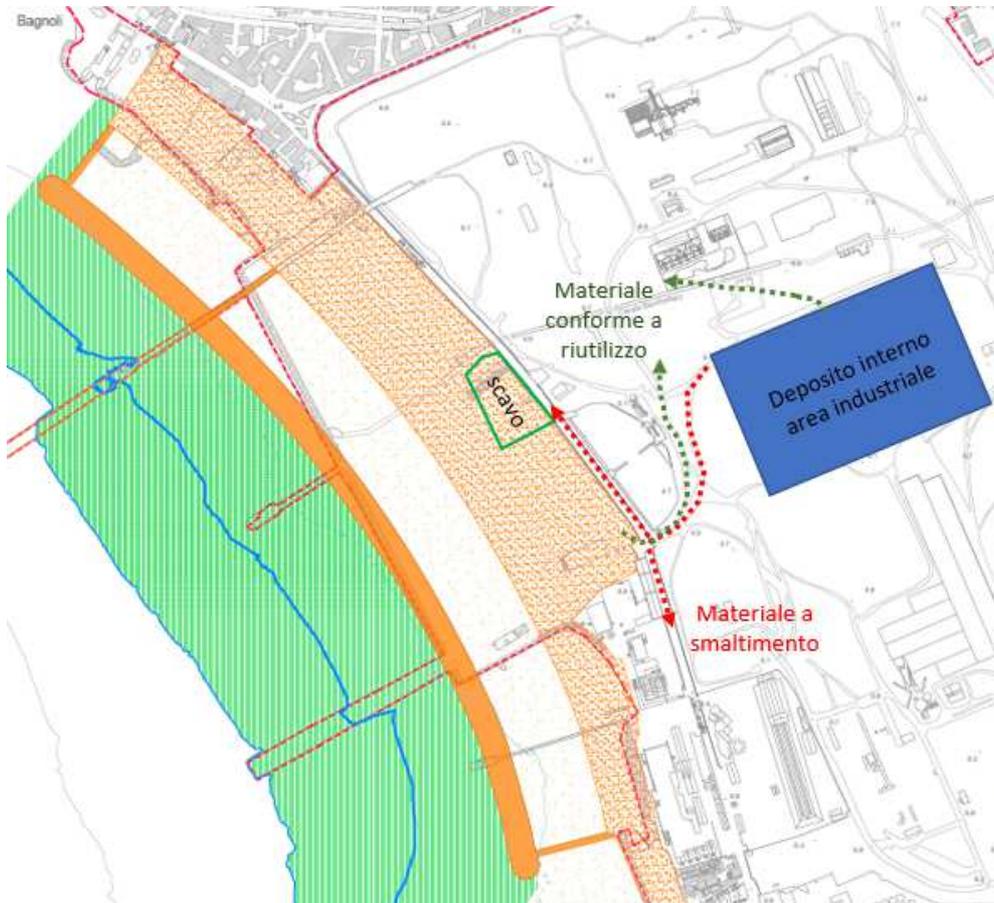


Figura 5.17: Schema esemplificativo completamento scavo insaturo - Fase 5

5.10 TEMPISTICHE DI SCAVO PREVISTE

La produttività dello scavo sarà regolata in base alle capacità delle aree di deposito e ai quantitativi giornalieri di rifiuti e di materiale che potranno essere conferiti a destinazione.

Quale tasso di scavo (materiali in banco) si ipotizza per il materiale insaturo una produttività giornaliera pari a:

- ✓ circa 500 m³/giorno nella fascia di scavo a terra della Microcella Nord, operando con una squadra di lavoro composta da n.1 escavatore, 1 autocarro da 15 m³ e una pala gommata di carico a supporto della movimentazione del materiale escavato durante il periodo di viaggio dell'autocarro dal cantiere alle baie di deposito e ritorno. Per soddisfare la produttività attesa si stima un numero di viaggi di automezzi per il trasporto dei materiali dal cantiere alle baie di stoccaggio pari a 34 al giorno;
- ✓ circa 2000 m³/giorno, per lo scavo insaturo del corpo colmata ipotizzando l'utilizzo contemporaneo di n.4 escavatori da 150 quintali, 4 dumper e 4 pale gommate a supporto (un dumper ed una pala gommata per ciascun escavatore) per la movimentazione del materiale verso le aree di deposito. Per il trasporto dei materiali a destino via terra, si ipotizza l'utilizzo di circa 120 bilici al giorno.
- ✓ circa 1.500 m³/giorno per lo scavo del materiale saturo in colmata, operando con n.4 escavatori a fune e rispettivi mezzi di scarico del materiale a supporto. Per il trasporto dei materiali a destino via terra, si ipotizza l'utilizzo di circa 90 bilici al giorno.

Ciascuna squadra opererà per 8 ore/giorno per circa 22 giorni al mese.

Considerando le volumetrie totali dei materiali da rimuovere si stimano le tempistiche di scavo riportate nella tabella seguente.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Tabella 5.7: Tempistiche di scavo

Tipologia di scavo	Volume di scavo (m ³ in banco)	Produttività media (m ³ /g)	Tempi di scavo (giorni)
Scavo riporti di colmata a nord del Pontile Nord (microcella nord)	19.600	500	48
Scavo dei riporti insaturi di colmata incluso il materiale sopra capping (macrocella)	903.000	2.000	469
Scavo dei riporti saturi di colmata con escavatore a fune	341.300	1.500	250
Volumi totali	1.282.000		

5.11 GESTIONE DEI MATERIALI CONTENENTI AMIANTO

Qualora durante gli interventi di rimozione colmata dovessero essere rinvenuti materiali contenenti amianto (MCA) in matrice compatta e/o friabile⁶, l'impresa appaltatrice, con adeguato anticipo rispetto all'inizio dei lavori di scavo e/o rimozione dei materiali contenenti amianto, predisporrà un apposito Piano di Lavoro (PdL) ai sensi dell'art. 256 del d.lgs. 81/08 e lo invierà agli organi di vigilanza territorialmente competenti (i.e. ATS/ARPAC) almeno 30 giorni prima dell'inizio dei lavori, adempiendo all'obbligo di notifica preliminare di cui all'art. 250 del D.Lgs 81/08 e s.m.i.

Suddetto PdL conterrà l'insieme delle procedure da attuare per lo scavo, la rimozione e la gestione dei MCA all'interno dell'operatività di cantiere e sarà finalizzato a garantire l'attuazione delle misure di prevenzione e protezione per ridurre al minimo l'esposizione al rischio amianto. Occorre specificare che le procedure descritte sul Piano di Lavoro dovranno sempre essere contestualizzate e adeguate alla situazione sito-specifica, in accordo con gli organi di vigilanza territorialmente competenti.

Il Piano di Lavoro dovrà essere aperto ed eseguito ad opera di imprese specializzate (Cat. 10) in possesso dei necessari requisiti di legge e con addetti ai lavori adeguatamente formati ed informati e sottoposti a sorveglianza sanitaria come da normativa vigente; inoltre, dovrà essere periodicamente aggiornato a valle di ogni comunicazione di ritrovamento agli organi di vigilanza.

Si riporta di seguito una sintesi delle fasi operative, che dovranno essere dettagliate nel Piano di Lavoro, per la rimozione dei materiali contenenti amianto; si precisa che tutte le procedure relative alla gestione dell'amianto nelle fasi di rimozione della colmata saranno coerenti con quanto riportato nelle linee guida INAIL 2022 "Gestione in sicurezza di suoli contaminati da amianto di origine antropica" ed alle quali si rimanda per tutte le fasi di gestione:

1. identificazione del materiale contenente amianto (in matrice compatta e/o friabile);
2. allestimento idoneo del cantiere in fase di scavo;
3. utilizzo di dispositivi di protezione collettiva ed individuale;
4. monitoraggio fibre potenzialmente aerodisperse su personale e nell'aria-ambiente;
5. incapsulamento preventivo del MCA per minimizzare la dispersione di fibre;
6. confezionamento del manufatto o dei frammenti misti a terreno in appositi big bags omologati per amianto a piè d'opera;
7. trasporto e deposito dei big bags in area dedicata all'interno delle aree di deposito preliminare e protezione degli stessi dagli agenti atmosferici;
8. carico big bags su mezzi autorizzati e omologati, trasporto e conferimento *off site* a destino finale a norma di legge in impianti autorizzati;
9. pulizia e chiusura cantiere con ripristino delle condizioni iniziali.

Si precisa che durante la procedura operativa:

- ✓ gli scavi dovranno sempre essere eseguiti con l'ausilio di nebulizzatori preferibilmente a pioggia e pompe air less atti a prevenire/limitare il rilascio di polveri (fog cannon, irrigatori, ecc.);

⁶ Il Decreto Ministeriale 6 settembre 1994 definisce friabili i materiali che possono essere facilmente sbriciolati o ridotti in polvere con la semplice pressione manuale.

- ✓ sarà eseguito un controllo diretto e costante da parte di personale formato e informato (operatori in cantiere) circa la presenza di materiali contenenti amianto in fase di scavo.

5.12 SALPAMENTO DELLA SCOGLIERA E DEL MURO DI CONTENIMENTO

Nell'ambito delle attività di risanamento ambientale della colmata si prevede il lavaggio ed il ricollocamento dei massi naturali costituenti la scogliera che attualmente delimita e protegge la colmata a mare (il dettaglio degli interventi previsti è riportato nei report specialistici **2021E014INV-01-D-12-DE-DE-DEM-04-00** e **2021E014INV-01-D-12-DE-DE-REL-03-00** per poi essere riutilizzati nella costruzione della barriera soffolta.

Sulla superficie esterna dei massi di scogliera, risulta infatti presente uno strato di materiale catramoso di origine idrocarburica, di colore nero, proveniente presumibilmente dagli scarichi e/o dalle perdite degli impianti industriali presenti in passato nel sito industriale.

Attualmente, lo strato di ricoprimento costituito da tale materiale idrocarburico, ha raggiunto quasi ovunque spessori anche notevoli, nell'ordine di diversi millimetri e ha in generale mutato le sue caratteristiche originarie, trasformandosi da sostanza liquido-viscosa a solido di una certa durezza e consistenza.

Si prevede che i massi costituenti la scogliera saranno salpati, lavati e quindi ricollocati preventivamente alle operazioni di scavo della colmata.

I massi salpati, prima di essere ricollocati in opera, verranno sottoposti ad un trattamento di sabbiatura, che verrà eseguito all'interno di container a tenuta stagna, aperti sul lato superiore, all'interno dei quali un operatore potrà agevolmente maneggiare una lancia e sabbiare il masso contaminato.

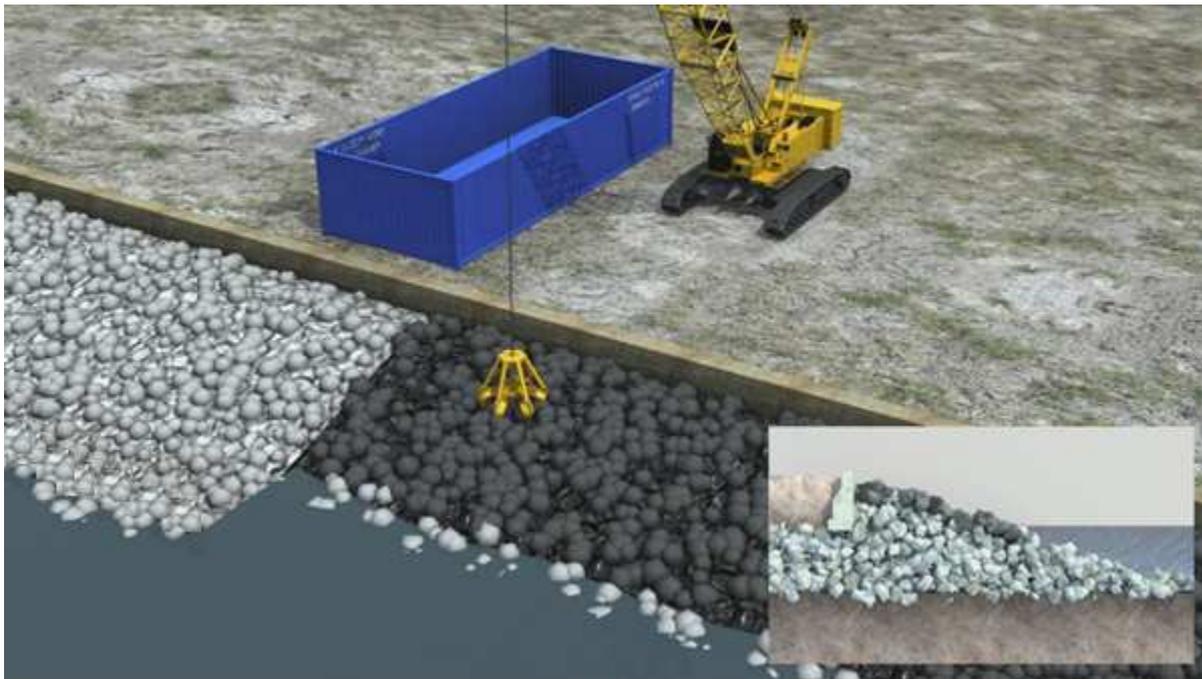


Figure 5.18: Operazioni di salpamento dei massi contaminati e posa nei container a tenuta

In particolare, al fine di riutilizzare la stessa sabbia per più cicli di pulitura, si utilizzeranno le cosiddette "Sabbiatrici a Recupero". Questi macchinari sono in grado di operare, a seconda delle esigenze, con diverse tipologie di abrasivi (sabbie, graniglie) e con pressioni variabili. Sono in particolare dotate di un sistema di recupero immediato delle sabbie utilizzate, mediante l'impiego di una pompa per vuoto, che è in grado di evitare la caduta e la dispersione delle sabbie e di convogliarle all'interno di un serbatoio di accumulo.

Tali attrezzature sono inoltre dotate di un sistema di separazione delle scorie rimosse, che opera mediante ciclone accoppiato ad una unità filtrante a cartuccia con lavaggio automatico mediante getto di aria compressa.

In questo modo sarà possibile riutilizzare la stessa sabbie per più cicli di pulizia, fino all'esaurirsi della capacità abrasiva.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Le scorie rimosse e separate dalla sabbia, verranno caratterizzate e successivamente inviate a recupero ovvero smaltite secondo la normativa vigente sul conferimento a discarica.

Dal momento che le lunghezze medie delle manichette di tali macchinari sono generalmente nell'ordine dei 20-25m, sarà possibile portare nel container solo la manichetta di uscita del getto di sabbia e tenere il gruppo compressore-ciclone comodamente all'esterno.

Il vantaggio di utilizzare un container come "vasca a tenuta" per il lavaggio di tali massi è rappresentato anche dal fatto di poter essere facilmente movimentato di pari passo con l'operazione di salpamento della scogliera, che di fatto è itinerante; in questo modo si riescono ad evitare ulteriori movimentazioni di materiale e a ridurre il "traffico" di cantiere, rispetto alla soluzione di adibire un'area specifica all'esecuzione di tale operazione.

Una volta ripuliti i massi saranno ricollocati in scogliera e rimarranno in posto nel corso delle fasi di escavo del terreno insaturo e del saturo per mezzo di escavatore a fune. Saranno infine definitivamente rimossi per permettere le fasi di dragaggio del materiale saturo più profondo che si prevede vengano realizzate col supporto del motopontone.

I massi rimossi potranno quindi essere riutilizzati per la costruzione delle opere rigide previste nell'ARIN (barriera soffolta e pennelli).

5.13 RIPASCIMENTO

Ultimate le operazioni di scavo, si procederà al ripascimento dell'area col fine di ricostruire la nuova linea di riva secondo progetto, in linea con quanto riassunto al Paragrafo 1.3. Il materiale arriverà da cave di prestito ed avrà la funzione di evitare che le mareggiate movimentino materiale potenzialmente contaminato e che vi sia contatto diretto dei futuri fruitori della nuova spiaggia con sedimenti non conformi. Le caratteristiche granulometriche (D50) del materiale di prestito per la parte di ripascimento "attiva" saranno tali da rispettare la granulometria naturale e, al contempo, minimizzare i volumi di sabbia da approvvigionare e massimizzare gli effetti di stabilità.

Lo spessore di ripascimento è stato previsto pari ad almeno 1 m in corrispondenza dell'intera estensione della spiaggia emersa nella configurazione progettuale (Microcella Nord, Macrocella e Zona Arenile Sud) si veda elaborato **2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01**.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

6 COLLAUDO DEGLI INTERVENTI

Il collaudo degli interventi di risanamento che sarà applicato a seguito della rimozione della colmata sarà realizzato con i seguenti obiettivi:

- 1) Verifica del raggiungimento delle quote di fondo scavo e dello spessore di ripascimento previsti dalla realizzazione della LdR progettuale;
- 2) Verifica della qualità del materiale di ripascimento (costituente il volume dinamico) a conferma del rispetto delle CSC di Tab.1 Col. A del D.Lgs.152/06 o Limiti ISS o Valori di Fondo dell'ARIN di Bagnoli-Coroglio nella zona emersa e nella zona sommersa fino alla batimetrica -2 m (in tal modo risulteranno confermate le ipotesi alla base dell'AdR sanitario-ambientale descritte nell'elaborato **2021E014INV-01-D-00-GE-IS-REL-03-01**);

Il primo obiettivo sarà verificato tramite realizzazione di rilievi topografici/batimetrici, da confrontare con quelli eseguiti nell'ambito delle opere propedeutiche e da verificare con le quote riportate negli elaborati **2021E014INV-01-D-01-CO-DE-PLA-02-00**.

Il secondo obiettivo sarà verificato tramite il prelievo di campioni rappresentativi dello strato di materiale di ripascimento post-intervento e la realizzazione di analisi chimiche di laboratorio per la verifica della conformità CSC di Tab.1 Col. A del D.Lgs.152/06 o Valori di Fondo dell'ARIN di Bagnoli-Coroglio oppure, se eccedenti, tramite la valutazione del rischio in modalità diretta delle concentrazioni misurate.

Nello specifico, la procedura che dovrà essere adottata è la seguente:

- ✓ prelievo di campioni dai nuovi arenili e sedimenti marini da punti di indagine da concordare preventivamente con gli Enti di controllo (ad esempio sulla base di una griglia regolare). Il prelievo sarà ripetuto nel tempo eseguendo n.2 campagne semestrali nel primo anno post-intervento e n.1 campagna nell'anno successivo, considerato che il Codice dei contratti pubblici dispone che il certificato di collaudo ha carattere provvisorio e assume carattere definitivo dopo due anni dalla sua emissione.

I campioni saranno prelevati in duplice aliquota (una per le analisi di parte, una per le analisi eseguite in contraddittorio dal Laboratorio dell'Ente di controllo);

- ✓ realizzazione delle analisi chimiche di laboratorio secondo il set analitico che sarà concordato preventivamente con gli Enti di controllo. Indicativamente si potrà eseguire lo stesso set analitico già adottato in fase di caratterizzazione (Tabella 5.1);
- ✓ nel caso in cui le analisi chimiche (acquisite sia dal Laboratorio di parte, sia dal Laboratorio dell'Ente di controllo) risultino in tutte le campagne di indagine conformi alle CSC di Tab.1 Col. A del D.Lgs.152/06 o Limiti ISS o Valori di Fondo dell'ARIN di Bagnoli-Coroglio, l'intervento sulla colmata, e sui sedimenti sottostanti sarà considerato "collaudato".
- ✓ nel caso in cui le analisi chimiche (acquisite sia dal Laboratorio di parte, sia dal Laboratorio dell'Ente di controllo) mostrino delle eccedenze delle CSC di Tab.1 Col. A del D.Lgs.152/06 o Limiti ISS o Valori di Fondo dell'ARIN di Bagnoli-Coroglio, sarà implementata un'analisi di rischio in modalità diretta secondo la procedura, le equazioni, i parametri di esposizione e le assunzioni già adottate nell'elaborato **2021E014INV-01-D-00-GE-IS-REL-03-01**, per la matrice/le matrici che avranno mostrate le eccedenze suddette.

Le sostanze indice saranno costituite dai contaminanti che, in almeno un punto di indagine, eccederanno i limiti di riferimento e, a seconda della numerosità dei punti di indagine e dei dati acquisiti, la concentrazione rappresentativa delle sostanze indice potrà essere valutata secondo un approccio statistico (ovvero calcolando il valore UCL95% dei dati disponibili) oppure sarà posta pari al valore massimo rilevato da entrambi i laboratori;

- ✓ nel caso in cui il rischio calcolato risulti accettabile in tutte le campagne di indagine, l'intervento sugli arenili sarà considerato "collaudato".

Al contrario, nel caso in cui il rischio calcolato risulti non accettabile in almeno una campagna, l'intervento non potrà considerarsi "collaudato" e sarà quindi valutato nel dettaglio il/i percorso/i di esposizione e la/e sostanza/e indice responsabili della identificazione di tale risultato. Sarà anche valutato l'eventuale effetto di fonti di contaminazione primaria ancora oggi presenti nel sito e che non sono oggetto dello specifico intervento di risanamento ambientale (quali ad esempio scarichi civili, effetti legati alle attività portuali e al passaggio di imbarcazioni ecc.). Sulla base di tali valutazioni, unicamente nel caso di esclusione della presenza di fonti esterne responsabili della contaminazione residua, saranno eventualmente

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

implementati interventi integrativi per rimuovere le passività residue. A valle di tali interventi integrativi sarà ripetuta la procedura di collaudo suddetta, sino ad ottenere un rischio accettabile.

7 MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI E PIANO DI MONITORAGGIO

7.1 GENERALITÀ

Per quanto concerne l'individuazione, l'analisi e la valutazione dei rischi e le conseguenti procedure e attrezzature atte a garantire, per tutta la durata dell'intervento, il rispetto delle norme per la prevenzione degli infortuni e la tutela della salute dei lavoratori, si rimanda allo specifico Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC) e/o al Piano Operativo Sicurezza che saranno redatti così come previsto dagli articoli n. 100 e 28 del D.Lgs. 81/08.

Il piano conterrà le disposizioni di coordinamento e l'indicazione delle procedure e degli apprestamenti destinati a garantire la sicurezza e la salute degli addetti.

In particolare:

- ✓ apprestamenti, infrastrutture, mezzi logistici e di protezione collettiva necessari in relazione alla specificità dell'opera ed alla sua localizzazione;
- ✓ misure relative ai rischi risultanti dalla presenza di più imprese e/o lavoratori autonomi;
- ✓ prescrizioni correlate alla complessità dell'opera ed alle eventuali fasi critiche;
- ✓ disciplina delle interferenze tra le varie fasi;
- ✓ prescrizioni relative all'uso dei DPI;
- ✓ modalità di cooperazione, coordinamento e reciproca informazione tra le imprese e/o lavoratori autonomi.

Il cantiere verrà mantenuto ordinato, pulito e sgombro da impedimenti al fine di permettere un facile accesso alle vie di fuga agli automezzi, alle maestranze ed eventualmente ai mezzi di soccorso.

In ogni caso:

- ✓ l'ingresso al cantiere sarà consentito solo al personale autorizzato;
- ✓ il transito dei mezzi all'esterno dell'area di cantiere sarà organizzato, per quanto possibile, in modo tale da minimizzare le interferenze con la viabilità urbana;
- ✓ le attività saranno condotte nel rispetto della normativa vigente in materia di inquinamento acustico;
- ✓ il cantiere sarà dotato delle attrezzature antincendio e antinfortunistiche previste dalla normativa vigente.

Inoltre:

- ✓ nelle aree di cantiere saranno preliminarmente demoliti e/o rimossi eventuali ostacoli che interferiscono con la realizzazione dell'opera e verranno allacciate le utenze (elettriche, idrauliche) eventualmente disponibili in adiacenza;
- ✓ preliminarmente alle attività di scavo, sarà effettuata una verifica in sito, assieme al personale della DL, per un'accurata analisi sui servizi e sottoservizi (tubazioni, cavi elettrici ed altro) presenti, che vanno ad interferire con le attività previste.

7.2 MONITORAGGIO AMBIENTALE

Prima, durante e dopo le attività di cantiere è stata prevista la realizzazione di un piano di controllo ambientale finalizzato alla verifica degli impatti delle opere in progetto sulle matrici ambientali di interesse per il sito in esame.

L'elaborato **2021E014INV-01-D-01-CO-AM-REL-01-01** riporta il dettaglio delle attività da eseguire prima, durante e dopo la realizzazione delle opere progettate nella Microcella Nord, nella Zona Arenile Sud e nella Macrocella, la cui sintesi è riportata nella tabella seguente.

Considerando le opere in progetto, le matrici ambientali potenzialmente impattate e, quindi, oggetto di monitoraggio sono: atmosfera, acqua di mare, rumore, morfologia del sito (topografia e batimetria), biodiversità. Per ciascuna di queste matrici ambientali sono state previste campagne di monitoraggio con cadenza periodica da eseguirsi nelle fasi ante operam, in corso d'opera e post operam in funzione dell'interazione che potranno avere con le opere di progetto.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Il piano potrà essere revisionato/integrato in fase di progettazione esecutiva sulla base delle osservazioni che potranno essere espresse nell'ambito della procedura di valutazione di impatto ambientale a cui le attività di risanamento saranno sottoposte e a seguito del necessario preventivo coordinamento con gli Enti di controllo.

Tabella 7.1: Sintesi delle attività previste dal Piano di Monitoraggio Ambientale

Matrice ambientale monitorata	Attività di monitoraggio previste		
	Ante operam	In corso d'opera	Post operam
Atmosfera (qualità dell'aria)	Monitoraggio delle polveri, Nox e CO in corrispondenza di n.5 postazioni ubicate in corrispondenza dei principali recettori sensibili <u>Frequenza</u> : n.2 campagne semestrali della durata di 10 giorni da attuarsi nell'anno precedente all'avvio dei lavori	Monitoraggio delle polveri in corrispondenza di n.5 postazioni ubicate in corrispondenza dei principali recettori sensibili <u>Frequenza</u> : n.2 campagne/anno della durata di 10 giorni da attuarsi in corrispondenza delle lavorazioni più impattanti	-
Acqua di mare	Monitoraggio delle acque di mare in postazioni ubicate in corrispondenza delle batimetriche -2, -4 e -6 m in transetti perpendicolari alla linea di costa <u>Frequenza</u> : n.1 campagna da attuarsi 3 mesi prima dell'avvio dei lavori	Monitoraggio delle acque di mare in postazioni ubicate in corrispondenza delle batimetriche -2, -4 e -6 m in transetti perpendicolari alla linea di costa <u>Frequenza</u> : n.2 campagne/anno da attuarsi durante le attività di escavo a mare, prevedendo una coppia di stazioni di monitoraggio posizionate monte/valle delle panne antitorbidità installate durante l'esecuzione dei lavori	Monitoraggio delle acque di mare in postazioni ubicate in corrispondenza delle batimetriche -2, -4 e -6 m in transetti perpendicolari alla linea di costa <u>Frequenza</u> : n.2 campagne semestrali da attuarsi nel primo anno post-operam e n.1 campagna nel secondo anno post-operam
Rumore	Monitoraggio del rumore in corrispondenza delle stesse n.5 postazioni previste per il monitoraggio dell'aria, ubicate in corrispondenza dei principali recettori sensibili <u>Frequenza</u> : n.2 campagne semestrali da attuarsi nell'anno precedente all'avvio dei lavori	Monitoraggio del rumore in corrispondenza delle stesse n.5 postazioni previste per il monitoraggio dell'aria, ubicate in corrispondenza dei principali recettori sensibili <u>Frequenza</u> : n.2 campagne/anno da attuarsi in corrispondenza delle lavorazioni più impattanti	-
Morfologia del sito oggetto di risanamento	Rilievo topografico e batimetrico delle aree di risanamento <u>Frequenza</u> : n.1 campagna da attuarsi prima dell'avvio dei lavori	-	Rilievo topografico e batimetrico delle aree di risanamento <u>Frequenza</u> : n.2 campagne da attuarsi dopo 1 e 5 anni la chiusura dei lavori

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

Matrice ambientale monitorata	Attività di monitoraggio previste		
	Ante operam	In corso d'opera	Post operam
Biodiversità	<p>Indagine di campo da parte di un tecnico biologo per la verifica di:</p> <p>Flora e Vegetazione: 1) Specie di interesse conservazionistico; 2) Localizzazione (puntuale o areale) delle popolazioni e rilievi fitosociologici per le comunità vegetali presenti; 3) Presenza di neofite invasive.</p> <p>Fauna: 1) Presenza avifauna nidificante e stanziale; 2) Presenza avifauna migratoria; 3) Presenza erpetofauna.</p> <p><u>Frequenza</u>: n.1 campagna da attuarsi prima dell'avvio dei lavori</p>	<p>Sopralluoghi visivi di un biologo incaricato di verificare eventuali intrusioni di specie animali nelle aree di cantiere</p> <p><u>Frequenza</u>: n.1 campagna / anno</p>	<p>Indagine di campo da parte di un tecnico biologo per la verifica di:</p> <p>Flora e Vegetazione: 1) Specie di interesse conservazionistico; 2) Localizzazione (puntuale o areale) delle popolazioni e rilievi fitosociologici per le comunità vegetali presenti; 3) Presenza di neofite invasive.</p> <p>Fauna: 1) Presenza avifauna nidificante e stanziale; 2) Presenza avifauna migratoria; 3) Presenza erpetofauna.</p> <p><u>Frequenza</u>: n.3 campagne da attuarsi dopo 1 anno, 3 anni e 5 anni dalla chiusura dei lavori</p>

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

8 CRONOPROGRAMMA DEGLI INTERVENTI

Il cronoprogramma complessivo delle attività di risanamento previste per gli ambiti di intervento "MACROAREA 1 – COLMATA, ARENILI EMERSI NORD E SUD" e "MACROAREA 2 - AREA MARINA" è riportato nell'elaborato **2021E014INV-01-D-00-GE-EC-CRO-01-01**.

Il cronoprogramma per le opere di rimozione della colmata prevede una durata complessiva pari a circa 56 mesi, comprensiva dei tempi di scavo indicati nella Tabella 5.7 riportata nel Paragrafo 5.10 e di:

- ✓ Demolizioni
- ✓ Opere propedeutiche
- ✓ Caratterizzazione dei materiali in banco
- ✓ Movimentazioni dei materiali escavati e trattamento con vagliatura
- ✓ Caratterizzazioni in cumulo durante le diverse fasi di gestione dei materiali escavati
- ✓ Realizzazione opere rigide di difesa della LdR progettuale
- ✓ Ripascimenti

La stima non tiene in considerazione i tempi di eventuale revisione progettuale a seguito dei rilievi topografici/batimetrici propedeutici alle attività di risanamento e i tempi delle attività di monitoraggio da attuarsi ante e post operam.

RELAZIONE TECNICA DEGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO DELLA COLMATA

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01 – Agosto 2023

9 COMPUTO METRICO ESTIMATIVO

Il computo metrico estimativo degli interventi previsti nell'ambito del Progetto Definitivo è riportato nel documento **2021E014INV-01-D-00-GE-EC-ECO-04-01**.

Allegato 1

RICOSTRUZIONE TRIDIMENSIONALE DELL'AREA COLMATA

**Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-
REL-02-01 – Agosto 2023**



CIG: 87792756EA - CUP: C65E19000350001 - Rimozione Colmata e Bonifica Arenili - CUP: C65E19000390001 - Progettazione e Risanamento Sedimenti Marini

INVITALIA

APPALTO MISTO DI SERVIZI DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA PER LA PROGETTAZIONE DEFINITIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE PER APPALTO INTEGRATO, COMPRESIVO DI SERVIZI DI INDAGINI E DI LAVORI DI TEST DI DIMOSTRAZIONE TECNOLOGICA, OLTRE AI SERVIZI DI DIREZIONE DEI LAVORI E DI COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE, AFFERENTE ALL'INTERVENTO DENOMINATO "RIMOZIONE COLMATA, BONIFICA DEGLI ARENILI EMERSI "NORD" E "SUD" E RISANAMENTO E GESTIONE DEI SEDIMENTI MARINI COMPRESI NELL'AREA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE DI BAGNOLI-COROGGIO (NA)".

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

All rights, including translation, reserved. No part of this document may be disclosed to any third party, for purposes other than the original, without written consent of RINA Consulting S.p.A.



PROGER



ambiente
consulenza & ingegneria
esperienza per l'ambiente

ARCADIS

FINALCA
ingegneria.srl

3BA s.r.l.
environment and consulting



AS

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

INDICE

	Pagina
INDICE DELLE TABELLE	3
INDICE DELLE FIGURE	3
1 PREMESSA	5
2 RICOSTRUZIONE DEL MODELLO STATIGRAFICO	6
2.1 DEFINIZIONE DEL GEODATABASE	6
2.1.1 Analisi dei dati dalle indagini eseguite	6
2.1.2 Creazione del geodatabase della colmata	8
2.1.3 Elaborazione dati con software EVS	12

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 2.1:	Parametri griglia di interpolazione	13
Tabella 2.2:	Coordinate perimetro colmata	14
Tabella 2.3:	Stima dei volumi elaborati con EVS	19
Tabella 2.4:	Stima dei volumi ubicati a nord e sud del pontile ed elaborati con EVS	23
Tabella 2.5:	Stima del volume complessivo della colmata ripartito tra insaturo e saturo	26
Tabella 2.6:	Stima dei volumi elaborati con EVS ripartiti tra insaturo e saturo	26
Tabella 2.7:	Stima del volume complessivo della colmata ripartito tra insaturo e saturo senza la porzione di volume al di sotto del pontile nord	28
Tabella 2.8:	Stima dei volumi elaborati con EVS ripartiti tra insaturo e saturo e divisi tra nord e sud del pontile	28

INDICE DELLE FIGURE

Figura 2-1:	Panoramica di tutte le indagini, utilizzate per la ricostruzione stratigrafica 3D, eseguite in area di colmata con sovrapposizione al rilievo LIDAR 2022.	7
Figura 2-2:	Interpolazione dello spessore di capping (a sinistra); aree impermeabilizzate (a destra, da "Caratterizzazione e Messa in Sicurezza dell'area di Colmata – Tavola 3: Aree impermeabilizzate", febbraio 2017)	8
Figura 2-3:	Interpolazione della superficie topografica (m s.l.m.). (Fonte foto aerea: Microsoft Bing)	9
Figura 2-4:	Interpolazione della superficie di interfaccia colmata – sedimenti naturali sottostanti (m s.l.m.). (Fonte foto aerea: Microsoft Bing).	10
Figura 2-5:	Interpolazione della superficie piezometrica marzo 2019(m s.l.m.). (Fonte foto aerea: Microsoft Bing)	11
Figura 2-6:	Visualizzazione tridimensionale (con esagerazione verticale 15x) delle superfici digitalizzate (dall'alto: superficie topografica di cui al paragrafo 2.1.2.1; superficie piezometrica e superficie di interfaccia colmata-sedimenti naturali sottostanti di cui al paragrafo 2.1.2.2)	11
Figura 2-7:	Griglia di interpolazione (a sinistra Modello Colmata; a destra Modello Classificazione)	14
Figura 2-8:	Superficie di separazione colmata – sedimenti naturali	15
Figura 2-9:	Modello "Classificazione"	16
Figura 2-10:	Capping	16
Figura 2-11:	Materiale da riutilizzare in sito	17
Figura 2-12:	Materiale da inviare ad eventuale trattamento e/o riutilizzo in sito in aree ad uso commerciale-industriale	17
Figura 2-13:	Materiale da inviare a discarica per rifiuti inerti	18
Figura 2-14:	Materiale da conferire a discarica per rifiuti non pericolosi	18
Figura 2-15:	Materiale da inviare a recupero	18
Figura 2-16:	Modello "Colmata"	19
Figura 2-17:	Ripporto con scorie, loppe e minerali fossili	19
Figure 2-18:	Modello "Classificazione" da cui è stata rimossa la porzione di volume sottostante al pontile nord	20
Figura 2-19:	Capping a sud del pontile nord	20
Figura 2-20:	Materiale da riutilizzare in sito ubicato a nord e sud del pontile	21
Figura 2-21:	Materiale da inviare ad eventuale trattamento e/o riutilizzo in sito in aree ad uso commerciale-industriale ubicato a nord e sud del pontile	21
Figura 2-22:	Materiale da inviare a discarica per rifiuti inerti ubicato a nord e sud del pontile	22
Figura 2-23:	Materiale da conferire a discarica per rifiuti non pericolosi ubicato a nord e sud del pontile	22

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

Figura 2-24:	Materiale da inviare a recupero ubicato a nord e sud del pontile	22
Figura 2-25:	Modello "Colmata" da cui è stata rimossa la porzione di volume sotto al Pontile Nord	23
Figura 2-26:	Riporto con scorie, loppe e minerali fossili ubicato a nord e sud del pontile	23
Figura 2-27:	Superficie piezometrica (marzo 2019) elaborata con EVS	24
Figura 2-28:	Volume di colmata insaturo	25
Figura 2-29:	Volume di colmata saturo	25
Figure 2-30:	Volume colmata insaturo ubicato a sud del pontile nord	26
Figure 2-31:	Volume colmata insaturo ubicato a nord del pontile nord	27
Figure 2-32:	Volume colmata saturo ubicato a sud del pontile nord	27
Figure 2-33:	Volume saturo ubicato a nord del pontile nord	28

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

1 PREMESSA

Il presente documento è stato preparato nell'ambito dell'*Appalto misto di servizi di ingegneria e architettura per la progettazione definitiva e coordinamento della sicurezza in fase di progettazione per appalto integrato, comprensivo di servizi di indagini e di lavori di test di dimostrazione tecnologica, oltre ai servizi di direzione dei lavori e di coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione, afferente all'intervento denominato "rimozione colmata, bonifica degli arenili emersi "Nord" e "Sud" e risanamento e gestione dei sedimenti marini compresi nell'Area di Rilevante Interesse Nazionale di Bagnoli-Coroglio (NA)"* e descrive il processo di valutazione dei quantitativi complessivi dei materiali di riporto presenti nella colmata allo scopo di progettare le operazioni di scavo di rimozione e prevederne la corretta gestione .

Per l'elaborazione dei modelli tridimensionali sono stati utilizzati i seguenti software:

- ✓ Surfer (GOLDEN SOFTWARE, LLC.) adatto per la mappatura, modellazione e analisi dei dati;
- ✓ Earth Volumetric Studio (C TECH Development Corporation) adatto per la ricostruzione tridimensionale delle aree oggetto di indagine.

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

2 RICOSTRUZIONE DEL MODELLO STATIGRAFICO

Il modello tridimensionale della colmata è stato elaborato mediante l'analisi dei **dati chimici e stratigrafici** raccolti nelle seguenti campagne d'indagine:

- ✓ Sondaggi esplorativi eseguiti nel 1997; di questi, n. 2 sondaggi attrezzati a piezometro (PFR3, PFR10).
- ✓ Rilevamento geologico, idrogeologico e geochemico (Fase 1) eseguito nel 1999 dalla Società Bagnoli S.p.A. consistente in oltre 300 carotaggi a maglia 25 x 25 m che hanno interessato i riporti e il sottostante sedimento naturale.
- ✓ Rilevamento geologico, geochemico e idrogeologico (Fase 2), eseguito nel 2000 con la realizzazione di 80 carotaggi spinto fino al materiale naturale saturo; di questi, n. 3 sondaggi attrezzati a piezometro (PFR-F12/2, PFR-F15/2, PFR-F6/2), sono stati utilizzati nella ricostruzione della superficie piezometrica.
- ✓ Piano di caratterizzazione, redatto da ISPRA ed eseguito da Invitalia nel 2017, che ha previsto l'esecuzione di n. 15 sondaggi approfonditi anche oltre il materiale costituente la colmata.
- ✓ Piano di caratterizzazione di dettaglio realizzato da Invitalia nel 2018 con la realizzazione di n. 66 sondaggi geognostici e 64 prove penetrometriche eseguiti per la maggior parte nei materiali costituenti colmata.
- ✓ Caratterizzazione integrativa dei sedimenti sottostanti la colmata eseguita da Invitalia nel 2021 nell'ambito dell'Appalto Specifico n.18.
- ✓ Sondaggi realizzati da Invitalia nel 2019 nell'ambito dell'Appalto Specifico n. 3; di cui n. 3 sono stati attrezzati a piezometro (Pz26, Pz27, Pz28);
- ✓ Sondaggi realizzati nel 2011 nell'ambito del piano di nuova messa in sicurezza delle acque di falda; di cui n. 1 (PFRS3), è stato attrezzato a piezometro;

L'intera mole dei dati disponibili è stata utilizzata per la definizione della volumetria complessiva della colmata da rimuovere, aggiornando la valutazione già presentata nel PFTE (che non comprendeva i dati relativi alle indagini del 2021).

Inoltre, i rilievi effettuati in corrispondenza dei piezometri sopra citati sono stati utilizzati nella ricostruzione della superficie piezometrica del sito e le indagini condotte dal 2017 al 2021 hanno permesso di effettuare una valutazione delle caratteristiche qualitative dei materiali da rimuovere ai fini della loro corretta gestione.

Per la gestione dei dati, il loro studio e l'analisi, si è proceduto ad una completa digitalizzazione degli stessi attraverso l'utilizzo del software Surfer (GOLDEN SOFTWARE, LLC.) e la creazione di un geodatabase tramite il software EVS pro (sviluppato dalla C TECH Development Corporation).

2.1 DEFINIZIONE DEL GEODATABASE

Ai fini di ricostruire il modello tridimensionale della colmata mediante *software* specialistici è stato necessario raccogliere e catalogare tutte le informazioni presenti sia di carattere stratigrafico che qualitativo in un geodatabase. Nei paragrafi successivi verranno descritti i criteri adottati.

2.1.1 Analisi dei dati dalle indagini eseguite

Con l'obiettivo di stimare i quantitativi di materiale da rimuovere dalla colmata e di definirne i flussi di gestione, tutte le indagini geognostiche eseguite a partire dal 1997 sono state analizzate nel dettaglio. In particolare, per la definizione del modello concettuale della colmata, sono state considerate le seguenti campagne di indagine:

1. 1997 – n. 17 sondaggi denominati "PFR x" (n.2 dei n.19 sondaggi totali realizzati non sono stati considerati in quanto ubicati esternamente alla colmata)
2. 1999 – n. 308 sondaggi denominati "PFR xx/xx" (n.21 dei n. 329 sondaggi totali non sono stati considerati in quanto ubicati esternamente alla colmata e/o in quanto non è disponibile la stratigrafia)
3. 2000 – n. 80 sondaggi denominati "PFR F-xx/xx"
4. 2011 – n. 1 sondaggio attrezzato a piezometro denominato "S3" (utile alla definizione della superficie piezometrica al paragrafo 2.1.2.3)
5. 2017 – n. 15 sondaggi denominati "S x"
6. 2018 – n. 66 sondaggi denominati "CL x"

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

7. 2019 – n. 3 sondaggi attrezzati a piezometro denominati "Pz26", "Pz27" e "Pz28" (utili alla definizione della superficie piezometrica al paragrafo 2.1.2.3)
8. 2021 – n. 56 sondaggi denominati "SA x"
9. 2021 – n. 12 sondaggi denominati "SG x"

per un totale di n. 558 sondaggi.

Per la definizione dei limiti superiore (superficie topografica) ed inferiore (superficie di interfaccia tra riporti e sedimenti naturali) della colmata, utili alla perimetrazione del modello ed al calcolo dei volumi, i sondaggi sono stati inseriti all'interno di un sistema di riferimento cartografico omogeneo in coordinate proiettate WGS 84 / UTM zone 33N (EPSG:32633), utilizzato anche per la geolocalizzazione del sito dal rilievo topografico LiDAR 3D a 5 m del 2022 dal quale, per mezzo del software QGIS, sono state estrapolate le quote delle bocche foro in m .s.l.m. per tutte le verticali d'indagine considerate.



Figura 2-1: Panoramica di tutte le indagini, utilizzate per la ricostruzione stratigrafica 3D, eseguite in area di colmata con sovrapposizione al rilievo LIDAR 2022.

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

2.1.2 Creazione del geodatabase della colmata

Per la creazione del geodatabase utile alla caratterizzazione ed alla stima volumetrica del materiale di riporto costituente la colmata sono stati anzitutto considerati gli spessori litostratigrafici descritti nei report stratigrafici di ciascun sondaggio (1997-2021); in particolare, per categorizzare in dettaglio il materiale di riporto, ove la descrizione stratigrafica conteneva informazioni rilevanti in termini di inclusioni (i.e. loppe e/o scorie), gli spessori originari sono stati ulteriormente suddivisi.

Inoltre, per i sondaggi denominati "PFR", effettuati "pre-capping" dal 1997 al 2000, la quota topografica Z della bocca foro (m s.l.m.) è stata rivaluta con l'obiettivo di ottenere la corretta profondità degli spessori dei materiali di riporto in riferimento all'attuale conformazione morfologica del sito.

Tale operazione è stata effettuata prendendo in considerazione tutti i sondaggi "post-capping" (2017-2021), in cui era presente nella descrizione stratigrafica il riferimento al telo in HDPE del capping (per un totale di n. 121 verticali d'indagine) e, mediante l'utilizzo del software Surfer, interpolando (tramite *Kriging*) gli spessori soprastanti al telo in maniera tale da ricostruire gli spessori del capping su tutta la superficie della colmata. L'interpolazione effettuata con Surfer è risultata comparabile con le informazioni progettuali disponibili sulla ubicazione e tipologia delle aree impermeabilizzate (si veda immagine seguente).

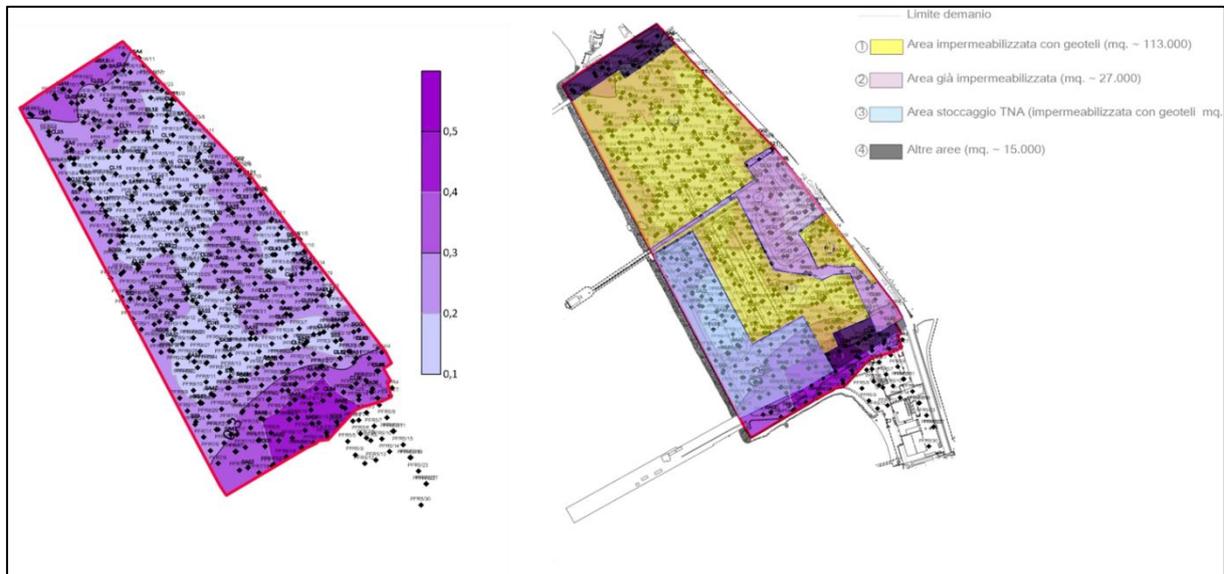


Figura 2-2: Interpolazione dello spessore di capping (a sinistra); aree impermeabilizzate (a destra, da "Caratterizzazione e Messa in Sicurezza dell'area di Colmata – Tavola 3: Aree impermeabilizzate", febbraio 2017)

Considerando l'errore operativo dovuto alle modalità di carotaggio è stato considerato un range di variabilità dello spessore del materiale di riporto sopra capping nell'ordine dei 10 cm, per cui sono state individuate delle macroaree in cui il bottom del capping è situato a 0,1-0,2-0,3-0,4-0,5 m dal p.c.

Sulla base di suddetti spessori, ai sondaggi effettuati pre-capping (1997-1999-2000) è stata attribuita una nuova quota topografica Z (m s.l.m.) e, di conseguenza, sono state rivalutate anche le quote degli spessori stratigrafici rinvenuti in ciascun sondaggio.

È stato quindi creato un unico geodatabase in cui, a partire da tutti i n. 558 sondaggi, il materiale di riporto costituente la colmata è stato suddiviso in n. 4 categorie:

- Materiale sopra capping.
- Pavimentazione.
- Riporto con scorie e/o loppe.
- Riporto generico.

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

In particolare, ad ogni sondaggio e per ciascun materiale è stato attribuito uno specifico spessore e, di conseguenza, la relativa profondità del top dello strato a partire dalla quota Z della bocca foro.

I dati del geodatabase sono stati quindi utilizzati per la ricostruzione tramite software Surfer della superficie topografica della colmata, della superficie di interfaccia colmata/sedimenti naturali sottostanti e della superficie piezometrica come descritto di seguito.

2.1.2.1 Superficie topografica

Per la ricostruzione della superficie topografica sono state utilizzate le quote Z (m s.l.m.) dei n. 558 sondaggi estrapolate a partire dal rilievo LIDAR 2022 e corrette come specificato in precedenza per tener conto della presenza del capping.

La digitalizzazione del dato, effettuata mediante interpolazione geostatistica con metodo *Kriging*, ha evidenziato delle anomalie morfologiche dovute principalmente alla presenza del pontile Nord e della vegetazione a Sud della colmata, che hanno influenzato la restituzione del rilievo LIDAR 2022, in quanto non appaiono coerenti con la reale conformazione del sito. Per questo motivo, le quote Z dei sondaggi denominati PFR10, PFR16, PFR1/16, PFR2/2, PFR3/3, PFR7/13, PFR11/6, PFR11/15, PFR12/9, PFR12/11, PFR12/12, PFR16/2, PFR16/4, PFR16/11, PFR-F15/2, PFR-F2/2, SA21, SA3, SA36, SA4 e SA52 sono state modificate sulla base delle quote dei sondaggi circostanti, in maniera tale da ottenere una superficie topografica rappresentativa dell'area di studio.

L'immagine seguente mostra la superficie topografica della colmata ricavata dalla elaborazione condotta con Surfer mediante metodo geostatistico *Kriging*.

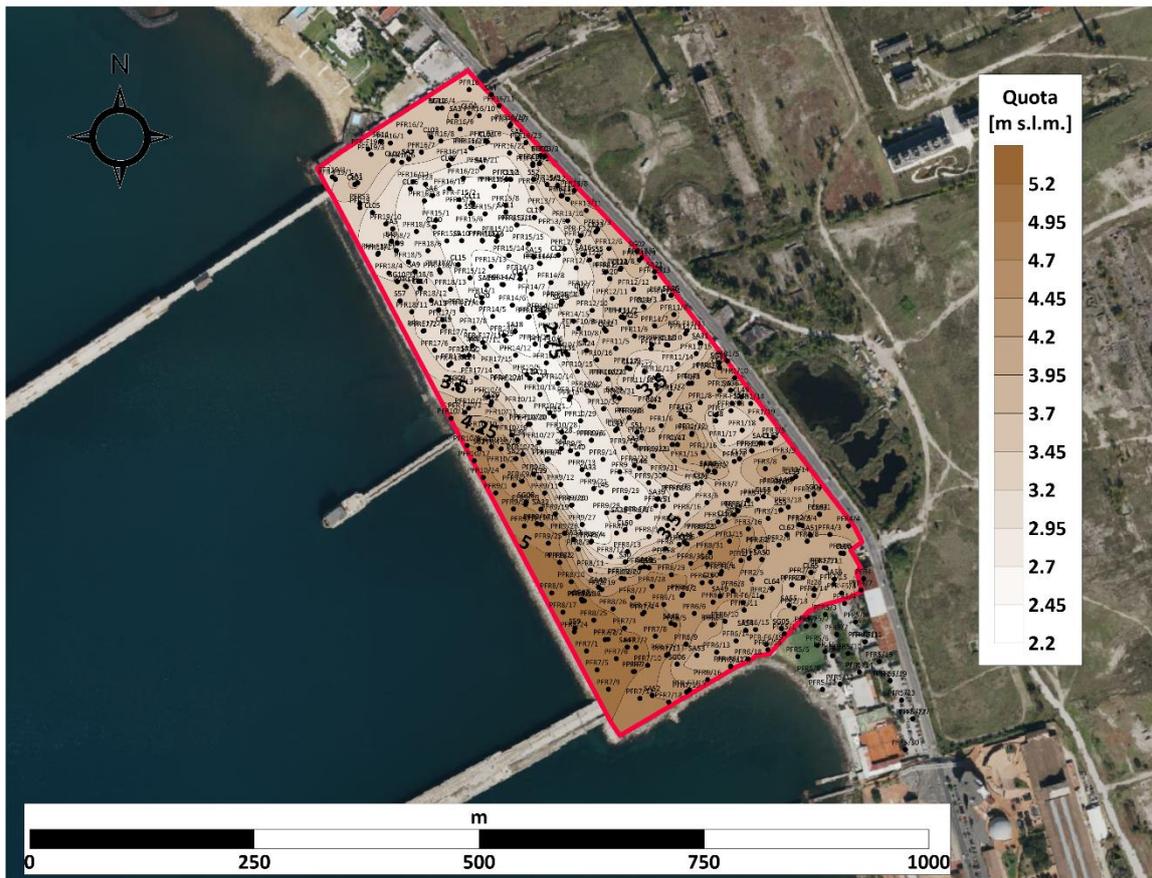


Figura 2-3: Interpolazione della superficie topografica (m s.l.m.). (Fonte foto aerea: Microsoft Bing)

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

2.1.2.2 Superficie di interfaccia colmata-sedimenti naturali sottostanti

Per la determinazione della superficie di interfaccia tra materiali di riporto presenti nella colmata e sedimenti naturali sottostanti sono stati considerati i dati dei sondaggi delle campagne di indagine più recenti (2018-2021), realizzate a valle della messa in sicurezza della colmata tramite capping¹, selezionando unicamente quelli che sono arrivati ad intercettare l'orizzonte di separazione tra riporti e sedimenti naturali, per un totale n. 124 verticali d'indagine.

L'immagine seguente mostra la superficie di interfaccia colmata-sedimenti naturali sottostanti ricavata dalla elaborazione condotta con Surfer mediante metodo geostatistico *Kriging*.

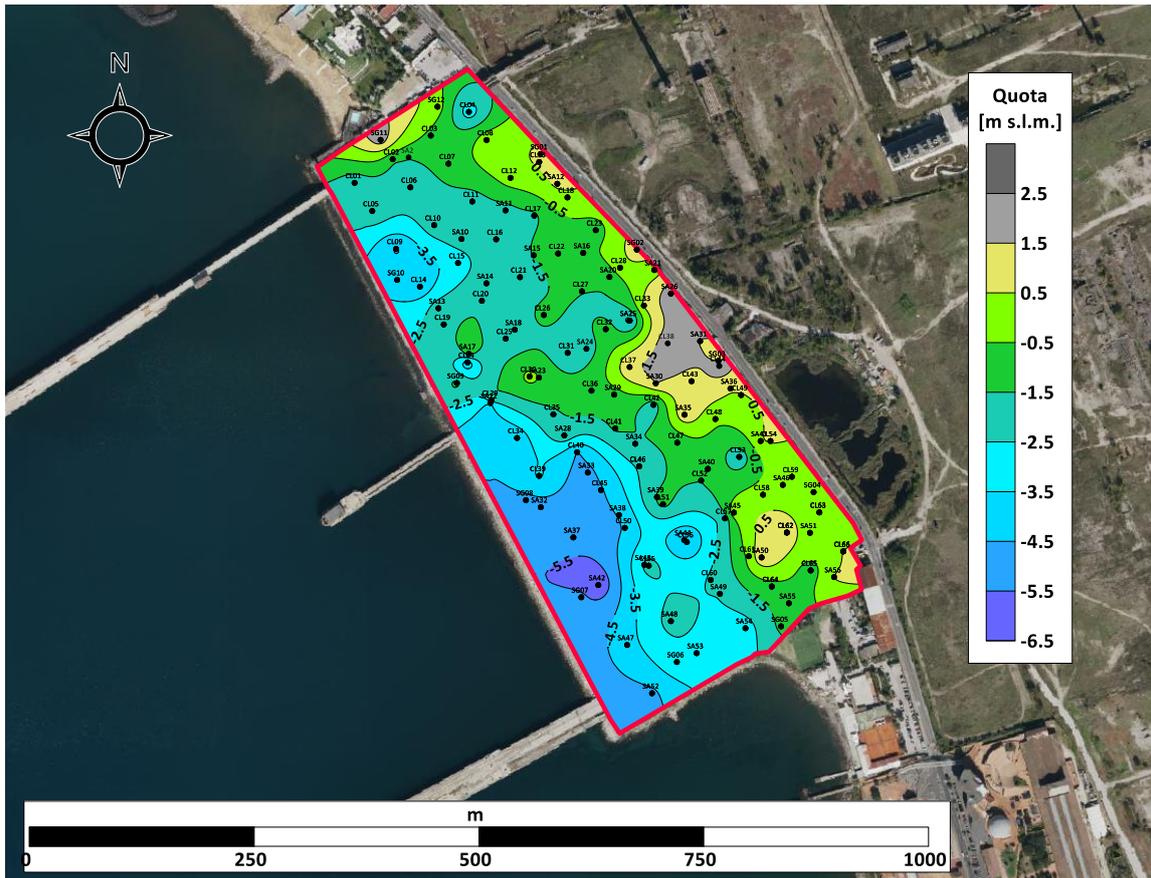


Figura 2-4: Interpolazione della superficie di interfaccia colmata – sedimenti naturali sottostanti (m s.l.m.). (Fonte foto aerea: Microsoft Bing).

2.1.2.3 Superficie piezometrica

Per la ricostruzione della superficie piezometrica, utile alla stima del volume di riporto saturo, sono stati considerati i dati freaticometrici misurati nei piezometri PFRF-12/2, PFRF-15/2, PFRF-6/2, PFRS3, PFR10, PFR3, Pz26, Pz27 e Pz28 nella campagna di monitoraggio eseguita nel mese di marzo 2019 in condizioni statiche, ovvero con la barriera idraulica inattiva.

Le immagini seguenti mostrano i risultati dell'interpolazione della superficie piezometrica di marzo 2019 eseguita mediante metodo geostatistico *Kriging*, in pianta (Figura 2-5: Interpolazione della superficie piezometrica marzo 2019) e tramite visualizzazione tridimensionale (Figura 2-6: Visualizzazione tridimensionale (con esagerazione verticale 15x) delle superfici digitalizzate).

¹ l'interpolazione effettuata utilizzando tutti i n. 560 sondaggi disponibili avrebbe portato a identificare una superficie disomogenea, a causa di informazioni litostratigrafiche discordanti tra sondaggi vicini realizzati in anni differenti, in particolare tra quelli realizzati prima e dopo la messa in sicurezza della colmata tramite capping.

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

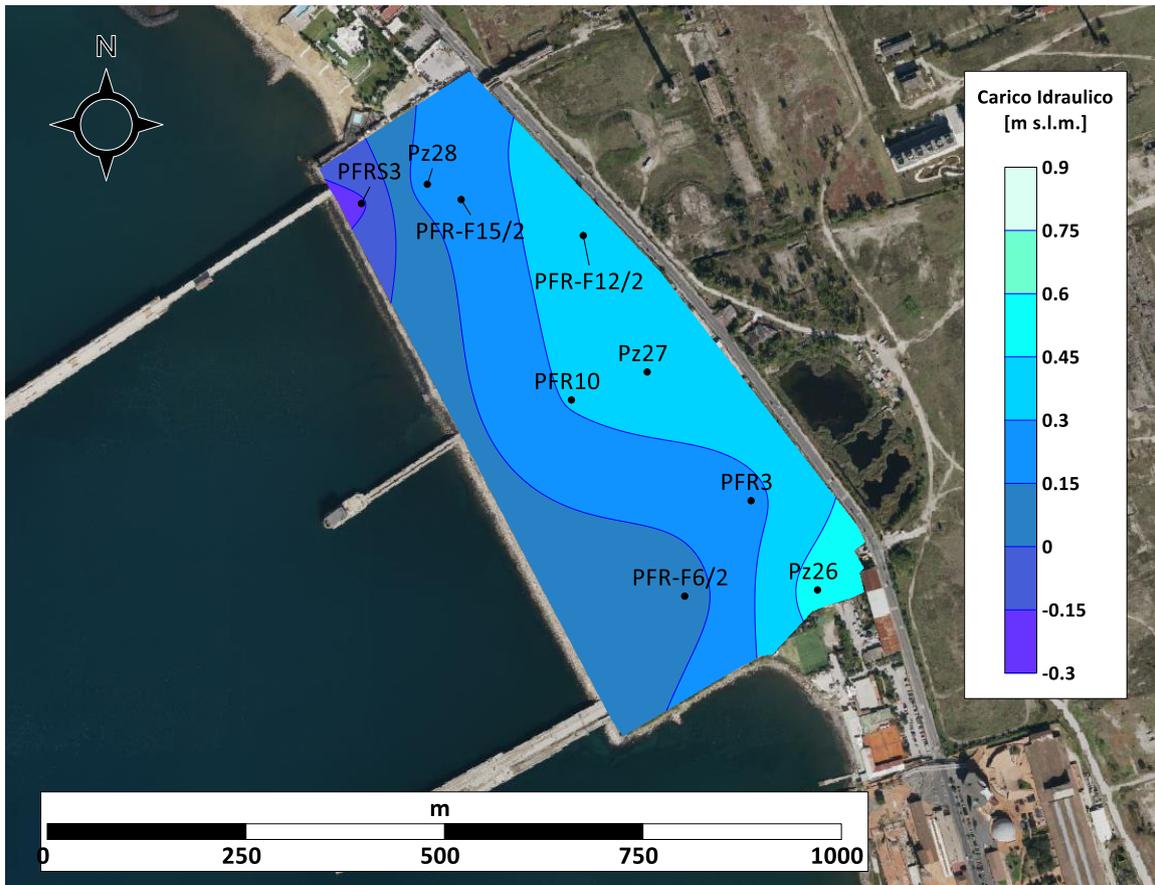


Figura 2-5: Interpolazione della superficie piezometrica marzo 2019(m s.l.m.). (Fonte foto aerea: Microsoft Bing)

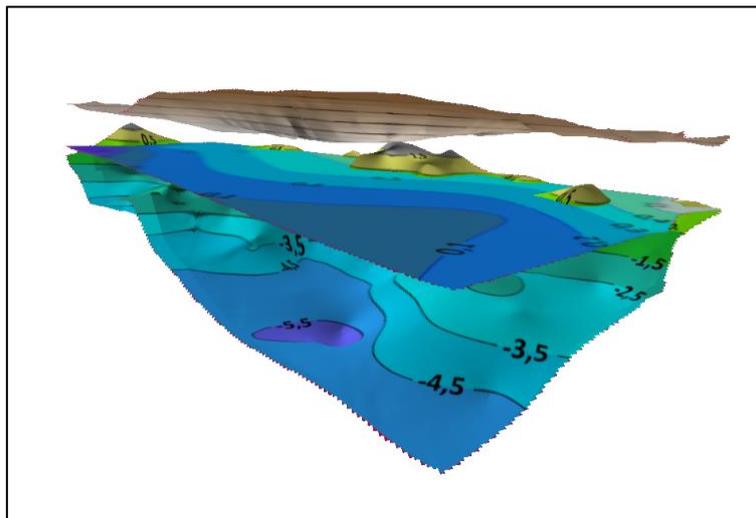


Figura 2-6: Visualizzazione tridimensionale (con esagerazione verticale 15x) delle superfici digitalizzate (dall'alto: superficie topografica di cui al paragrafo 2.1.2.1; superficie piezometrica e superficie di interfaccia colmata-sedimenti naturali sottostanti di cui al paragrafo 2.1.2.2)

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

2.1.3 Elaborazione dati con software EVS

Per la caratterizzazione tridimensionale dei principali materiali, che costituiscono la colmata, è stato utilizzato il programma EVS (*Earth Volumetric Studio*) che ha permesso di realizzare due modelli tridimensionali rappresentativi del caso in esame.

1. Il primo modello (Modello "Colmata") è stato elaborato con i dati stratigrafici ottenuti dalle indagini geologiche realizzate tra il 1997 ed il 2017 (in totale n. 423 sondaggi), escludendo i sondaggi del 2018, le cui stratigrafie non permettono di qualificare nel dettaglio gli elementi costituenti il riporto della colmata, e i sondaggi del 2021 che hanno caratterizzato esclusivamente il sedimento sottostante la colmata.

Da tale modello è stato possibile quantificare volumetricamente i quattro orizzonti costituenti il materiale di colmata:

- a. Materiale sopra capping;
 - b. Pavimentazione;
 - c. Riporto con scorie, loppe e minerali fossili;
 - d. Riporto generico.
2. Il secondo modello (Modello "Classificazione") è stato elaborato sulla base dei risultati delle analisi chimiche (analisi di caratterizzazione ai sensi del D.Lgs.152/06 e test di cessione) delle indagini più recenti, realizzate in conformità alla normativa attualmente vigente (indagini effettuate dal 2017 al 2021, per un in totale n. 137 sondaggi denominati CL01÷CL66 e S49÷S63 e SA1÷SA56).

Da tale modello è stato possibile definire le possibili destinazioni finali del materiale scavato valutando le possibilità di gestione secondo la seguente procedura:

- I. In primo luogo, è stato verificato il rispetto delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) previsti dall'Allegato 5, alla Parte Quarta, Titolo V del D.Lgs. 152/06, Tabella 1 Colonna A per i "Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale" e Colonna B per i "Siti ad uso commerciale ed industriale". Per i contaminanti non normati dal D. Lgs.152/06 sono stati considerati, ove esistenti, i limiti di riferimento proposti dall'Istituto Superiore di Sanità (ISS). Inoltre, sono stati considerati i valori di fondo naturale dell'ARIN Bagnoli definiti dalla Segreteria tecnica presso il Ministero dell'Ambiente in data 20/05/01.

Considerando che la colmata è costituita dai riporti, è stata anche verificata la conformità degli eluati dei test di cessione ai limiti del DM 5 febbraio 1998 e ai Valori di fondo naturale dell'ARIN di Bagnoli-Coroglio².

Sulla base di tale primo criterio è stato definito:

- il volume di materiale che potrebbe essere riutilizzato in sito: orizzonti con concentrazione inferiore alle CSC Tab.1 Col. A del D.Lgs.152/06 e/o Limiti ISS e/o Valori di fondo ed eluati con concentrazioni inferiore ai limiti del DM 5 febbraio 1998 e/o Valori di fondo;
 - il volume di materiale che potrebbe essere trattato e/o riutilizzato in sito nelle aree a destinazione d'uso industriale/commerciale: orizzonti con concentrazione superiore alle CSC Tab.1 Col. A e/o Valori di fondo ma inferiore alle CSC Tab.1 Col. B e/o Limiti ISS ed eluati con concentrazioni inferiore ai limiti del DM 5 febbraio 1998 e/o Valori di fondo.
- II. Per i materiali con concentrazioni superiore alle CSC Tab.1 Col. B e/o con eluati non conformi ai limiti del DM 5 febbraio 1998 e/o Valori di fondo sono stati valutati i possibili flussi di conferimento off-site sulla base della conformità degli eluati ai limiti di ammissibilità in discarica indicati nel D.lgs. 121 del 3 settembre 2020 oppure, per un eventuale recupero, ai limiti del DM Ambiente n°186 del 05/04/2006.

Non essendo disponibili analisi specifiche di classificazione del rifiuto ai sensi dell'All. D parte IV del D.Lgs.152/06, il destino individuato è quindi da considerarsi "indicativo" e dovrà essere

² Limiti approvati in sede di segreteria tecnica al MATTM nell'ambito dell'iter di autorizzazione dei progetti di Bagnoli Futura (parametri Arsenico 380 µg/l, Berillio: 9 µg/l, Ferro: 3106 µg/l, Manganese: 1104 µg/l e Piombo:19 µg/l) e il valore di fondo dei Fluoruri (4.000 µg/l), riportata nell'Analisi di rischio sito-specifica rev.3 del dicembre 2019 approvata in CdS di febbraio 2020

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

verificato in fase di caratterizzazione preliminare del materiale prima degli scavi di rimozione della colmata identificando il codice EER e valutando i requisiti di ammissibilità in discarica sopracitati.

Sulla base del test di cessione, quindi, sono stati individuati³:

- i volumi conferibili a discarica per rifiuti inerti (DI);
- i volumi conferibili a discarica per rifiuti non pericolosi (DNP);
- i volumi conferibili ad impianto di recupero.

Poiché le analisi eseguite sul materiale di riporto hanno interessato campioni anche non contigui nel sondaggio, per identificare il destino degli orizzonti per i quali non è disponibile la caratterizzazione sito specifica è stata applicata la seguente procedura:

- nel caso in cui l'orizzonte è risultato intercluso tra due orizzonti caratterizzati con il medesimo destino, lo stesso è stato assegnato anche all'orizzonte non caratterizzato;
- nel caso in cui l'orizzonte è risultato confinante con due orizzonti caratterizzati da destini differenti è stato assegnato il destino dell'orizzonte più rappresentativo a seguito della verifica visiva della stratigrafia e della fotografia della cassetta catalogatrice del sondaggio di riferimento.

Le volumetrie ricavate nei due modelli sono state ripartite in sature/insature considerando la superficie piezometrica del marzo 2019 (scenario statico ovvero considerando la barriera idraulica presente in sito inattiva).

Sulla base di quanto sopra descritto, sono state quantificate le seguenti tipologie di materiali:

- ✓ Materiale costituente il capping realizzato nel 2001, per il quale non sono disponibili analisi chimiche specifiche (né analisi di caratterizzazione ai sensi del D.Lgs.152/06 né test di cessione) e che si ipotizza possa essere interamente recuperato;
- ✓ Materiale con possibile riutilizzo in sito (materiali conformi alle CSC Tab.1 Col. A del D.Lgs.152/06 e/o Limiti ISS e/o Valori di fondo e con eluati dei test di cessione conformi ai limiti del DM 5 febbraio 1998 e/o Valori di fondo);
- ✓ Materiale da inviare ad eventuale trattamento e/o riutilizzo in sito nelle aree con destinazione d'uso industriale – commerciale (materiali conformi alle CSC Tab.1 Col. B e/o Limiti ISS e con eluati dei test di cessione conformi ai limiti del DM 5 febbraio 1998 e/o Valori di fondo);
- ✓ Materiale da conferire a discarica per inerti (materiali eccedenti le CSC Tab.1 Col. B e/o Limiti ISS e/o con eluati dei test di cessione eccedenti i limiti del DM 5 febbraio 1998 e/o Valori di fondo ma conformi ai limiti di Tabella 2 All.4 del D.Lgs. 121 del 3 settembre 2020);
- ✓ Materiale da conferire a discarica per rifiuti non pericolosi (materiali eccedenti le CSC Tab.1 Col. B e/o Limiti ISS e/o con eluati dei test di cessione eccedenti i limiti del DM 5 febbraio 1998 e/o Valori di fondo ma conformi ai limiti di Tabella 5 All.4 del D.Lgs. 121 del 3 settembre 2020);
- ✓ Materiale da inviare a recupero (materiali eccedenti le CSC Tab.1 Col. B e/o Limiti ISS e/o con eluati dei test di cessione eccedenti i limiti del DM 5 febbraio 1998 e/o Valori di fondo ma conformi ai limiti di Tabella di All.3 del DM Ambiente n°186 del 05/04/2006).

2.1.3.1 Definizione dei criteri di interpolazione

Per la ricostruzione tridimensionale dei modelli "Colmata" e "Classificazione" è stata definita una griglia di interpolazione alle differenze finite, le cui caratteristiche sono riportate nella tabella seguente:

Tabella 2.1: Parametri griglia di interpolazione

Parametro	Dimensione
Coordinate di origine	X: 430260,00 - Y: 4517700,00
Dimensione celle	10x10 m
Estensione X	75 celle
Estensione Y	35 celle

³ si precisa che nessun campione prelevato nella colmata è risultato da conferire in discarica per rifiuti pericolosi

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

Parametro	Dimensione
Rotazione	120 gradi

La griglia permette di interpolare correttamente il dominio di interesse, che corrisponde al perimetro della colmata (linea rossa mostrata nella figura seguente)

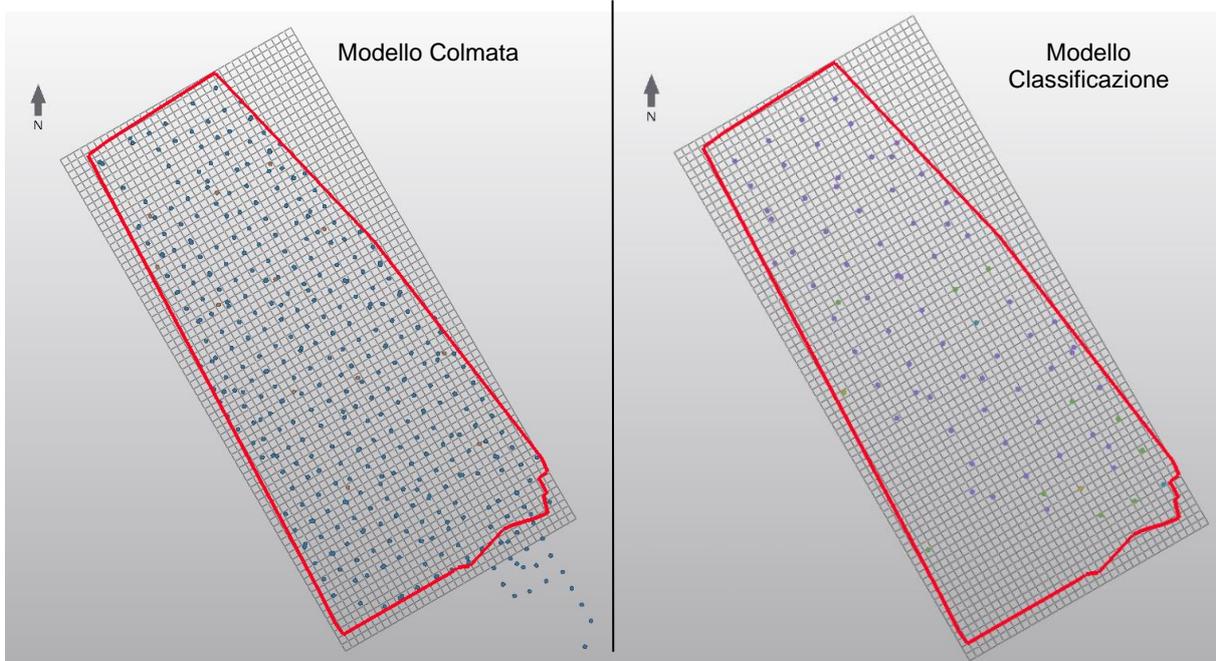


Figura 2-7: Griglia di interpolazione (a sinistra Modello Colmata; a destra Modello Classificazione)

Si precisa che, come rappresentato nella figura precedente, n. 13 sondaggi ubicati nella porzione a sud-est della colmata non sono stati utilizzati per la definizione del modello, in quanto non ricadono all'interno del dominio di interesse. Nella sottostante Tabella sono riassunte le coordinate del perimetro/confine dell'area di colmata:

Tabella 2.2: Coordinate perimetro colmata

Progressivo	X	Y
1	429785,294	4518289,675
2	429994,285	4518067,438
3	430214,655	4517780,479
4	430222,557	4517762,286
5	430210,907	4517753,903
6	430221,301	4517734,632
7	430217,198	4517730,122
8	430222,806	4517708,117
9	430207,570	4517701,18
10	430175,566	4517691,542
11	430164,606	4517686,285
12	430120,438	4517637,59

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

Progressivo	X	Y
13	430104,188	4517635,834
14	430100,236	4517631,665
15	429954,009	4517547,087
16	429943,243	4517562,306
17	429920,782	4517607,085
18	429632,742	4518152,892
19	429618,541	4518180,566
20	429643,731	4518199,174

Nei due modelli sono stato utilizzati due metodi di interpolazione differente:

- ✓ il modello "Colmata" è stato interpolato utilizzando il metodo geostatistico *Kriging*. Questo criterio ha un approccio probabilistico, il quale associa ad ogni cella il materiale che con maggiore probabilità si può trovare in quella posizione;
- ✓ il modello "Classificazione" è stato elaborato con il metodo *Nearest Neighbor* che si basa sul principio di vicinanza. Ovvero, il materiale di ogni singola cella è funzione del materiale più vicino alla cella stessa.

La base inferiore di entrambi i modelli, necessaria per la stima dei volumi dei diversi orizzonti che compongono la colmata, corrisponde alla superficie di separazione colmata – sedimenti naturali sottostanti, ricostruita utilizzando i sondaggi terebrati tra il 2018 ed il 2021 come illustrato al par. 2.1.2.2. Nella seguente figura è rappresentata la superficie di separazione elaborata con il programma EVS:

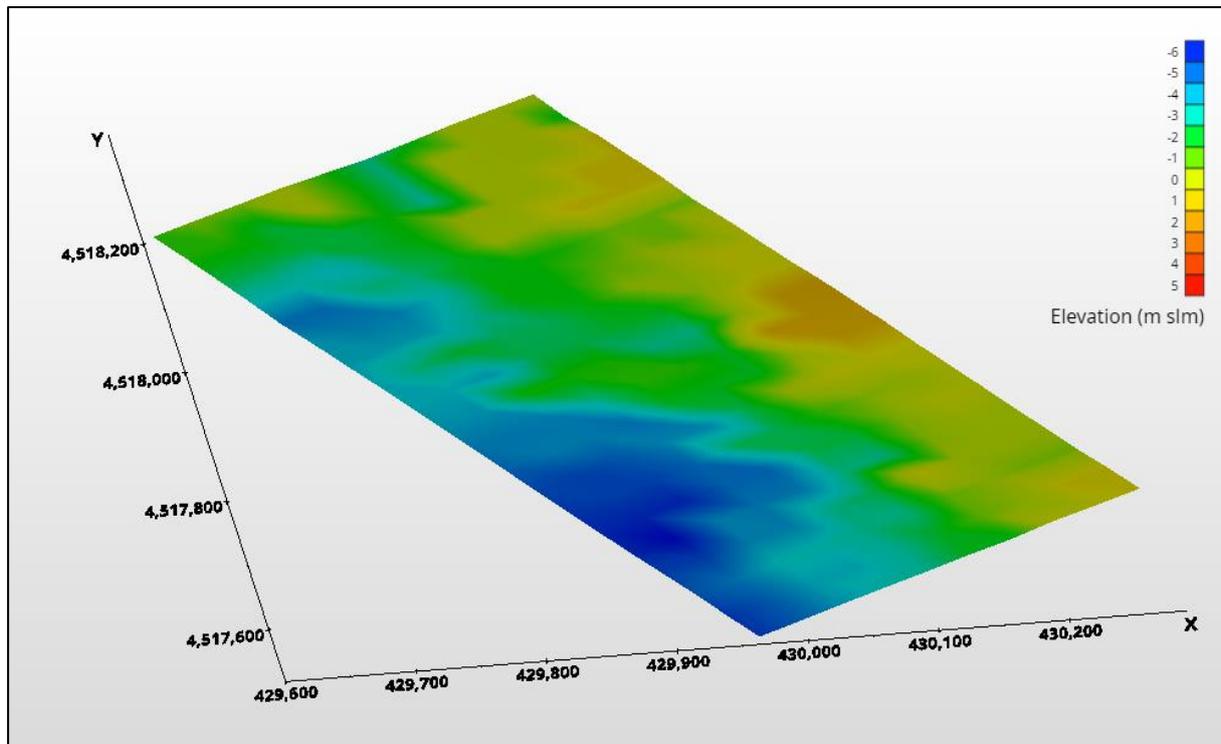


Figura 2-8: Superficie di separazione colmata – sedimenti naturali

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

2.1.3.2 Ricostruzione tridimensionale della colmata

Per la ricostruzione tridimensionale della colmata e la stima dei volumi dei principali orizzonti che la costituiscono sono stati utilizzati i confini tridimensionali precedentemente definiti:

- ✓ il perimetro della colmata (i cui limiti sono riportati in Tabella 2.1)
- ✓ la superficie del piano campagna (si veda par. 2.1.2.1)
- ✓ la superficie di separazione colmata-sedimenti (si veda par. 2.1.2.2).

Nelle seguenti figure sono rappresentate le distribuzioni tridimensionali con un'esagerazione verticale di 5 volte dei sei orizzonti che compongono il modello "Classificazione" e la distribuzione del materiale di riporto con scorie, loppe e minerali fossili determinato con il modello "Colmata".

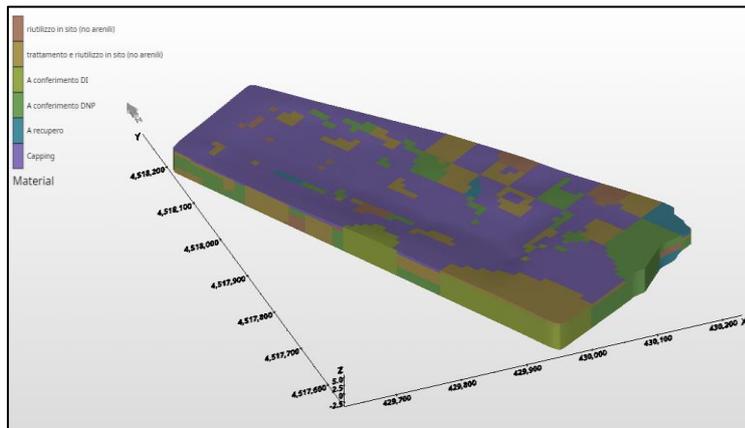


Figura 2-9: Modello "Classificazione"

Modello tridimensionale della "Classificazione" della colmata, elaborato con il metodo *Nearest Neighbor*, basato sul criterio di vicinanza, che determina una ricostruzione a blocchi.

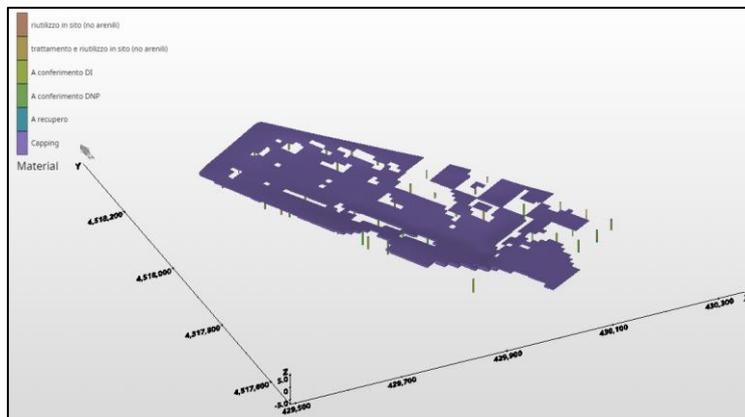
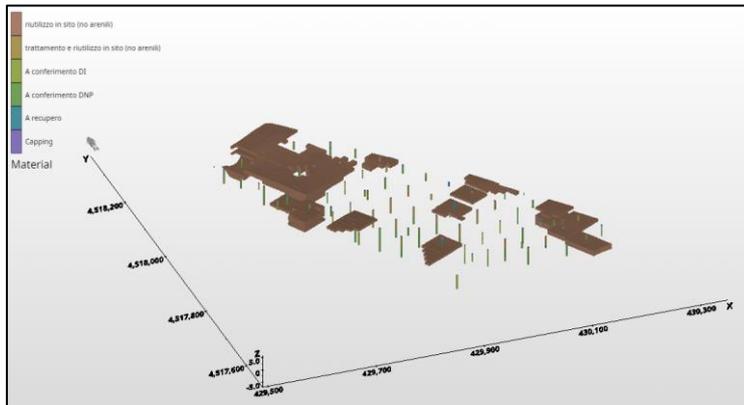


Figura 2-10: Capping

La figura rappresentata la distribuzione tridimensionale del *capping* realizzato nel 2001, il quale non è continuo.

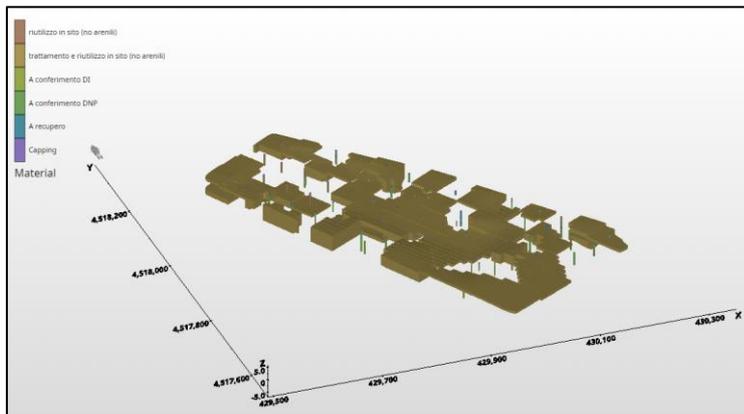
Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023



La figura rappresenta l'ubicazione del materiale da riutilizzare in sito, ovvero materiali conformi alle CSC Tab.1 Col. A del D.Lgs.152/06 e/o Limiti ISS e/o Valori di fondo e con eluati dei test di cessione conformi ai limiti del DM 5 febbraio 1998 e/o Valori di fondo.

Figura 2-11: Materiale da riutilizzare in sito

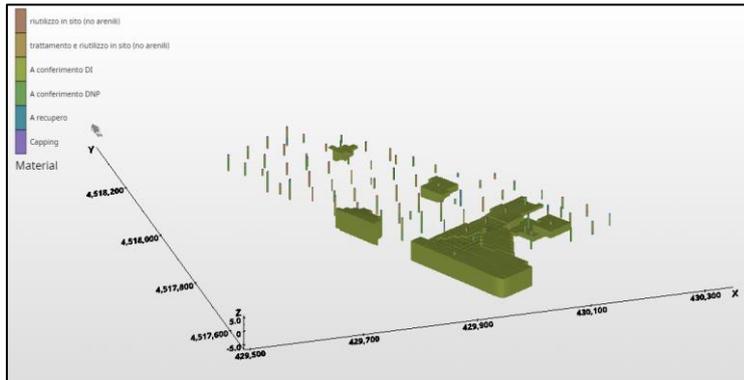


La figura riporta l'andamento del materiale da inviare ad eventuale trattamento e/o riutilizzo in sito in aree ad uso commerciale-industriale, ovvero materiali conformi alle CSC Tab.1 Col. B e/o Limiti ISS e con eluati dei test di cessione conformi ai limiti del DM 5 febbraio 1998 e/o Valori di fondo.

Figura 2-12: Materiale da inviare ad eventuale trattamento e/o riutilizzo in sito in aree ad uso commerciale-industriale

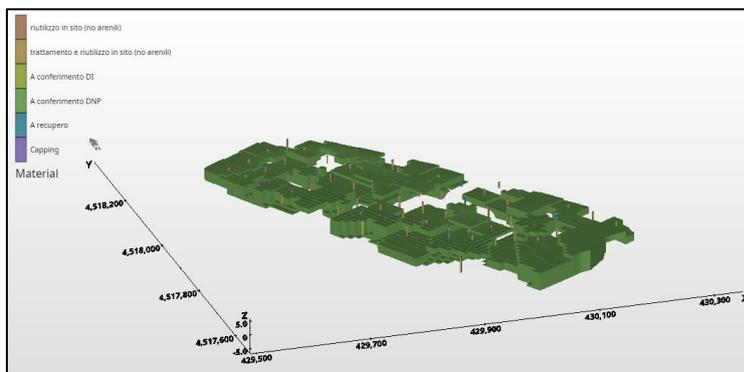
Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023



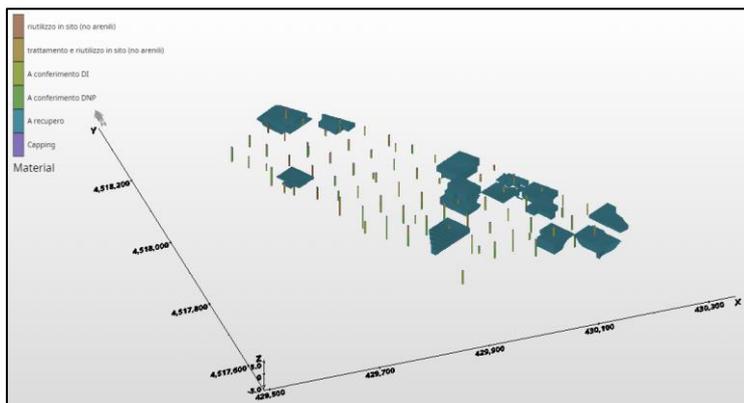
La figura rappresenta l'ubicazione del materiale da inviare a discarica per rifiuti inerti, ovvero materiali eccedenti le CSC Tab.1 Col. B e/o Limiti ISS e/o con eluati dei test di cessione eccedenti i limiti del DM 5 febbraio 1998 e/o Valori di fondo ma conformi ai limiti di Tabella 2 All.4 del D.Lgs. 121 del 3 settembre 2020.

Figura 2-13: Materiale da inviare a discarica per rifiuti inerti



La figura rappresenta l'andamento del materiale da inviare a discarica per rifiuti non pericolosi, ovvero materiali eccedenti le CSC Tab.1 Col. B e/o Limiti ISS e/o con eluati dei test di cessione eccedenti i limiti del DM 5 febbraio 1998 e/o Valori di fondo ma conformi ai limiti di Tabella 5 All.4 del D.Lgs. 121 del 3 settembre 2020.

Figura 2-14: Materiale da conferire a discarica per rifiuti non pericolosi



La figura rappresentata l'ubicazione del materiale da inviare a recupero, ovvero materiali eccedenti le CSC Tab.1 Col. B e/o Limiti ISS e/o con eluati dei test di cessione eccedenti i limiti del DM 5 febbraio 1998 e/o Valori di fondo ma conformi ai limiti di Tabella di All.3 del DM Ambiente n° 186 del 05/04/2006.

Figura 2-15: Materiale da inviare a recupero

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

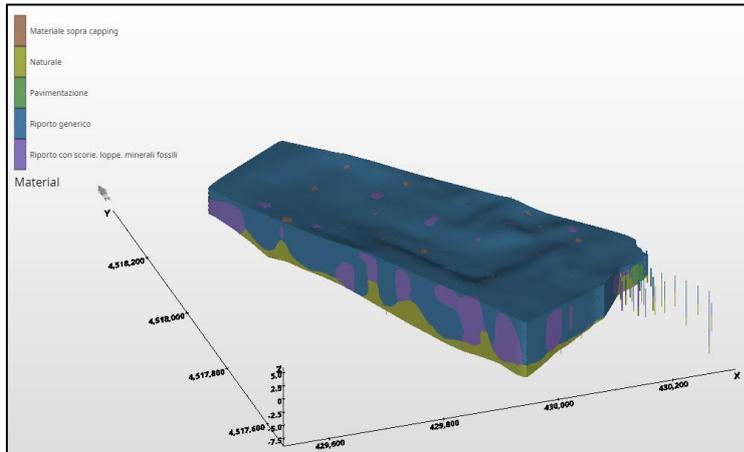


Figura 2-16: Modello "Colmata"

Modello tridimensionale della colmata, elaborato con il metodo *Kriging*, basato sul criterio geostatistico, ovvero che associa ad ogni cella il materiale che con maggiore probabilità si può trovare in quella posizione.

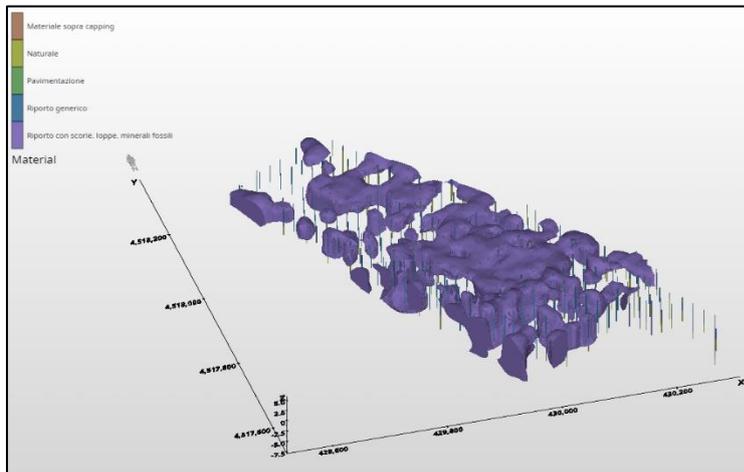


Figura 2-17: Riporto con scorie, loppe e minerali fossili

La figura rappresenta l'ubicazione del materiale di riporto contenete scorie, loppe e minerali fossili.

La ricostruzione tridimensionale di questo orizzonte è stata eseguita utilizzando i sondaggi terebrati tra il 1997 ed il 2017.

L'elaborazione dei due modelli ha permesso di effettuare la stima volumetrica riportata nella tabella seguente:

Tabella 2.3: Stima dei volumi elaborati con EVS

Orizzonte	Volume (mc)
Corpo Colmata	1.282.000
Capping	51.000
Riporto con scorie, loppe e minerali fossili	402.000
Riporto generico	829.000
Materiale da riutilizzare in sito	107.800
Materiale da inviare ad eventuale trattamento e/o riutilizzo in sito in aree ad uso commerciale-industriale	307.200
Materiale da inviare a discarica per rifiuti inerti	204.500
Materiale da conferire a discarica per rifiuti non pericolosi	547.300
Materiale da inviare a recupero	64.200

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

L'elaborazione sopra riportata è stata ulteriormente affinata in quanto gli approfondimenti progettuali hanno portato a valutare la necessità di procedere con una messa in sicurezza del Pontile Nord tramite l'installazione di due diaframmi perimetrali (a circa 2 m di distanza dal pontile) a protezione e confinamento del materiale presente al di sotto del pontile stesso e ai fini di consentirne lo scavo nelle zone prospicienti.

Nelle seguenti figure sono rappresentate le distribuzioni tridimensionali dei modelli "Colmata" e "Classificazione" rielaborati escludendo la zona del pontile:

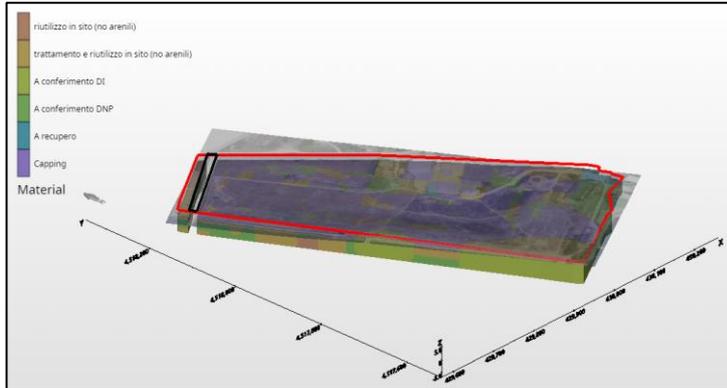


Figure 2-18: Modello "Classificazione" da cui è stata rimossa la porzione di volume sottostante al pontile nord

Modello tridimensionale della "Classificazione" della colmata da cui è stata rimossa la porzione di volume ubicata al di sotto del Pontile Nord. Il modello è stato elaborato con il metodo *Nearest Neighbor*, basato sul criterio di vicinanza, che determina una ricostruzione a blocchi.

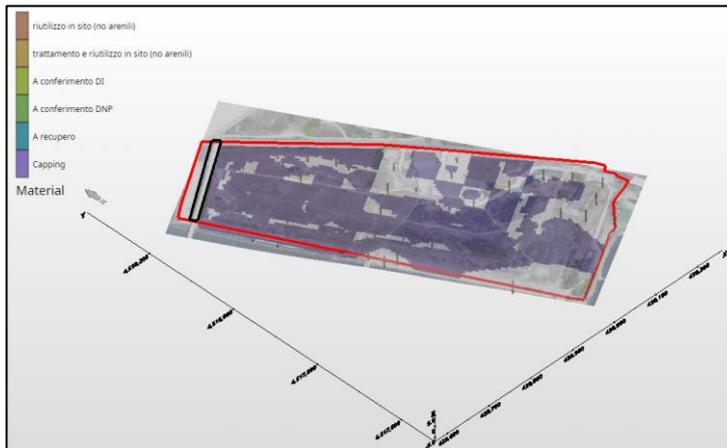


Figura 2-19: Capping a sud del pontile nord

La figura rappresenta la distribuzione tridimensionale del *capping* realizzato nel 2001 che interessa solo la porzione a sud del pontile e non è continuo sulla superficie.

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

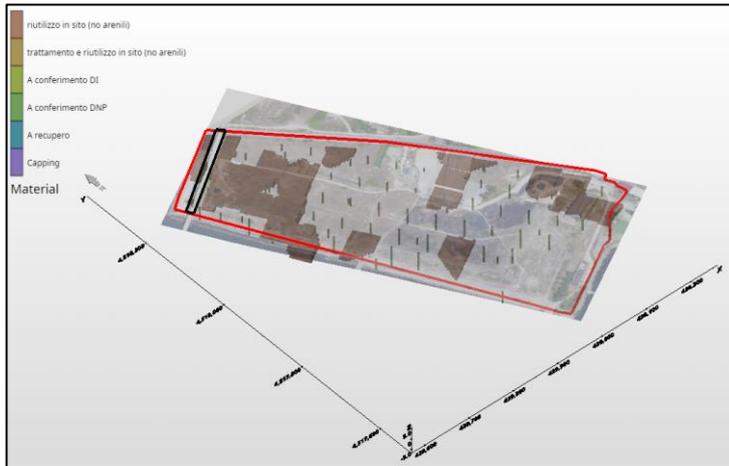


Figura 2-20: Materiale da riutilizzare in sito ubicato a nord e sud del pontile

La figura rappresenta l'ubicazione del materiale da riutilizzare in sito, ovvero materiali conformi alle CSC Tab.1 Col. A del D.Lgs.152/06 e/o Limiti ISS e/o Valori di fondo e con eluati dei test di cessione conformi ai limiti del DM 5 febbraio 1998 e/o Valori di fondo. Questa tipologia di materiale interessa sia la porzione nord sia quella a sud del pontile.



Figura 2-21: Materiale da inviare ad eventuale trattamento e/o riutilizzo in sito in aree ad uso commerciale-industriale ubicato a nord e sud del pontile

La figura riporta l'andamento del materiale da inviare ad eventuale trattamento e/o riutilizzo in sito in aree ad uso commerciale-industriale, ovvero materiali conformi alle CSC Tab.1 Col. B e/o Limiti ISS e con eluati dei test di cessione conformi ai limiti del DM 5 febbraio 1998 e/o Valori di fondo. Come si evince dall'immagine, il materiale da inviare ad eventuale trattamento e/o riutilizzo in sito in aree ad uso commerciale - industriale interessa sia la porzione a nord sia a sud del pontile.

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

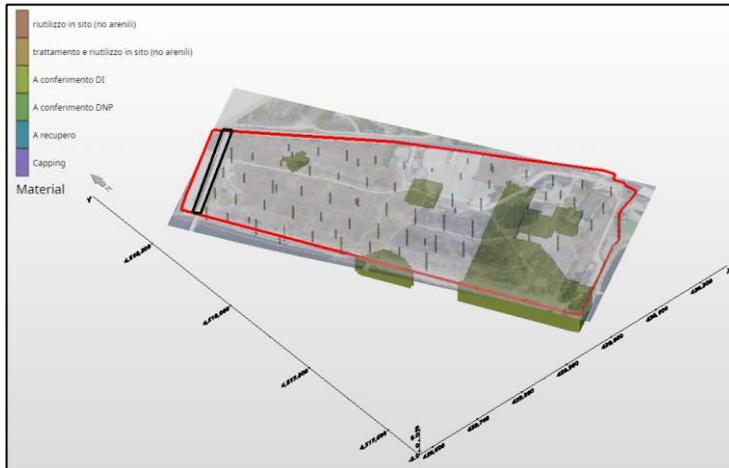


Figura 2-22: Materiale da inviare a discarica per rifiuti inerti ubicato a nord e sud del pontile

La figura rappresenta l'ubicazione del materiale da inviare a discarica per rifiuti inerti, ovvero materiali eccedenti le CSC Tab.1 Col. B e/o Limiti ISS e/o con eluati dei test di cessione eccedenti i limiti del DM 5 febbraio 1998 e/o Valori di fondo ma conformi ai limiti di Tabella 2 All.4 del D.Lgs. 121 del 3 settembre 2020. Questa tipologia di materiale interessa solo la porzione sud della colmata.

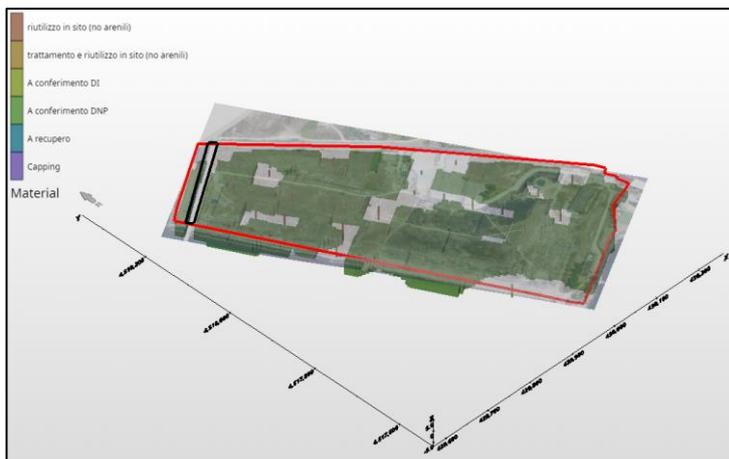


Figura 2-23: Materiale da conferire a discarica per rifiuti non pericolosi ubicato a nord e sud del pontile

La figura rappresenta l'andamento del materiale da inviare a discarica per rifiuti non pericolosi, ovvero materiali eccedenti le CSC Tab.1 Col. B e/o Limiti ISS e/o con eluati dei test di cessione eccedenti i limiti del DM 5 febbraio 1998 e/o Valori di fondo ma conformi ai limiti di Tabella 5 All.4 del D.Lgs. 121 del 3 settembre 2020. Come si evince dall'immagine, il materiale da conferire a discarica per rifiuti non pericolosi interessa sia la porzione a nord sia a sud del pontile.

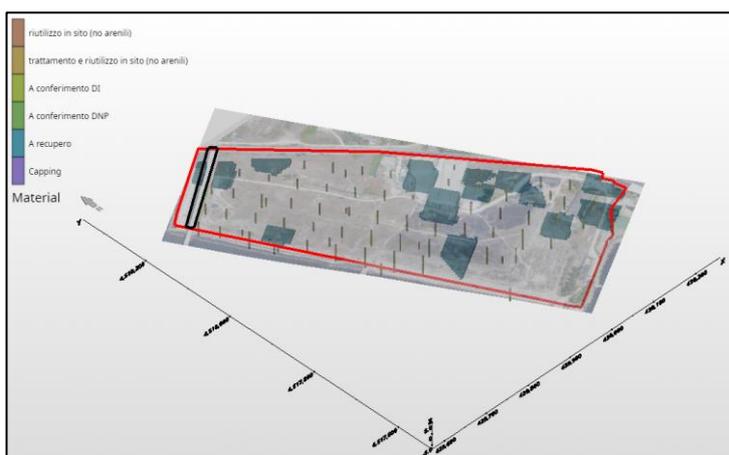


Figura 2-24: Materiale da inviare a recupero ubicato a nord e sud del pontile

La figura rappresentata l'ubicazione del materiale da inviare a recupero, ovvero materiali eccedenti le CSC Tab.1 Col. B e/o Limiti ISS e/o con eluati dei test di cessione eccedenti i limiti del DM 5 febbraio 1998 e/o Valori di fondo ma conformi ai limiti di Tabella di All.3 del DM Ambiente n° 186 del 05/04/2006. Il materiale da inviare a recupero è presente sia a nord sia a sud del pontile.

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

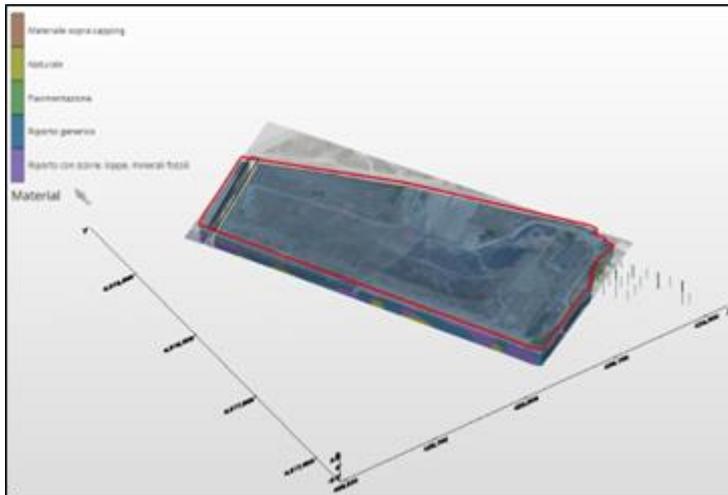


Figura 2-25: Modello "Colmata" da cui è stata rimossa la porzione di volume sotto al Pontile Nord

Modello tridimensionale della colmata, elaborato con il metodo *Kriging*, basato sul criterio geostatistico, ovvero che associa ad ogni cella il materiale che con maggiore probabilità si può trovare in quella posizione. Dal modello è stata rimossa la porzione di volume sottostante al pontile nord.

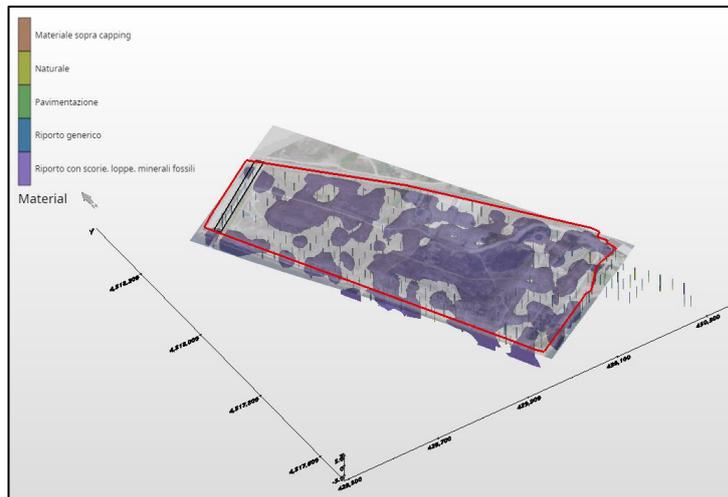


Figura 2-26: Riporto con scorie, loppe e minerali fossili ubicato a nord e sud del pontile

La figura rappresenta l'ubicazione del materiale di riporto contenete scorie, loppe e minerali fossili. La ricostruzione tridimensionale di questo orizzonte è stata eseguita utilizzando i sondaggi terebrati tra il 1997 ed il 2017. Come si evince dall'immagine, il materiale di riporto con scorie, loppe e minerali fossili interessa sia la porzione di volume a nord sia a sud del pontile.

La stima volumetrica dei materiali presenti a nord e a sud del pontile ricavata dai modelli "Colmata" e "Classificazione" è riportata nella tabella seguente.

Tabella 2.4: Stima dei volumi ubicati a nord e sud del pontile ed elaborati con EVS

Orizzonte	Volume (mc)	Volume a sud del pontile nord (mc)	Volume a nord del pontile nord(mc)
Corpo Colmata	1.264.000	1.244.400	19.600
Capping	51.000	51.000	0
Riporto con scorie, loppe e minerali fossili	396.800	394.000	2.800
Riporto generico	816.200	799.400	16.800
Materiale da riutilizzare in sito	102.900	99.800	3.100
Materiale da inviare ad eventuale trattamento e/o riutilizzo in aree ad uso commerciale-industriale	302.600	296.400	6.200
Materiale da inviare a discarica per rifiuti inerti	204.500	204.500	0

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

Orizzonte	Volume (mc)	Volume a sud del pontile nord (mc)	Volume a nord del pontile nord(mc)
Materiale da conferire a discarica per rifiuti non pericolosi	540.500	532.000	8.500
Materiale da inviare a recupero	62.500	60.700	1.800

2.1.3.3 Determinazione del volume insaturo e saturo

Determinata la ricostruzione tridimensionale della colmata è stato possibile ripartire la volumetria in orizzonte insaturo e orizzonte saturo utilizzando la superficie piezometrica di marzo 2019 elaborata come indicato al par. 2.1.2.3.

Nella seguente figura è rappresentata la superficie di piezometrica elaborata con il programma EVS:

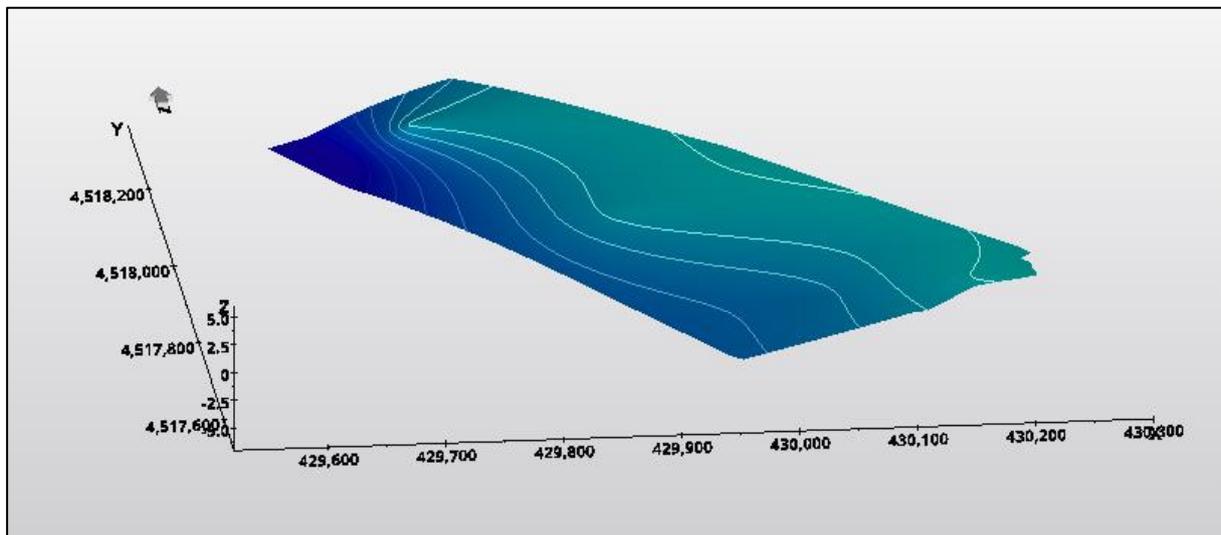


Figura 2-27: Superficie piezometrica (marzo 2019) elaborata con EVS

La superficie piezometrica è stata utilizzata come superficie di taglio dei modelli EVS così da poter stimare il volume di colmata insaturo e saturo.

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

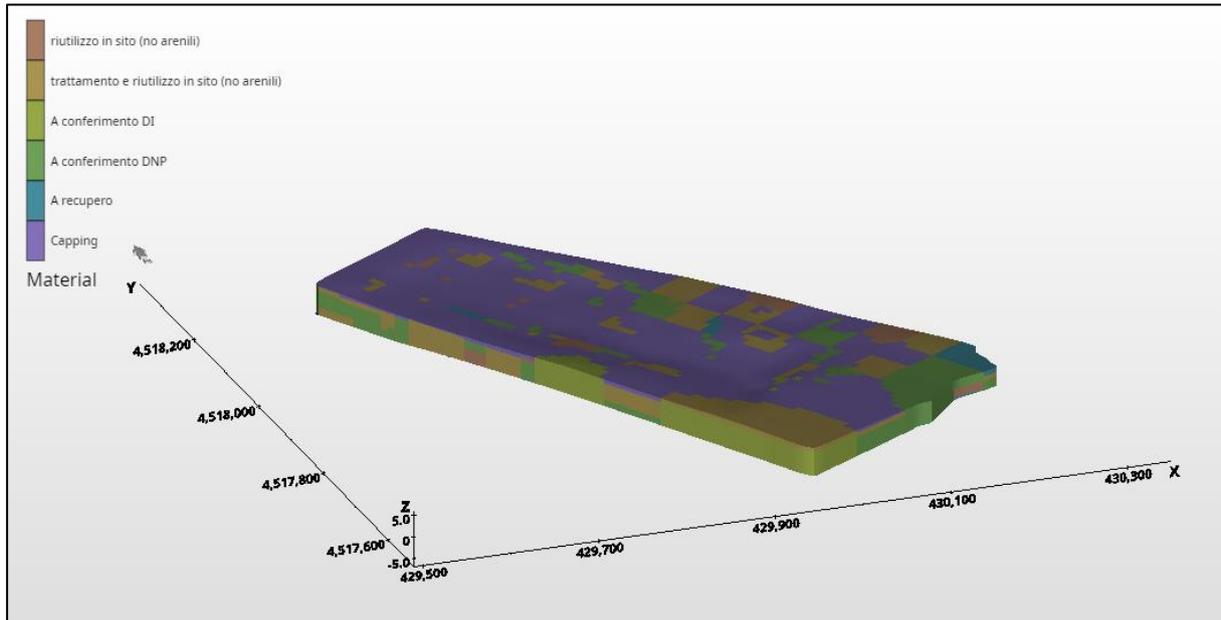


Figura 2-28: Volume di colmata insaturo

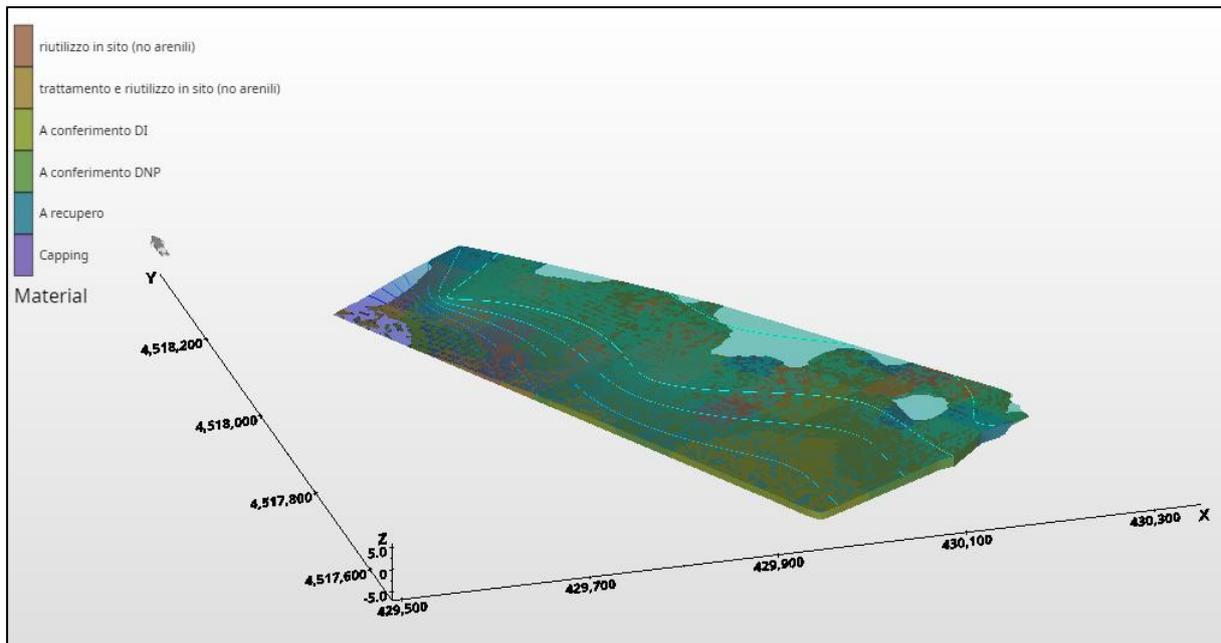


Figura 2-29: Volume di colmata saturo

L'interpolazione tra i Modelli "Colmata" e "Classificazione" e la piezometria di marzo 2019 ha permesso di determinare sia la volumetria complessiva della colmata sia la volumetria dei flussi di gestione dei materiali suddivisi tra insaturo e saturo (si vedano le tabelle seguenti).

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

Tabella 2.5: Stima del volume complessivo della colmata ripartito tra insaturo e saturo

Orizzonte	Volume (mc)	Percentuale sul totale (%)
Volume insaturo	934.000	73%
Volume saturo	348.000	27%

Tabella 2.6: Stima dei volumi elaborati con EVS ripartiti tra insaturo e saturo

Orizzonte	Volume insaturo		Volume saturo	
	(mc)	Percentuale sul totale (%)	(mc)	Percentuale sul totale (%)
Corpo Colmata	934.000	73%	348.000	27%
Capping	51.000	100%	0	0%
Riporto con scorie, loppe e minerali fossili	318.000	79%	84.000	21%
Riporto generico	565.000	68%	264.000	32%
Materiale da riutilizzare in sito	92.800	86%	15.000	14%
Materiale da inviare ad eventuale trattamento e/o riutilizzo in sito in aree ad uso commerciale-industriale	250.600	82%	56.600	18%
Materiale da inviare a discarica per rifiuti inerti	146.700	72%	57.800	28%
Materiale da conferire a discarica per rifiuti non pericolosi	347.700	64%	199.600	36%
Materiale da inviare a recupero	45.200	70%	19.000	30%

Anche in questo caso la stima dei volumi è stata rielaborata rimuovendo la porzione di colmata al di sotto del pontile nord, non oggetto di scavo. Per la determinazione del volume saturo ed insaturo è stata utilizzata la superficie piezometrica del marzo 2019.

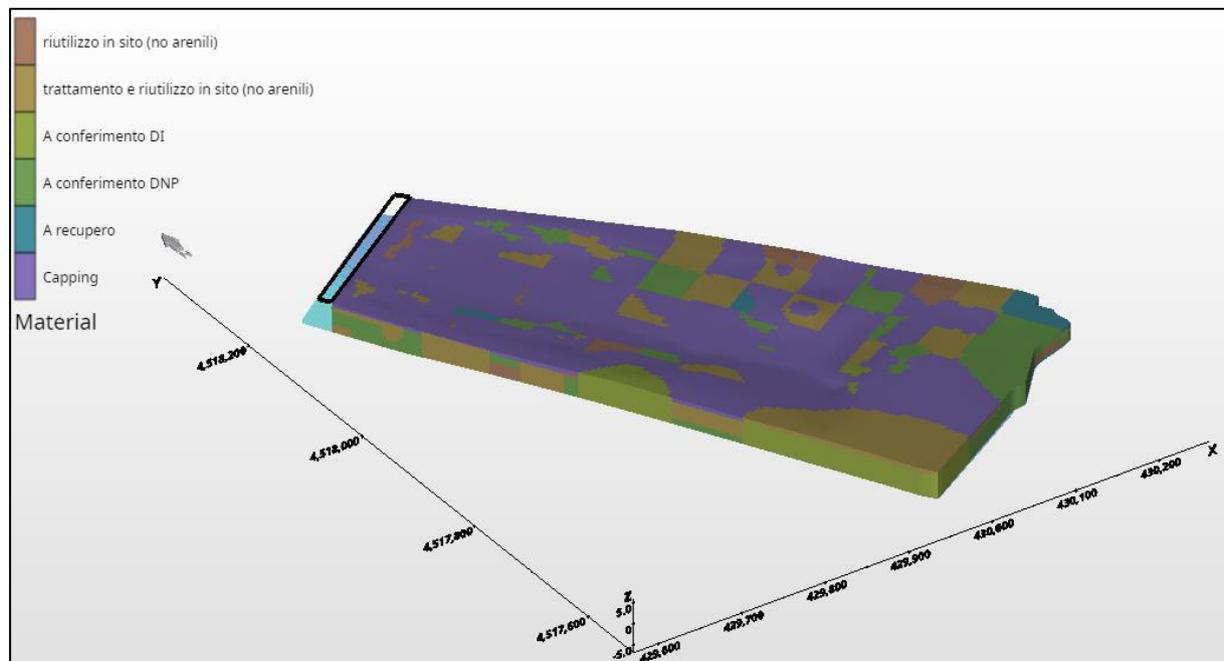


Figure 2-30: Volume colmata insaturo ubicato a sud del pontile nord

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

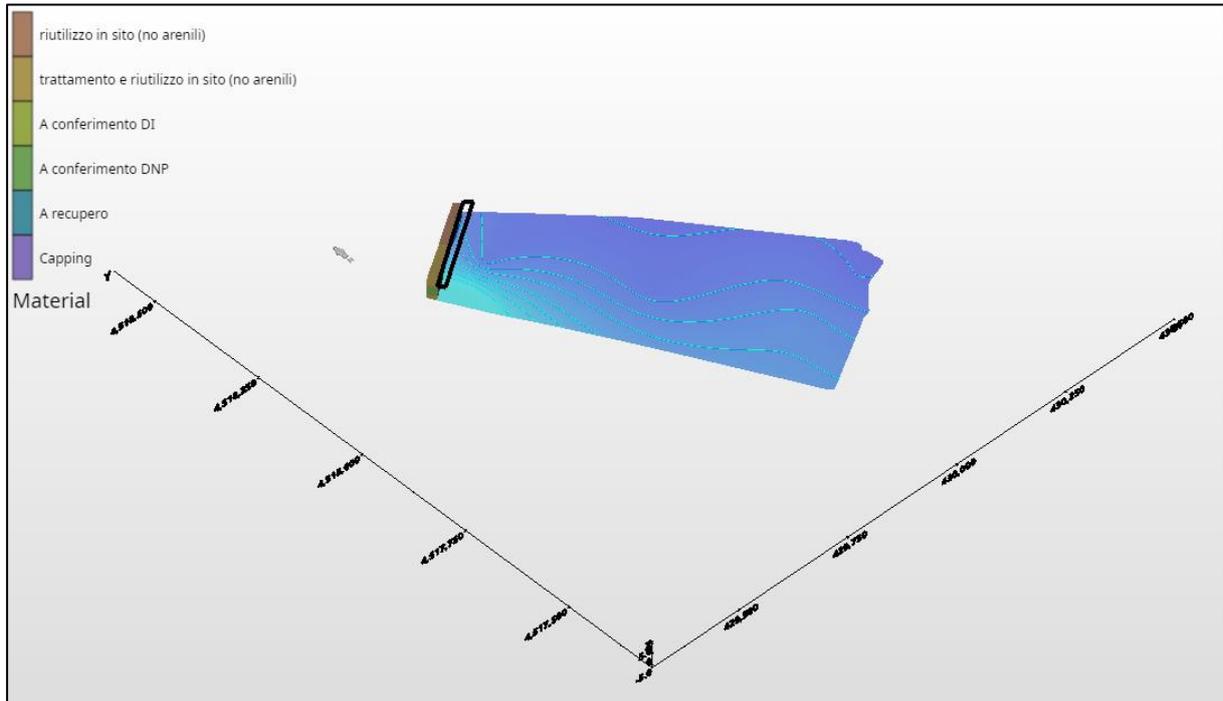


Figure 2-31: Volume colmata insaturo ubicato a nord del pontile nord

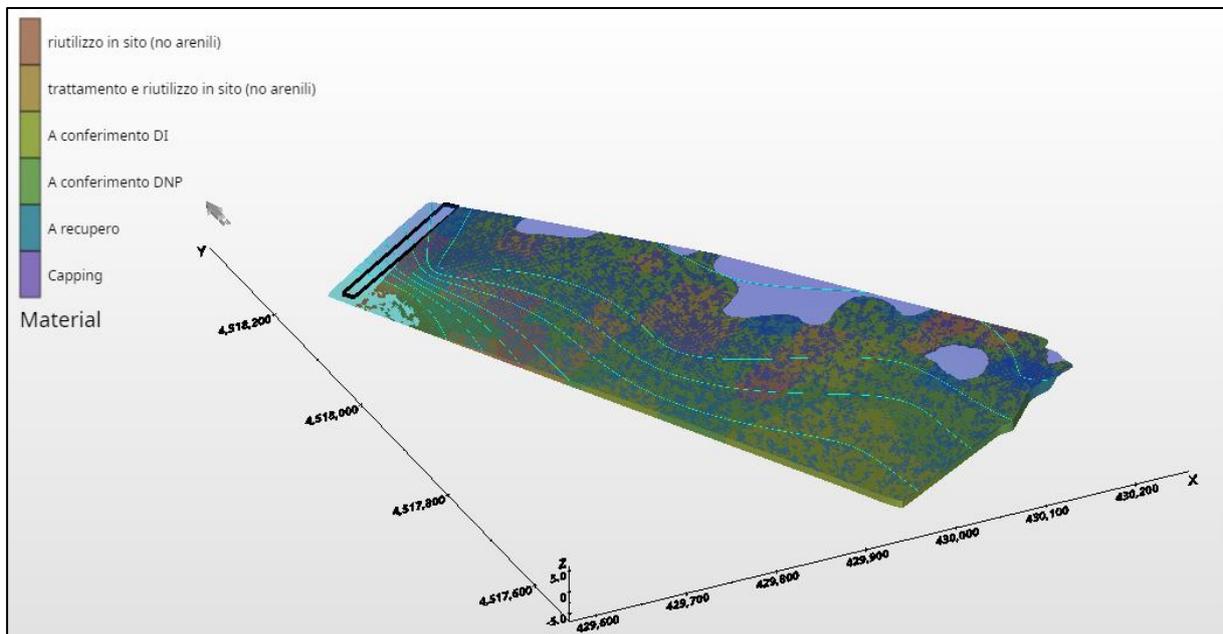


Figure 2-32: Volume colmata saturo ubicato a sud del pontile nord

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

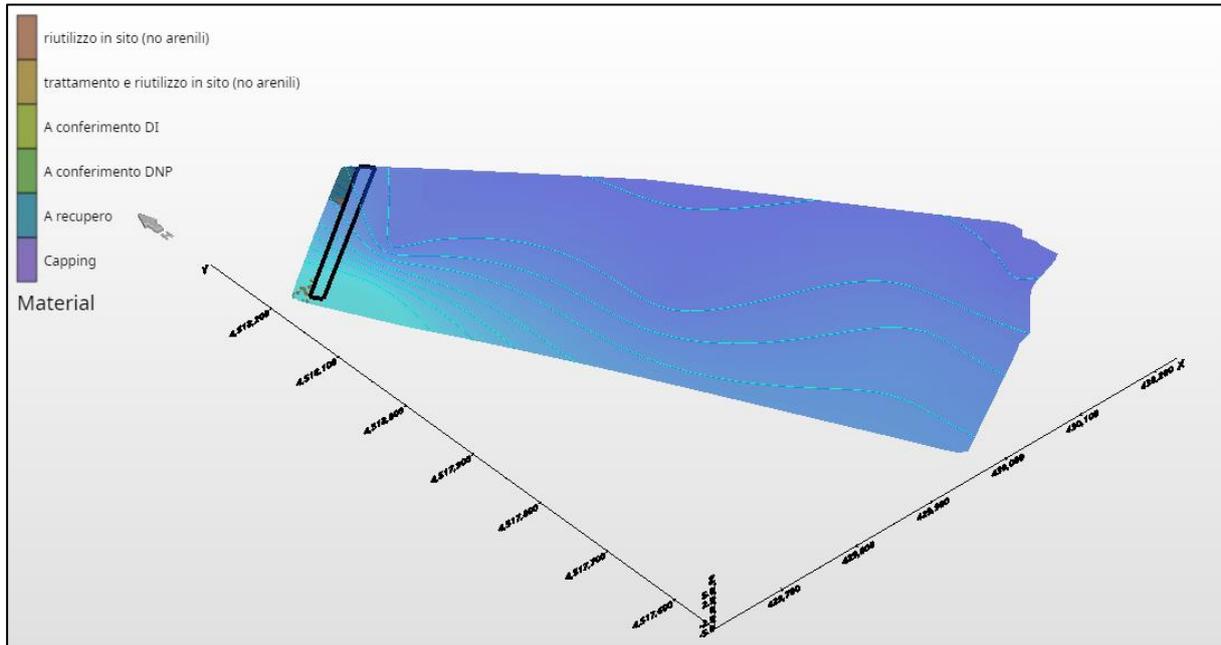


Figure 2-33: Volume saturo ubicato a nord del pontile nord

Le tabelle seguenti sintetizzano le volumetrie complessive delle porzioni di colmata a nord e a sud del pontile suddivise tra insaturo e saturo.

Tabella 2.7: Stima del volume complessivo della colmata ripartito tra insaturo e saturo senza la porzione di volume al di sotto del pontile nord

Orizzonte	Volume (mc)	Percentuale sul totale (%)	Volume a sud del pontile (mc)	Volume a nord del pontile (mc)
Volume insaturo	921.100	73%	903.100	12.900
Volume saturo	342.900	27%	341.300	5.100

Tabella 2.8: Stima dei volumi elaborati con EVS ripartiti tra insaturo e saturo e divisi tra nord e sud del pontile

Orizzonte	Volume insaturo		Volume saturo		Volume a sud del pontile		Volume a nord del pontile	
	(mc)	Percentuale sul totale (%)	(mc)	Percentuale sul totale (%)	Insaturo (mc)	Saturo (mc)	Insaturo (mc)	Saturo (mc)
Corpo Colmata	921.100	73%	342.900	27%	903.100	341.300	18.000	1.600
Capping	51.000	100%	0	0%	51.000	0	0	0
Riporto con scorie, loppe e minerali fossili	312.800	79%	84.000	21%	310.000	84.000	2.800	0
Riporto generico	557.300	68%	258.900	32%	542.100	257.300	15.200	1.600
Materiale da riutilizzare in sito	89.200	87%	13.700	13%	86.200	13.600	3.000	100
Materiale da inviare ad eventuale trattamento e/o riutilizzo in sito in aree ad uso commerciale-industriale	246.400	81%	56.200	19%	240.200	56.200	6.200	0
Materiale da inviare a discarica per rifiuti inerti	146.700	72%	57.800	28%	146.700	57.800	0	0

Allegato 1 - Definizione dei volumi da gestire nella rimozione della colmata

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-01-CO-RS-REL-02-01-Agosto 2023

Orizzonte	Volume insaturo		Volume saturo		Volume a sud del pontile		Volume a nord del pontile	
	(mc)	Percentuale sul totale (%)	(mc)	Percentuale sul totale (%)	Insaturo (mc)	Saturo (mc)	Insaturo (mc)	Saturo (mc)
Materiale da conferire a discarica per rifiuti non pericolosi	343.000	63%	197.500	37%	335.200	196.800	7.800	700
Materiale da inviare a recupero	44.800	72%	17.700	28%	43.800	16.900	1.000	800

