



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 DIDIMOSTRAZIONE TECNOLOGICA, OLTRE AI SERVIZI DI DIREZIONE DEI LAVORI E DI COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DIESECUZIONE, 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 DIBAGNOLI-COROGLIO (NA)".

DOCUMENTO METODOLOGICO DI PROGETTAZIONE, MONITORAGGIO E COLLAUDO

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-00-GE-GE-REL-03-00

Rev.	Descrizione	Preparato	Controllato	Approvato	Data
0	Prima Emissione	V. Montella	A. Tomarchio	E.Robortella Stacul	07/2023

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 s.r.l.

3BA
s.r.l.
engineering and Consulting



AS

INDICE

	Pagina
INDICE DELLE TABELLE	3
INDICE DELLE FIGURE	3
ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	4
1 PREMESSA	5
1.1 PROCEDIMENTI AMMINISTRATIVI	5
2 LINEA DI RIVA, RIPASCIMENTO E OPERE DI PROTEZIONE E CONFINAMENTO	7
2.1 STUDI, INDAGINI E TEST	7
2.1.1 Attività pregresse messe a disposizione da Invitalia	7
2.1.2 Attività svolte o programmate dall'RTI nell'ambito della Commessa	12
2.2 CRITERI DI PROGETTO	15
2.2.1 Assunzioni progettuali	15
2.2.2 Obiettivi del progetto	15
2.2.3 Piano di sviluppo della progettazione	15
2.3 CRITERI DI COLLAUDO E MONITORAGGIO	16
3 COLMATA (MACROZONA 1)	17
3.1 STATO DI FATTO E OBIETTIVI DI PROGETTO	17
3.2 DATI E ASSUNZIONI	18
3.3 VINCOLI DI BASE DELLA PROGETTAZIONE	19
3.4 CRITERI DI PROGETTO	21
3.4.1 Demolizioni delle strutture	22
3.4.2 Cinturazione e dewatering della Colmata	22
3.4.3 Fasi di scavo del materiale di riempimento della colmata	22
3.4.4 Gestione del materiale di riempimento della colmata	22
3.4.5 Gestione dei sedimenti	23
3.4.6 Accorgimenti progettuali per garantire le migliori condizioni di sicurezza nell'ambito organizzativo del cantiere	23
4 ARENILI EMERSI NORD E SUD (MACROZONA 1) E SEDIMENTI MARINI ON-SHORE / COMPARTO DINAMICO (MACROZONA 2)	24
4.1 OBIETTIVI DELL'INTERVENTO	24
4.2 INQUADRAMENTO DELLE AREE DI INTERVENTO	24
4.3 DATI E ASSUNZIONI/VINCOLI DI BASE DELLA PROGETTAZIONE	28
4.4 CRITERI DI PROGETTO	31
4.4.1 Criteri di equilibrio e stabilità fisica	31
4.4.2 Criteri ambientali	33
4.4.3 Criteri di sostenibilità	35
4.4.4 Sintesi approccio secondo i Criteri di progetto	35
4.4.5 Piano di sviluppo della progettazione	36
4.5 CRITERI DI COLLAUDO DEGLI INTERVENTI SUGLI ARENILI, SEDIMENTI SOTTOSTANTI LA COLMATA E SEDIMENTI ONSHORE	36
4.6 CRITERI DI MONITORAGGIO DELLE ACQUE DI MARE ONSHORE	37
5 SEDIMENTI MARINI OFF-SHORE (MACROZONA 2): CAPPING	39
5.1 STATO DI FATTO	39
5.2 STUDI, INDAGINI E TEST	40
5.2.1 Attività pregresse messe a disposizione da Invitalia	40

DOCUMENTO METODOLOGICO DI PROGETTAZIONE, MONITORAGGIO E COLLAUDO

Codice Elaborato 2021E0141NV-01-D-00-GE-GE-REL-03-00

5.2.2	Attività svolte o programmate dall'RTI nell'ambito della Commessa	42
5.3	CRITERI DI PROGETTO	44
5.3.1	Assunzioni progettuali	44
5.3.2	Obiettivi del progetto	44
5.3.3	Alterative progettuali e criteri di scelta	44
5.3.4	Relazione con altri ambiti progettuali	47
5.3.5	Piano di sviluppo della progettazione	47
5.3.6	Risultati attesi	47
5.4	CRITERI DI COLLAUDO	47
5.4.1	Misurazione della batimetria	47
5.4.2	Verifica dell'integrità dell'habitat ricostruito	48
5.5	CRITERI DI MONITORAGGIO	49
5.5.1	Controlli sugli organismi acquatici	49
5.5.2	Aggiornamento valutazione rischio ecologica (ERA)	49

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 2.1:	Frequenza dei controlli batimetrici	16
Tabella 5.1:	Frequenza dei controlli batimetrici	48
Tabella 5.2:	Frequenza dei controlli dell'integrità dell'habitat	49
Tabella 5.3:	Frequenza dei controlli sugli organismi acquatici	49

INDICE DELLE FIGURE

Figura 2.1:	Planimetria generale di progetto proposta dal Prof. Calabrese nel 2008	8
Figura 2.2:	Individuazione delle linee di costa nel 1929 (in blu), attuale (in rosso), ipotizzata dall'Accordo Istituzionale (in giallo)	9
Figura 2.3:	Configurazione iniziale della linea di riva (a sinistra) e finale (a destra) risultate dall'applicazione dal modello Genesis (a destra)	10
Figura 2.4:	Linea di costa e strutture rigide di protezione proposte (configurazione 1, a sinistra, e configurazione 2, a destra)	10
Figura 2.5:	Futuro assetto del Waterfront come da Masterplan (Luglio 2021)	12
Figura 3.1:	panoramica dell'area di colmata – estratto dell'elaborato del PFTE "Relazione tecnica - Area colmata e Arenili emersi" 05/2020	17
Figura 3.2:	Estratto dal PRARU - Tavola di suddivisione delle Macrozone a terra, in arancio la Colmata	19
Figura 3.3:	Planimetria impermeabilizzazioni, pozzi di ricarica e scarico TAF in colmata	21
Figura 4.1:	schematizzazione indicativa delle matrici ambientali oggetto di intervento	27
Figura 4.2:	aree oggetto di intervento - arenile nord	29
Figura 4.3:	aree oggetto di intervento - arenile sud	30
Figura 4.4:	schematizzazione indicativa della LdR progettuale e del volume "dinamico"	32
Figura 4.5:	sovrapposizione stato attuale e stato progettuale	32
Figura 4.6:	sintesi approccio metodologico secondo i criteri di progetto	35
Figura 5.1:	Area interessata dall'intervento di Capping (retinata in azzurro)	39
Figura 5.2:	Ubicazione dell'area oggetto di test pilota per la rimozione selettiva dei sedimenti contaminati vicini alla costa	40
Figura 5.3:	Tipologia e localizzazione delle indagini eseguite nel Piano di Caratterizzazione ABBaCo.	42
Figura 5.4:	Struttura del Materassino Filtrante Reattivo	45
Figura 5.5:	Struttura del Materassino Filtrante Zavorrato	46
Figura 5.6:	Digital Side Scan Sonar Klein 3000	48

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

AdR	Analisi di rischio
foc	Frazione di carbonio organico
ISS	Istituto Superiore di Sanità
Kd	Coefficiente di ripartizione suolo / acqua
Koc	Coefficiente di ripartizione carbonio / acqua
LG ISPRA	Linee Guida "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati" rev. 2 elaborate dal Gruppo di lavoro costituito da ISPRA (ex APAT), ISS e INAIL (ex ISPESL) nel 2008
LdR	Linea di riva
Pdcc	Piano di Caratterizzazione Complementare, Invitalia, luglio-ottobre 2022
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

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 nel Sito di Rilevante Interesse Nazionale di Bagnoli-Coroglio (NA)".*

L'elaborato ha lo scopo di esplicitare, per ogni ambito di intervento, strumenti, assunzioni, obiettivi e metodi collaudo della progettazione e del futuro intervento di risanamento.

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 Tecnico 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

DOCUMENTO METODOLOGICO DI PROGETTAZIONE, MONITORAGGIO E COLLAUDO

Codice Elaborato 2021E0141NV-01-D-00-GE-GE-REL-03-00

stabilito, tra l'altro, di utilizzare lo strumento dell'analisi del rischio (AdR), da eseguirsi in modalità diretta, a fini previsionali;

- 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 su detto

2 LINEA DI RIVA, RIPASCIMENTO E OPERE DI PROTEZIONE E CONFINAMENTO

2.1 STUDI, INDAGINI E TEST

2.1.1 Attività pregresse messe a disposizione da Invitalia

Come riportato nel "Capitolato modellizzazione idrodinamica", INVITALIA, nel più ampio contesto delle attività poste in essere in qualità di Soggetto Attuatore ai sensi dell'art. 33 del D.L. n. 133/2014 del Programma di Risanamento Ambientale e di Rigenerazione Urbana di Bagnoli - Coroglio, ha eseguito una serie di indagini di caratterizzazione integrative dell'area marina costiera prospiciente il sito di rilevante interesse nazionale di Napoli Bagnoli-Coroglio e, sulla scorta di tali esiti, ha successivamente redatto il "Progetto di Fattibilità Tecniche ed Economiche Bonifiche e Risanamento Ambientale del SRIN di Bagnoli-Coroglio" (PFTE).

Di seguito vengono pertanto descritti e illustrati brevemente gli studi modellistici eseguiti nell'area marina antistante il SIN di Bagnoli-Coroglio.

Studi specialistici di idraulica marittima del Dicembre del 2008 – Prof. Ing. Mario Calabrese

Nel 2007 l'ufficio delle Opere Marittime di Napoli, incaricato a procedere alla progettazione preliminare degli interventi indicati dalla "Studio di fattibilità per la rimozione della colmata e la bonifica dei sedimenti inquinati dell'area marina antistante il SIN di Bagnoli-Coroglio con lo scopo del più rapido recupero della balneabilità del sito", ha affidato al Prof. Ing. Mario Calabrese l'incarico di consulenza volto a produrre gli studi specialistici di idraulica marittima e analisi tecniche di prima approssimazione necessarie alla progettazione funzionale e al dimensionamento dell'opera sommersa e del ripascimento. Gli studi sono rintracciabili nella relazione dal titolo: "Studi specialistici di Idraulica Marittima Propedeutici alla Progettazione della Rimozione della colmata a mare e bonifica dei sedimenti marini antistanti il S.I.N. "Bagnoli-Coroglio" - Consulenza specialistica" scritta nel Dicembre del 2008. In sintesi, le attività svolte nella consulenza riguardano:

- l'analisi meteomarina del paraggio (definizione delle caratteristiche climatiche del moto ondoso al largo;
- lo studio della propagazione di tale clima ondoso sotto-costa sino alla linea di riva;
- l'analisi degli eventi estremi che caratterizzano l'area di studio;
- l'analisi delle variazioni dei livelli marini;
- la determinazione del regime idrodinamico delle correnti indotte dal moto ondoso;
- lo studio di prima approssimazione di alcune soluzioni progettuali

Come descritto nella relazione sopracitata: "Dall'esame dei risultati ottenuti si evidenzia un regime correntizio complesso che può suddividersi in tre regioni che rappresentano caratteristiche dinamiche complesse:

- la regione settentrionale è caratterizzata da un chiaro sistema di correnti diretto longshore, con direzione Nord/Ovest-Sud/Est, che devia verso il largo in prossimità del pontile Nord;
- il tratto costiero compreso tra il pontile Nord e il pontile Sud – area della colmata – appare caratterizzato da una circolazione irregolare con la presenza anche di intense correnti trasversali;
- il tratto più meridionale – tra il pontile Sud e Nisida – è contraddistinto da una corrente di circolazione meno intensa."

Dal punto di vista della sistemazione della fascia litoranea, il documento proponeva la rimozione della colmata ed il successivo ripascimento, al fine di ottenere una linea di riva come rappresentata in Figura 2.1. Questa idea progettuale comprendeva anche la realizzazione di una barriera soffolta, con quota di sommergenza pari a 5 m, che si sviluppa pressoché parallelamente a costa, lungo l'isobata dei 7 m, tra il lido di Bagnoli a Nord ed il Porticciolo di Nisida a Sud. In corrispondenza delle due estremità della barriera, a chiusura dell'intero sistema, erano inoltre previsti due pennelli: quello a Nord sommerso, con quota a -0.5 m, mentre quello a Sud con quota variabile dalla sommità del ripascimento fino alla quota della barriera.

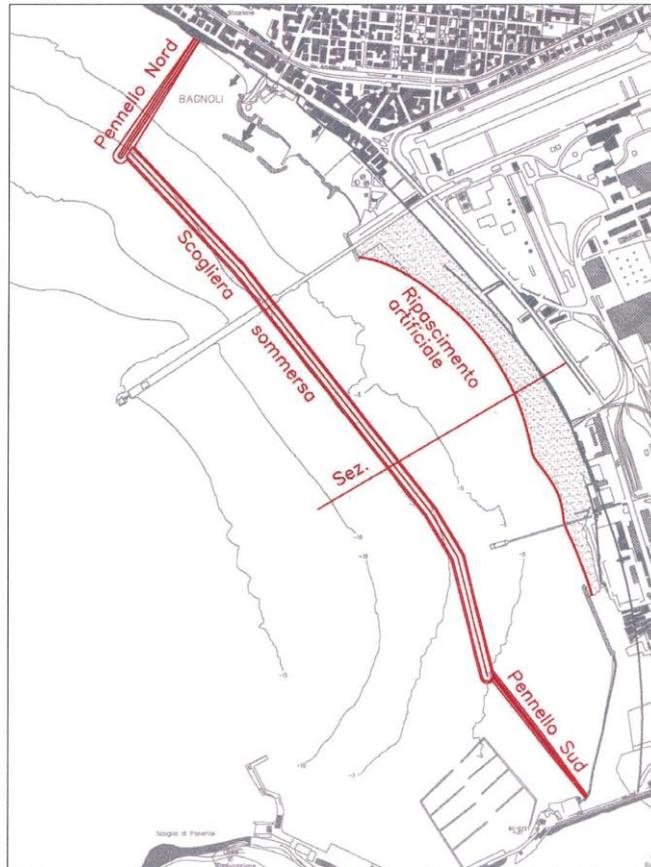


Figura 2.1: Planimetria generale di progetto proposta dal Prof. Calabrese nel 2008

Rimozione della colmata a mare e bonifica dei fondali dell'area marino costiera del sito di interesse nazionale Bagnoli-Coroglio. Primo stralcio - Bonifica dei fondali – Modello tridimensionale morfologico. Ottobre 2010

Nell'Ottobre 2010 veniva sviluppato da Med Hydro e DHI un modello tridimensionale morfologico finalizzato a valutare l'efficacia del sistema di barriera sommersa e pennelli, come previsto dal prof. Calabrese, nei confronti del contenimento dei sedimenti contaminati presenti all'esterno delle strutture stesse, nonché di stimare la dispersione di tali sedimenti dovuta all'eventuale scouring al piede delle opere.

Questo studio aveva evidenziato che, *per gli eventi estremi analizzati (mareggiate caratterizzate da tempi di ritorno decennali e centennali, provenienti dalle direzioni 200° e 220°N), la quantità di materiale che viene messa in sospensione all'esterno della cella "bonificata" e che potrebbe potenzialmente penetrare all'interno della cella e depositarsi è in termini assoluti del tutto irrilevante; quest'ultima è risultata dell'ordine di pochi metri cubi di sedimento nel caso di mareggiata centennale ed ancora più ridotta in occasione delle mareggiate decennali. In particolare, confermando quanto già evidenziato negli studi condotti in fase di progetto preliminare, l'analisi dei percorsi seguiti dal materiale in sospensione ha permesso di individuare nel pennello di chiusura a nord la principale via del potenziale ingresso del materiale dall'esterno all'interno della "cella".*

Accordo Interistituzionale Governo Italiano - Regione Campania - Comune di Napoli, all'interno del Programma di Risanamento Ambientale e di Rigenerazione Urbana (PRARU). Luglio 2017

Nel Luglio 2017 il PRARU definiva alcuni punti chiave del progetto di risanamento dell'area di Bagnoli, tra cui un nuovo assetto della linea di costa al fine di recuperare la balneabilità dell'area. Il progetto prevedeva la rimozione integrale della colmata e la demolizione dei tre pontili (Pontile Sud, Pontile sala pompe, Pontile città della scienza) con la realizzazione di una spiaggia pubblica nel tratto di lungomare compreso tra l'arenile Nord e l'arenile Sud con uno sviluppo complessivo di circa 21.3 ettari.

In particolare, si concordava su una nuova linea di riva, come indicata in giallo in Figura 2.2., confermando la rimozione integrale della colmata e tenendo in considerazione:

- la linea di costa del 1929, precedente alla realizzazione della colmata (in blu in Figura 2.2)
- la linea di costa attuale (in rosso in Figura 2.2)
- i ripascimenti avvenuti dal 1931 nell'arenile Sud, in seguito alla realizzazione dell'istmo di Nisida, e dal 1961 nell'arenile Nord, in seguito alla realizzazione della colmata (indicati in Figura 2.2 rispettivamente con * e **).

La linea di riva in giallo rappresenta il raccordo tra gli arenili esistenti, con spiagge da un minimo di 60 m ad un massimo di 120 m di larghezza.

Questa configurazione ha visto una prima verifica informale con la Sovrintendenza SABAP di Napoli, ma in tale sede veniva evidenziata la necessità di sviluppare ulteriori verifiche tecniche e scientifiche da parte di Invitalia.

Tale Accordo non prevede la realizzazione di opere di difesa costiera rigide.

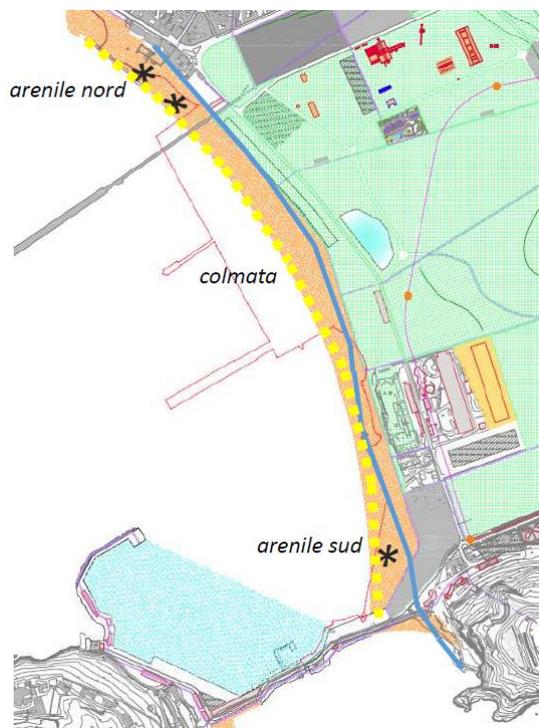


Figura 2.2: Individuazione delle linee di costa nel 1929 (in blu), attuale (in rosso), ipotizzata dall'Accordo Istituzionale (in giallo)

Studi modellistici condotti nel PFTE bonifiche e risanamento ambientale del SIN di Bagnoli – Coroglio. Maggio 2020

Nel Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica di bonifica e risanamento ambientale del SIN di Bagnoli – Coroglio, redatto nel Maggio 2020 da INVITALIA in qualità di soggetto attuatore del Programma di Risanamento Ambientale e di Rigenerazione Urbana (PRARU), sono presenti studi modellistici svolti al fine di studiare la circolazione idraulica del paraggio di interesse. Le analisi e le simulazioni sono state svolte in collaborazione con l'Università degli Studi di Napoli Federico II, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICEA).

In particolare, nella relazione 2015E051INV_FTE_AMB_IDR_01, sono stati studiati: il clima metoemarinario, le correnti litoranee indotte dal moto ondoso e in ultimo la dinamica del litorale, questo allo scopo di identificare una possibile configurazione stabile della nuova linea di costa e al fine di recuperare la balneabilità dell'area nata a seguito degli interventi di risanamento dei sedimenti marini, della rimozione della colmata e di due dei tre pontili presenti.

Sono state analizzate le alterazioni alla circolazione litoranea indotte da differenti linee di costa:

- la linea di costa attuale (LC1), totalmente irrigidita, con la colmata ed i pontili
- la linea di costa di progetto (LC3), conseguente al ripascimento artificiale dell'area orientale di Bagnoli, così come ipotizzata nell'Accordo Interistituzionale del 19 Luglio 2017 (PRARU). In particolare, per comprendere l'evoluzione del trasporto solido in questo tratto ristretto di spiaggia, era stato applicato il modello Genesis, considerando come condizione iniziale una linea di riva rettilinea (Figura 2.3, a sinistra). Questa analisi aveva messo in evidenza che *"il raggiungimento dell'equilibrio avviene solo con avanzamenti downcoast molto ingenti. In altre parole, questo significa progettare un pennello esteso fino almeno a 20 m di profondità, che contenga un profilo di ripascimento con avanzamento massimo di 500 m"* (in Figura 2.3 a destra)
- di progetto, ipotizzando due diverse configurazioni con pennelli emersi di contenimento ricurvi (Figura 2.4)

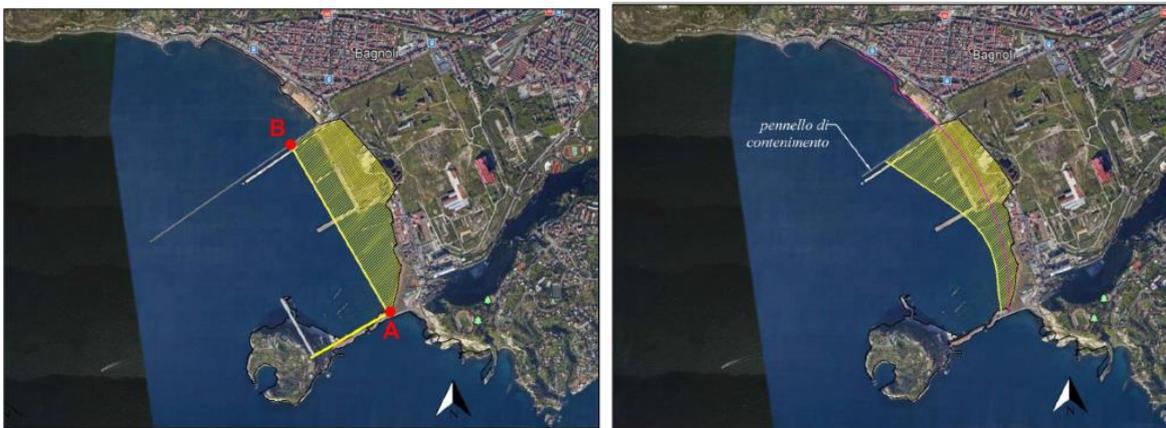


Figura 2.3: Configurazione iniziale della linea di riva (a sinistra) e finale (a destra) risultate dall'applicazione dal modello Genesis (a destra)

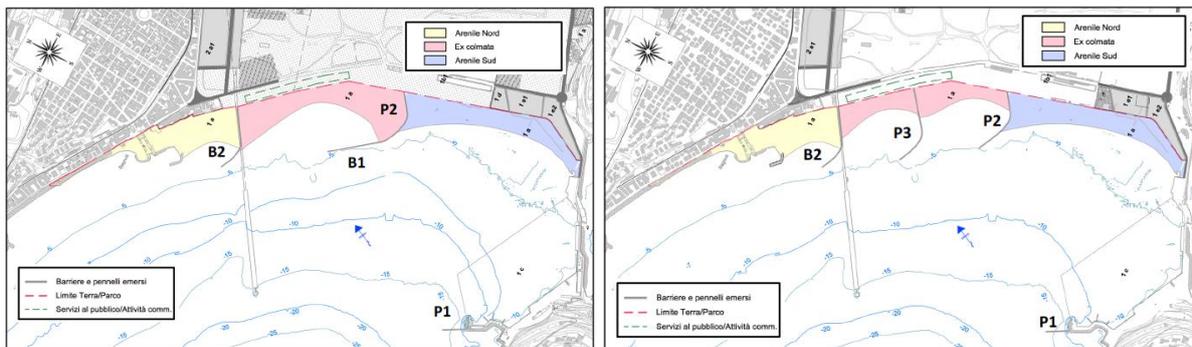


Figura 2.4: Linea di costa e strutture rigide di protezione proposte (configurazione 1, a sinistra, e configurazione 2, a destra)

Lo studio ha mostrato una circolazione litoranea tendenziale in direzione Nord-Ovest, sebbene tale risultato contraddica in parte le conclusioni di precedenti studi condotti sull'area, esso appare compatibile con l'esposizione geometrica della linea di riva rispetto al moto ondoso incidente. Accanto alla circolazione longshore appena descritta si evidenzia la possibilità di strutture di rip nell'area occidentale.

Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per il Comune di Napoli. Giugno 2020

Nel Giugno 2020 la Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio per il Comune di Napoli indica che *"l'intervento di bonifica ambientale e risanamento costiero comporta la realizzazione di un sistema a vasca costituito dai due ampi pennelli a Nord ed a Sud del SIN, con direzione rispettivamente all'incirca ortogonale e parallelo alla*

costa, e di un'ampia fascia a mare trattata con il capping di confinamento. [...] Considerato che i suddetti pennelli costituiscono barriere di ampie dimensioni e notevole lunghezza e specificamente, nello Scenario n.1 – proposto da Invitalia S.p.a. come preferibile – il pennello di chiusura previsto a Sud del sistema di barriere soffolte presenta uno sviluppo di 600 m con larghezza al coronamento di ca 6.00 m, mentre il pennello a Nord ha uno sviluppo complessivo di 400 m e larghezza di coronamento di ca 12 m; considerato inoltre che il pennello Sud "risale" fino alla quota dell'arenile Sud e il pennello Nord mantiene costante lungo l'intero sviluppo dello stesso la quota di coronamento pari a c.a. -0.50 m.s.m [...] esprime parere negativo sui pennelli ortogonali alla LDR."

Aggiornamento Programma di Risanamento Ambientale e di Rigenerazione Urbana (PRARU). Luglio 2021

L'aggiornamento del PRARU, nel Luglio 2021 ha fissato una strategia di risanamento ambientale, declinata in Obiettivi Generali, puntuali Obiettivi Specifici che, attraverso l'implementazione di specifiche azioni, consentirà un totale risanamento del terreno e la conseguente costruzione di un grande parco, la riqualificazione del waterfront e la definizione della nuova linea di costa. Per quanto concerne gli aspetti di risanamento, con particolare riguardo alla linea di costa, sono stati fissati i seguenti obiettivi:

- **OBIETTIVO GENERALE O.G. 1 - Completare gli interventi di bonifica e risanamento ambientale dell'area SIN.** 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.
 - **Obiettivo Specifico O.S. 1.3 - Bonificare e risanare la fascia costiera**

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"
 - Azione 1.3.2 - Bonifica e ripascimento degli arenili emersi e riprofilatura della nuova linea di costa



Figura 2.5: Futuro assetto del Waterfront come da Masterplan (Luglio 2021)

2.1.2 Attività svolte o programmate dall'RTI nell'ambito della Commessa

2.1.2.1 Verifiche attraverso l'applicazione di modellistica numerica

Come riportato nel capitolato "la principale finalità è quella di fornire modelli numerici opportunamente calibrati per l'area di interesse, sviluppati al fine di individuare le zone maggiormente suscettibili ad accumulo di sedimento ed inquinati, che siano costruiti sulla base delle richieste pervenute dagli enti, sui quali basare le fasi di progettazione."

Tenuto conto di queste indicazioni, la configurazione di progetto della linea di riva per il sito Bagnoli-Coroglio a seguito della rimozione dell'attuale colmata viene analizzata mediante l'applicazione di opportuna modellistica numerica, che riguarda diversi aspetti.

Inizialmente, viene implementato il modello d'onda MIKE 21 SW – Spectral Waves, utilizzando come condizioni lungo il contorno aperto posto al largo del dominio di calcolo l'intera serie oraria di 42 anni di dati d'onda ricavati dal modello a larga scala Mediterranean Wind and Wave Model (MWM), prodotto da DHI in collaborazione con HyMOLab (Hydrodynamics and Met-Ocean Laboratory), struttura del Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università di Trieste. Il database MWM deriva dall'implementazione di una catena modellistica che beneficia di due modelli che rappresentano lo stato dell'arte rispettivamente nell'ambito della modellazione atmosferica (WRF-ARW) e della modellazione del moto ondoso (MIKE 21 SW di DHI). Il modello bidimensionale ad alta risoluzione MIKE 21 SW – Spectral Waves consente di ricavare i campi d'onda su tutto il dominio di calcolo, tenendo conto delle variazioni energetiche ("white capping", attrito con il fondo, frangimento, rifrazione, shoaling, diffrazione) che l'onda subisce nella sua propagazione verso costa. Il dominio di riferimento per questo modello è l'intero Golfo di Pozzuoli, essendo il contorno di largo localizzato tra Faro Campo Miseno e l'Isola di Nisida.

DOCUMENTO METODOLOGICO DI PROGETTAZIONE, MONITORAGGIO E COLLAUDO

Codice Elaborato 2021E0141NV-01-D-00-GE-GE-REL-03-00

I risultati ottenuti con questo modello di propagazione da largo verso costa sono estratti, in termini di altezza d'onda significativa e direzione media di propagazione, nel punto dove è localizzata la boa MEDA A, ossia ad una profondità di circa 19 m a Nord-Ovest del pontile Nord e vengono confrontati con quelli registrati dalla boa (periodo disponibile compreso tra Novembre 2015 e Settembre 2019). Questo confronto consente la calibrazione del modello d'onda, ossia le impostazioni del modello sono opportunamente ottimizzate per rappresentare al meglio le dinamiche locali al fine di ottenere una buona rispondenza delle serie di altezza d'onda misurate e modellate.

Questa applicazione modellistica ottempera quindi alle seguenti osservazioni riportate da ARPAC e ISPRA, nel parere tecnico relativo al documento "Progetto di fattibilità tecnica ed economica per la bonifica e risanamento ambientale all'interno del SIN Bagnoli Coroglio", redatto da INVITALIA per la Conferenza dei Servizi Preliminare:

- *non si concorda con quanto riportato nel documento dove si sostiene che la serie di dati utilizzati ai fini della ricostruzione del moto ondoso sia abbastanza lunga da dedurre il clima di moto ondoso annuale del sito. A tal proposito si richiede di integrare tali dati con data set provenienti da altre fonti (es. di campo e/o modellistici) al fine di disporre di una serie di dati ondometrici almeno decennali.*
- *il dominio di calcolo per lo studio delle correnti indotte dal moto ondoso non è sufficientemente esteso. Il dominio di calcolo si deve estendere:*
 - o *verso il largo per includere la totalità delle aree dove vi è presenza di sedimenti ad elevata contaminazione.*
 - o *lungo l'intera Unità Fisiografica di appartenenza (che si estende dal Porto di Pozzuoli sino al promontorio di Nisida)*
- *si richiede la validazione dei modelli.*

Successivamente, viene applicato il modello monodimensionale LitDrift di LITPACK che consente, per alcuni profili di spiaggia trasversali a costa, di calcolare la direzione prevalente del trasporto e la fascia attiva (ossia la profondità alla quale il trasporto lordo può considerarsi nullo), nonché l'orientazione di equilibrio della linea di riva. Per definizione, il litorale si considera in equilibrio quando il trasporto netto è nullo, ossia quando il trasporto nelle due direzioni è il medesimo. Questa applicazione modellistica viene effettuata in riferimento ai profili trasversali di spiaggia di progetto, ossia considerando come andamento batimetrico sottocosta e come granulometria dei sedimenti quelli previsti nel progetto di ripascimento. Questo studio viene eseguito sul tratto di costa compreso tra il Promontorio di Nisida a Sud e lo Scoglio Michele Fantaguzzi a Nord. Il tratto di litorale studiato comprende quindi anche la parte costiera a Nord non oggetto degli interventi; in questa zona i profili batimetrici trasversali, così come i dati granulometrici, vengono desunti dai dati disponibili per l'area. Tenendo presente che la linea di riva a cui tendere è quella prevista da PRARU, questa analisi modellistica permette di confermare o meno l'orientazione di tale linea di riva ed evidenzia l'eventuale necessità di inserire opere rigide trasversali di supporto. Questa modellazione monodimensionale viene sviluppata in riferimento all'intera serie di dati (ossia 42 anni) con lo scopo di ottenere dei risultati annuali mediati su un numero elevato di anni.

Queste valutazioni preliminari, congiuntamente alle indicazioni fornite dalle Autorità in merito alla sistemazione della linea di riva, consentono di ottimizzare la configurazione progettuale in termini di avanzamento della linea di riva, profili di spiaggia post-ripascimento e post-rimozione della colmata e di definire in via preliminare la localizzazione, dimensione, orientazione e tipologia delle strutture rigide di difesa costiera. La configurazione progettuale così individuata viene analizzata mediante l'applicazione di opportuna modellistica bidimensionale applicata per l'intera unità fisiografica. In particolare, l'utilizzo estensivo della piattaforma modellistica MIKE 21 consente di analizzare in modo deterministico e quantitativo l'effetto dell'eliminazione della colmata sulle dinamiche di moto ondoso, correnti e trasporto litoraneo fino alla scala dell'unità fisiografica, valutandone gli effetti in termini sia di evoluzione della linea di costa sia del profilo *crossshore*.

Dalla ricostruzione del moto ondoso sottocosta, sviluppata a partire dal database di hindcast MWM, vengono identificate alcune onde tipiche e rappresentative per il sito in esame. Per queste condizioni d'onda, vengono simulati tutti i processi che intervengono nella propagazione dal largo verso costa, tra cui shoaling, rifrazione, attrito al fondo, frangimento, mediante l'applicazione del modello bidimensionale MIKE 21 SW – Spectral Waves. Questo modello consente di riprodurre, oltre al campo di moto ondoso, anche i campi di *radiation stress*, ossia delle tensioni tangenziali che generano le correnti litoranee. Tali condizioni di corrente vengono studiate, per ciascuna condizione ondometrica, con l'utilizzo del modello bidimensionale MIKE 21 HD – Hydrodynamics, che consente di riprodurre i campi idrodinamici (velocità e direzioni di corrente) nell'area in studio, mettendo in evidenza le zone caratterizzate da maggiore idrodinamismo o dalla presenza di vortici. Infine, mediante l'applicazione del modello bidimensionale MIKE 21 ST – Sand Transport viene valutato il trasporto solido potenziale generato dai campi di onda e corrente precedentemente ricostruiti. L'applicazione di questa catena modellistica permette di individuare i punti di forza e

di debolezza della configurazione progettuale e, di conseguenza, di proporre le modifiche da apportare per ottimizzare il layout e rendere più efficace l'intervento previsto.

Il progetto della linea di costa tiene conto anche dell'intervento di capping, ossia di copertura del fondale nelle zone di interesse per la bonifica, ma non soggette al dragaggio. Questo intervento deve essere realizzato laddove si presuppone che l'energia del moto ondoso agente sul fondale sia trascurabile, o comunque non in grado di mettere in sospensione i sedimenti, ma al contempo per assicurare che non venga movimentato alcun volume di sedimento anche sotto l'azione di mareggiate intense. La modellistica numerica viene quindi applicata con lo scopo di identificare la fascia ove realizzare il capping, che indicativamente sarà, come da PFTE, per profondità superiori ai 5 m ed inferiori agli 8 m, e per dare un'indicazione delle tensioni agenti sul fondo, fondamentali per il corretto dimensionamento dell'intervento. Questo studio viene pertanto sviluppato non in riferimento a condizioni ondometriche medie, utili ai fini della determinazione delle dinamiche litoranee tipiche, come sopra esposto, ma per condizioni d'onda relative ad un periodo di ritorno elevato, pari a 100 anni. Per lo svolgimento di questa analisi viene applicato il modello MIKE 3 MT – Mud Transport che, accoppiato al modello idrodinamico ed al modello d'onda, consente di calcolare in ogni punto del dominio di calcolo le tensioni tangenziali al fondo e la loro variazione con il progredire della mareggiata.

Questa analisi è in accordo con le osservazioni riportate da ARPAC e ISPRA che indicano che *"dovrà essere implementata opportuna modellistica per prevedere i processi di trasporto (dispersione e/o diffusione) e deposizione nell'area interessata dal capping, ed in quelle ad essa limitrofe, per individuare le aree idrodinamiche più attive e potenzialmente esposte a significativi stress al fondo, che potrebbero inficiare la stabilità dell'intervento."*

Inoltre, per valutare l'evoluzione nel lungo periodo della configurazione di spiaggia studiata rispetto alle dinamiche *longshore* e *crossshore* viene applicato il modello monodimensionale LitLine – coastline evaluation di LITPACK. Utilizzando il clima ondoso sottocosta ed una rappresentazione della fascia costiera mediante linea di riva e profili trasversali rappresentativi di tratti di spiaggia omogenei (in termini di orientazione e andamento batimetrico), il modulo è in grado di prevedere l'evoluzione della linea di costa nel tempo, considerando anche la presenza di opere di difesa. Questo modello consente non solo di confermare che la linea di riva come prevista da progetto sia stabile nel lungo periodo, ma anche di valutare le oscillazioni naturali che la costa subirà nel tempo, con particolare riferimento al massimo arretramento.

Un'ulteriore analisi modellistica riguarda la valutazione delle variazioni del profilo trasversale di spiaggia, sia sommersa sia emersa, al fine di individuare il comparto dinamico e, quindi, di supportare il calcolo dei volumi di spiaggia da dragare. La modellistica numerica in questo caso viene infatti applicata con lo scopo di valutare lo strato di sedimenti, di spessore variabile lungo il profilo, che viene potenzialmente movimentato in caso di mareggiate intense. Questo strato attivo dovrà pertanto essere rimosso attraverso le operazioni di dragaggio e sostituito con materiale ripulito o proveniente da cava. Per questa analisi viene applicato il modello Profile Evolution facente parte del pacchetto LitProc – Littoral Processes sviluppato da DHI, che consente di simulare l'evoluzione trasversale di profili di spiaggia a scala di mareggiata per effetto delle dinamiche di trasporto sia trasversale (*cross-shore*), sia longitudinale (*longshore*), note le quote del fondo, le caratteristiche granulometriche del sedimento e le condizioni di onda al limite di largo dei profili stessi. I profili di riferimento vengono selezionati in modo che siano rappresentativi di tratti di spiaggia omogenei (in termini di esposizione al moto ondoso, orientazione della costa e andamento batimetrico) e si riferiscono alla configurazione di progetto (in termini di andamento batimetrico sottocosta e granulometria dei sedimenti). Le mareggiate vengono selezionate in modo da considerare quelle caratterizzate da un'altezza d'onda al picco relativa ad un periodo di ritorno di 100 anni, e provenienti da diverse direzioni di provenienza. La diversa evoluzione dei profili sotto l'azione di diverse condizioni di mareggiata permette di individuare un iniluppo delle massime variazioni dei profili, che rappresenta lo strato minimo da rimuovere.

Ai fini della valutazione del volume di spiaggia da dragare, si tiene conto anche dell'arretramento massimo raggiunto dalla linea di costa a seguito di:

- ✓ oscillazioni naturali, come ottenuto dalla sopra citata attività modellistica relativa allo studio dell'evoluzione della linea di riva a lungo termine mediante l'applicazione del modello LitLine;
- ✓ innalzamento del livello del medio mare, valutato tenendo conto sia dei livelli estremi derivati dall'analisi statistica, sia del contributo causato dai Cambiamenti Climatici, per il quale si fa riferimento all'analisi della European Environment Agency.

2.2 CRITERI DI PROGETTO

2.2.1 Assunzioni progettuali

Le scelte progettuali dovranno partire da alcune assunzioni, da porre a base di qualsiasi ragionamento e che a loro volta derivano da studi pregressi, indicazioni e dati necessari allo sviluppo delle attività. A seguire se ne riporta la sintesi:

1. la linea di costa a cui tendere è quella delineata dal PRARU nel 2020;
2. l'assetto della nuova linea di costa dovrà attestarsi su un profilo idrodinamicamente stabile nel lungo periodo, quale raccordo tra gli arenili esistenti;
3. dovranno essere recepite le osservazioni pervenute dai vari Enti relativamente al PFTE e al Tavolo Tecnico "Risanamento marino-costiero" attivato dal Commissario medesimo con nota prot. prot. CSB-0000016-P-31/01/2020
4. dovrà essere garantita nel tempo una condizione di stabilità della linea di riva;
5. Dovrà essere previsto un sistema di strutture a chiusura del sistema, con lo scopo di confinamento dell'area soggetta al risanamento. Particolare attenzione dovrà essere posta all'apporto di sedimenti provenienti dal litorale Nord, non facente parte dell'intervento di bonifica;
6. Dovrà essere rimosso lo strato attivo di spiaggia, emersa e sommersa, come indicato alla sezione 4.4, e si dovrà procedere con il ripascimento in modo da evitare che le mareggiate movimentino materiale non bonificato;
7. Le caratteristiche granulometriche (D50) del materiale di prestito per la parte di ripascimento "attiva" a cui si farà riferimento dovranno essere tali da rispettare la granulometria naturale e al contempo minimizzare i volumi di sabbia e massimizzare gli effetti di stabilità.
8. Periodo di ritorno di progetto $T_r = 100$ anni per l'intervento di ripascimento affinché le mareggiate più impetuose non vadano a movimentare il materiale costituente il "core" della spiaggia di progetto a protezione del materiale non bonificato.
9. Soglia di contenimento alla batimetrica – 5 m s.l.m.m.

2.2.2 Obiettivi del progetto

L'obiettivo dell'intervento di ripascimento ha lo scopo di ricostituire l'arenile e una linea di riva stabile, che tenderà il più possibile alla linea di riva delineata dal PRARU. Inoltre, di delimitare le zone oggetto di bonifica dai sedimenti provenienti dal litorale Nord, attraverso un sistema di contenimento composto da opere rigide.

2.2.3 Piano di sviluppo della progettazione

La redazione del progetto della linea di costa si dividerà in due fasi. Una prima fase pre-progettuale in cui verranno sviluppati i seguenti argomenti:

1. Ricerca di fonti di prestito terrestri (cave di materiale inerte) per la fornitura e la collocazione delle sabbie da ripascimento
2. Censimento delle fonti attualmente conosciute di cave di prestito marine per la fornitura e la collocazione delle sabbie da ripascimento
3. Compatibilmente con i diametri possibili, scelta del D_{50} , anche in funzione dei punti 1 e 2;
4. Ricerca di cave di prestito di pietrame naturale per la realizzazione delle opere rigide di stabilizzazione (tout-venant, strati filtro, mantellate);
5. Definizione del clima ondoso a largo e della statistica degli estremi;
6. Propagazione sottocosta del clima ondoso e degli estremi;
7. Circolazione idrodinamica stato di fatto post demolizione colmata.
8. Studio dei modelli di trasporto solido, erosione ed evoluzione della linea di riva e del corpo spiaggia nella condizione di stato di fatto.

Una seconda fase in cui sarò sviluppata la progettazione della linea di costa e l'intero corpo spiaggia attraverso i seguenti passi progettuali:

1. Definizione piano/altimetrica della spiaggia ricostruita in configurazione di medio termine;
2. Studio dei modelli di trasporto solido, erosione ed evoluzione della linea di riva e del corpo spiaggia nella condizione di progetto.
3. Progettazione delle opere di stabilizzazione longitudinale (soglia al piede ai fini di una peached beach);
4. Identificazione delle opere di stabilizzazione trasversale – possibilità di sfruttare pontile Nord;
5. Modello di evoluzione morfologica del corpo spiaggia con identificazione del volume "attivo";
6. Determinazione volumi di progetto: corpo di spiaggia "attiva" e "core" inattivo. Identificazione fonti di prestito;
7. Dimensionamento preliminare delle opere di stabilizzazione;
8. Stima Sommaria delle opere.

2.3 CRITERI DI COLLAUDO E MONITORAGGIO

Le operazioni di collaudo e monitoraggio avranno come fine da un lato la certificazione del raggiungimento dell'obiettivo atteso, e dall'altro il mantenimento del profilo della linea di costa ricostruito.

Il monitoraggio in particolare modo, dovrà essere mirato a verificare oltretutto l'evoluzione del profilo di spiaggia, anche il mantenimento delle "performance" delle opere rigide ad esso asservite.

Il monitoraggio verrà eseguito con cadenza da stabilirsi (generalmente annuale), mediante un rilievo topobatimetrico con frequenza riportata nella seguente tabella:

Tabella 2.1: Frequenza dei controlli batimetrici

Tipo di controllo	Frequenza
Topo-Batimetrico	Annuale
Topo-Batimetrico	A seguito di eventi meteo-marini estremi

A valle del monitoraggio, si potranno individuare ed indicare le attività di manutenzione.

3 COLMATA (MACROZONA 1)

3.1 STATO DI FATTO E OBIETTIVI DI PROGETTO

Secondo quanto riportato nel PRARU l'area di colmata, realizzata nel periodo 1963-1965, per far fronte alle necessità di ampliamento dello stabilimento siderurgico presente nell'area, presenta una estensione pari a circa 195.000 mq ed è composta da:

- ✓ un'area costiera di circa 38.000 m² (area delle infrastrutture – porzione di area situata all'interno della vecchia linea di costa);
- ✓ un'area di riempimento di circa 157.000 mq (area propriamente di colmata).

La colmata è stata realizzata mettendo in opera una scogliera che ne delimitasse i tre lati esposti al mare ed è stata successivamente riempita. La scogliera, posta nella parte parallela alla linea di costa su una batimetrica massima di 4 metri, ha una stabilità propria indipendente dal riempimento effettuato a tergo. La massa complessiva dei materiali che costituiscono la colmata è pari a circa 1.100.000 m³.

Inoltre, secondo le informazioni storiche riportate nell'elaborato del PFTE "*Relazione tecnica - Area colmata e Arenili emersi*" 05/2020, attualmente nel corpo della colmata sono presenti clasti calcarei, scorie di lavorazione siderurgica (loppa), morchie, laterizi, elementi tufacei, conglomerati cementizi semplici ed armati, fondazioni, residui di strutture, sottoservizi, cunicoli, vasche, tubazioni, traversine, binari, collegamenti tra la presa d'acqua di mare e la zona industriale retrostante, etc. oltre che una serie di manufatti in c.a. (pontili) che rimangono in parte ancora visibili e che si sviluppano verso il mare.



Figura 3.1: panoramica dell'area di colmata – estratto dell'elaborato del PFTE "Relazione tecnica - Area colmata e Arenili emersi" 05/2020

Secondo quanto riportato nel PRARU L'art. 1, co. 14 del D.L. 20 settembre 1996, n.486, convertito con la Legge 18 novembre 1996, n.582, stabilisce che gli interventi da eseguire nell'area marina del sito Bagnoli-Coroglio devono essere finalizzati al "ripristino della morfologia naturale della costa in conformità allo strumento urbanistico del Comune di Napoli".

Il 5 novembre 2003 è stato adottato il Piano Urbanistico Esecutivo (PUE), proposto nel 2000, che comprende la bonifica dell'area industriale Bagnoli e che conferma la necessità di rimuovere l'area in oggetto.

Il 16 maggio 2005, il Consiglio Comunale di Napoli ha approvato in via definitiva il Piano Urbanistico Attuativo relativamente all'area di Bagnoli-Coroglio. Questo Piano prevede, per la zona della colmata, essenzialmente tre obiettivi, da conseguirsi anche in momenti separati:

- ✓ la restituzione della spiaggia alla città senza soluzione di continuità;
- ✓ la rimozione integrale della colmata a mare;
- ✓ la bonifica del litorale e dei prospicienti fondali marini.

Come riportato al capitolo precedente, l'aggiornamento del PRARU, nel Luglio 2021, al fine del raggiungimento degli obiettivi di risanamento ambientale ha definito il seguente obiettivo specifico e la conseguente azione da implementare

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

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.

3.2 DATI E ASSUNZIONI

Per la progettazione degli interventi si farà riferimento ai seguenti **dati chimici e stratigrafici di base**:

- ✓ Sondaggi esplorativi eseguiti nel 1997.
- ✓ Rilevamento geologico, idrogeologico e geochimico (Fase 1) eseguito nel 1999 dalla Società Bagnoli S.p.A. consistente in oltre 300 carotaggi a maglia 25x25 che hanno interessato i riporti e i sedimenti insaturi e l'installazione di 6 piezometri fino a -5m rispetto al livello di falda.
- ✓ Rilevamento geologico, geochimico e idrogeologico (Fase 2), eseguito nel 2000 con la realizzazione di 80 carotaggi che hanno interessato riporti e i sedimenti saturi.
- ✓ Piano di caratterizzazione, redatto da ISPRA ed eseguito da Invitalia nel 2017, che ha previsto l'esecuzione di n. 15 sondaggi. I risultati di tale piano sono stati validati positivamente dal SNPA nel luglio 2018.
- ✓ Piano di Caratterizzazione di dettaglio realizzato da Invitalia nel 2018 con la realizzazione di n.66 sondaggi geognostici e 64 prove penetrometriche.
- ✓ Caratterizzazione dei sedimenti sottostanti la colmata eseguita da Invitalia nel 2021 nell'ambito dell'Appalto Specifico n.18.

Per la gestione dei dati, il loro studio e l'analisi, si procederà ad una completa digitalizzazione degli stessi che potrà avvenire in maniera diretta attraverso hardware in grado di comunicare, in remoto o attraverso download da usb, con i software di interpretazione. L'informatizzazione e digitalizzazione dei dati avverrà attraverso la creazione di un geodatabase tramite il software EVS pro, sviluppato dalla C TECH Development Corporation, o similare.

3.3 VINCOLI DI BASE DELLA PROGETTAZIONE

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

1. Secondo gli obiettivi del PRARU Il progetto prevede la rimozione integrale della colmata mediante scavo, cernita, carico, trasporto e recupero/smaltimento, previa conterminazione dei tre lati a contatto con il mare attraverso un sistema di palancole. 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 di scogliera e dalla recinzione verso l'arenile Nord
- A Est da Via Coroglio
- A Sud da parte di scogliera e dall'area dell'arenile sud Sud
- A Ovest, verso il mare, dalla scogliera e dal muro di contenimento



Figura 3.2: Estratto dal PRARU - Tavola di suddivisione delle Macrozone a terra, in arancio la Colmata

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

- pontile nord;
- opere di cinturazione che verranno realizzate preventivamente allo scavo
- sistema TAF2. Tale sistema presente in zona colmata sarà utilizzato per il trattamento delle acque derivanti dal sistema well-point e quindi smantellato ad ultimazione dei lavori di scavo
- rete di monitoraggio piezometrica (i piezometri saranno ripristinati al termine dello scavo).

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

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

- 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
- Impermeabilizzazione dell'area di colmata: per l'area di colmata, situata a valle dello sbarramento rappresentato dalla barriera idraulica di emungimento, l'intervento di messa in sicurezza è consistito 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.

Va tuttavia considerata la presenza delle tubazioni di scarico derivanti dall'impianto di trattamento TAF1, esterno alla zona di scavo della colmata, che attraversano l'area di colmata in corrispondenza dell'alveo del Canale Bianchettaro. Nel corso dei lavori dovrà essere pertanto prevista la predisposizione di un sistema di bypass e al termine il ripristino dello scarico.

La barriera di ricarica ricade invece interamente nell'area di colmata che sarà oggetto di scavo. Si prevede pertanto la sua completa rimozione.

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.

4. Ulteriori vincoli potranno essere costituiti dalle strutture di contenimento necessarie a rendere stabile la Colmata nel corso dei lavori, nonché quelle eventualmente necessarie per mantenere stabile la linea di riva a lavori ultimati.

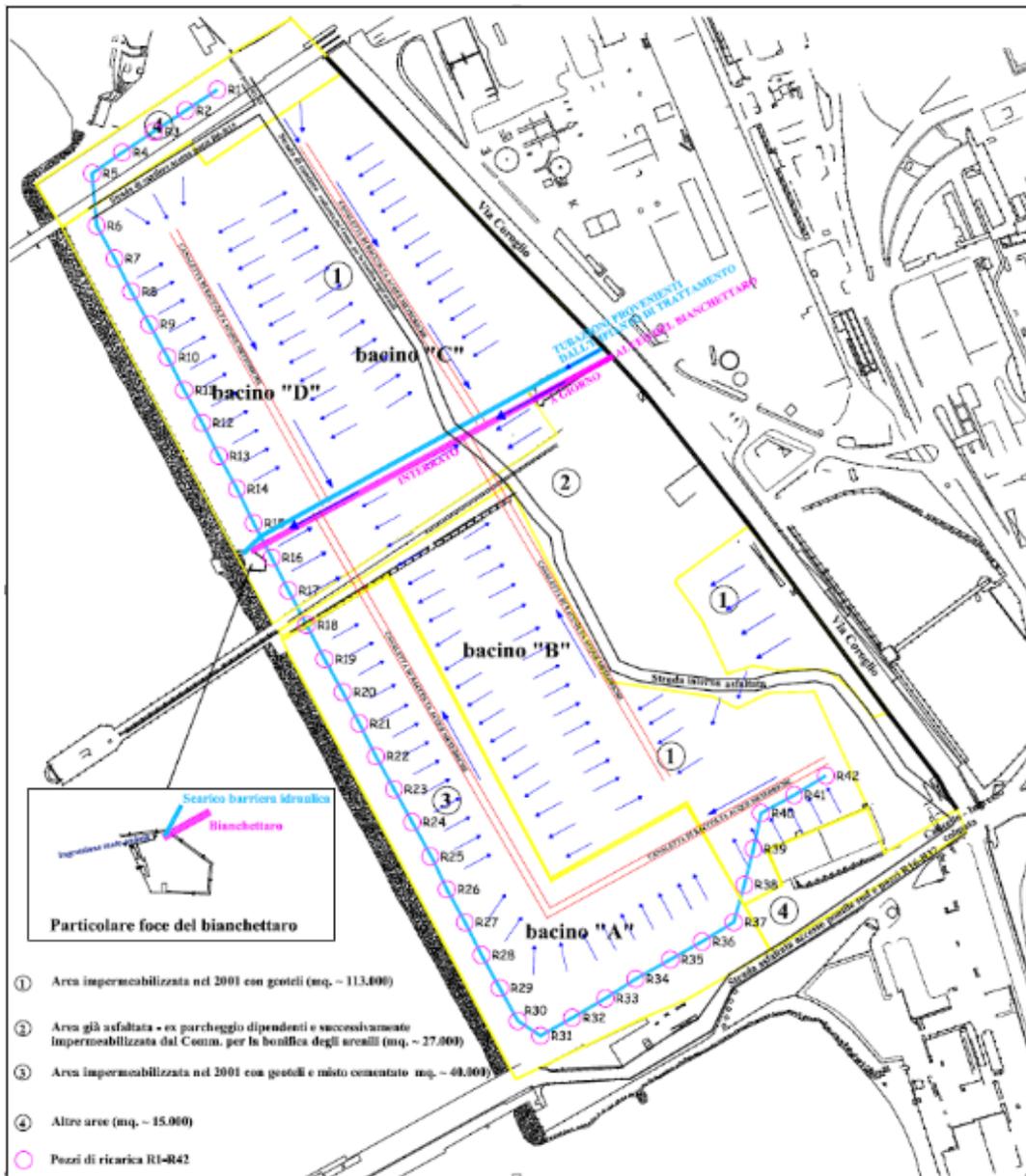


Figura 3.3: Planimetria impermeabilizzazioni, pozzi di ricarica e scarico TAF in colmata

3.4 CRITERI DI PROGETTO

I criteri metodologici di progettazione sono stati suddivisi in parti funzionali, ciascuna delle quali descritta nel seguito. Sono state individuate le seguenti parti funzionali:

- ✓ Demolizioni delle strutture presenti in colmata
- ✓ Cinturazione e Dewatering della colmata
- ✓ Fasi di scavo del materiale di riempimento della colmata
- ✓ Gestione del materiale scavato
- ✓ Gestione dei sedimenti sottostanti la colmata
- ✓ Rimodellamento della nuova linea di costa

3.4.1 Demolizioni delle strutture

La prima fase di lavoro prevederà la demolizione delle strutture presenti in Colmata.

Secondo quanto previsto nel PFTE "*Relazione tecnica - Area colmata e Arenili emersi*" 05/2020 i materiali inerti provenienti dalla demolizione e trattamento delle strutture interrato in c.a. inglobate all'interno del perimetro della colmata (radici del Pontile Sala Pompe e del Pontile Sud, canale Bianchettaro, porzioni esterne di protezione dei Pontili Nord e Sud, strutture sepolte varie) avranno una volumetria complessiva a pari a circa 34.000 mc.

Occorre inoltre considerare che la demolizione delle strutture in c.a. soprasuolo e demolizione delle opere a mare comporterà la presenza di altri materiali recuperabili pari a circa 37.000 mc.

I materiali saranno selezionati, vagliati e depositati in aree senza rischio di contaminazione. Per ottimizzare la logistica e l'impatto del cantiere, saranno studiati degli impianti di recupero mobili in modo da poter riutilizzare i materiali nell'area del SIN per la costruzione delle infrastrutture primarie previste in altro appalto del Commissario.

3.4.2 Cinturazione e dewatering della Colmata

Secondo quanto previsto nel PFTE si prevede di realizzare, preventivamente ai vari interventi di scavo e movimentazione dei materiali, una "cinturazione" della colmata con opere di sostegno mediante paratie di pali, in modo da mettere in sicurezza i fronti di scavo ed evitare vie di migrazione degli inquinanti.

La trivellazione del palo, per gran parte della sua altezza, dovrà avvenire in presenza di falda. Sarà, pertanto, necessario prevedere il sostegno della parete del foro.

La presenza della falda che in alcuni casi sarà al di sopra del piano previsto per lo sbancamento, comporterà necessariamente il drenaggio. Considerate le caratteristiche di porosità del terreno si prevede l'impiego di un sistema di drenaggio tipo wellpoint con invio delle acque emunte all'esistente impianto TAF 2 da dismettere solo quando le operazioni di scavo saranno concretamente ultimate in modo da non installare ulteriori impianti.

3.4.3 Fasi di scavo del materiale di riempimento della colmata

Si prevede di suddividere l'area della colmata in sub aree di superficie variabile, le quali saranno ulteriormente frazionate in celle, per meglio gestire in sicurezza i lavori di scavo, la movimentazione dei materiali e la viabilità dei mezzi utilizzati in cantiere e per il trasporto off - site. La scelta di operare per settori è obbligatoria sia per l'eterogeneità degli inquinanti che per la necessità di utilizzare la stessa colmata come deposito temporaneo durante le fasi di scavo.

La progettazione prevedrà le seguenti fasi operative:

- ✓ suddivisione delle aree di scavo in sub aree;
- ✓ cernita e deposito del materiale con affissione di cartello di segnalazione riportante la tipologia del materiale, la provenienza ed il tipo di inquinante;
- ✓ incapsulamento dei MCA prodotti dalla cernita con insaccaggio nei big bags per lo smaltimento;
- ✓ vagliatura del materiale;
- ✓ carico ed invio ai cicli di riutilizzo del materiale esente da MCA.

Le lavorazioni di cernita e vagliatura saranno progettate in aree limitrofe a quelle di scavo per limitare il percorso dei mezzi e la movimentazione del materiale da trattare. gli sbancamenti saranno progettati con idonei angoli di declivio oppure con scavi a gradoni.

3.4.4 Gestione del materiale di riempimento della colmata

Secondo quanto previsto nel PFTE "*Relazione tecnica - Area colmata e Arenili emersi*" 05/2020 per la risoluzione della presenza della colmata sarà ripercorsa la valutazione costi/benefici a supporto della scelta progettuale definitiva. In particolare, sono ipotizzati diversi scenari di intervento sulla base della qualità del materiale derivante dallo scavo della colmata, della potenzialità di recupero dello stesso, nonché della qualità dei sedimenti sottostanti la colmata.

Ad oggi, i materiali della colmata sono suddivisibili in:

- a) materiali inerti costituenti il capping per i quali si prevede il riutilizzo nell'ambito del cantiere;

DOCUMENTO METODOLOGICO DI PROGETTAZIONE, MONITORAGGIO E COLLAUDO

Codice Elaborato 2021E0141NV-01-D-00-GE-GE-REL-03-00

- b) materiali di riempimento, con concentrazione dei contaminanti inferiori alle CSC di colonna A, per i quali, fatte salve le opportune verifiche geotecniche, è possibile il riutilizzo nella porzione di area che non sarà adibita a spiaggia, ai sensi del DPR 120/2017;
- c) materiali di riempimento, con concentrazione dei contaminanti superiori alle CSC di colonna A ma inferiori alle CSC di colonna B, per i quali, previo idoneo trattamento e fatte salve le opportune verifiche geotecniche, è possibile il riutilizzo nella porzione di area che non sarà adibita a spiaggia. Ai fini del riutilizzo i materiali dovranno essere conformi alle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alla tabella 1 colonna A dell'Allegato 5 alla Parte Quarta, Titolo V del D.lgs. n. 152/2006 ed al test di cessione di cui al decreto del Ministro dell'ambiente 5 febbraio 1998. Tali materiali potranno essere eventualmente utilizzati anche in altre aree del SIN per lavorazioni previste in altri appalti del Commissario;
- d) materiali di riempimento, con concentrazione dei contaminanti superiori alle CSC di colonna B per i quali, si prevede il conferimento ad idoneo impianto di recupero/smaltimento.

Le ipotesi progettuali definitive riguardanti le destinazioni del materiale scavato saranno effettuate in seguito alla ricostruzione geochimica e litologica in 3D dell'area tramite il software EVS o similare.

Per i massi di scogliera contaminati da idrocarburi si prevede il lavaggio con sabbiatrice a recupero, poiché in base a test in scala reale eseguiti in altri appalti, i solventi attualmente in commercio non sono risultati efficaci. Si prevede il riutilizzo dei massi decontaminati come protezione degli arenili oppure come inerte recuperato.

Tramite le analisi che saranno effettuate sui materiali estratti, sarà caratterizzato tutto il restante terreno/riporto col fine di individuarne il deposito temporaneo e quindi idoneo conferimento a smaltimento.

Infine, sarà gestita l'eventuale presenza di terreno contaminato da amianto e/o con presenza di MCA, con selezione e cernita, anche manuale da parte degli operatori, fino all'invio a impianto di smaltimento come rifiuto pericoloso.

In fase progettuale sarà messa a punto una specifica procedura operativa di scavo e classificazione dei materiali, al fine di definire precisamente le modalità di deposito e trasporto, prevedendo modalità di cernita, vagliatura e analisi in aree limitrofe a quelle di scavo per limitare il percorso dei mezzi e la movimentazione del materiale inquinato.

3.4.5 Gestione dei sedimenti

Tale attività sarà correttamente definita a valle dell'elaborazione dell'Analisi di Rischio sui sedimenti e dall'elaborazione degli esiti delle analisi delle attività di caratterizzazione di dettaglio previste nel PFTE ed eseguite con la Caratterizzazione dei sedimenti sottostanti la colmata eseguita da Invitalia nel 2021.

3.4.6 Accorgimenti progettuali per garantire le migliori condizioni di sicurezza nell'ambito organizzativo del cantiere

- ✓ minimizzazione delle movimentazioni con mezzi meccanici per evitare la frammentazione dei materiali e la dispersione nell'ambiente di polveri e inquinanti;
- ✓ classificazione e vagliatura nei pressi del fronte di scavo per ridurre le cadute di materiale da tramogge e nastri ed evitare la frammentazione dei materiali e la dispersione nell'ambiente di polveri e inquinanti;
- ✓ separazione a monte della vagliatura, delle parti grossolane quali MCA per evitare la frammentazione dei materiali e la dispersione nell'ambiente di polveri
- ✓ utilizzo di attrezzature per il contenimento e l'abbattimento delle polveri prodotte;
- ✓ controllo visivo in fase di produzione dei cumuli a terra di tutte le frazioni granulometriche prima della classificazione del rifiuto e insaccamento nei big bags.

Nel corso dei lavori saranno effettuati quotidianamente i monitoraggi ambientali per l'accertamento della presenza di fibre di amianto aerodisperse o presenza di inquinanti volatili.

4 ARENILI EMERSI NORD E SUD (MACROZONA 1) E SEDIMENTI MARINI ON-SHORE / COMPARTO DINAMICO (MACROZONA 2)

4.1 OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

Come auspicato nell'ambito del complessivo PRARU e in aderenza alle linee di indirizzo definite dal PTFE, gli interventi da attuare nella zona degli arenili emersi e dei sedimenti onshore sono finalizzati a garantire la piena fruibilità degli arenili stessi e la balneabilità del sito.

In particolare, l'aggiornamento del PRARU di Luglio 2021 ha declinato il seguente Obiettivo specifico e la conseguente azione da implementarsi

- **Obiettivo Specifico O.S. 1.2 - Procedere al risanamento delle aree marine che presentano alterazioni delle caratteristiche naturali**

In linea con la nuova vocazione dell'area, saranno ricostituite le condizioni ambientali adeguate a garantire l'obiettivo di balneabilità dello specchio acqueo antistante il sito e il relativo ecosistema marino. La balneabilità rappresenta una risorsa preziosa per la piacevolezza e la vivibilità dei luoghi per la popolazione, nonché un attrattore per lo sviluppo di vocazioni turistiche. Tale obiettivo si concretizzerà:

- *per la parte sedimenti marini attraverso lo studio idrodinamico del paraggio, la caratterizzazione e calcolo dei volumi di sedimento inquinati e le conseguenti azioni di dragaggio e/o risanamento dei fondali;*
- *per la parte colonna d'acqua attraverso la ricognizione e le conseguenti azioni correttive (tecniche e amministrative) sul sistema degli scarichi di reflui civili che a vario titolo insistono lungo il perimetro dell'area (tale attività rientra nelle competenze dell'Obiettivo Generale 3 Infrastrutture - idrico).*

- ✓ **Azione 1.2.1 - Risanamento ambientale delle aree a mare attraverso l'utilizzo delle migliori tecniche possibili (BAT) a costi sostenibili.**

Si chiarisce, quindi, che l'obiettivo della presente progettazione, per quanto riguarda il comparto sedimenti marini emersi e sedimenti marini on shore, è il risanamento dei sedimenti al fine di garantire la balneabilità dello specchio acqueo antistante il sito e ricostituzione delle condizioni ambientali mediante l'utilizzo delle migliori tecniche possibili (BAT) a costi sostenibili.

4.2 INQUADRAMENTO DELLE AREE DI INTERVENTO

Il Comune di Napoli, alla luce di quanto riportato nel parere dell'Istituto Superiore di Sanità n. 0036149-0040996 AMPP/IA.12 del 27/07/06 e del 19/07/06 n. 6591 e 9198, ha emesso le seguenti ordinanze di divieto di balneazione

- ✓ **Ordinanza Sindacale n. 1304 del 02 agosto 2006 – Divieto di balneazione area marino-costiera prospiciente il Sito di Interesse Nazionale Bagnoli-Coroglio. Inibizione temporanea delle parti di arenili cosiddette "a sud della colmata"**

In tale Ordinanza viene riportato che:

- *Vista l'Ordinanza Sindacale n. 360 del 07.07.2006 relativa al divieto di balneazione*
- ***ORDINA a tutta la cittadinanza tutta è fatto divieto di balneazione sull'area marino costiera prospiciente il sito di interesse Nazionale Bagnoli Coroglio nonché di accedere e sostare sulle parti di arenili cosiddette a sud della colmata....***

.....

- ✓ **Ordinanza Sindacale n. 3 del 26/04/2022 - Individuazione acque di balneazione per la stagione balneare 2022**

In tale Ordinanza viene riportato che:

- ***Considerato: che per quanto riguarda le acque di balneazione permanentemente vietate ricadenti nel proprio territorio, il Servizio Tutela del Mare - struttura comunale competente al controllo della balneazione - con nota PG 314381 del 22/04/2022 ha confermato per il 2022 i tratti di costa che già nel 2021 erano ritenuti permanentemente vietati alla balneazione per motivi diversi dall'inquinamento, compresi quelli di cui alla O.S. 1304 del 02 agosto 2006, con la quale è stata***

DOCUMENTO METODOLOGICO DI PROGETTAZIONE, MONITORAGGIO E COLLAUDO

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-00-GE-GE-REL-03-00

disposta l'interdizione della balneazione in tutta l'area marino costiera prospiciente il Sito di Interesse Nazionale Bagnoli/Coroglio.

- **Rilevato che le aree marino costiere interdette con O.S. 1304/2006 possono essere riammesse alla balneazione solo a seguito del completamento delle operazioni di bonifica dei fondali.**
- Il Litorale di Bagnoli viene ricompreso nell'Allegato "B" - Acque non adibite alla balneazione e

Di seguito si riportano le coordinate relative all'area inibita alla balneazione e la relativa immagine.

Denominazione	Coordinate Inizio		Coordinate Fine		Lunghezza (metri)
Litorale di Bagnoli	40,81671	14,15920	40,79900	14,17218 2250	2250

Ordinanza sindacale - Individuazione acque di balneazione per la stagione balneare 2022. - Prot. n. 3 del 26/04/2022



Alla luce degli obiettivi declinati nel PRARU e delle ordinanze di interdizione alla balneazione, nel PFTE, relativamente al comparto sedimenti marini on shore, sono stati sviluppati due scenari di intervento, in cui, per entrambi, l'area oggetto di risanamento e le modalità di risanamento proposte sono funzionali al raggiungimento dell'obiettivo primario del ripristino della balneabilità dello specchio acqueo antistante il sito.

DOCUMENTO METODOLOGICO DI PROGETTAZIONE, MONITORAGGIO E COLLAUDO

Codice Elaborato 2021E0141NV-01-D-00-GE-GE-REL-03-00

Considerando la natura "dinamica" delle due zone (arenili emersi e sedimenti onshore) è necessaria una progettazione integrata che tenga conto della loro evoluzione nel tempo e permetta di agire correttamente su tutti i comparti che le caratterizzano, ovvero sul comparto "dinamico" (considerando con questo identificativo il volume di arenile emerso e sommerso che evolve rimescolandosi in funzione delle mareggiate) e sul comparto "statico" (considerando con questo identificativo il volume di arenile emerso che non viene coinvolto nel processo di rimescolamento operato dalle maree).

A livello generale, quindi, la progettazione dell'intervento dovrà permettere il risanamento del comparto dinamico e il risanamento del comparto statico e sarà supportato dalla procedura di Analisi di Rischio (AdR) che permetterà la verifica dell'accettabilità del rischio da esposizione di eventuali contaminazioni che potrebbero residuare a valle dell'applicazioni degli interventi.

Ai fini della corretta progettazione ed esecuzione degli interventi di risanamento è necessaria la preliminare progettazione e definizione di una Linea di Riva "stabile" (LdR progettuale) che permetta di rendere "permanenti" gli interventi progettati.

Gli interventi di risanamento saranno da progettare per le seguenti matrici ambientali, così come previsto nell'ambito dei Tavoli Tecnici tenutisi con gli Enti competenti, nella configurazione che sarà definita dalla LdR progettuale (si veda la schematizzazione indicativa riportata in Figura 4.1):

- ✓ arenili emersi nord e sud
- ✓ sedimenti sottostanti la colmata (a valle della rimozione della colmata stessa)
- ✓ sedimenti onshore prospicienti l'intera LdR progettuale, fino alla profondità di chiusura corrispondente alla mareggiata con periodo di ritorno $Tr = 100$ anni.



Figura 4.1: schematizzazione indicativa delle matrici ambientali oggetto di intervento

4.3 DATI E ASSUNZIONI/VINCOLI DI BASE DELLA PROGETTAZIONE

Per la progettazione degli interventi si farà riferimento ai seguenti **dati chimici di base**:

Arenile nord e sud:

- ✓ Caratterizzazione eseguita da Invitalia nel 2021 nell'ambito dell'Appalto Specifico n.18 e n.25;
- ✓ Caratterizzazione integrativa prevista dal documento Invitalia "Piano di Caratterizzazione Complementare" del luglio-ottobre 2022 ed eseguita da Invitalia nel 2023.

Sedimenti sottostanti la colmata:

- ✓ Caratterizzazione eseguita da Invitalia nel 2021 nell'ambito dell'Appalto Specifico n.18.

Sedimenti marini fino alla profondità di chiusura (per $T_r = 100$ anni):

- ✓ Dati raccolti nell'ambito del progetto ABBaCO nei punti di indagini più vicini alla LdR progettuale e all'interno del volume dinamico.

Inoltre, ai fini della verifica del rischio sanitario connesso con la balneabilità, sarà considerata anche la qualità delle acque marine onshore, sebbene il risanamento delle stesse sarà una conseguenza degli effetti degli interventi eseguiti sulle altre matrici ambientali (arenili, sedimenti sottostanti la colmata, sedimenti marini onshore-volume dinamico) e dipenderà in maniera sostanziale dell'interruzione delle altre fonti di contaminazione presenti nel sito (condotte a mare di scarichi civili, effetti delle attività portuali e del passaggio di imbarcazioni ecc.).

Per la verifica del rischio associato alla matrice acque marine onshore saranno considerati i seguenti dati:

- ✓ Caratterizzazione eseguita da Invitalia nel 2021 nell'ambito dell'Appalto Specifico n° 19: monitoraggio di n. 8 stazioni di campionamento, disposte in 4 transetti perpendicolari alla linea di costa, realizzato a cadenza mensile da febbraio 2021 fino a ottobre 2021 con il prelievo e analisi di campioni disturbati (D) e indisturbati (I);
- ✓ Analisi eseguite da RTI a febbraio e marzo 2023 su campioni Superficiali e Profondi (punti di monitoraggio ubicati alle batimetriche -1, -2, -4, -5 e -6 m);
- ✓ Analisi di campioni di colonna d'acqua prelevati nell'ambito della Caratterizzazione integrativa prevista dal documento Invitalia "Piano di Caratterizzazione Complementare" (Pdcc) del luglio-ottobre 2022 ed eseguita da Invitalia nel 2023

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

5. le aree oggetto di intervento negli arenili nord e sud saranno esclusivamente quelle costituite da sabbia sciolta (ad uso effettivo di arenile), escludendo quindi le zone ad uso temporaneo e le zone escluse dal Pdcc del 2023 in quanto o adibite a parcheggi o con caratteristiche granulometriche peculiari differenti dagli arenili.

Le aree oggetto di intervento sono pertanto quelle riportate nelle immagini seguenti (stralcio Pdcc):

- per l'arenile nord:
 - zona arenile diaframma/costa;
 - zona arenile tergo diaframma;
 - zona arenile collettore Bagnoli;
 - zona arenile Agnano;
- per l'arenile sud:
 - zona arenile diaframma/costa;
 - zona arenile Coroglio/diaframma;

DOCUMENTO METODOLOGICO DI PROGETTAZIONE, MONITORAGGIO E COLLAUDO

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-00-GE-GE-REL-03-00

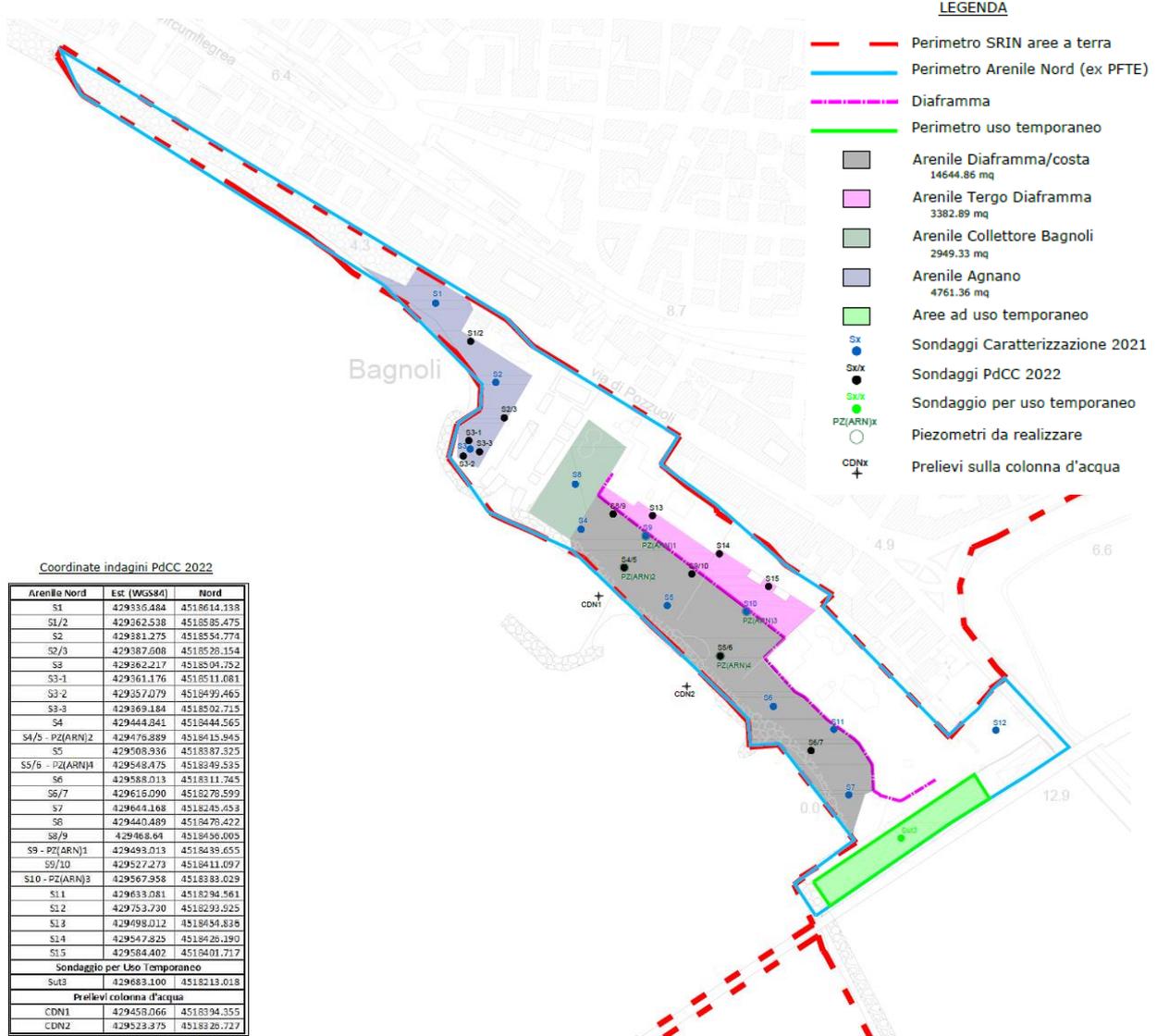


Figura 4.2: aree oggetto di intervento - arenile nord

DOCUMENTO METODOLOGICO DI PROGETTAZIONE, MONITORAGGIO E COLLAUDO

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-00-GE-GE-REL-03-00

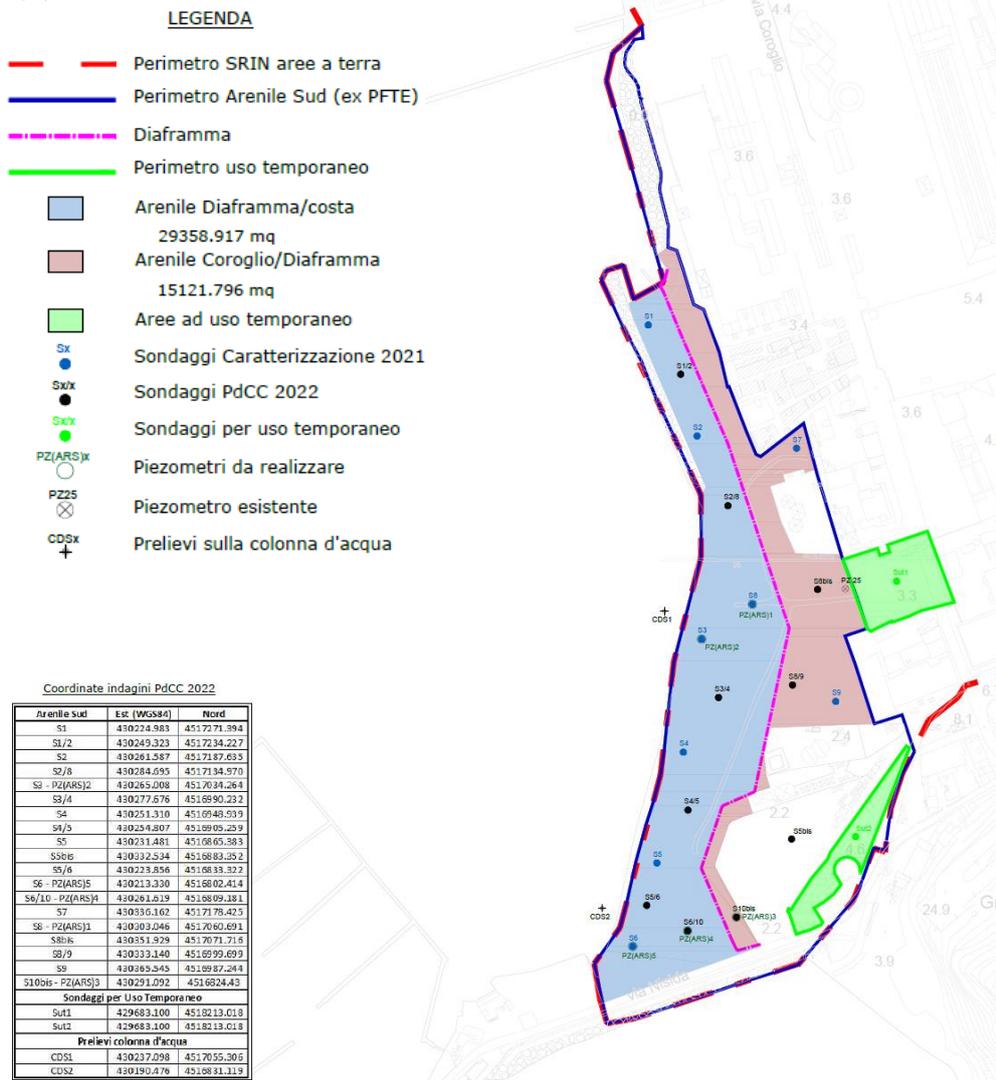


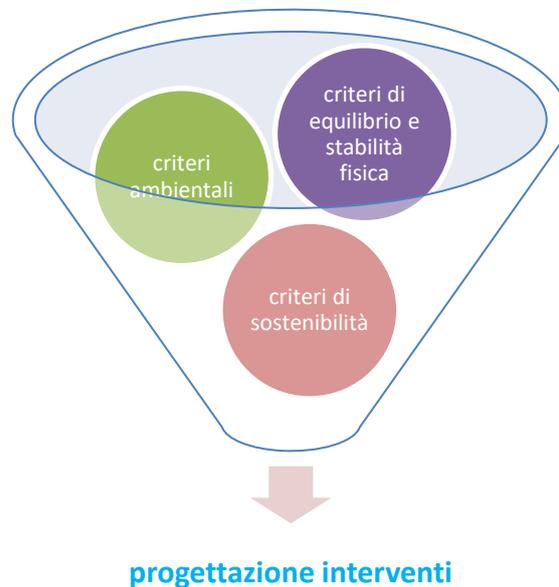
Figura 4.3: aree oggetto di intervento - arenile sud

6. gli interventi saranno interferenti con le seguenti opere/strutture che dovranno essere preservate:
 - scarico di piena dell'emissario di bagnoli (zona arenile nord) e le relative scogliere di protezione;
 - scogliera adiacente a via di Pozzuoli (zona arenile nord);
 - pontile nord zona colmata;
7. gli interventi saranno interferenti con le seguenti opere/strutture che dovranno essere demolite/dismesse:
 - pontile di città della scienza (zona arenile sud);
 - diaframmi e le trincee drenanti presenti sull'arenile nord e sud;
8. ulteriori vincoli potranno essere costituiti dalla definizione delle strutture di contenimento necessarie a rendere stabile la LdR progettuale. Tali strutture potrebbero comportare la rimozione o la preservazione delle scogliere ad oggi presenti sull'arenile nord e sull'arenile sud; pertanto, a seguito della definizione della LdR progettuale, saranno definite le azioni da intraprendere (rimozione o preservazione) delle scogliere.

4.4 CRITERI DI PROGETTO

La progettazione degli interventi di risanamento degli arenili, dei sedimenti sottostanti la colmata e dei sedimenti onshore, che dovranno essere oggetto della piena fruibilità come stabilito dal PTFE e PRARU, sarà definita sulla base di tre criteri principali:

1. **Criteri di equilibrio e stabilità fisica:** gli interventi si realizzeranno in corrispondenza delle matrici ambientali delimitate dalla LdR progettuale, che permetterà l'effettiva configurazione stabile e duratura degli arenili emersi e sommersi e dei vincoli/interferenze sia presenti attualmente, sia derivanti dalla definizione della LdR stessa;
2. **Criteri ambientali:** gli interventi (sia in termini di tecnologia di intervento, sia in termini di estensione orizzontale/verticale di intervento) dovranno essere scelti in maniera tale che lo stato qualitativo delle matrici ambientali nello scenario post-intervento sia compatibile con un livello di rischio sanitario accettabile, da valutare con un'AdR diretta post-intervento;
3. **Criteri di sostenibilità:** gli interventi dovranno essere scelti in funzione di una valutazione costi-benefici delle differenti tecnologie di intervento applicabili, nell'ottica di una minimizzazione dell'uso di risorse naturali e della massimizzazione del recupero dei materiali già presenti in sito, supportando il processo decisionale con un'AdR inversa per la definizione dei "valori di accettabilità" dei contaminanti che permarranno nelle matrici ambientali in termini di rischio accettabile per i fruitori esposti.



Di seguito si propone il percorso metodologico che si intende adottare al fine di procedere in maniera efficace e sostenibile alla definizione degli interventi di risanamento per il sito sulla base dei criteri suddetti.

4.4.1 Criteri di equilibrio e stabilità fisica

La prima fase per la corretta progettazione degli interventi sarà costituita dalla definizione della LdR progettuale che permetterà di ottenere un profilo di costa stabile nel tempo. L'efficacia del risanamento degli arenili emersi e sommersi, infatti, non può prescindere dalla necessità di assicurare la durabilità e permanenza nel tempo degli effetti degli interventi che saranno attuati. Tale durabilità attualmente non è garantita dall'instabilità della linea di costa oggi presente.

La definizione della LdR progettuale porterà alla identificazione dei seguenti elementi necessari alla progettazione degli interventi di risanamento secondo i criteri di equilibrio e stabilità fisica:

- ✓ la superficie stabile della fascia litoranea;
- ✓ il volume dinamico, ovvero la porzione della fascia litoranea in cui per un certo spessore il materiale è interessato da continua movimentazione;
- ✓ le eventuali strutture di difesa costiera.

L'immagine seguente schematizza la superficie stabile della LdR progettuale e il volume dinamico sopra indicati.

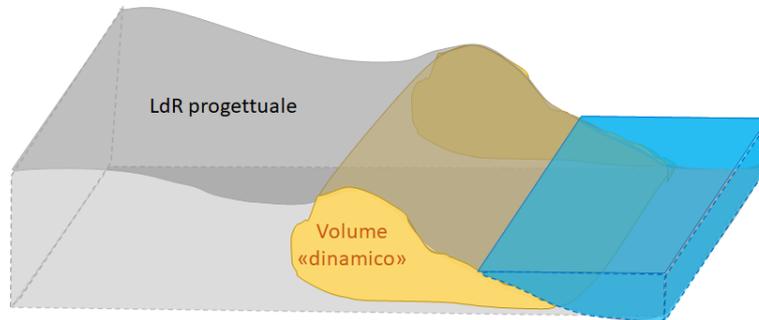


Figura 4.4: schematizzazione indicativa della LdR progettuale e del volume "dinamico"

La sovrapposizione di tali elementi con il profilo attuale della fascia litoranea permetterà di valutare la presenza ed estensione di n.3 zone alternative (a livello preliminare, tutte potenzialmente presenti):

1. le zone in cui sarà necessario un ripascimento, ovvero quelle con profilo di progetto posto a quota superiore rispetto a quella del profilo attuale;
2. le zone in cui sarà necessario uno scavo, ovvero quelle con profilo di progetto posto a quota inferiore rispetto a quella del profilo attuale;
3. le zone "neutre" in cui il profilo di progetto e quello attuale coincidono.

L'immagine seguente schematizza le tre zone sopra elencate, date dalla sovrapposizione dello stato attuale con quello di progetto della LdR, e il volume dinamico oggetto di continua movimentazione che, potenzialmente potrà essere formato in parte da materiale di ripascimento e in parte di materiale preesistente (che dovrà essere compatibile con un rischio sanitario accettabile da valutare tramite procedura di AdR in modalità diretta).

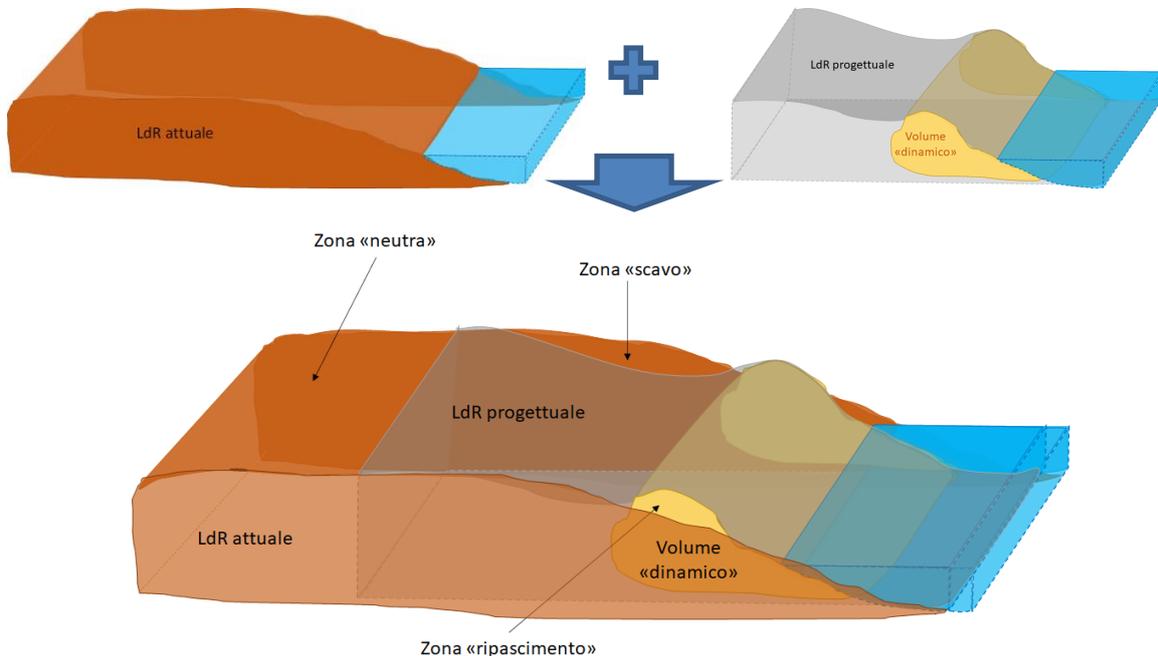


Figura 4.5: sovrapposizione stato attuale e stato progettuale

Il progetto di risanamento conterrà pertanto le azioni volte allo scavo e ripascimento nelle zone in cui risulta necessario per la stabilità della LdR progettuale e gli opportuni interventi per preservare le strutture di difesa costiera.

4.4.2 Criteri ambientali

Il progetto di risanamento, oltre ad essere vincolato alla necessità di essere duraturo nel tempo e quindi basarsi sulla LdR progettuale stabile, dovrà permettere la piena fruizione delle matrici ambientali. Pertanto, coerentemente con quanto previsto dal PFTE, gli interventi dovranno essere in grado di assicurare un rischio sanitario accettabile per i possibili recettori umani che frequenteranno le aree.

Tale valutazione sarà eseguita applicando un'opportuna AdR sanitaria che, partendo dalle basi definite dalle precedenti AdR già condotte nel 2006 e 2016 da ISS, dovrà tener conto delle osservazioni già emerse nell'ambito dei Tavoli Tecnici tenuti con gli Enti preposti e dell'evoluzione dell'approccio metodologico legato all'interconnessione con gli altri criteri progettuali previsti.

Di seguito si sintetizzano gli scenari di esposizione "generali" definiti per l'applicazione dell'AdR nell'ipotesi di assimilare a "suoli" i volumi di arenili e sedimenti sottostanti la colmata¹:

- orizzonte 0-1 m da p.c. "insaturo": attivazione dei percorsi di contatto diretto (ingestione e contatto dermico), inalazione vapori (per i volatili ed eventualmente Idrocarburi C>12 nel caso di hot-spot superiori alla Concentrazione di Saturazione Residua) e polveri outdoor, lisciviazione e trasporto verso il mare;
- orizzonte 1-3m da p.c. considerato cautelativamente "insaturo": attivazione dei percorsi di inalazione vapori (per i volatili ed eventualmente Idrocarburi C>12 nel caso di hot-spot superiori alla Concentrazione di Saturazione Residua) e lisciviazione e trasporto verso il mare;
- orizzonte >3m da p.c. considerato "saturo": attivazione del percorso di trasporto verso il mare dopo aver calcolato la concentrazione nella matrice acquosa a partire dalla concentrazione misurata dal laboratorio negli eluati (con i valori sito specifici di Kd per gli inorganici e con i valori sito specifici di Koc*foc per gli organici).

Considerando gli aspetti limitativi che caratterizzano la modellazione della lisciviazione nel caso in esame, il percorso di lisciviazione e trasporto dei contaminanti a mare sarà valutato confrontando le concentrazioni attese in falda dagli arenili con le concentrazioni massime rilevate nelle acque di mare onshore, al fine di comprenderne l'eventuale interrelazione ma senza vincolare l'intervento di risanamento al tale percorso ambientale, in conformità all'approccio puramente sanitario già seguito nelle AdR ISS pregresse e all'obiettivo della fruibilità del sito già espresso nell'ambito del PFTE.

Si precisa che:

- ✓ gli scenari di esposizione "generali" suddetti potranno essere applicati al volume della spiaggia di progetto esterno al volume dinamico (volume "statico"), laddove risulta effettivamente valida l'associazione del materiale presente con il "suolo" nell'accezione di "stabilità" della matrice ambientale oggetto di analisi;
- ✓ per il volume "dinamico", ipotizzando che tutto il materiale presente possa trovarsi in un certo istante sulla superficie dell'arenile emerso, a seguito della continua miscelazione che contraddistingue tale volume, si assumerà l'intero volume movimentato ad un "suolo superficiale" (convenzionalmente trattato nell'AdR come orizzonte insaturo 0-1 m) a cui sarà quindi applicata un'AdR conservativa considerando attivi tutti i percorsi di esposizione previsti per l'orizzonte 0-1 m insaturo (in particolare i percorsi di esposizione diretta).

Per quanto riguarda le equazioni e i valori da assegnare ai parametri di input necessari ad implementare le simulazioni degli scenari di esposizione sopra elencati, si prevede di assumere:

- ✓ un tasso di ingestione pari a 200 mg/giorno per il bambino, risultato cautelativo in quanto comprende ingestione di suolo e polveri outdoor e ingestione di polveri indoor;
- ✓ un'inalazione polveri valutata secondo l'equazione prevista dalle LG ISPRA in quanto il percorso risulta avere comunque un'influenza secondaria rispetto al contatto diretto con gli orizzonti superficiali degli arenili;
- ✓ una frequenza di esposizione pari a 90 giorni/anno, pari al valore medio del range indicato nella proposta metodologica dell'aprile 2022 (pari a 30-180 giorni/anno), corrispondente a 3 mesi di esposizione, tipici della fruizione degli arenili e delle acque di mare nel periodo estivo;

¹ nell'ambito dei Tavoli Tecnici tenuti con gli Enti competenti era stato richiesto di prevedere il percorso di contatto dermico con i sedimenti marini onshore fino alla batimetrica -2 m . L'attuale approccio di valutazione del volume del comparto dinamico, che comprende la volumetria dei sedimenti marini onshore, ha reso tale richiesta non applicabile secondo la metodologia inizialmente prevista. L'approccio inizialmente previsto risulta pertanto superato dagli interventi di risanamento e dall'eventuale AdR che sarà elaborata in maniera specifica per l'intero comparto dinamico

DOCUMENTO METODOLOGICO DI PROGETTAZIONE, MONITORAGGIO E COLLAUDO

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-00-GE-GE-REL-03-00

A livello generale L'AdR può essere applicata in due modalità:

- ✓ modalità diretta (*forward mode*): permette di calcolare il rischio per un determinato recettore associato ad uno specifico percorso di esposizione e a partire da una determinata concentrazione di un contaminante;
- ✓ modalità indiretta o inversa (*backward mode*): permette di calcolare del valore massimo ammissibile di concentrazione di un composto, compatibile con il livello di rischio tollerabile per il recettore.

Per il sito in esame, gli Enti di controllo hanno specificato che tale valutazione indiretta non è ritenuta necessaria, pertanto, nell'ambito del progetto di intervento, l'AdR sarà condotta esclusivamente in modalità diretta e nello scenario post-intervento.

Considerando il contesto di applicazione e riprendendo i concetti riportati nel paragrafo precedente, l'AdR sarà applicata secondo modalità differenti in funzione della zona di analisi, nello specifico:

1. nelle zone in cui sarà necessario un ripascimento, sarà applicata una AdR in modalità diretta sull'eventuale volume preesistente residuo sottostante la zona di ripascimento e una AdR in modalità diretta al fine di valutare l'accettabilità del rischio associato alle concentrazioni residuali di eventuali materiali di ripascimento derivanti da trattamenti di bonifica;
2. nelle zone in cui sarà necessario uno scavo, sarà applicata una AdR in modalità diretta sul volume residuo a valle dello scavo;
3. nelle zone "neutre" sarà applicata una AdR in modalità diretta sul volume già presente attualmente;
4. per il volume dinamico, assimilato interamente ad un "suolo superficiale", sarà applicata una AdR in modalità diretta considerando tutti i percorsi di esposizione previsti per l'orizzonte 0-1 m da p.c. (in particolare i percorsi di esposizione diretta)

Sulla base delle valutazioni suddette potrebbero pertanto essere necessari ulteriori interventi di scavo/riporto per "sostituire" con materiale conforme orizzonti a contatto con i fruitori del sito e permettere di valutare un rischio sanitario accettabile negli scenari di esposizione previsti.

Il progetto di risanamento conterrà pertanto le azioni volte al perseguimento dell'accettabilità del rischio per i possibili fruitori delle diverse zone della fascia litoranea progettuale.

Si precisa che il risanamento delle **acque di mare onshore** sarà una conseguenza degli effetti degli interventi eseguiti sulle altre matrici ambientali (arenili, sedimenti sottostanti la colmata e sedimenti onshore) e dipenderà in maniera sostanziale anche dell'interruzione delle altre fonti di contaminazione presenti nel sito (condotte a mare di scarichi civili, effetti delle attività portuali e del passaggio di imbarcazioni ecc.). Pertanto, il progetto di risanamento non conterrà azioni mirate a tali matrici ambientali ma presenterà, in ogni caso, valutazioni specifiche consistenti in:

- ✓ un primo screening di qualità delle acque di mare seguendo l'approccio illustrato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) nel documento "Guidelines for safe recreational water environments - Volume 1 Coastal and Fresh Waters" - (Geneve 2003), ripreso anche nell'AdR di ISS del 2006, ovvero tramite il confronto con i valori limite proposti nel D.Lgs 2 febbraio 2001, n. 31 "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano", maggiorati di 10 volte;
- ✓ applicazione dell'AdR in modalità diretta per i recettori esposti alle acque di mare secondo i seguenti **percorsi di esposizione**, definiti a seguito delle osservazioni emerse nell'ambito dei Tavoli Tecnici tenutisi con gli Enti preposti:
 - contatto dermico e ingestione accidentale delle acque di mare durante l'evento di nuoto;
 - inalazione di vapori per presenza di aerosol che, in mancanza di equazioni specifiche che ne permettano la simulazione, è stata implementata come inalazione di vapori

Per quanto riguarda le equazioni e i valori da assegnare ai parametri di input necessari ad implementare le simulazioni degli scenari di esposizione sopra elencati, si prevede di assumere:

- un'inalazione di vapori per presenza di aerosol valutata attraverso le equazioni riportate nella pubblicazione "Baseline Human Health Risk Assessment - Newark Bay Study Area" (Glenn Springs Holdings, Inc., December 2019, Revision 3);
- una frequenza di esposizione pari a 90 giorni/anno, pari al valore medio del range indicato nella proposta metodologica dell'aprile 2022 (pari a 30-180 giorni/anno), corrispondente a 3 mesi di esposizione, tipici della fruizione degli arenili e delle acque di mare nel periodo estivo.

4.4.3 Criteri di sostenibilità

Da quanto esposto nei paragrafi precedenti, il progetto di risanamento degli arenili, sedimenti sottostanti la colmata e sedimenti onshore conterrà con ogni probabilità importanti interventi di scavo e, soprattutto, ripascimento.

Secondo i criteri di sostenibilità ambientale, nell'ottica di una minimizzazione dell'uso di risorse naturali e della massimizzazione del recupero dei materiali già presenti in sito, nel progetto saranno valutate possibili soluzioni tecnologiche che permettano di trattare il materiale di scavo e recuperarlo per il successivo ripascimento anziché procedere con lo smaltimento diretto del materiale escavato e con la fornitura completa dal cave di prestito esterne per il ripascimento con materiale conforme.

Per perseguire tali obiettivi saranno analizzati con attenzione i test tecnologici in via di svolgimento in altri comparti ambientali e in altri ambiti quali i test di dimostrazione tecnologica dell'applicabilità del trattamento dei sedimenti marini presenti sino alla batimetrica -5 m da p.c. tramite tecnologia di Soil Washing. Gli esiti di tali test permetteranno di valutare:

- ✓ l'efficacia del trattamento, con l'effettiva possibilità di decontaminare i sedimenti portando le concentrazioni a valori adeguati alle esigenze di riutilizzo (pari almeno ai valori di accettabilità calcolati con l'AdR);
- ✓ l'efficienza del trattamento, con la possibilità di recuperare una percentuale significativa di materiale (sabbie e ghiaie) rispetto al sedimento in ingresso al trattamento;
- ✓ l'adeguatezza del trattamento rispetto alle esigenze progettuali della LdR, con l'effettiva possibilità di ottenere materiale lavato da destinare alle zone di ripascimento con caratteristiche granulometriche mediamente uguali o superiori al fuso granulometrico utilizzato nella definizione della LdR progettuale al fine di assicurare la stabilità della LdR stessa.

La valutazione dell'effettiva applicabilità del Soil Washing fornirà l'opportunità di considerare nel progetto la possibilità di recuperare quota parte di materiale "conforme" da riutilizzare nelle zone con ripascimento tramite il trattamento di ulteriori volumi di arenili della zona "neutra", anche se non necessariamente da scavare per quanto potrebbe emergere dallo scenario di AdR diretta;

4.4.4 Sintesi approccio secondo i Criteri di progetto

L'immagine seguente sintetizza quanto illustrato nei paragrafi precedenti in relazione ai criteri di progettazione che saranno seguiti nella definizione degli interventi di risanamento efficaci.

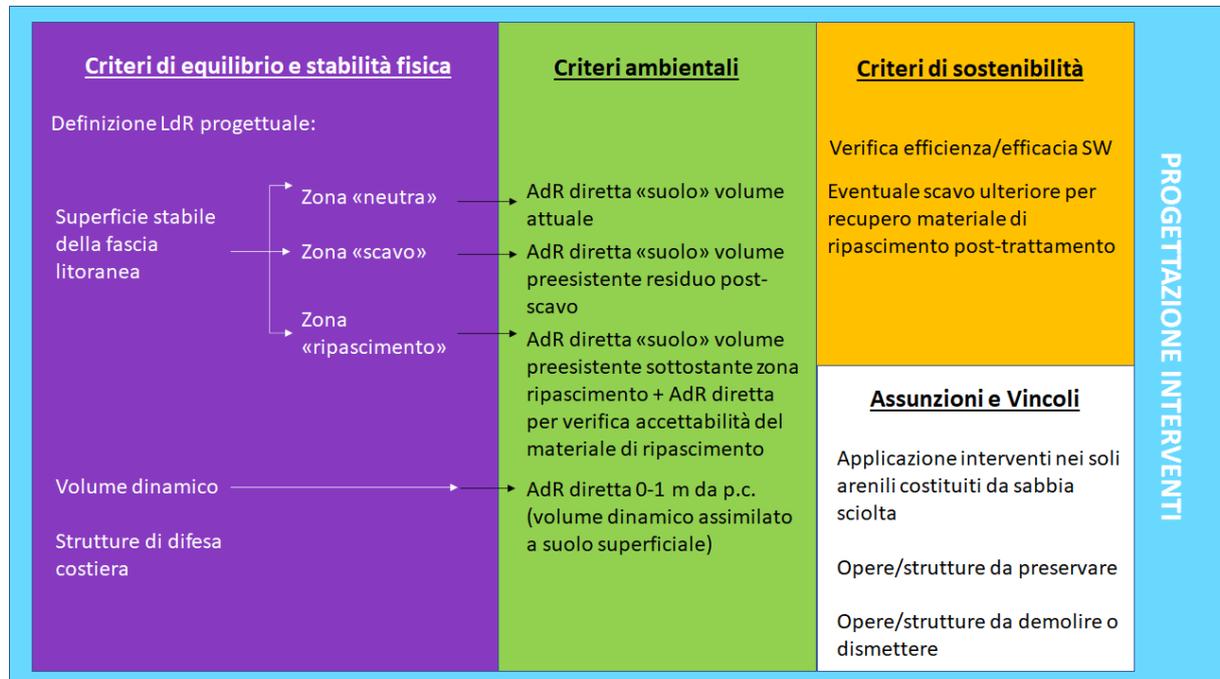


Figura 4.6: sintesi approccio metodologico secondo i criteri di progetto

4.4.5 Piano di sviluppo della progettazione

La progettazione sarà sviluppata secondo le seguenti fasi:

1. Acquisizione della LdR progettuale e delle caratteristiche dimensionali del Volume dinamico
2. Acquisizione dei test di dimostrazione tecnologica del Soil Washing
3. Sovrapposizione della LdR progettuale e del Volume dinamico con la LdR attuale
4. Identificazione delle differenti zone di valutazione degli interventi che potranno comprendere almeno una delle seguenti:
 - zona di ripascimento
 - zona di scavo
 - zona neutra
5. Sviluppo AdR per le singole zone di valutazione degli interventi e per il volume dinamico
6. Identificazione delle aree in cui sono necessari interventi di scavo e ripascimento secondo le esigenze di stabilità della costa definite dalla LdR progettuale integrate dalle esigenze ambientali definite dalla AdR
7. Bilancio materiali (scavi/ripascimenti) e valutazione di eventuali integrazioni di aree in cui effettuare ulteriori scavi in funzione degli esiti del test di dimostrazione tecnologica del Soil Washing secondo i criteri di sostenibilità ambientale
8. Definizione delle aree complessive oggetto di interventi di scavo e ripascimento
9. Definizione delle modalità di scavo in funzione di
 - estensioni delle aree di intervento
 - presenza di vincoli/interferenze nelle zone di escavazione
 - necessità di opere provvisoriale
 - eventuale interconnessione con il trattamento del materiale escavato per il successivo riutilizzo
10. Redazione del progetto definitivo contenente in particolare:
 - piano scavi e rinterri
 - 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)

Al progetto sarà allegata l'AdR in modalità diretta atta a dimostrare l'accettabilità del rischio nello scenario post-intervento come richiesto dagli Enti nell'ambito dell'istruttoria della proposta metodologica del 2022.

4.5 CRITERI DI COLLAUDO DEGLI INTERVENTI SUGLI ARENILI, SEDIMENTI SOTTOSTANTI LA COLMATA E SEDIMENTI ONSHORE

Il collaudo degli interventi che saranno applicati alle matrici arenili, sedimenti sottostanti la colmata e sedimenti onshore sarà realizzato in contraddittorio con gli Enti competenti e consisterà nel prelievo di campioni rappresentativi dello stato post-intervento e nella valutazione del rischio in modalità diretta delle concentrazioni misurate.

Nello specifico, la procedura che si prevede di adottare è la seguente:

- ✓ prelievo di campioni di arenili e sedimenti marini da punti di indagine da concordare preventivamente con gli Enti (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);

DOCUMENTO METODOLOGICO DI PROGETTAZIONE, MONITORAGGIO E COLLAUDO

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-00-GE-GE-REL-03-00

- ✓ realizzazione delle analisi chimiche di laboratorio secondo il set analitico che sarà concordato preventivamente con gli Enti di controllo. Indicativamente si propone lo stesso set analitico adottato nel Pdcc;
- ✓ implementazione di un'analisi di rischio in modalità diretta secondo la procedura, le equazioni, i parametri di esposizione e le assunzioni già descritte nel paragrafo 4.4.2, considerando le concentrazioni degli analiti acquisite sia dal Laboratorio di parte, sia dal Laboratorio dell'Ente di controllo.

Le sostanze indice saranno costituite dai contaminanti che, in almeno un punto di indagine, eccedono le CSC dei suoli (Tab.1A del D.Lgs.152/06) o, se superiori, i valori di fondo naturale del SIN di Bagnoli-Coroglio.

A seconda della numerosità dei punti di indagine e dei dati acquisiti, la concentrazione rappresentativa delle sostanze indice sarà 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 e sui sedimenti marini sarà considerato "collaudato".

Al contrario, nel caso in cui il rischio calcolato risulti non accettabile in almeno una campagna, l'intervento sugli arenili e/o sui sedimenti sottostanti la colmata e/o sui sedimenti marini non potrà considerarsi "collaudato" e sarà quindi valutato nel dettaglio il/i percorso/i di esposizione e la/le 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 bonifica degli arenili e sedimenti marini (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 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.

4.6 CRITERI DI MONITORAGGIO DELLE ACQUE DI MARE ONSHORE

Come già anticipato nei paragrafi precedenti, il risanamento delle acque di mare onshore sarà una conseguenza degli effetti degli interventi eseguiti sulle altre matrici ambientali (arenili e sedimenti marini) e dipenderà in maniera sostanziale dall'interruzione delle altre fonti di contaminazione presenti nel sito (condotte a mare di scarichi civili, effetti delle attività portuali e del passaggio di imbarcazioni ecc.).

Pertanto, poiché non sarà eseguito un intervento diretto in tale matrice, in sostituzione del collaudo vero e proprio sarà definito un piano di monitoraggio da eseguirsi tramite campionamenti periodici, con frequenza e durata complessiva da stabilire con gli Enti competenti e con la finalità di valutare nel tempo gli effetti del risanamento delle altre matrici sulle acque marine e la possibilità di ripristinare la balneabilità secondo la normativa di settore.

Il monitoraggio potrà essere eseguito secondo la seguente procedura:

- ✓ prelievo di campioni di acqua di mare da stazioni di campionamento da concordare preventivamente con gli Enti. Indicativamente si propongono le medesime stazioni di campionamento oggetto di monitoraggio nel 2023 con l'integrazione di alcuni punti prospicienti la colmata. I prelievi riguarderanno sia campioni "INDISTURBATI", prelevati a pelo d'acqua, non oltre i 30 cm di profondità, sia campioni "DISTURBATI", prelevati a circa 30 cm dal fondo previa risospensione dei sedimenti ottenuta con mezzi meccanici, in modo da simulare situazioni particolari che si possono creare in mare a seguito di moto ondoso, mare mosso e calpestio del fondo marino ad opera dei bagnanti.

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 adottare il medesimo set analitico del monitoraggio 2023, eventualmente integrato con i parametri specifici legati al monitoraggio delle acque marine costiere finalizzato a verificarne lo stato chimico, in ottemperanza al D.Lgs 152/06 e s.m.i (considerando gli Standard di qualità ambientale SQA nella colonna d'acqua di Tab 1/A e Tab1/B del D.Lgs. 172/2015) e a quello condotto ai sensi del D.Lgs. n. 116/08 e del DM 30/3/2010 e s.m.i., per la sorveglianza della qualità delle acque di balneazione (essenzialmente legato alla contaminazione microbiologica di Enterococchi intestinali e Escherichia coli);

DOCUMENTO METODOLOGICO DI PROGETTAZIONE, MONITORAGGIO E COLLAUDO

Codice Elaborato 2021E0141NV-01-D-00-GE-GE-REL-03-00

- ✓ Valutazione dell'evoluzione dei dati di monitoraggio nel tempo per verificare l'effetto degli interventi di risanamento attuati sugli arenili e sedimenti. Tale valutazione potrebbe comprendere in ordine di priorità:
 1. valutazione del trend delle concentrazioni misurate nel tempo;
 2. valutazione della balneabilità sulla base dei dati acquisiti ai sensi del D.lgs. n. 116/08 e del DM 30/3/2010 e s.m.i. (essenzialmente legato alla contaminazione microbiologica di Enterococchi intestinali e Escherichia coli)
 3. valutazione dello stato chimico sulla base dei dati acquisiti ai sensi del D.lgs 152/06 e s.m.i.;
 4. screening di qualità delle acque di mare seguendo l'approccio illustrato dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) nel documento "Guidelines for safe recreational water environments - Volume 1 Coastal and Fresh Waters" - (Geneve 2003), confrontando le concentrazioni degli analiti acquisite nel tempo sia dal Laboratorio di parte, sia dal Laboratorio dell'Ente di controllo, con i valori limite proposti nel D.Lgs 2 febbraio 2001, n. 31 "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano", maggiorati di 10 volte
 5. implementazione di un'analisi di rischio in modalità diretta secondo la procedura, le equazioni, i parametri di esposizione e le assunzioni già indicate nel paragrafo 4.4.2 considerando le concentrazioni degli analiti acquisite nel tempo sia dal Laboratorio di parte, sia dal Laboratorio dell'Ente di controllo.

Inoltre, la valutazione comprenderà anche un'analisi dell'eventuale effetto/influenza delle fonti di contaminazione primaria esistenti in sito.
- ✓ Il monitoraggio si protrarrà sino a verificare la possibile balneabilità ai sensi del DM 30/3/2010 e s.m.i. e/o sino a calcolare un rischio sanitario accettabile. Successivamente potrà essere interrotto o diradato in termini di frequenza, per verificare ulteriormente nel tempo il mantenimento dei risultati precedenti.

5 SEDIMENTI MARINI OFF-SHORE (MACROZONA 2): CAPPING

La zona marina off-shore identifica quella zona nella quale è possibile individuare la cosiddetta "profondità di chiusura". Questo termine viene utilizzato per indicare la profondità oltre la quale non si verifica alcun cambiamento significativo del profilo della spiaggia sommersa.

La "profondità di chiusura" non si tratta, dunque, della profondità oltre la quale il sedimento cessa di muoversi, ma rappresenta piuttosto la profondità minima in corrispondenza della quale le variazioni batimetriche risultano non significative in termini ingegneristici e/o morfologici.

Il presente capitolo descrive quindi le assunzioni, gli obiettivi e i metodi di collaudo della progettazione e del futuro intervento di risanamento relativamente all'ambito della zona marina off-shore.

Di seguito si riporta un'immagine dell'area suddetta (retinata in azzurro), così come individuata nell'ambito del PFTE.

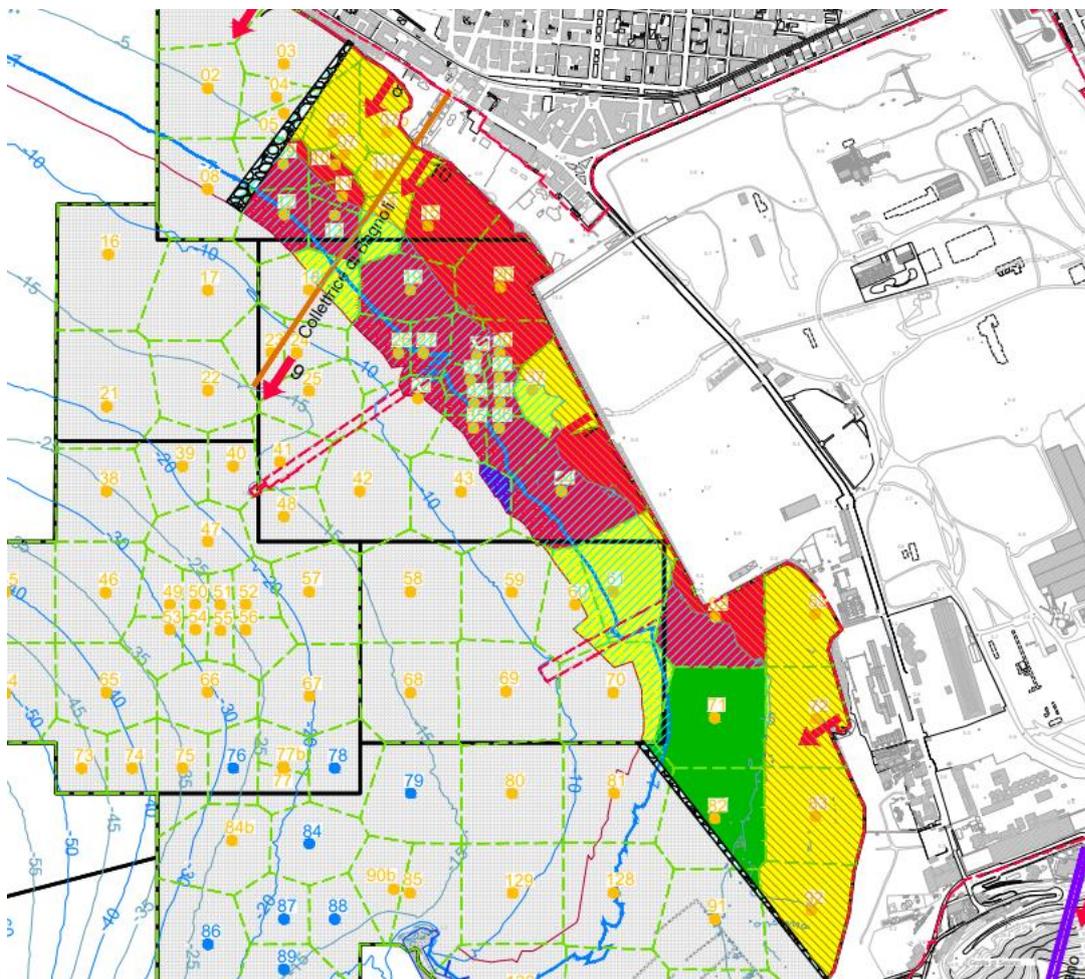


Figura 5.1: Area interessata dall'intervento di Capping (retinata in azzurro)

5.1 STATO DI FATTO

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 5.2).

DOCUMENTO METODOLOGICO DI PROGETTAZIONE, MONITORAGGIO E COLLAUDO

Codice Elaborato 2021E0141NV-01-D-00-GE-GE-REL-03-00

- 17 di almeno 4 metri

Per quanto riguarda la griglia di campionamento delle carote, essa è rappresentata da:

- ✓ 51 maglie da 200x200 m
- ✓ 26 maglie da 100x100 m
- ✓ 21 maglie da 50x50 m

Gli studi afferenti alle indagini sono descritti nella relazione "Sperimentazioni Pilota Finalizzata al "Restauro Ambientale e Balneabilità del SIN Bagnoli-Coroglio" (di seguito ABBAco) redatta dalla Stazione Zoologica "Anton Dohrn" incaricata dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca.

Le conclusioni dello studio di ABBAco riportano che: *"Tutte le analisi effettuate mostrano un inquinamento generalizzato dei fondali, soprattutto nei pressi dell'ex sito industriale nella zona dei pontili e della colmata ed in direzione nord verso l'arenile. La contaminazione osservata è a carico soprattutto di composti organici (idrocarburi pesanti, IPA) ma è da evidenziare l'elevata concentrazione di arsenico che merita ulteriori approfondimenti per stabilire l'origine dello stesso, anche se l'origine geogenica potrebbe prevalere in considerazione delle analisi statistiche effettuate. Inoltre, le analisi effettuate mostrano una contaminazione estesa anche ai sedimenti superficiali della porzione di fondale profondo di fronte all'impianto e in generale in gran parte dell'area indagata all'interno del perimetro del SIN, anche se nelle aree più esterne i livelli di contaminazione appaiono contenuti se confrontati con l'area tra i pontili e di fronte alla colmata. L'integrazione dei risultati delle analisi chimiche ed ecotossicologiche rivela una situazione di tossicità pesante e diffusa e una qualità dei sedimenti analizzati tale da farli includere per la maggior parte nelle tre classi peggiori, che richiedono forme controllate di gestione degli stessi, fino all'isolamento dall'ambiente marino e al conferimento in discarica; situazione che riguarda principalmente l'area del SIN indagata tramite vibrocarotaggio. La contaminazione, inoltre, pare interessare le componenti biologiche analizzate, con tendenza al bioaccumulo di IPA nei mitili nella zona più prossima ai pontili e alla colmata ed attivazione di risposte fisiologiche allo stress. Effetti si osservano anche in parte della componente della fauna ittica analizzata ed in particolare nella specie maggiormente associata ai sedimenti (la triglia) che mostra tendenza al bioaccumulo di IPA, anche se i livelli riscontrati non paiono al momento allarmanti, e comunque risposte fisiologiche e biochimiche allo stress indotto dagli inquinanti con attivazione dei sistemi di detossificazione e presenza di micronuclei, indicazione di genotossicità. Si evidenzia pertanto un ruolo dei sedimenti nel mediare la biodisponibilità, soprattutto degli IPA..... Va infine sottolineato come le analisi microbiologiche effettuate indichino che, anche in tempi recenti/recentissimi, l'area pare subire gli effetti di inquinamento da reflui di tipo urbano probabilmente provenienti dalle aree costiere circostanti".*

DOCUMENTO METODOLOGICO DI PROGETTAZIONE, MONITORAGGIO E COLLAUDO

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-00-GE-GE-REL-03-00

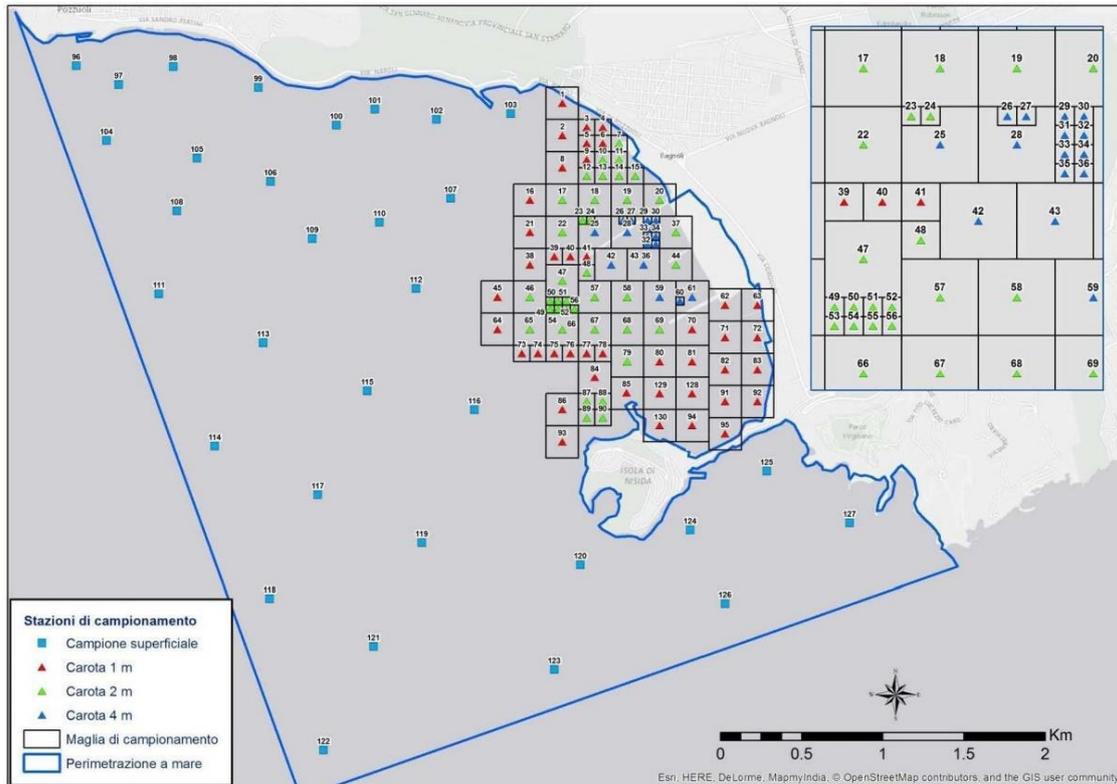


Figura 5.3: Tipologia e localizzazione delle indagini eseguite nel Piano di Caratterizzazione ABBaCo.

5.2.2 Attività svolte o programmate dall’RTI nell’ambito della Commessa

Nell’ambito della Commessa in essere, sono stati previsti 2 test di capping e ricostruzione dell’habitat naturale. In particolare, sono state identificate due aree per la realizzazione dei test di ricostruzione dell’habitat naturale attraverso trapianto a mezzo di talee, ubicate entrambe all’interno dello specchio acqueo antistante l’Arenile Nord compreso tra la batimetrica -5 m e la batimetrica -7 m, distanti 50 m l’una dall’altra.

- ✓ n.1 un’area operativa denominata D1 di dimensioni 50m X 50m per testare la tecnologia di capping composto da materiali attivi e con ricostruzione dell’habitat naturale.
- ✓ n.1 un’area operativa denominata D2 di dimensioni 50m X 50m per testare la tecnologia di capping composto da materiali convenzionali (passivi) con ricostruzione dell’habitat naturale.

Si prevede in entrambe i casi (D1 e D2) la realizzazione di una cinturazione temporanea della porzione di area destinata alla dimostrazione tecnologica.

Il materassino sarà infine protetto in entrambe i casi con strati sabbiosi (per protezione dall’erosione e strato di bioturbation).

Indicativamente si prevede il ricorso alle specie di piante attualmente o storicamente presenti sui fondali delle aree marine di Bagnoli come la Posidonia Oceanica. Saranno individuati cinque settori quadrati di 5 m di lato, posizionati a scacchiera, secondo lo schema della quinconce. In ciascuno dei 5 settori è previsto un numero minimo di 40 talee per un totale minimo di 200 talee.

L’impatto prodotto dalle attività di capping e ricostruzione dell’habitat naturale nei confronti dell’ambiente marino costiero sarà verificato mediante un piano di monitoraggio, costituito da campagne di indagine da eseguirsi nelle fasi ante operam, in corso d’opera e post operam.

Il monitoraggio ante operam prevede:

- ✓ misure di torbidità giornaliere tramite sonda multiparametrica dell’intera colonna d’acqua al centro dell’area di intervento. Le misurazioni comprenderanno anche i parametri di ossigeno disciolto, potenziale di

DOCUMENTO METODOLOGICO DI PROGETTAZIONE, MONITORAGGIO E COLLAUDO

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-00-GE-GE-REL-03-00

ossidoriduzione (ORP), pH, conducibilità, temperatura, pressione e le caratteristiche idrodinamiche tramite l'utilizzo di un correntometro.

- ✓ misura della torbidità esterna a una distanza non inferiore a 5 metri dal confine dell'area di intervento, in continuo per almeno 10 giorni dall'inizio delle attività di messa in opera del capping. Le misurazioni comprenderanno anche l'ossigeno disciolto, potenziale di ossidoriduzione (ORP), pH, conducibilità, temperatura, pressione. Durante le misurazioni di torbidità saranno monitorate in continuo anche le caratteristiche idrodinamiche tramite l'utilizzo di un correntometro.
- ✓ campionamenti settimanali della colonna d'acqua in corrispondenza di stazioni situate una al centro di ciascuna delle aree D1 e D2 ed una all'esterno di ciascuna delle stesse.
- ✓ l'esecuzione di sondaggi geognostici e relative analisi di laboratorio chimiche (ricerca dei parametri di cui alla tabella A2 del D.M. 7 Novembre 2008) in corrispondenza di stazioni situate rispettivamente ciascuna al centro delle aree D1 e D2.

Il monitoraggio in corso d'opera prevede:

- ✓ misura a fine di ogni giornata lavorativa della torbidità interna ed esterna di ciascuna area di intervento, tramite sonda multiparametrica. Saranno rilevate con una sonda multi-parametrica anche temperatura, pH, salinità, ossigeno disciolto e potenziale redox e le caratteristiche idrodinamiche tramite l'utilizzo di un correntometro.
- ✓ misura della torbidità esterna a una distanza non inferiore a 5 metri dal confine dell'area di intervento, in continuo per tutto il tempo delle attività di messa in opera del capping; le torbidità misurate dovranno essere inferiori alla Triferimento, corrispondente al 90° percentile del set di misure rappresentative della variabilità dell'area in fase ante-operam (D.M. 173/2016). Tale criterio dovrà essere rispettato in corso d'opera. Le misurazioni dovranno comprendere anche l'ossigeno disciolto, potenziale di ossidoriduzione (ORP), pH, conducibilità, temperatura, pressione. Durante le misurazioni di torbidità saranno monitorate in continuo anche le caratteristiche idrodinamiche tramite l'utilizzo di un correntometro.
- ✓ campionamenti settimanali della colonna d'acqua in corrispondenza delle previste stazioni; modalità di campionamento e determinazioni dei parametri chimici e chimico fisici della colonna d'acqua saranno analoghe a quelle previste per il monitoraggio ante operam.

Il monitoraggio post operam prevede:

- ✓ misurazione, dopo 120 giorni dalla messa in opera del capping, della batimetria;
- ✓ verifica dell'integrità dell'habitat ricostruito in campo, dopo 120 giorni dalla ricostruzione dell'habitat, tramite operatore subacqueo;
- ✓ esecuzione di sondaggi geognostici dopo 120 giorni dalla messa in opera del capping e relative analisi di laboratorio chimiche (ricerca dei parametri di cui alla tabella A2 del DM 7 Novembre 2008) ed ecotossicologiche (nel caso di capping composto da materiale reattivo).
- ✓ verifica dello spessore globale del capping e dello spessore dei singoli strati, mediante i suddetti sondaggi;
- ✓ misurazione della torbidità. Le misurazioni comprenderanno anche l'ossigeno disciolto, potenziale di ossidoriduzione (ORP), pH, conducibilità, temperatura, pressione e le caratteristiche idrodinamiche tramite l'utilizzo di un correntometro;
- ✓ campionamenti mensili della colonna d'acqua in corrispondenza delle previste stazioni nei 120 giorni successivi alla messa in opera del capping; modalità di campionamento e determinazioni dei parametri chimici e chimico fisici della colonna d'acqua saranno analoghe a quelle previste per il monitoraggio ante operam.

A tal proposito si sottolinea che sono in fase di predisposizione i documenti tecnici-amministrativi per il prolungamento dei monitoraggi post operam, in modo da effettuare le verifiche sopra elencate fino al termine della stagione invernale.

La dimostrazione tecnologica da testare per il risanamento e/o la messa in sicurezza delle aree marine di Bagnoli, ha lo scopo di dimostrare l'efficienza dei sistemi proposti rispetto ai seguenti obiettivi:

- ✓ assicurare l'efficienza dei sistemi usati rispetto agli obiettivi del risanamento e/o della messa in sicurezza;
- ✓ assicurare l'efficacia delle modalità esecutive;
- ✓ minimizzare gli impatti delle tecnologie attuate sull'ambiente circostante.

5.3 CRITERI DI PROGETTO

5.3.1 Assunzioni progettuali

Il Progetto del capping è stato condotto secondo la documentazione presentata e approvata:

- a. Progettazione e risanamento sedimenti marini. Rimozione colmata e bonifica arenili - Capitolato Test tecnologie di risanamento e gestione sedimenti contaminati, Stazione Appaltante, maggio 2011
- b. Caratterizzazione ambientale dell'area marina costiera all'interno del sito di interesse nazionale di Napoli Bagnoli-Coroglio – Relazione finale
- c. Progettazione e risanamento sedimenti marini rimozione colmata e bonifica arenili - Specifiche tecniche allegate al Capitolato Test tecnologie di risanamento e gestione sedimenti contaminati, Stazione Appaltante, maggio 2011

e delle normative o linee guida di settore:

- d. D.Lgs. n. 152 del 3 aprile 2006 e ss.mm.ii. "Norme in materia ambientale" entrato in vigore il 29 aprile 2006 e pubblicato sul supplemento ordinario alla G.U. del 14 aprile 2006 n. 88"
- e. Decreto del Presidente della Repubblica 5 ottobre 2010, n. 207 e ss.mm.ii. "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE»"
- f. D.Lgs. n. 50 del 18 aprile 2016 "Attuazione delle direttive 2014/23/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture"
- g. D.M. Ambiente 15 luglio 2016, n. 172 "Regolamento recante la disciplina delle modalità e delle norme tecniche per le operazioni di dragaggio nei siti di interesse nazionale".
- h. LEGGE del 28 gennaio 1994 n. 84 e ss. mm. ii. "Riordino della legislazione in materia portuale"
- i. LEGGE 31 luglio 2002 N. 179 "Disposizioni in materia ambientale"
- j. Manuale per la Movimentazione dei sedimenti Marini - APAT e ICRAM (2007)
- k. D.M. 28 febbraio 2017 "Disciplina tecnica e procedurale dell'organizzazione del servizio di bonifica del territorio nazionale da ordigni esplosivi residuati bellici e delle connesse attività di sorveglianza e vigilanza, nonché della formazione del personale addetto alla ricerca e allo scoprimento di ordigni esplosivi residuati bellici"
- l. Linee Guida ISPRA 106/2014 "Conservazione e gestione della naturalità negli ecosistemi marino costieri. Il trapianto delle praterie di Posidonia oceanica"

5.3.2 Obiettivi del progetto

L'obiettivo del capping, con ricostruzione dell'habitat naturale, è quello di isolare i sedimenti contaminati dalla colonna d'acqua sovrastante, impedire il contatto degli organismi scavatori con i sedimenti contaminati, evitare che i sedimenti siano interessati dai fenomeni di erosione e turbolenza al fine di prevenirne i fenomeni di dispersione in ambiente marino e permettere la ricostruzione dell'habitat marino.

5.3.3 Alternative progettuali e criteri di scelta

Per il capping le alternative progettuali riguardano l'utilizzo di un sistema composto da materiali attivi o convenzionali (passivi). Entrambi i sistemi prevedono l'utilizzo di un materassino filtrante, nel primo caso si tratta dell'utilizzo di due tipologie di materassini simultaneamente, il **Tektoseal® Active AC 3400 DC2** (Geocomposito per l'adsorbimento di contaminanti mediante carboni attivi) e il **Tektoseal® Active HM 3000** (Geocomposito agglutinato per l'adsorbimento di metalli pesanti).

Il Tektoseal Active è un geocomposito attivo che viene utilizzato come filtro e barriera anti-inquinanti per la protezione del suolo e delle acque sotterranee e per la messa in sicurezza dei siti contaminati. Questo materiale ha la capacità di assorbire efficacemente le sostanze inquinanti mentre lascia passare liberamente il fluido pulito (acqua, aria, gas, ecc.) e permette la realizzazione di strati filtranti dei contaminanti anche su grandi superfici senza rischio di erosione. I geocompositi attivi rendono possibile il trattamento passivo di percolato contaminato, acqua interstiziale, acqua di drenaggio e di deflusso da infrastrutture varie, evitando in questa maniera la contaminazione

del suolo e delle acque sotterranee da parte di inquinanti inorganici, organici o petrolchimici. Questi sistemi impediscono inoltre il trasporto di sostanze inquinanti e sedimenti già contaminati attraverso la filtrazione delle acque di dilavamento, di ruscellamento e delle acque sotterranee. Con il passare del tempo sempre più sostanze inquinanti vengono adsorbite o assorbite dalle componenti attive, permettendo conseguentemente la decontaminazione del terreno.

Il Tektoseal Active AC consente l'applicazione dei carboni attivi - una sostanza adsorbente già largamente usata con successo - in nuovi campi di applicazione. I carboni attivi si utilizzano per il trattamento dell'acqua potabile, nell'industria chimica e negli impianti di depurazione. Le nuove possibilità aperte dal Tektoseal Active AC includono l'incapsulamento dei contaminanti già presenti nell'ambiente, la prevenzione di contaminazione agendo direttamente alla fonte dell'inquinamento e la rimozione di contaminanti da liquidi o gas. La stabilità meccanica dello strato attivo permette una posa del materiale in maniera facile e veloce. Al tempo stesso, lo strato attivo è perfettamente protetto dall'erosione causata dall'acqua e dal vento. Come per tutti gli altri prodotti della famiglia Tektoseal Active, un altro grande vantaggio è la possibilità di personalizzare il processo produttivo, ad esempio scegliendo ad hoc i materiali costituenti i tre strati in funzione delle specifiche necessità e condizioni del sito.



Figura 5.4: Struttura del Materassino Filtrante Reattivo

Nel secondo caso, si procederà ad utilizzare il modello **Tektoseal® Sand NF 5800 BAW** (Geocomposito composto da due geotessili filtranti e riempimento in sabbia).

Questa tipologia di materassino ha la funzione di filtro ad elevata stabilità con:

- ✓ Strato superiore Geotessile non tessuto 800 g/m²
- ✓ Strato centrale Sabbia di quarzo 4.750 g/m²
- ✓ Strato inferiore Geotessile non tessuto 220 g/m²

Il Tektoseal Sand è un geocomposito a tre strati che incorpora sabbia di quarzo e che consente la posa in opera di un geosintetico con funzione filtrante anche in complesse condizioni di cantiere. Il Tektoseal Sand trova il suo utilizzo ideale nei casi in cui le condizioni idrauliche rendano impossibile o estremamente costosa e complicata la posa di soluzioni filtranti standard. L'elevato peso per unità di superficie ottenuto grazie alla sabbia di quarzo semplifica la posa del materiale e ne evita possibili spostamenti a causa della corrente. In questo modo il sistema di rivestimento risulta essere di semplice posa in opera e con prestazioni filtranti stabili e uniformi anche in condizioni sommersi



Figura 5.5: Struttura del Materassino Filtrante Zavorrato

In entrambi i casi, i materassini saranno protetti con uno strato destinato alla protezione dall'erosione, costituito da sabbia media di circa 45 cm.

Le sabbie che saranno utilizzate per coprire il geocomposito saranno dotate di certificato che ne attesti la provenienza, caratteristiche chimico fisiche prestazionali nonché la Classe di Qualità A ai sensi dell'Allegato tecnico al DM 173/2016.

La dimostrazione tecnologica da testare per il risanamento e/o la messa in sicurezza delle aree marine di Bagnoli, ha lo scopo di dimostrare l'efficienza dei sistemi proposti rispetto ai seguenti obiettivi:

- ✓ assicurare l'efficienza dei sistemi usati rispetto agli obiettivi del risanamento e/o della messa in sicurezza;
- ✓ assicurare l'efficacia delle modalità esecutive;
- ✓ minimizzare gli impatti delle tecnologie attuate sull'ambiente circostante.

Al fine di verificare l'efficienza dei sistemi e delle procedure operative utilizzate nell'ambito della dimostrazione tecnologica del capping, è necessario assicurare che.

1. le misure di torbidità effettuate entro i 5 metri dal confine dell'area di intervento rimangano contenuti entro la torbidità di riferimento (pari al 90° percentile delle misure effettuate in fase ante-operam come da D.M. 173/2016);
2. lo spessore del capping non venga eccessivamente eroso e permanga pari almeno all'80% dello spessore di progetto;
3. gli impianti di posidonia attecchiscano e il loro tasso di sopravvivenza rimanga superiore al 75%;
4. le analisi delle acque, ripetute sempre negli stessi punti, non subiscano un peggioramento rispetto ai dati ante-operam;
5. le analisi dello strato destinato alla protezione dall'erosione, costituito da sabbia media di circa 45 cm, mostrino concentrazioni lungo la colonna entro i limiti previsti dalla colonna A della Tabella 1 dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte quarta del D.Lgs. 152/06.

La prima valutazione permetterà di escludere possibili ricadute per la vita degli organismi acquatici presenti nelle zone limitrofe a quelle di intervento, la seconda, invece, di verificare la bontà della tecnologia di capping e la sua corretta installazione. Il terzo punto permetterà di verificare la possibilità di intervenire attivamente nella ricostruzione dell'habitat naturale.

Infine, i risultati degli ultimi due punti potrebbero mostrare differenze fra le due tipologie di capping proposte e, quindi, permettere di scegliere l'una o l'altra tecnologia. Per verificare le differenze sarà utilizzata la seguente formula, che, in pratica, valuta se l'aumento di costo fra le soluzioni proposte è bilanciato da un uguale abbattimento delle concentrazioni degli inquinanti trattati dal capping reattivo:

$$\frac{(Costo_R - Costo_P)}{Costo_P} + \frac{\left[\frac{\sum_{i=1}^n Concentrazione_R^i - Concentrazione_P^i}{Concentrazione_P^i} \right]}{n} < 0$$

dove con gli indici R e P si indica rispettivamente "reattivo" e "passivo", e con "Concentrazioni i_x " si intendono i valori del 90° percentile dei risultati delle analisi chimiche condotte per ciascun contaminante.

Nel caso in cui il risultato venga minore di zero, vorrà dire che esiste una contropartita all'utilizzo del capping reattivo, altrimenti si potrà concludere che i benefici non compensano l'aumento di spesa richiesto.

5.3.4 Relazione con altri ambiti progettuali

Gli interventi di capping della macrozona 2 sono chiaramente legati agli interventi di dragaggio e rimozione di sedimenti nella macrozona 1 e avranno effetti, insieme a tutti gli interventi proposti (come rimozione colmata e nuova linea di costa), con le aree a mare del SIN di Bagnoli-Coroglio esterne alle zone di intervento.

Infatti, le attività previste lungo la costa e nelle due macrozone suddette andranno a ridurre la massa di contaminanti che migreranno dai sedimenti verso l'acqua di mare, non solo nelle aree di intervento, ma anche in quelle limitrofe, generando un generale miglioramento della qualità dell'ambiente marino dell'intero Golfo di Bagnoli.

Vista l'interconnessione fra gli interventi proposti, per non ridurre l'efficacia di un singolo intervento a seguito della realizzazione di quello successivo, si prevede di effettuare le attività in un preciso ordine temporale, che vede la realizzazione del capping come ultimo step, subito dopo gli interventi di rimozione dei sedimenti nella macrozona 1.

5.3.5 Piano di sviluppo della progettazione

Una volta raccolte tutte le informazioni di campo utili, la progettazione dell'intervento di capping e risanamento dell'habitat naturale sarà costituita dai presenti elaborati:

- ✓ Relazione Tecnica sull'intervento di capping con schede tecniche dei materiali utilizzati
- ✓ Planimetria generale con indicazione delle opere di progetto
- ✓ Sezioni tipo e Particolari costruttivi

Inoltre, dalla valutazione delle attività dei test pilota condotti, sarà stimata la durata dell'intervento e, considerando eventuali economie di scala, anche i relativi costi.

5.3.6 Risultati attesi

I risultati attesi dall'intervento di capping e ricostruzione dell'habitat naturale sono quelli di:

- ✓ portare un contributo alla qualità delle acque marine e renderle nuovamente balneabili;
- ✓ migliorare lo stato qualitativo degli organismi acquatici in termini di riduzione del bioaccumulo di contaminanti e presenza di biomarkers.

5.4 CRITERI DI COLLAUDO

Al termine della realizzazione del capping sarà eseguita una prima fase di collaudo (provvisoria) con lo scopo di verificare la stabilità dell'opera realizzata. Il collaudo finale sarà realizzato passati 2 anni dalla messa in opera. Il collaudo finale avrà lo scopo di mostrare il raggiungimento degli obiettivi di risanamento e/o della messa in sicurezza delle aree marine di Bagnoli e verrà eseguito in contraddittorio con gli Enti competenti.

I collaudi prevederanno di ripetere e certificare le operazioni già eseguite in fase di monitoraggio post-operam:

- ✓ misurazione della batimetria;
- ✓ verifica dell'integrità dell'habitat ricostruito in campo tramite operatore subacqueo.

5.4.1 Misurazione della batimetria

Il rilievo morfologico, che ha lo scopo di verificare il mantenimento delle condizioni di intervento, sarà effettuato sui fondali delle aree interessate dalle operazioni di intervento (rimozione selettiva, capping e ricostruzione dell'habitat

naturale) adoperando un natante abilitato alla navigazione e regolarmente iscritto al traffico costiero mediante l'impiego di Digital Side Scan Sonar Klein 3000 100/500 Khz, con cavo in Kevlar da 50 m.

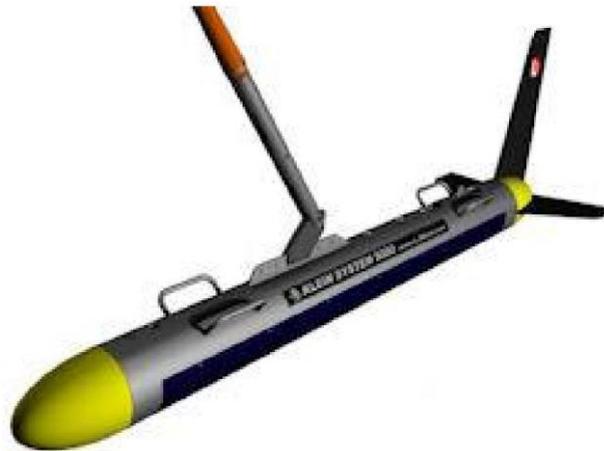


Figura 5.6: Digital Side Scan Sonar Klein 3000

Lo strumento di rilevamento sarà abbinato ad un sistema di navigazione GPS HWe SFW SonarPro e ad un sistema di acquisizione dati PDS2000-Multibeam per la georeferenziazione dei 9 areali di progetto. L'operatore sarà in possesso dei corsi di formazione aggiornati per l'interpretazione dei dati raccolti nei formati digitali e la restituzione degli stessi in tavole tematiche.

In caso di elevata torbidità o forti correnti marine, i rilievi strumentali potranno essere abbinati a sopralluoghi mediante operatori subacquei muniti di videocamere o di ROV teleguidati.

I rilievi batimetrici verranno eseguiti impiegando la seguente strumentazione:

- ✓ Rilevatore batimetrico ad alta risoluzione modello iWBMS Narrow Transmit (400kHz) della Società Norbit;
- ✓ POS MV Wavemaster II della società Applinx. Strumento che combina i dati GNSS (Global Navigation Satellite System) e GAMS (Azimuth GNSS) con i dati di velocità angolare e accelerazione, rilevati da un sensore inerziale, al fine di ottenere una accurata posizione ed orientamento del rilevatore;
- ✓ Ricevitore di bordo OEM GNSS/INS;
- ✓ Sonar in tempo reale.

L'obiettivo della batimetria di collaudo sarà quello di mostrare il mantenimento dell'80% dello spessore teorico di Progetto per un periodo di 2 anni secondo con la frequenza riportata nella tabella seguente.

Tabella 5.1: Frequenza dei controlli batimetrici

Tipo di controllo	Primo anno	Secondo anno
Batimetrico	Semestrale	Annuale

5.4.2 Verifica dell'integrità dell'habitat ricostruito

La verifica dell'integrità dell'habitat ricostruito in campo sarà effettuata tramite operatore subacqueo, controllando in conformità alle Linee Guida ISPRA 106/2014:

- ✓ il tasso di sopravvivenza delle talee;
- ✓ il distacco delle talee,
- ✓ la mortalità delle talee.

L'obiettivo verrà ritenuto raggiunto se il 75% delle talee trapiantate sarà sopravvissuto e rimasto in loco per un periodo di 2 anni e verrà verificato secondo la frequenza riportata nella tabella seguente.

Tabella 5.2: Frequenza dei controlli dell'integrità dell'habitat

Tipo di controllo	Primo anno	Secondo anno
Integrità habitat	Semestrale	Annuale

5.5 CRITERI DI MONITORAGGIO

A valle delle operazioni di collaudo provvisorio, verranno condotte, per 2 anni, ulteriori operazioni di monitoraggio volte a valutare gli effetti dell'intervento condotto sugli aspetti ambientali, in modo da aggiornare la valutazione di rischio ecologica (ERA).

Il monitoraggio prevederà l'esecuzione di controlli sugli organismi acquatici.

5.5.1 Controlli sugli organismi acquatici

I controlli sugli organismi acquatici saranno ripetuti con la frequenza riportata nella tabella seguente, per un periodo complessivo di 2 anni; il primo monitoraggio sarà effettuato almeno 6 mesi dopo il termine delle operazioni di intervento, e nel periodo primaverile nel caso venga fatto su specie native (tale precisazione non vale per i mitili immessi nelle gabbie).

Tabella 5.3: Frequenza dei controlli sugli organismi acquatici

Tipo di controllo	Primo anno	Secondo anno
Mitili (Bioaccumulo e Biomarker)	Semestrale	Annuale
Macrobenthos	Semestrale	Annuale
Fauna ittica (Bioaccumulo e Biomarker)	Semestrale	Annuale

Le modalità di campionamento e analisi, e i punti di indagine sono quelli riportati nel Progetto ABBaCo per la misura del bioaccumulo, dei biomarkers e delle comunità bentoniche.

5.5.2 Aggiornamento valutazione rischio ecologica (ERA)

I controlli effettuati sugli organismi acquatici permetteranno l'aggiornamento della valutazione di rischio ecologica secondo la metodologia proposta e mutuata dall'approccio SediquaSoft utilizzato nel Progetto ABBaCo.

In particolare, i nuovi dati permetteranno la rivalutazione delle linee di evidenza relative al bioaccumulo (LOE2), ai biomarkers (LOE3) e allo stato delle comunità bentoniche (LOE5), e i risultati ottenuti verranno confrontati con quelli riportati nel progetto ABBaCo in modo da evidenziare i miglioramenti ottenuti grazie all'intervento proposto.

