



VOLUME 2

PROGETTO DEFINITIVO

FILE

CODICE

| Rev. | Data     | Causale   |
|------|----------|-----------|
| 0    | Gen 2023 | Emissione |
| 1    |          |           |
| 2    |          |           |
| 3    |          |           |

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO  
Ing. Giulia Minghetti

# RENCO

**INDICE**

|  |          |
|--|----------|
| <b>1 Premessa e quadro normativo .....</b>   | <b>2</b> |
| <b>2 Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti .....</b> | <b>3</b> |
| 2.1 Descrizione dettagliata delle opere da realizzare, comprese le modalità di scavo .....                             | 3        |
| 2.2 Inquadramento ambientale del sito .....  | 10       |
| 2.2.1 Elaborati grafici di riferimento .....   | 11       |
| 2.2.2 Strumenti urbanistici vigenti .....  | 11       |
| 2.2.2.1 Piano Strutturale Comunale (PSC) .....   | 11       |
| 2.2.2.2 Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE) .....   | 13       |
| 2.2.2.3 Piano Operativo Comunale (POC) .....   | 14       |
| 2.2.3 Inquadramento geologico ed idrogeologico .....   | 14       |
| 2.2.4 Attività pregresse svolte nel sito .....   | 21       |
| 2.3 Proposta del piano di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo .....   | 21       |
| 2.3.1 Caratterizzazioni pregresse .....  | 22       |
| 2.3.1.1 Numero e caratteristiche dei punti di indagine .....   | 22       |
| 2.3.1.2 Numero dei campioni analizzati .....   | 23       |
| 2.3.1.3 Parametri ricercati .....  | 24       |
| 2.3.1.4 Sintesi dei risultati della caratterizzazione ambientale pregressa .....                                       | 25       |
| 2.3.2 Proposta del piano di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo .....                                       | 26       |
| 2.3.2.1 Numero e caratteristiche dei punti di indagine .....   | 26       |
| 2.3.2.2 Numero e modalità dei campionamenti da effettuare .....  | 26       |
| 2.3.2.3 Parametri da determinare .....   | 27       |
| 2.4 Volumetrie previste .....  | 27       |
| 2.4.1 Volumetrie di scavo .....  | 27       |
| 2.4.2 Volumetrie da riutilizzare in sito .....   | 27       |
| 2.4.3 Tempistiche .....  | 28       |
| 2.5 Appendice: esiti caratterizzazioni 2013 / 2017 .....   | 28       |

## 1 PREMESSA E QUADRO NORMATIVO

Il presente documento illustra le modalità di utilizzo dei terreni che saranno escavati nell'ambito dei lavori per la realizzazione dell'impianto di recupero di rifiuti non pericolosi costituiti da fanghi di dragaggio.

I terreni escavati verranno utilizzati per la preparazione del piano di imposta degli edifici e degli impianti, all'interno della Cassa Nadep in cui verrà realizzato l'impianto.

Si è quindi in una situazione di riutilizzo in sito, per la quale vale quanto previsto dall'art. 185 D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

*"1. Non rientrano nel campo di applicazione della parte quarta del presente decreto: [...] c) il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato, [...]"*

In caso di riutilizzo in sito ai sensi dell'art. 185 D.Lgs. 152/06 e s.m.i. il DPR 120/2017 prevede, per i progetti assoggettati a VIA come quello in esame, la predisposizione di un *"Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti"*.

L'art. 24, comma 3, del DPR 120/2017 prevede che il *"Piano preliminare di utilizzo in sito delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti"* contenga:

- a) descrizione dettagliata delle opere da realizzare, comprese le modalità di scavo;
- b) inquadramento ambientale del sito (geografico, geomorfologico, geologico, idrogeologico, destinazione d'uso delle aree attraversate, ricognizione dei siti a rischio potenziale di inquinamento);
- c) proposta del piano di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo da eseguire nella fase di progettazione esecutiva o comunque prima dell'inizio dei lavori, che contenga almeno:
  - 1 numero e caratteristiche dei punti di indagine;
  - 2 numero e modalità dei campionamenti da effettuare;
  - 3 parametri da determinare;
- d) volumetrie previste delle terre e rocce da scavo;
- e) modalità e volumetrie previste delle terre e rocce da scavo da riutilizzare in sito.

Il presente elaborato costituisce quindi il Piano di Utilizzo delle terre e rocce da scavo relativo ai terreni da escavare e riportare per la creazione del piano di posa di edifici ed impianti.

## **2 PIANO PRELIMINARE DI UTILIZZO IN SITO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO ESCLUSE DALLA DISCIPLINA DEI RIFIUTI**

### **2.1 Descrizione dettagliata delle opere da realizzare, comprese le modalità di scavo**

Le casse di colmata Nadep sono situate tra via Vecchi, via Orioli e via Trieste, in prossimità della Pialassa del Piombone, a Ravenna. Le casse centrale e interna, oggetto del progetto, occupano una superficie di circa 175.800 m<sup>2</sup>, di cui circa 15 ettari di colmata. Un argine centrale divide la cassa Nadep interna dalla cassa Nadep Centrale.

Le strade identificate in via Orioli e via Vecchi, situate nei pressi della cassa di colmata, hanno una quota di circa +0.7m s.l.m.m. L'accesso alla cassa di colmata avviene attualmente tramite una rampa carrabile su via Vecchi.

Le casse sono state realizzate con argini in materiale eterogeneo misto di sabbia e limo, a sezione trapezoidale, rivestiti internamente da teli in materiale plastico.

Il progetto assume che le casse di colmata siano rese disponibili:

- con gli argini della cassa Nadep centrale a + 8,50 m slm (compresi gli argini di separazione con la cassa Nadep interna) e con gli argini della cassa interna (o nord) a quota + 5 m s.l.m.
- con la cassa Nadep centrale svuotata fino a quota + 0,5 m s.l.m. e con la Cassa interna svuotata fino a quota + 2,05 m s.l.m.

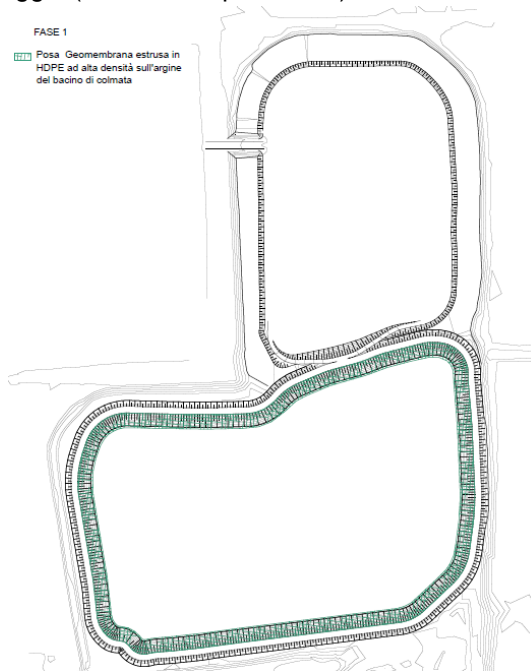
Le fasi di cantiere per la costruzione dell'impianto ora in progetto sono così sintetizzabili:

- FASE 1: posa geomembrana in HDPE
- FASE 2: realizzazione jet grouting
- FASE 3: trattamento terreno mediante miscelazione con calce in trincee 4 x 4 m di spessore 1 metro
- FASE 4: trattamento del terreno in sito
- FASE 5: realizzazione fondazioni e vasche
- FASE 6: realizzazione impianto idraulico
- FASE 7: completamento piazzale e viabilità
- FASE 8: completamento strutture impianto

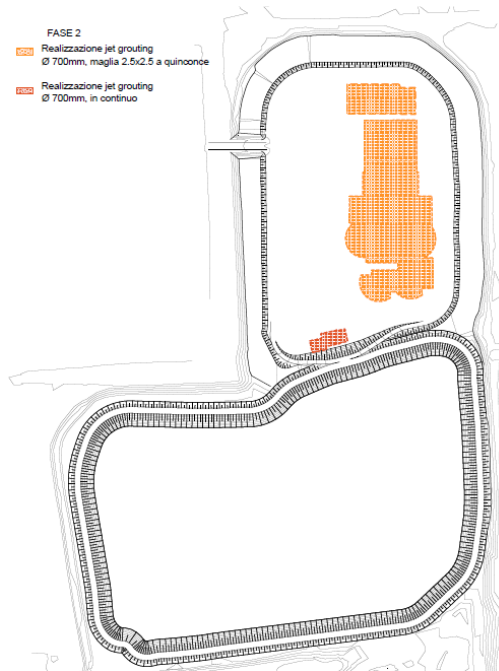
Di seguito si fornisce una sintetica descrizione di ogni fase, con indicazione grafica dell'area di intervento.

**FASE 1: posa geomembrana in HDPE**

In tale fase è prevista la posa della geomembrana estrusa in HDPE ad alta densità sull'argine del bacino di colmata destinato alla messa in riserva dei fanghi di dragaggio (cassa Nadep centrale).

**FASE 2: realizzazione jet grouting**

In tale fase è prevista l'iniezione di miscela cementizia ad alta pressione nel terreno

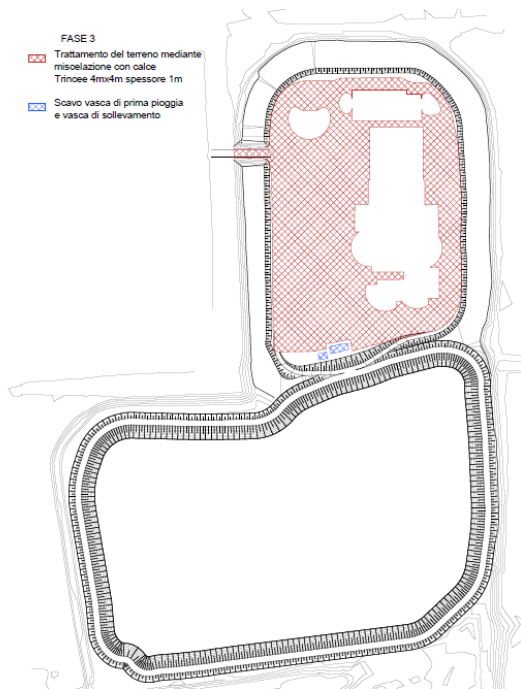


**FASE 3: trattamento terreno con miscelazione a calce, scavo vasca prima pioggia e vasca di sollevamento**

Il volume di terreno trattato è a ca. 23500 mc con l'aggiunta di circa 1200 ton di calce.

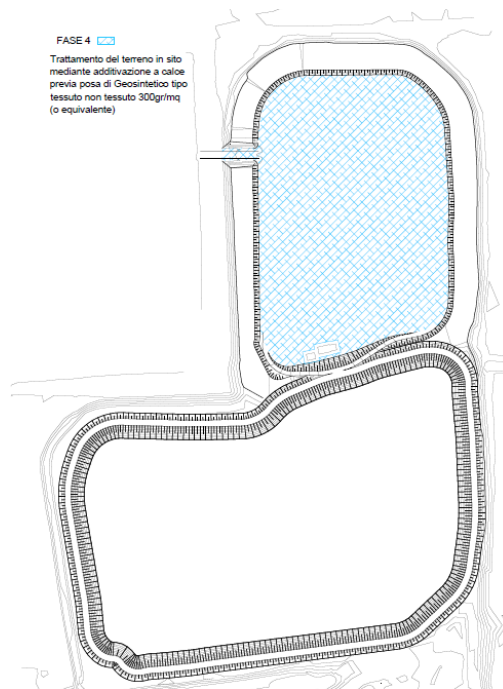
Il Mass Soil Mixing (MSM), o stabilizzazione di massa, è una tecnica di miglioramento dei terreni soffici o sciolti, mescolandoli meccanicamente con un legante. Il processo simultaneamente rompe il terreno senza rimuoverlo, inietta un legante a bassa pressione e lo mescola accuratamente con il terreno per formare un blocco di terreno rinforzato dopo il trattamento.

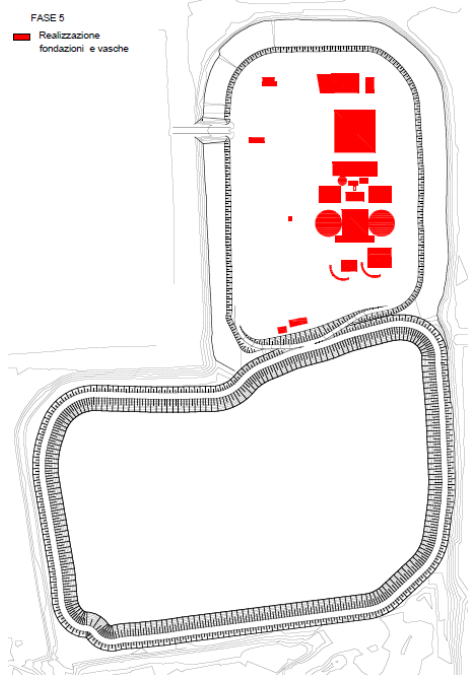
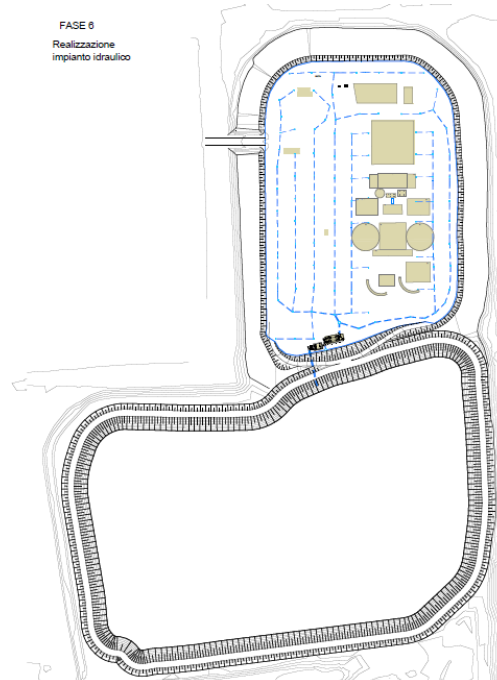
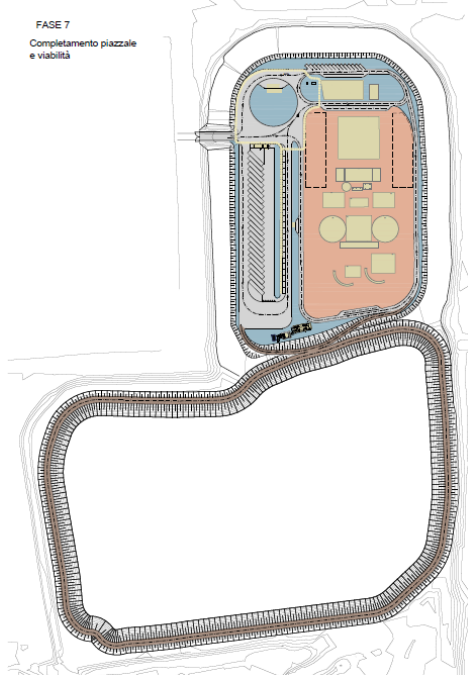
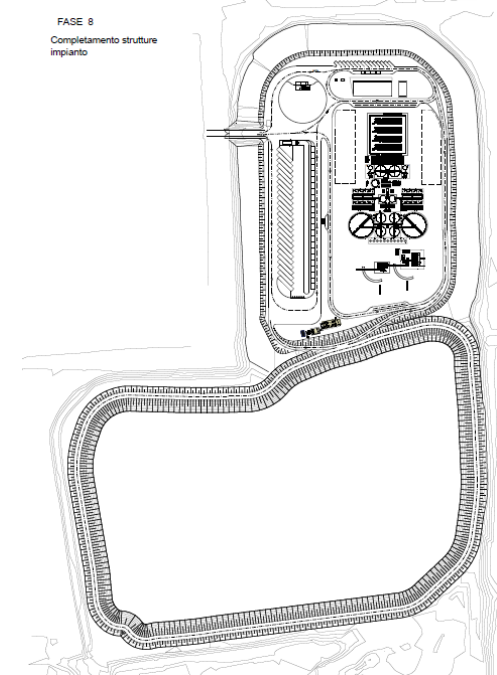
Il processo di miscelazione di massa del terreno avviene in "celle" predefinite dell'ordine di 4 m x 4 m che sono mescolate a quelle adiacenti per formare una zona stabilizzata in massa al 100%, in base alla resistenza e rigidità progettate. Viene impiegato un mezzo d'opera che inietta con un ugello la calce e la rimescola con il terreno mediante una fresa.


**FASE 4: trattamento terreno**

Questa fase comprende sia lo scavo di sbancamento di ca. 60000 mc, che la posa di circa 3000 ton di calce.

Il terreno viene escavato, stoccato in cumuli e poi disteso a strati di un determinato spessore su cui viene distesa la calce tramite mezzi spandilegante



**FASE 5: realizzazione fondazioni e vasche****FASE 6: realizzazione impianto idraulico****FASE 7: completamento piazzale e viabilità****FASE 8: completamento strutture e impianto**

Il progetto prevede diversi interventi di consolidamento del terreno volto al supporto dei carichi che verranno apposti dalla realizzazione di impianti ed edifici. Tali interventi sono, in sintesi:

3. Strade e aree con destinazione generica
2. Aree di piazzale
1. Aree al di sotto di opere strutturali



L'intervento **tipo 3** consta di una ricollocazione del materiale in sito per uno spessore massimo di 2 m dal piano finale previa collocazione di un geotessuto e posa in opera del medesimo materiale alternato a strati di calce e compattato per strati.

L'intervento **tipo 2** è previsto affinché al di sotto di strade, aree parcheggio ed aree di piazzale siano limitati i cedimenti nel tempo assoluti e relativi. Allo schema del tipo 3 viene quindi aggiunto un intervento nello strato sottostante. Con i parametri desunti dalle indagini geotecniche fornite risulta adeguato e sufficientemente conservativo l'esecuzione di una maglia lineare di miscelazione del terreno in sito con calce sino ad una profondità di 2m (MSM, mass soil mixing method). La maglia di trincee di 4m x 4m con spessore di 1m, consentono di distribuire i carichi in eccesso agli strati più competenti. Si evitano così deformazioni del piazzale e della strada e al contempo si garantisce un comportamento omogeneo e armonizzato.

Gli interventi di **tipo 1** sono previsti al di sotto delle fondazioni e impianti, dove si devono:

- evitare cedimenti assoluti, anche sotto carichi elevati
- evitare cedimenti differenziali per il corretto funzionamento dell'impianto
- evitare scalini/cedimenti locali al passaggio con altre aree

Si prevede quindi che al di sotto delle platee di fondazione vi sia un intervento di tipo 3 sovrapposto ad un intervento di tipo 1, garantendo almeno 1.50 m di spessore e comunque mai arrivando una quota assoluta inferiore a 0 m s.l.m. Lo strato trattato a calce dell'intervento di tipo 3 poggerà su una maglia a quincce di colonne di jet-grouting con diametro minimo di 70 cm. Le colonne saranno di profondità di 14 m, la maglia è 2.5mx2.5m.

Per ridurre assestamenti e gradini sui giunti si prevede di estendere questo intervento per una fascia di 4-5m dal bordo di intervento (platea o altro).

Nelle seguenti figure si identificano le aree interessate dai 3 interventi.

**L'intervento di interesse ai fini del presente piano è quello di tipo 3, in quanto unico che prevede lo scavo e la successiva posa del terreno. Gli altri due interventi sono effettuati mantenendo il terreno in loco.**

**Conseguentemente gli interventi oggetto del presente piano saranno svolti nella fase 4 di cantiere prima illustrata.**

È previsto l'utilizzo dei seguenti mezzi operativi:

- n.2 escavatori
- n.4 dumper
- n.1 spandilegante
- n.1pulvimixer
- n.1 compattatore

Il terreno viene escavato, stoccato in cumuli e poi disteso a strati, alternando la posa di strati di calce tramite mezzi spandilegante.

**Il sito di scavo e riutilizzo è individuato nella cassa Nadep interna (o nord), in quanto nella cassa Nadep centrale non si prevede alcuna attività di scavo.**



## INTERVENTO TIPO 3

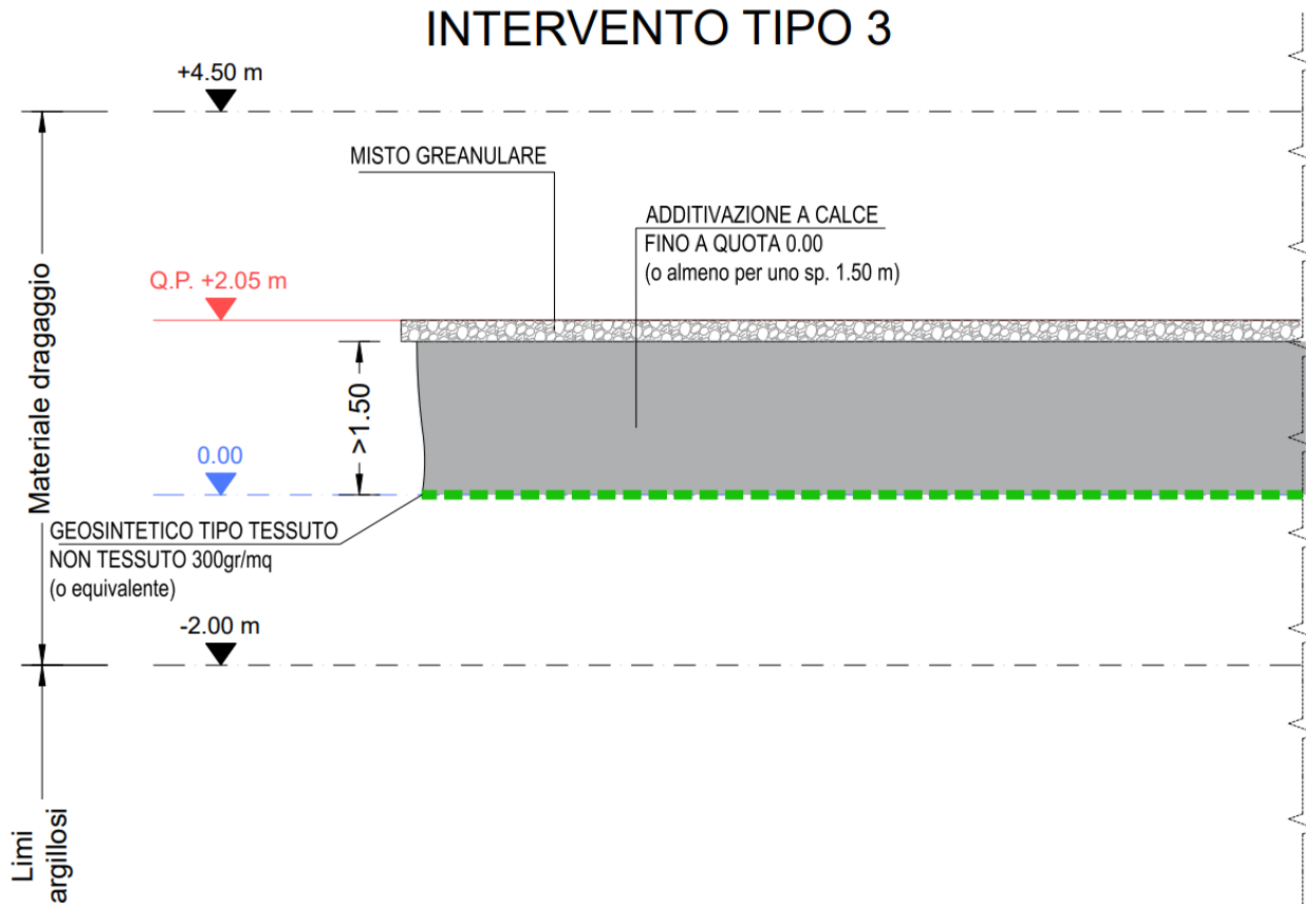
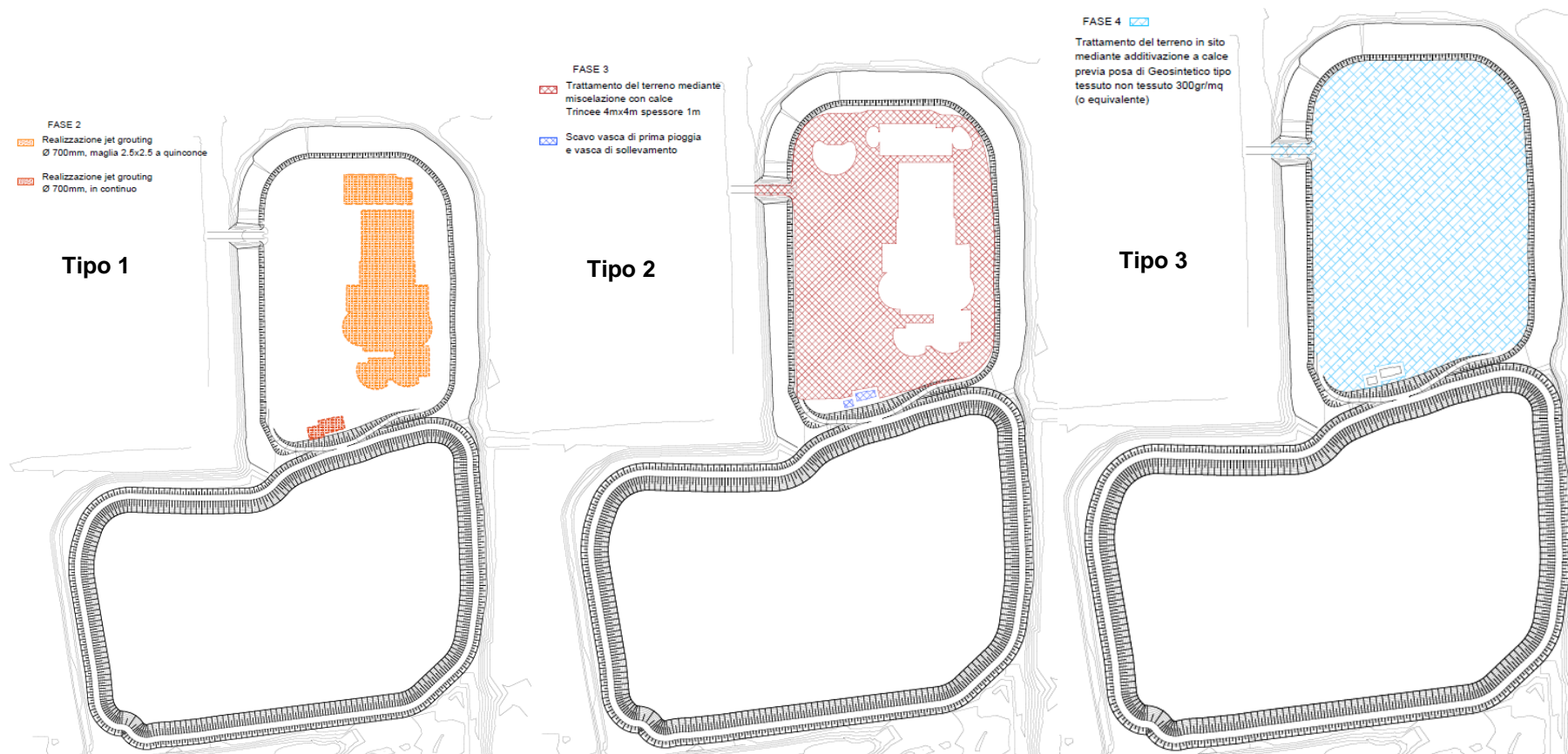


Figura 1 – Schema intervento tipo 3



*Figura 2 – Ubicazione interventi di consolidamento previsti*

## 2.2 Inquadramento ambientale del sito

Le casse di colmata Nadep sono situate tra via Vecchi, via Orioli e via Trieste, in prossimità della Pialassa del Piombone, a Ravenna. Le casse centrale e interna, oggetto del progetto, occupano una superficie di circa 175.800 m<sup>2</sup>, di cui circa 15 ettari di colmata. Un argine centrale divide la cassa Nadep interna dalla cassa Nadep Centrale.

Le strade identificate in via Orioli e via Vecchi, situate nei pressi della cassa di colmata, hanno una quota di circa +0.7m s.l.m.m. L'accesso alla cassa di colmata avviene attualmente tramite una rampa carrabile su via Vecchi.

Le casse sono state realizzate con argini in materiale eterogeneo misto di sabbia e limo, a sezione trapezoidale, rivestiti internamente da teli in materiale plastico.

Il progetto assume che le casse di colmata siano rese disponibili con gli argini della cassa Nadep centrale a + 8,50 m slm (compresi gli argini di separazione con la cassa Nadep interna) e con gli argini della cassa interna (o nord) a quota + 5 m s.l.m..

Il progetto assume che le casse di colmata siano rese disponibili con la cassa Nadep centrale svuotata fino a quota + 0,5 m s.l.m. e con la Cassa interna svuotata fino a quota + 2,05 m s.l.m.

I sedimenti contenuti nelle casse sono stati dragati tra gli anni 2008 e 2011

Il sito di scavo e riutilizzo è individuato nella cassa Nadep interna (o nord), in quanto nella cassa Nadep centrale non si prevede alcuna attività di scavo.



Figura 3 - Conformazione planimetrica delle casse Nadep. Corografia di inquadramento su ortofoto

### 2.2.1 Elaborati grafici di riferimento

- Mappa catastale: si veda l'elaborato VOL2-Elaborato5
- Carta Tecnica Regionale: si veda l'elaborato VOL2-Elaborato5
- Planimetria con impianti e sottoservizi

Nel sito di scavo ed utilizzo non sono collocati impianti o sottoservizi con i quali possano prevedersi interferenze nel corso dei lavori o che dovranno essere smantellati all'atto dell'escavazione o della deposizione, pertanto non si riportano planimetrie ad essi riferiti.

### 2.2.2 Strumenti urbanistici vigenti

I documenti vigenti per la pianificazione urbanistica del Comune di Ravenna sono:

- PSC (Piano Strutturale Comunale).

Il PSC è lo strumento di pianificazione urbanistica generale che deve essere predisposto dal Comune, con riguardo a tutto il proprio territorio, per delineare le scelte strategiche di assetto e sviluppo e per tutelare l'integrità fisica ed ambientale e l'identità culturale dello stesso. Tale Piano non attribuisce in nessun caso potestà edificatoria alle aree né conferisce alle stesse una potenzialità edificatoria subordinata all'approvazione del POC ed ha efficacia conformativa del diritto di proprietà limitatamente all'apposizione dei vincoli e condizioni non aventi natura espropriativa.

- RUE (Regolamento Urbanistico Edilizio).

Il RUE contiene le norme attinenti alle attività di costruzione, di trasformazione fisica e funzionale e di conservazione delle opere edilizie, ivi comprese le norme igieniche di interesse edilizio, nonché la disciplina degli elementi architettonici e urbanistici, degli spazi verdi e degli altri elementi che caratterizzano l'ambiente urbano.

- POC (Piano Operativo Comunale).

Il POC è lo strumento urbanistico che individua e disciplina gli interventi di tutela e valorizzazione, di organizzazione e trasformazione del territorio, da realizzare nell'arco temporale di cinque anni.

#### 2.2.2.1 *Piano Strutturale Comunale (PSC)*

Dall'analisi della Tavola 3 “*Spazi e Sistemi*” degli elaborati grafici prescrittivi del Piano, emerge come le casse di colmata Nadep ricadano in una zona appartenente allo “Spazio portuale”, normato dal Titolo V delle NTA, e in particolare nelle “Aree consolidate per attività produttive portuali”, disciplinate dall'art. 83 delle NTA.



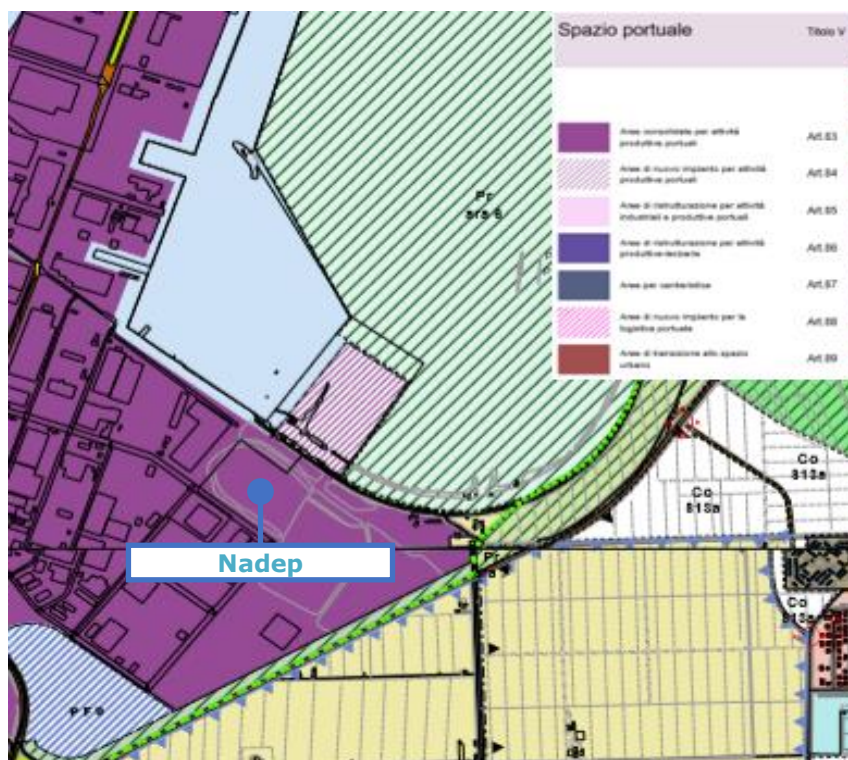


Figura 4 - Stralcio della Tavola 3 "Spazio e sistemi"

Secondo l'articolo citato, "tali aree sono destinate allo stoccaggio, alla movimentazione e lavorazione delle merci ed alle attività industriali che, per ragioni logistiche, debbono avere una stretta relazione con il porto, con esclusione di nuovi impianti a rischio di incidente rilevante (RIR) e/o potenziamento di impianti RIR esistenti che comportino aree di isodanno esterne ai confini di insediamento al di fuori della procedura per la delocalizzazione prevista dal comma 2; sono in ogni caso esclusi nuovi impianti e/o potenziamento di impianti esistenti per movimentazione, deposito e lavorazione di sostanze con frasi di rischio "R11" ed "R12" di cui alla direttiva 549/67/CEE e successive modifiche ed integrazioni, salvo il caso che derivino dal trasferimento di uguali quantità e tipologie già insediate previsto nell'ambito dei processi di delocalizzazione previsti dal c.2. Va in ogni caso perseguita la qualità ecologico-ambientale".

L'articolo 83 dispone inoltre che nelle aree consolidate per attività produttive portuali il PSC individua:

- le parti che sono comprese in progetti unitari approvati ed in corso di attuazione, che sono disciplinate dal RUE e per le quali il POC può prevedere obiettivi, prescrizioni e prestazioni per eventuali variazioni dei progetti unitari già approvati;
- gli interventi ricadenti nelle restanti parti sono disciplinati dal RUE, salvo il caso che interessino processi di delocalizzazione di impianti RIR resta disciplinata dall'art. XV.6-c3 delle NTA del PRG 93, per quanto non in contrasto con le presenti norme, e salvo quanto eventualmente previsto dal RUE.

Dall'esame della cartografia di piano risulta inoltre che per l'area in esame sia soggetta ad *Attuazione indiretta ordinaria*.

### 2.2.2.2 Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE)

Le Norme di Attuazione del RUE, redatte ai sensi della L.R. 20/2000 ed in conformità con il PSC del Comune di Ravenna, disciplinano le trasformazioni del territorio articolandole in rapporto alle diverse situazioni territoriali ed alle diverse fattispecie di interventi.

Si riporta di seguito un estratto della Tavola RUE 2 dal titolo “*Regimi normativi della città esistente e del territorio extraurbano*” relativa all’area in esame.



Figura 5 – Stralcio della Tavola 2.33 “Regimi normativi della città esistente e del territorio extraurbano”

L’area in esame ricade nell’art. III.1.3 “*Ambiti a disciplina particolareggiata pregressa*”.

Negli ambiti in cui il PUA è in corso di validità si applica la disciplina definita dal PUA stesso. Decorsi 10 anni dalla stipula della convenzione, ad avvenuta realizzazione del PUA (realizzazione e collaudo delle opere di urbanizzazione, cessione di aree ed altri impegni convenzionali), vale la disciplina di RUE relativa ai tessuti, alle dotazioni territoriali e a quant’altro rappresentato nelle tavole di RUE.

In particolare il RUE qualifica l’area come “*Aree consolidate per attività produttive portuali facenti parte di PU vigenti alla data di adozione del PSC*” - Art. VII.1.4.

Nelle Aree consolidate per attività produttive portuali il RUE individua le parti che sono comprese in PU approvati ed in corso di attuazione alla data di adozione del PSC. In tali aree, si applicano usi, indici e parametri di cui all’art. VII.1.2 o, qualora non in contrasto, le previsioni dei PU approvati, fermo restando che l’attuazione o il completamento delle parti pubbliche o di uso pubblico è regolata dalle prescrizioni dei singoli PU approvati.

Il citato art. VII.1.2 indica che:

1. In tutte le componenti dello Spazio Portuale si applicano le disposizioni generali, di cui al presente articolo, fatte salve le diverse prescrizioni o limitazioni di cui alle specifiche norme di componente.
2. Sono ammessi tutti gli usi PO di cui alle lettere c) e d) dell'art. II.2.3. Non sono comunque consentiti nuovi impianti per la produzione di energia da combustibili fossili. [...]

Gli usi PO citati alle lettere c) e d) dell'art. II.2.3 sono i seguenti:

**c) Produttiva**

**PO.1** Movimentazione, carico, deposito, manipolazione, prima lavorazione delle merci con esclusione di quelle aventi le caratteristiche per le quali erano classificate R11 e R12 ai sensi della Direttiva 67/548CEE (ora sostituita dal Reg. CE 1272/2008). Sono comprese in tali attività le officine di manutenzione di macchinari e containers e le attività amministrative e di servizio relative al singolo intervento.

**PO.2** Attività di cantieristica, di deposito e manutenzione imbarcazioni, di manutenzione di macchinari e containers, attività di presidio ambientale, con esclusione di impianti RIR

**PO.4** Attività industriali in ambito portuale. Rientrano in tale uso anche le strutture relative ai servizi di rimorchio ed ormeggio ed alla loro integrazione con strutture dedicate alle attività off shore, le sedi amministrative ed operative di tali attività, nonché i servizi di foresteria dedicati esclusivamente al personale imbarcato.

**d) Direzionale**

**PO.3** Attività amministrative e direzionali di servizio alle attività portuali, attività di presidio ambientale

**PO.5** Attività di movimentazione passeggeri

**PO.6** Banchine e zone d'acqua, raccordi ferroviari, e zone di formazione convogli, aree di servizio e accesso alle banchine

**PO.7** Attrezzature per l'intermodalità. Sono compresi in tale uso impianti e servizi per i diversi sistemi di trasporto, magazzini, depositi, uffici, parcheggi e spazi di manovra, stazioni di rifornimento, attrezzature per controlli e varchi doganali, bar e mense aziendali, attrezzature amministrative e di servizio al personale

**2.2.2.3 Piano Operativo Comunale (POC)**

L'area non è soggetta al POC.

**2.2.3 Inquadramento geologico ed idrogeologico**

L'inquadramento geologico ed idrogeologico dell'area deriva dalle indagini svolte nell'ambito del presente progetto e dall'analisi della letteratura disponibile.

Dal punto di vista geomorfologico, il territorio del comune di Ravenna è assimilabile ad un piano debolmente inclinato N-NE, con lievi ondulazioni che si manifestano con depressioni a fondo sub-pianeggiante separate da zone in rilievo di forma allungata.

L'evoluzione morfologico-sedimentaria della pianura costiera romagnola è conseguenza dell'interazione di processi fluviali, marini costieri e tidali che hanno caratterizzato la dinamica deposizionale del Quaternario.

Le successioni dell'attuale pianura romagnola sono il risultato di avanzamenti e arretramenti della linea di costa dati dalla variazione del livello eustatico, in particolare nella parte finale del Quaternario.

Durante l'ultima glaciazione (regressione Würmiana 60.000-70.000 anni fa) il livello del mare si era abbassato rispetto a quello attuale di un centinaio di metri spostando la linea di costa a sud di Ancona, favorendo la



deposizione di limi argillosi con intercalazioni di argille e sabbie corrispondenti ad un ambiente di piana alluvionale.

Successivamente seguì una fase trasgressiva, corrispondente alla trasgressione Flandriana (circa 17.000 anni fa), che favorì l'ingressione marina e un arretramento della linea di costa circa 16-20 km ad ovest della costa attuale all'altezza di Ravenna. Tale evento è rappresentato da depositi di sabbie fini con intercalazioni limose-argillose corrispondenti ad un ambiente costiero di alta energia che interagiva con lo sfociare di fiumi locali quali il Lamone, Montone, Ronco, Savio.

Seguì una fase di regressione normale (Tardo Olocene) che si è verificata sulla costa dell'alto Adriatico, non più indotta da variazioni eustatiche ma di tipo deposizionale, che causò lo spostamento della vecchia linea di costa verso est, fino alla posizione attuale, dando luogo alla formazione dei depositi olocenici recenti.

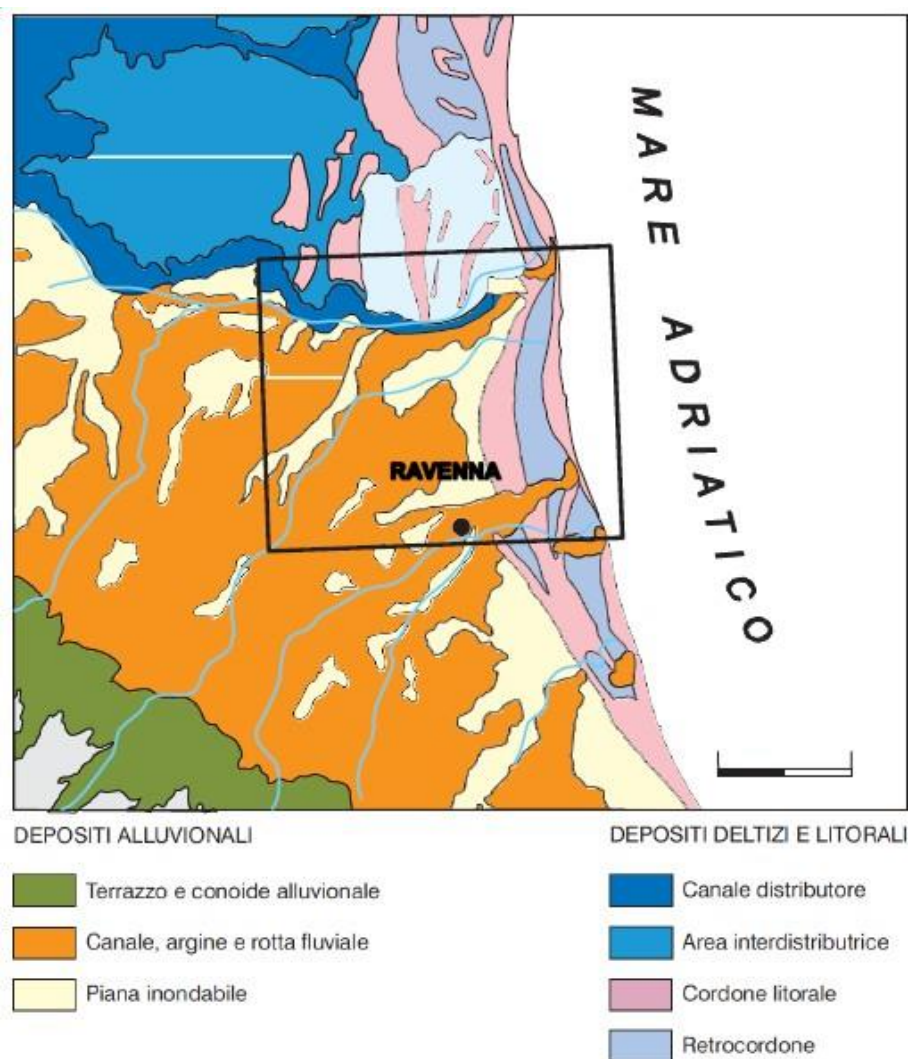
La progressiva migrazione verso mare della linea di costa fu data dal notevole apporto sedimentario dei fiumi Po e dei canali distributori meridionali, in particolare del Primaro (che corrisponde circa all'attuale fiume Reno a nord di Ravenna), che favorirono la formazione di un lobo deltizio di notevoli dimensioni. Questa fase nella parte a meridionale del delta del Po corrisponde a facies di ambienti di piana alluvionale formate da argille e limi più o meno sovraconsolidati ed a un sistema costiero formato da una serie di cordoni litorali sabbiosi con un orientamento NW-SE (parallelo all'antica linea di costa).

La presenza umana ha comportato una progressiva modifica dell'evoluzione naturale, riducendo il trasporto solido a scapito dell'avanzamento costiero e inducendo un tasso di subsidenza elevato che ha portato il territorio ad un abbassamento complessivo dell'ordine del metro e mezzo, modificando pesantemente l'assetto morfologico ed idrogeologico del luogo.

Infatti, negli anni subito successivi si verificò l'impossibilità dello scolo delle acque meteoriche, per questo motivo fu realizzato e potenziato negli anni un imponente sistema di idrovore per un mantenimento della falda sotto il piano campagna a una profondità comunque compatibile con la coltivazione dei terreni destinati a produzione agricola.

L'abbassamento del suolo, l'abbattimento della falda e la modifica dell'assetto idrogeologico del primo substrato furono cause convergenti dell'imponente ingressione dell'acqua del Canale Candiano in questo acquifero, situazione favorita dalla notevole permeabilità dei terreni costituiti da cordoni dunosi e linee di riva aventi una grande continuità laterale permettendo un'ampia diffusione spaziale del fenomeno.

L'area costiera assume quote assolute generalmente di -1/2 m s.l.m.



*Figura 6 - Schema geologico di superficie della Pianura Padana orientale (tratto dalla Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna). Si noti l'alternanza dei depositi di cordone litorale e di retrocordone nella parte costiera.*

Nel particolare l'area in cui sono ubicate le casse Nadep, è interessata da depositi di palude salmastra/laguna di retrocordone (Figura 7).



Figura 7 - Carta geologica delle macro-aree della Logistica suddivisa per ambienti deposizionali

Sulla base delle indagini geognostiche disponibili è stata definito un modello geologico locale, costituito da

- **Unità A: argini delle casse:** sabbia con limo/limo con sabbia, ben compattati.
- **unità Re\*:** crosta superficiale dell'unità R indurita per essiccamento
- **unità Re:** terreni dragati e refluiti all'interno delle casse: limo argilloso sabbioso localmente presenza di livelli sabbioso-limosi
- **unità P\*:** depositi fluviali di rotta/esondazione: sabbie limose/limi sabbiosi
- **unità P:** depositi di palude salmastra: limi argillosi/limi sabbiosi
- **unità S:** depositi di cordone litorale: sabbie limose/sabbie con limo
- **unità M:** depositi di prodelta: limi argillosi con frequenti intercalazioni limoso-sabbiose

Le seguenti sezioni sintetizzano il modello geotecnico di riferimento, elaborato sulla base delle prove CPTu e sondaggi.

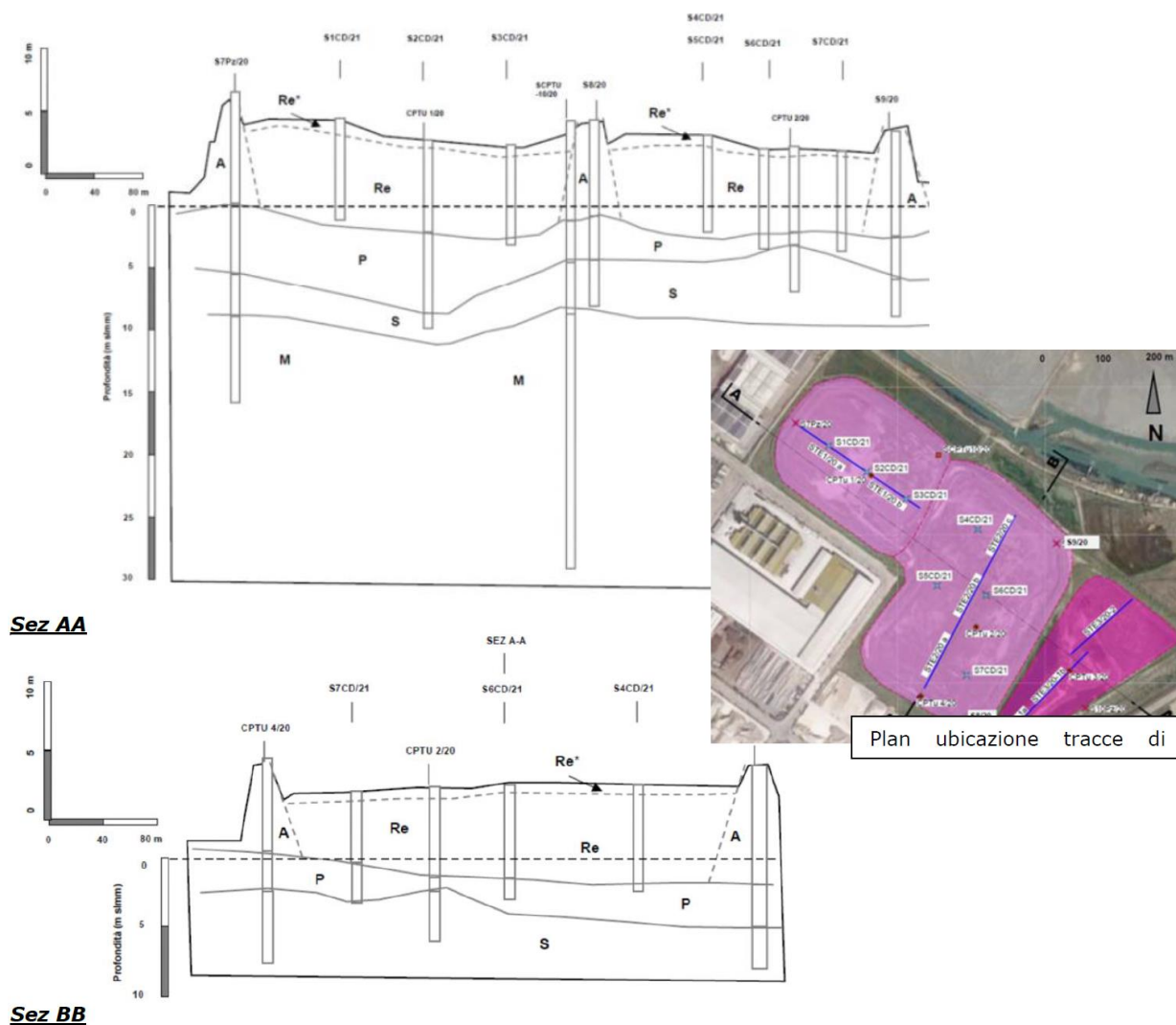
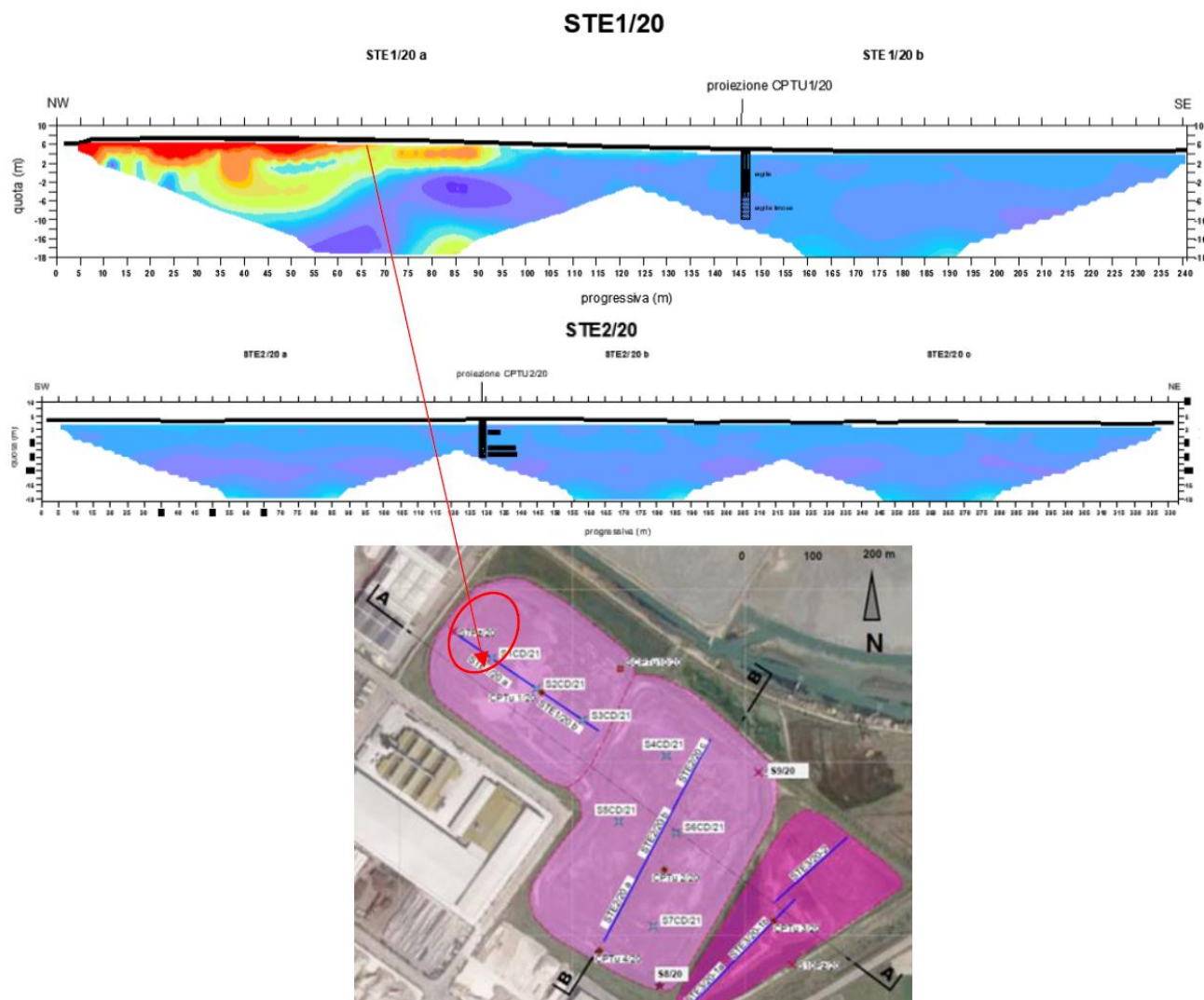


Figura 8 – Modello geologico casse Nadep

Il materiale dragato e sversato in cassa di colmata è costituito da limi argillosi e sabbiosi con locale incremento della frazione sabbiosa.

Gli stendimenti di geoelettrica hanno consentito di valutare la continuità e omogeneità delle caratteristiche granulometriche dei terreni refluiti nelle casse. Si osserva nella zona NW della Cassa Nadep Nord un'anomalia di resistività (colore rosso e arancio) che indica la presenza di uno strato superficiale di sabbia rispetto ai restanti materiali più fini che costituiscono l'unità.





*Figura 9 – Stendimenti geoelettrici*

Dal punto di vista idrogeologico, si rileva la presenza di un acquifero che può essere assimilato a scala regionale ad un sistema unico multistrato, strettamente connesso alla stratigrafia presente della pianura emiliana.

Ciascun acquifero risulta idraulicamente separato da quelli sovrastanti e sottostanti per la presenza di livelli argillosi impermeabili sviluppati a scala regionale, denominati “barriere di permeabilità regionali”.

Nell’ambito del territorio comunale di Ravenna è riconoscibile un sistema acquifero contenuto all’interno dei terreni quaternari continentali e delimitato inferiormente dall’interfaccia acqua dolce/acqua salata.

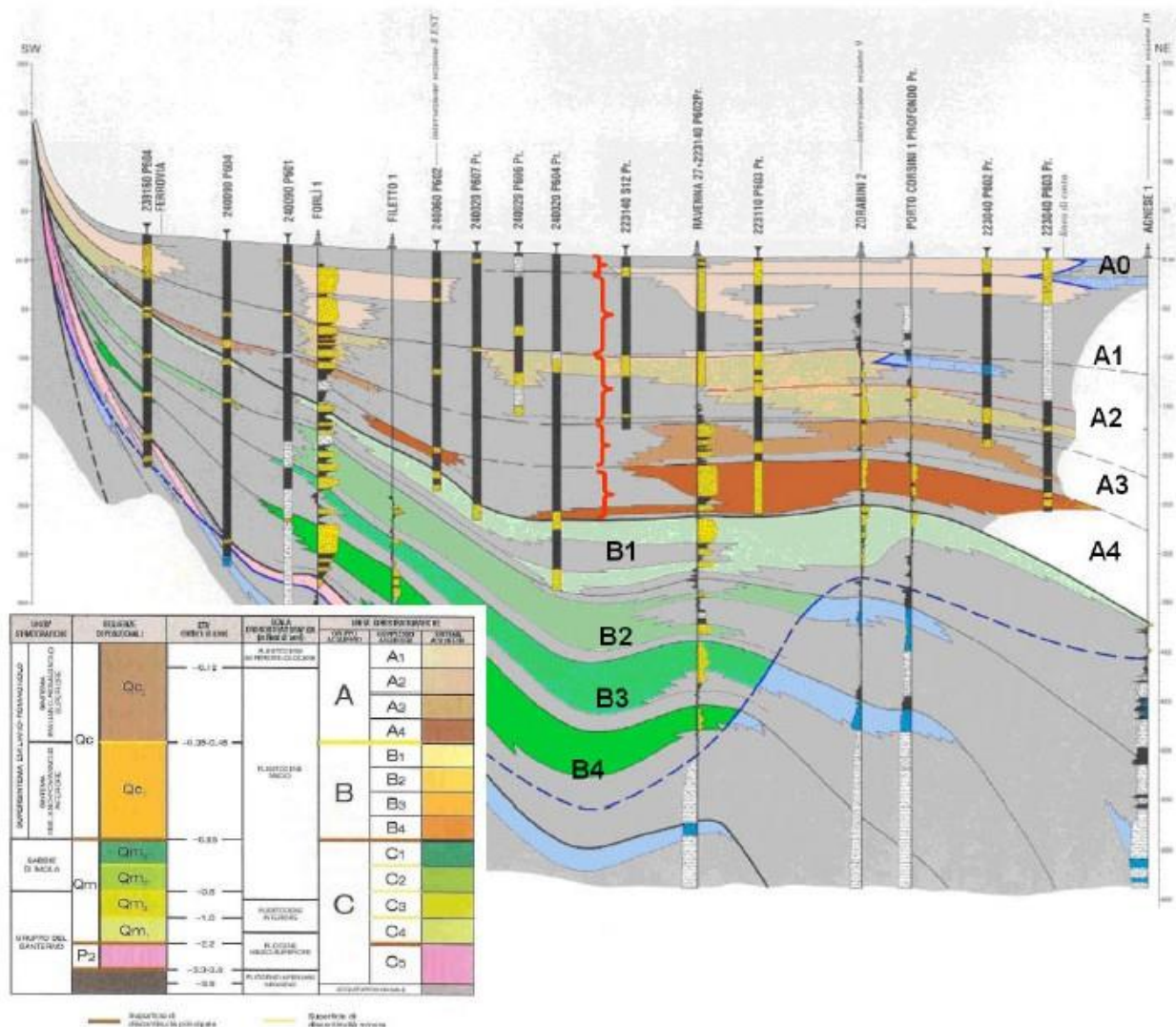


Figura 10 - Schema stratigrafico e suddivisione stratigrafico-sequenziale dei depositi plio-quadernari del l'area romagnola con indicazioni delle unità idrostratigrafiche

Questa falda superficiale è alimentata dall'infiltrazione diretta delle precipitazioni, dall'irrigazione, dalle perdite del reticolo idrografico ed è regimata dalla rete di canali e scoli consorziali, per lo più controllati da impianti idrovori e soggetta a modesti emungimenti.

La soggiacenza della falda freatica è dell'ordine di 1-2 m rispetto alla quota del medio mare, come evidenziato nella figura seguente.



Figura 11 - Stralcio della "Carta delle acque sotterranee-carta delle isofreatiche".

#### 2.2.4 Attività pregresse svolte nel sito

Le casse di colmata sono state utilizzate storicamente per il conferimento e l'asciugatura dei sedimenti dragati dal fondo dei canali portuali di Ravenna.

I materiali presenti nella cassa Nadep interna sono costituiti da sedimenti delle aree portuali dragati tra gli anni 2008 e 2011.

### 2.3 **Proposta del piano di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo**

Nelle "Linea guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo" (Delibera SNPA 54/2019) viene indicato che in caso di riutilizzo in sito "la non contaminazione è verificata ai sensi dell'Allegato 4. Per la numerosità dei campioni e per le modalità di campionamento, si ritiene di procedere applicando le stesse indicazioni fornite per il riutilizzo di terre e rocce come sottoprodotti ai paragrafi "3.2 Cantieri di grandi dimensioni non sottoposti a VIA o AIA" (per produzione > 6000mc) e "3.3 Cantieri di piccole dimensioni" (per produzione < 6000mc)".

Nel caso in esame è quindi necessario fare riferimento a quanto previsto dal DPR 120/2017 per i cantieri di grandi dimensioni, ossia alle procedure indicate dagli Allegati 2 e 4 al decreto.



Inoltre ci si può inoltre avvalere delle risultanze di caratterizzazioni svolte nel corso del 2013 e del 2017. Tali caratterizzazioni, poiché nel frattempo non sono avvenuti eventi tali da potere determinare una significativa variazione dello stato di qualità dei sedimenti, risultano rappresentative delle condizioni ambientali del materiale che sarà escavato.

Si riporta di seguito una sintesi dei dati disponibili, confrontati con quanto previsto dagli Allegati 2 e 4 del DPR 120/2017 per i Grandi cantieri sottoposti a VIA / AIA.

### 2.3.1 Caratterizzazioni pregresse

#### 2.3.1.1 *Numero e caratteristiche dei punti di indagine*

Al fine di ottenere una caratterizzazione dei fanghi depositati all'interno delle casse Nadep interna e Nadep centrale, negli anni 2013 e 2017 sono state eseguite due campagne di analisi sulla qualità dei materiali depositati.

Sui 33 punti individuati nell'area di progetto sono stati eseguiti carotaggi di lunghezza fino a 10 m con prelievo di campioni di materiale ad ogni metro di profondità.

Le procedure di campionamento della caratterizzazione ambientale sono descritte all'interno dell'Allegato 2 del DPR 120/2017 per i progetti di grandi dimensioni (volumi di scavo superiori a 6.000 m<sup>3</sup>) sottoposti a VIA/AIA.

Per quanto riguarda il numero di punti d'indagine, Il DPR 120/2017 ne richiede un numero minimo pari a 3 e, in base alle dimensioni dell'area d'intervento, viene definito nell'Allegato 2 del DPR 120/2017 il seguente criterio per l'individuazione del numero minimo di punti di indagine.

| Dimensione dell'area            | Punti di prelievo             |
|---------------------------------|-------------------------------|
| Inferiore a 2.500 metri quadri  | 3                             |
| Tra 2.500 e 10.000 metri quadri | 3 + 1 ogni 2.500 metri quadri |
| Oltre i 10.000 metri quadri     | 7 + 1 ogni 5.000 metri quadri |

*Tabella 1 – Numero minimo di punti di indagine definito dall'Allegato 2 al D.P.R. 120/2017*

L'area oggetto di intervento all'interno della cassa Nadep interna è estesa per una superficie di poco più di 40.000 m<sup>2</sup>.

Secondo le indicazioni del DPR 120/2017, la caratterizzazione in fase progettuale avrebbe dovuto comportare il campionamento per almeno per 14 punti di indagine.

Nella seguente immagine sono riportate le posizioni dei punti di indagine considerati nelle caratterizzazioni del 2013 e del 2017.



*Figura 12 – Ubicazione punti di indagine 2013 (in rosso) e 2017 (in azzurro). I colori verdi e giallo si riferiscono alla conformità del materiale alle CSC di Colonna A (colore verde) o di Colonna B (colore giallo). I dati sono riferiti allo strato a 4-5 m dal p.c. al momento della caratterizzazione, ossia allo strato che costituirà il p.c. al momento dell'avvio del cantiere del progetto ora in esame.*

Nelle due campagne di caratterizzazione del 2013 e del 2017 si contano complessivamente 14 punti di indagine, numero quindi conforme con quanto previsto dal DPR 120/2017.

#### 2.3.1.2 Numero dei campioni analizzati

Come detto sui punti individuati nell'area di progetto sono stati eseguiti carotaggi di lunghezza fino a 10 m con prelievo di campioni di materiale ad ogni metro di profondità fino ad intercettare il fondo della cassa.

Riguardo alle modalità di formazione dei campioni, il DPR 120/2017 prevede un minimo di 3 campioni per ogni punto di prelievo:

- campione 1: da 0 a 1 m dal piano campagna;
- campione 2: nella zona di fondo scavo;
- campione 3: nella zona intermedia tra i due.

In caso di profondità di scavo inferiore a 2 m, come nel caso in esame, il DPR 120/2017 prevede che vengano analizzati due campioni per ogni punto di indagine.

Risulta quindi che, essendo stato analizzato un campione per ogni metro di carota, si ha un numero di campioni pari o superiore a quanto richiesto dal DPR 120/2017.

**2.3.1.3 Parametri ricercati**

Ogni campione è stato sottoposto ad analisi per la ricerca dei seguenti parametri sul materiale tal quale:

| Specie chimiche                   | Singoli composti              |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| METALLI                           | Antimonio (Sb)                |
|                                   | Arsenico (As)                 |
|                                   | Cadmio (Cd)                   |
|                                   | Cromo totale (Cr)             |
|                                   | Cromo VI                      |
|                                   | Mercurio (Hg)                 |
|                                   | Nichel (Ni)                   |
|                                   | Piombo (Pb)                   |
|                                   | Rame (Cu)                     |
|                                   | Selenio (Se)                  |
|                                   | Composti organo-stannici      |
|                                   | Vanadio (V)                   |
|                                   | Zinco (Zn)                    |
|                                   |                               |
| COMPOSTI ORGANICI AROMATICI       | Benzene                       |
|                                   | Etilbenzene                   |
|                                   | Stirene                       |
|                                   | Toluene                       |
|                                   | p-Xilene                      |
| IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI | Benzo (a) antracene           |
|                                   | Benzo (a) pirene              |
|                                   | Benzo (b) fluorantene         |
|                                   | Benzo (k) fluorantene         |
|                                   | Benzo (g,h,i) perilene        |
|                                   | Crisene                       |
|                                   | Dibenzo (a) pirene            |
|                                   | Dibenzo (a,h) antracene       |
|                                   | Indeno (1,2,3-c,d) pirene     |
|                                   | Pirene                        |
|                                   | Sommatoria IPA                |
| IDROCARBURI                       | Idrocarburi leggeri C<12      |
|                                   | Idrocarburi pesanti C>12      |
| FENOLI NON CLORURATI              | o- Metilfenolo                |
|                                   | m-Metilfenolo                 |
|                                   | p- Metilfenolo                |
|                                   | Fenolo                        |
| FENOLI CLORURATI                  | 2-Clorofenolo                 |
|                                   | 2,4- Diclorofenolo            |
|                                   | 2,4,6-Triclorofenolo          |
|                                   | Pentaclorofenolo              |
| POLICLOROBIFENILI                 | PCB                           |
| PESTICIDI ORGANOCLORURATI         | DDD, DDT, DDE                 |
|                                   | Aldrin                        |
|                                   | Dieldrin                      |
|                                   | Eldrin                        |
|                                   | Alfa-esacloroesano            |
|                                   | Beta-esacloroesano            |
|                                   | Gamma-esacloroesano (Lindano) |

| Specie chimiche                     | Singoli composti        |
|-------------------------------------|-------------------------|
| ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI     | Clordano                |
|                                     | Clorometano             |
|                                     | Diclorometano           |
|                                     | Triclorometano          |
|                                     | Cloruro di Vinile       |
|                                     | 1,2-Dicloroetano        |
|                                     | 1,1 Dicloroetilene      |
|                                     | Tricloroetilene         |
|                                     | Tetracloroetilene (PCE) |
|                                     | 1,1-Dicloroetano        |
| ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI | 1,2-Dicloroetilene      |
|                                     | 1,1,1-Tricloroetano     |
|                                     | 1,2-Dicloropropano      |
|                                     | 1,1,2-Tricloroetano     |
|                                     | 1,2,3-Tricloropropano   |
|                                     | 1,1,2,2-Tetracloroetano |
|                                     |                         |

Tabella 2 – Profilo analitico ricercato nei campioni

Si riporta di seguito il confronto tra il profilo minimo richiesto dal DPR 120/2017 ed i profili ricercati nel 2013 e 2017.

| Parametro        | DPR 120/2017 | Analisi 2013 / 2017 |
|------------------|--------------|---------------------|
| Arsenico         | X            | X                   |
| Cadmio           | X            | X                   |
| Cobalto          | X            |                     |
| Nichel           | X            | X                   |
| Piombo           | X            | X                   |
| Rame             | X            | X                   |
| Zinco            | X            | X                   |
| Mercurio         | X            | X                   |
| Idrocarburi C>12 | X            | X                   |
| Cromo totale     | X            | X                   |
| Cromo VI         | X            | X                   |
| Amianto          | X            |                     |
| BTEX             | X            | X                   |
| IPA              | X            | X                   |

Tabella 3 – Confronto tra profilo analitico minimo del DPR 120/2017 e profilo analitico ricercato nei campioni

#### 2.3.1.4 Sintesi dei risultati della caratterizzazione ambientale pregressa

Le analisi svolte mostrano che il materiale è, per la maggior parte, compatibile con la destinazione d'uso di siti a verde pubblico, privato e residenziale (CSC colonna A). In tutti i casi si è comunque in presenza di materiale compatibile con siti ad uso commerciale ed industriale (CSC colonna B).

Nella seguente tabella si sintetizzano i risultati ottenuti dalla caratterizzazione svolta, in termini di superamento

delle CSC.

Si precisa che si fa riferimento ai campioni prelevati a profondità superiori a 4 m dal p.c. presente al momento della caratterizzazione, ossia allo strato che costituirà il p.c. (a quota di circa 2 m slm) al momento dell'avvio del cantiere del progetto ora in esame.

|                                     | Mercurio | Zinco | Benzo (a)<br>pirene | Benzo (g,h,i)<br>perilene | Idrocarburi<br>pesanti C>12 | PCB  |
|-------------------------------------|----------|-------|---------------------|---------------------------|-----------------------------|------|
| CSC Col. A<br>[mg/kg. s.s.]         | 1        | 150   | 0,1                 | 0,1                       | 50                          | 0,06 |
| Numero<br>superamenti<br>CSC Col. A | 6        | 3     | 2                   | 13                        | 12                          | 1    |
| CSC Col. B<br>[mg/kg. s.s.]         | 5        | 1500  | 10                  | 10                        | 750                         | 5    |
| Numero<br>superamenti<br>CSC Col. B | 0        | 0     | 0                   | 0                         | 0                           | 0    |

Numero campioni: 75

*Tabella 4 – Sintesi superamenti CSC nel materiale contenuto nella cassa di colmata Nadep interna dalla profondità di 4 m dal p.c. presente al momento della caratterizzazione*

Le rilevazioni sono compatibili con la provenienza dei materiali dai sedimenti del canale portuale di Ravenna, nel quale il mercurio è un inquinante storicamente presente a causa dei processi industriali che sono stati svolti dalle industrie chimiche locali, mentre IPA ed idrocarburi sono la conseguenza del traffico marittimo.

In **Appendice** si riportano le risultanze delle analisi volte.

### 2.3.2 Proposta del piano di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo

Da quanto valutato in precedenza le caratterizzazioni eseguite nel 2013 e nel 2017 hanno visto l'esecuzione di un numero di punti di indagine coerente con quello previsto dal DPR 120/2017, l'analisi di un numero di campioni pari o superiore a quello previsto dal decreto e la ricerca di un profilo che ricomprendeva quello minimo previsto dal decreto, con eccezione di cobalto ed amianto.

Per l'utilizzo in sito dei terreni da scavo è necessario proporre l'esecuzione di un piano di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo, che si illustra di seguito.

#### 2.3.2.1 *Numero e caratteristiche dei punti di indagine*

La caratterizzazione avverrà mediante prelievo di carote da 14 punti ubicati sulla superficie della cassa Nadep interna.

Si propone di utilizzare i medesimi punti utilizzati per le caratterizzazioni del 2013 e 2017, illustrati nella precedente Figura 12.

#### 2.3.2.2 *Numero e modalità dei campionamenti da effettuare*

Da ogni carota verranno prelevati due campioni, dato che la profondità di scavo di progetto è massimo pari a 2 m, per un totale di  $14 \times 2 = 28$  campioni da analizzare.

I campioni da portare in laboratorio saranno privi della frazione maggiore di 2 cm (da scartare in campo).

Le determinazioni analitiche in laboratorio saranno condotte sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm.

La concentrazione del campione sarà determinata riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro campionato (frazione compresa tra 2 cm e 2 mm).

#### 2.3.2.3 Parametri da determinare

Sui 28 campioni di terreno prelevati da sezioni rappresentative delle carote saranno effettuate analisi secondo il seguente profilo analitico:

| Riferimento  | Analita  |
|--|--|
| Tab. 4.1 Allegato 4 DPR 120/2017   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Arsenico</li><li>• Cadmio</li><li>• Cobalto</li><li>• Nichel</li><li>• Piombo</li><li>• Rame</li><li>• Zinco</li><li>• Mercurio</li><li>• Idrocarburi C&gt;12</li><li>• Cromo totale</li><li>• Cromo VI</li><li>• Amianto</li><li>• BTEX</li><li>• IPA</li></ul> |
| Sostanze per cui sono state superate le CSC di Colonna A nella caratterizzazione 2013 / 2017 (sostanze non già ricomprese al punto precedente) | <ul style="list-style-type: none"><li>• Policlorobifenili (PCB) totali</li></ul>   |

Tabella 5 – profilo analitico da ricercare nei campioni da prelevare per la caratterizzazione in corso d'opera

## 2.4 Volumetrie previste

### 2.4.1 Volumetrie di scavo

Nel corso della realizzazione degli interventi di tipo 3 si prevede lo scavo di sbancamento di ca. 60.000 m3 di terreno.

### 2.4.2 Volumetrie da riutilizzare in sito

È previsto che i 60.000 m3 di terreno escavato siano interamente riutilizzati in sito, mediante l'utilizzo dei seguenti mezzi operativi:

- n.2 escavatori
- n.4 dumper
- n.1 spandilegante
- n.1 pulvimixer
- n.1 compattatore

Il terreno viene escavato, stoccato in cumuli e poi disteso a strati, alternando la posa di strati di calce tramite mezzi spandilegante.

### 2.4.3 Tempistiche

Complessivamente per le attività di scavo e posa dei 60.000 m3 di terreno si stimano circa 75 gg.

## 2.5 **Appendice: esiti caratterizzazioni 2013 / 2017**



[illegible]

[illegible]

|       |                             |
|-------|-----------------------------|
| C1    | caratterizzazione 2013      |
| C3    | caratterizzazione 2017      |
| < 0.1 | valore < L.R                |
| 1,58  | valore superiore CSC Col. A |