

ALLEGATO D:

VALUTAZIONE DEI COSTI DELL'INTERVENTO PER LA BONIFICA DEI SUOLI ING. LORENZO GIAMMATTEI.

Teramo, 16.04.2024

Il Coadiutore Tecnico
Geom. Osvaldo Reginelli



REGIONE ABRUZZO
PROVINCIA DI TERAMO

COMUNE DI TERAMO



Area industriale dismessa

CODICE ARTA

TRIBUNALE di TERAMO

Ufficio fallimentare

Fallimento n. 2458/1999

Curatore: Avv. Pietro Referza

valutazione costi intervento per la bonifica dei suoli insaturi

Responsabile dell'Analisi:

Ing. Lorenzo Giammattei

Ordine degli Ingegneri di Pescara n.° 268

Via Nicola Fabrizi, 215

65122 - PESCARA



Collaborazione:

Geol. William Palmucci

Albo dei Geologi della Regione Abruzzo n.° 543

Via Rigopiano, 173

65124 - PESCARA

MARZO 2024

SOMMARIO

1	PREMESSA	4
2	SINTESI DELL'ANALISI DI RISCHIO	5
2.1	INDIVIDUAZIONE DELLE AREE CONTAMINATE	8
3	STRATEGIA DI INTERVENTO.....	9
4	INTERVENTI DI BONIFICA	10
4.1	STIMA DEI VOLUMI DI TERRENO DA RIMUOVERE	11
4.2	ESECUZIONE DELLE ATTIVITÀ DI SCAVO	11
4.3	COLLAUDO DEGLI SCAVI	12
4.4	GESTIONE DEI MATERIALI DI RISULTA DEGLI SCAVI.....	14
4.4.1	<i>Origine e tipologia dei rifiuti</i>	14
4.4.2	<i>Tipologia di rifiuti e stima dei quantitativi</i>	15
4.4.3	<i>Caratterizzazione dei rifiuti</i>	16
4.4.4	<i>Gestione dei terreni di risulta provenienti dagli hot spot S8 ed S10</i>	16
4.4.5	<i>Ritombamento degli scavi.....</i>	16
5	SINTESI DELL'INTERVENTO PROPOSTO E STIMA COSTI	17

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 2-1.	Localizzazione dei punti di indagine non conformi alle CSR nel suolo superficiale	7
Figura 2-2.	Localizzazione dei punti di indagine non conformi alle CSR nel suolo profondo.....	7
Figura 4-1.	Schema di esecuzione dei pali secanti.....	12

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 2-1.	Schematizzazione delle sorgenti secondarie di potenziale contaminazione individuate	5
Tabella 2-2.	Confronto tra le CSR e le concentrazioni rilevate in sito.....	6
Tabella 2-3.	Superamenti degli obiettivi di bonifica a carico del suolo superficiale	8
Tabella 2-4.	Superamenti degli obiettivi di bonifica a carico del suolo profondo (SP1)	8
Tabella 2-5.	Superamenti degli obiettivi di bonifica a carico del suolo profondo (SP3)	8
Tabella 4-1.	Stima dei volumi di terreno da rimuovere	11
Tabella 4-2.	Stima dei volumi di terreno da rimuovere	13
Tabella 4-3.	Set analitico per la verifica del raggiungimento degli obiettivi di bonifica	13
Tabella 4-4.	Rifiuti ipotizzabili nell'ambito delle attività di bonifica e relativa stima dei quantitativi	15

ELENCO DEGLI ALLEGATI

Allegato 1. Figure fuori testo 18

Allegato 2. Computo metrico estimativo 19

1 PREMESSA

In considerazione dell'impossibilità, allo stato attuale, della definizione di un modello concettuale del sito condiviso in relazione anche alla contaminazione delle acque di falda, come richiesto dalla Conferenza dei Servizi del 27/02/2023, il presente documento è stato elaborato per la valutazione dei costi necessari per la bonifica dei suoli insaturi in corrispondenza del sito Ind.le dimesso ex (S A), codic ", localizzato in Via Gammarana nel Comune di Teramo (TE).

Le passività ambientali relative alle matrici suolo e sottosuolo sono state definite sulla base della revisione dell'Analisi di Rischio Sanitario Ambientale ai sensi del D.Lgs. 152/06, che si è resa necessaria a seguito di quanto sottolineato in sede di alcune Conferenze dei Servizi e rimarcato in quella del 27/02/2023, circa la mancata valutazione dei risultati delle indagini ambientali preliminari nella precedente Analisi di Rischio redatta dall'Ing. Carlo Taraschi su incarico del Curatore fallimentare Avv. Pietro Referza e trasmessa al Comune di Teramo in data 13/06/19.

La procedura di Analisi di Rischio è stata quindi sviluppata relativamente alla matrice suoli insaturi, facendo riferimento sia ai risultati delle indagini ambientali preliminari che alle successive indagini di caratterizzazione eseguite in sito, al fine di calcolare i valori delle Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) per i contaminanti indice individuati.

La procedura di Analisi di Rischio ha evidenziato superamenti delle CSR a carico del suolo superficiale connessi ai percorsi di esposizione diretti ed indiretti oltre ad ulteriori superamenti delle CSR a carico del suolo profondo relative ai percorsi di esposizione indiretti rappresentati dall'inalazione vapori.

Sulla scorta dei risultati dell'Analisi di Rischio, la presente valutazione è stata elaborata al fine di individuare una tecnologia idonea per la rimozione delle passività ambientali rilevate e con l'obiettivo di quantificare l'impegno economico necessario per la bonifica dei suoli insaturi.

Va precisato che l'incremento dei costi derivante dall'eventuale necessità di interventi sulla matrice acque sotterranee, conseguente all'integrazione di un progetto di bonifica che contempli anche questa matrice, è verosimilmente meno impattante rispetto ai costi per la bonifica dei suoli insaturi e comunque, in virtù dei margini di incertezza richiamati nelle conclusioni del documento, tali costi sarebbero, almeno per una quota significativa, già inclusi nelle stime formulate nell'ambito della presente valutazione.

2 SINTESI DELL'ANALISI DI RISCHIO

In base alla ricostruzione del MCS sono state individuate 5 sorgenti di contaminazione, delle quali, due localizzate nel suolo superficiale e tre nel suolo profondo.

Nella seguente tabella sono schematizzate le sorgenti secondarie di potenziale contaminazione individuate.

Tabella 2-1. Schematizzazione delle sorgenti secondarie di potenziale contaminazione individuate

Sorgente	Matrice	Contaminanti indice	Punti interessati	Modalità esposizione
SS01	Suolo superficiale	Arsenico	S5	Ingestione di suolo Contatto dermico Inalazione polveri outdoor Inalazione vapori outdoor Inalazione vapori indoor
		Mercurio	S6	
		Piombo	S5 – S7 – S8 – T3 – S11	
		Stagno	S6 – S7 – S11 – S14	
		Zinco	S8	
		Idrocarburi C>12	S11	
SS02	Suolo superficiale	Diclorometano	S12 – S13 – S14	
SP01	Suolo profondo (profondità max 2 metri)	Arsenico	S5	Inalazione vapori outdoor Inalazione vapori indoor
		Mercurio	S6	
		Piombo	S5 – S7 – S8 – T3 – S11	
		Stagno	S6 – S7 – S11 – S14	
		Zinco	S8	
		Idrocarburi C>12	S11	
SP02	Suolo profondo	Diclorometano	S12 – S13 – S14	
SP03	Suolo profondo (profondità maggiore 4 metri)	Idrocarburi C>12	S2	
		Stagno	S7 – S8 – S10	

Relativamente al recettore acque sotterranee è stato imposto il rispetto delle CSC ai PoC, assunti in corrispondenza dei piezometri posti in posizione di valle idrogeologica.

In assenza di indicazioni sullo sviluppo dell'area, al fine di eseguire una verifica del rischio cautelativa per ogni possibile utilizzo dell'area, gli scenari espositivi selezionati fanno riferimento ad un utilizzo di residenziale/verde pubblico dell'area.

Sulla scorta di quanto appena indicato, è stato ipotizzato un bersaglio di tipo residenziale on-site, che è da ritenersi cautelativo in relazione a tutte le vie di esposizione ipotizzate nel modello concettuale.

Si ricorda che la via di esposizione rappresentate dall'inalazione vapori è da ritenersi inattiva per i contaminanti inorganici presenti (a meno Mercurio) e per gli Idrocarburi C>12.

In Allegato 1 sono rappresentate le sorgenti secondarie di contaminazione individuate nei suoli insaturi.

Sulla base del modello concettuale ipotizzato, la procedura di Analisi di Rischio ha consentito di calcolare le CSR sito-specifiche per i suoli insaturi relativamente ai contaminanti indice selezionati.

Dal confronto tra le CSR calcolate ed i risultati delle determinazioni analitiche eseguite sui campioni di terreno Si evincono i seguenti superamenti delle CSR calcolate (Tabella 2-2):

Suolo superficiale:

- Percorsi di esposizione diretta (attivi solo nelle aree non pavimentate)
Arsenico - Piombo
- Percorsi di esposizione indiretta (inalazione vapori indoor/outdoor)
Mercurio – Stagno

Suolo profondo:

- Percorsi di esposizione indiretta (inalazione vapori indoor)
Mercurio - Stagno

Si precisa che, allo stato attuale, non sono presenti locali indoor in corrispondenza del sito.

Tabella 2-2. Confronto tra le CSR e le concentrazioni rilevate in sito

Matrice	Sorgente	Contaminante	CSC mg/kg	Cmax mg/kg	CSR mg/kg	Superamento CSR
Suolo superficiale	SS01	Arsenico	20	33	20	SI
		Mercurio	1	1.60	1	SI
		Piombo	100	3240	100	SI
		Stagno	1	14.90	3.25	SI
		Zinco	150	731	3260	NO
		Idrocarburi C>12	50	55.80	1220	NO
Suolo profondo	SS02	Diclorometano	0.1	0.32	42.1	NO
		Arsenico	20	33	33	NO
	SP01	Mercurio	1	1.60	1.0	SI
		Piombo	100	3240	3240	NO
		Stagno	1	14.90	5.4	SI
		Zinco	150	731	731	NO
	SP02	Diclorometano	0.1	0.43	2.22	NO
		Stagno	1	11,3	1	SI
	SP03	Idrocarburi C>12	50	102,43	102,43	NO

Sulla base di quanto descritto, il sito è da ritenersi contaminato in corrispondenza dei comparti ambientali suolo superficiale e suolo profondo.

Nella successiva Figura 2-1 e Figura 2-2 sono rappresentati i punti di indagine risultati non conformi agli obiettivi di bonifica.

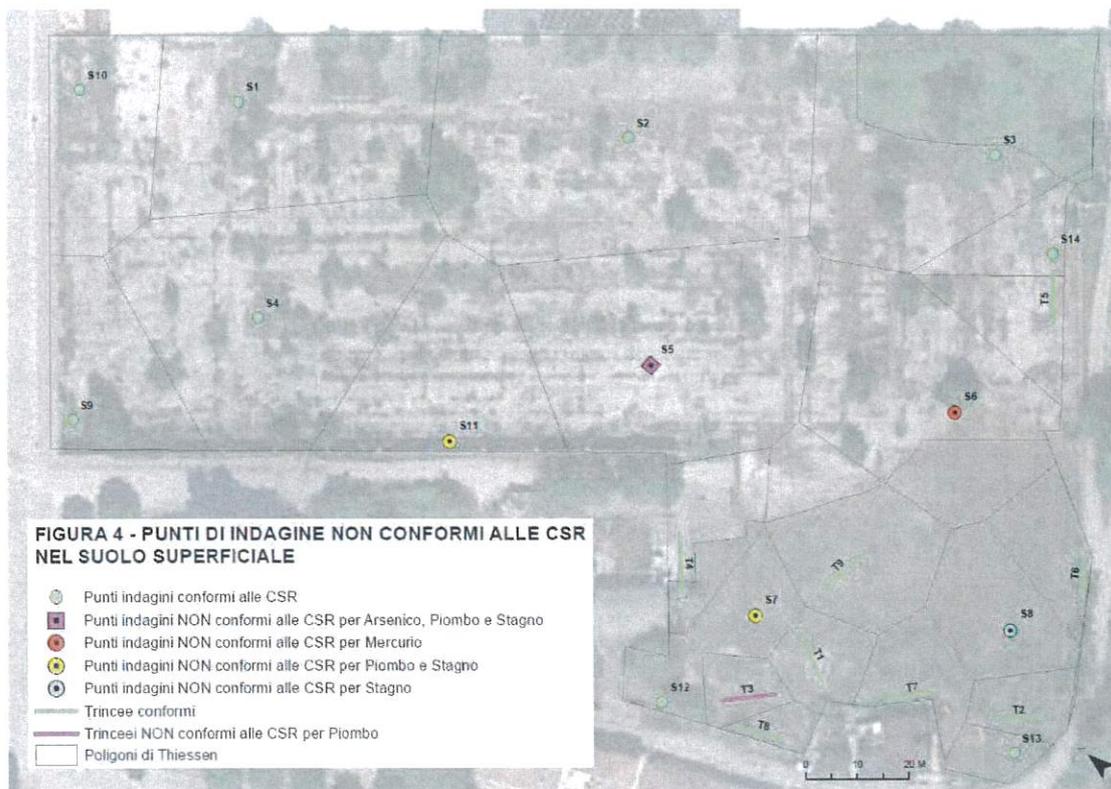


Figura 2-1. Localizzazione dei punti di indagine non conformi alle CSR nel suolo superficiale

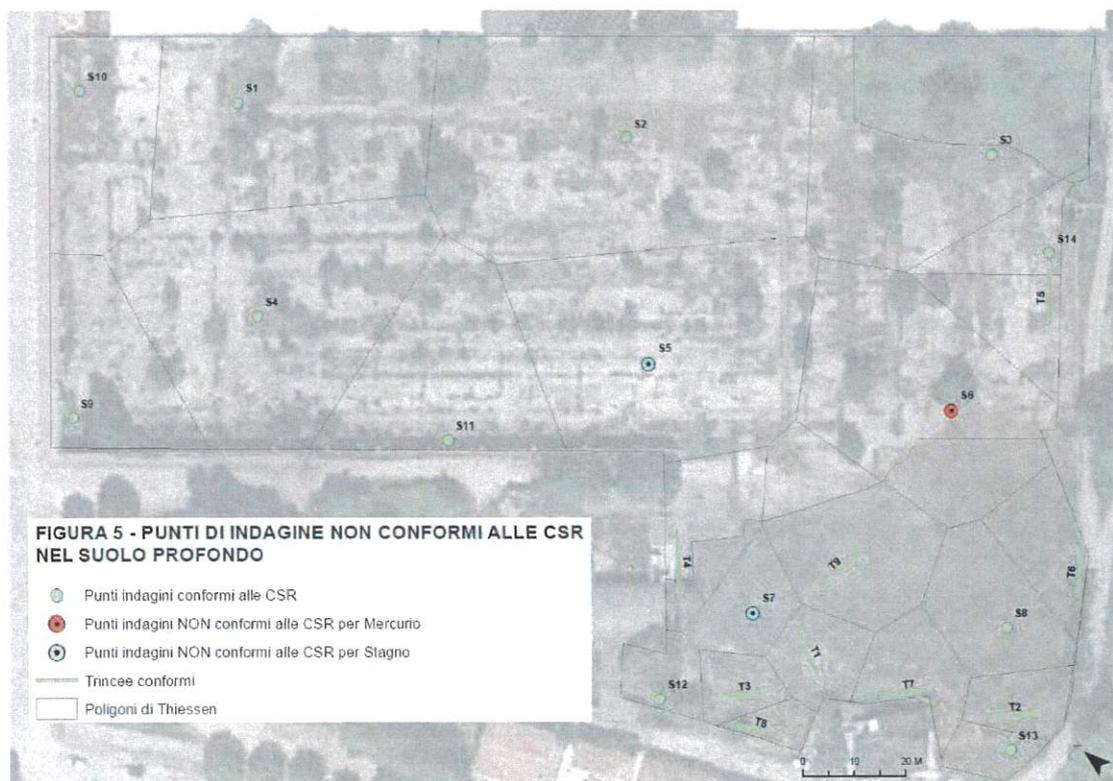


Figura 2-2. Localizzazione dei punti di indagine non conformi alle CSR nel suolo profondo

2.1 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE CONTAMINATE

L'identificazione delle aree contaminate è stata effettuata assumendo come valori di riferimento le CSR calcolate e riepilogate nella precedente Tabella 2-2. In corrispondenza del sito in esame si individuano le seguenti non conformità agli obiettivi di bonifica:

Tabella 2-3. Superamenti degli obiettivi di bonifica a carico del suolo superficiale

		Parametro	Arsenico	Mercurio	Piombo	Stagno
		U.M.	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
		CSC	20	1	100	1
		CSR	20	1	100	3,25
Sondaggio	Top (m da p.c.)	Bottom (m da p.c.)	Valore	Valore	Valore	Valore
Suolo Superficiale						
S5	0,4	1,5	33		3235	4,7
S6	0,5	1,5		1,6		
S7	0,4	1,5			163,2	14,9
S8	0,4	1,5			997	
T3	0,2	0,7			126,2	
S11	0,6	1,6			335,8	1,5

Tabella 2-4. Superamenti degli obiettivi di bonifica a carico del suolo profondo (SP1)

		Parametro	Arsenico	Mercurio	Piombo	Stagno
		U.M.	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
		CSC	20	1	100	1
		CSR	20	1	100	5,4
Sondaggio	Top (m da p.c.)	Bottom (m da p.c.)	Valore	Valore	Valore	Valore
Suolo Profondo (SP1)						
S5	0,4	1,5	33		3235	4,7
S6	0,5	1,5		1,6		
S7	0,4	1,5			163,2	14,9
S8	0,4	1,5			997	
S11	0,6	1,6			335,8	1,5

Tabella 2-5. Superamenti degli obiettivi di bonifica a carico del suolo profondo (SP3)

		Parametro	Stagno
		U.M.	mg/kg
		CSC	1
		CSR	1
Sondaggio	Top (m da p.c.)	Bottom (m da p.c.)	Valore
Suolo Profondo (SP3)			
S7	4,0	5,0	11,3
S8	8,0	9,0	2
S10	9,5	10,5	1,1

3 STRATEGIA DI INTERVENTO

La strategia proposta è stata formulata sulla base degli elementi conoscitivi di base ed in relazione agli esiti della valutazione del rischio che in sintesi sono i seguenti:

- il sito in oggetto è attualmente inattivo, ma i progetti di sviluppo dell'area prevedono la riqualificazione della stessa anche in considerazione del contesto urbano in cui è inserita;
- dal punto di vista litostratigrafico, il sito è caratterizzato da uno strato di materiale di riporto, al di sotto del quale sono presenti depositi alluvionali fino ad una profondità di circa 8/13 metri. Al di sotto dei depositi alluvionali ha inizio il substrato geologico costituito da depositi prevalentemente
- In riferimento alle acque sotterranee, dato che ad oggi non sono state ancora effettuate le indagini integrative volte a definire i valori di contaminazione delle acque a monte e a valle idrogeologica del sito, la presente valutazione è dunque riferita esclusivamente alle matrici suolo superficiale e suolo profondo.

Sulla base dei dati sopra sintetizzati è stata eseguita l'analisi di rischio sanitario ambientale che ha evidenziato i seguenti risultati:

- superamenti delle CSR a carico del suolo superficiale connessi ai percorsi di esposizione diretti ed indiretti;
- superamenti delle CSR a carico del suolo profondo connessi ai percorsi di esposizione indiretti rappresentati dall'inalazione vapori;

Si precisa che in via del tutto cautelativa, sono stati considerati tra le passività ambientali anche i superamenti rilevati per il parametro stagno, sebbene i superamenti rilevati siano riferiti al parametro stagno totale in luogo dei "Composti organo-stannici", che rappresentano invece il parametro da determinare secondo quanto introdotto dalla Legge 116 del 11/08/2014 e per i quali si suggerisce l'esecuzione un approfondimento di indagine mirato a verificare l'eventuale presenza di composti organostannici.

In base a quanto presentato nei paragrafi precedenti la presente valutazione è quindi mirata alla completa rimozione delle non conformità rilevate a carico dei suoli insaturi, mediante un intervento di scavo e smaltimento. La tecnologia risulta applicabile in funzione delle caratteristiche litologiche e dei contaminanti nonché della distribuzione della contaminazione. L'asportazione dei terreni afferenti al suolo profondo (fino alla prof. massima di ca 10 m potrà essere realizzata mediante perforazioni di grande diametro (macrocarotaggi).

Tali interventi sono stati selezionati poiché:

- sono efficaci per la risoluzione della passività riscontrate, in relazione alla tipologia dei contaminanti rilevati;
- presentano tempi di realizzazione decisamente bassi rispetto agli altri interventi di risanamento on-site;
- i risultati attesi sono maggiormente certi e non possono essere inficiati dalle condizioni sito-specifiche.

4 INTERVENTI DI BONIFICA

Come anticipato nel precedente capitolo, l'intervento di bonifica verrà eseguito mediante scavo e smaltimento dei terreni risultati non conformi agli obiettivi di bonifica.

La strategia ipotizzata prevede la risoluzione delle passività rilevate a carico del suolo superficiale e nella prima porzione del suolo profondo mediante un intervento di scavo e smaltimento da eseguirsi mediante scavatore a benna rovescia, realizzando scavi a sezione libera.

In via preliminare, si prevede di avviare le operazioni di scavo a partire dai punti di indagine non conformi alla CSR in un'areale avente dimensioni iniziali di 15x15 m.

Lo scavo verrà approfondito fino ad 1 metro dal piano campagna, nei punti di indagine nei quali è risultato impattato esclusivamente il suolo superficiale (Trincea T3), mentre, nei restanti punti, si prevede di approfondire l'intervento fino a circa 2,5 metri, al fine di rimuovere anche le passività rilevate a carico del suolo profondo. Esclusivamente in corrispondenza del punto S7, si prevede di eseguire un approfondimento localizzato, di dimensioni pari a 5 x 5 m., al fine di rimuovere la passività accertata a profondità comprese tra 4 e 5 metri dal p.c.

Al termine delle operazioni di scavo appena descritte, verrà eseguito l'intervento di rimozione delle passività rilevate a grande profondità, in corrispondenza dei punti di indagine S8 ed S10.

L'asportazione dei terreni profondi verrà eseguito mediante perforazioni di grande diametro per la rimozione di hot-spot di dimensioni areali pari a 3 x 3 m. ed uno spessore di circa 5 metri.

Di seguito si riporta la schematizzazione delle attività di risanamento che si propone di avviare:

- 1) Accantieramento;
- 2) Predisposizione delle aree di stoccaggio rifiuti;
- 3) Esecuzione degli interventi di scavo fino alla profondità massima di 2,5 m.;
- 4) Esecuzione Accertamento Qualità Ambientale (AQA) per verifica raggiungimento obiettivi di bonifica;
- 5) Predisposizione delle aree di stoccaggio cumuli di terreno;
- 6) Esecuzione di macrocarotaggi;
- 7) Esecuzione Accertamento Qualità Ambientale (AQA) per verifica raggiungimento obiettivi di bonifica;
- 8) Caratterizzazione in cumulo dei rifiuti per successivo smaltimento
- 9) Caratterizzazione in cumulo dei terreni di riporto derivanti dai macrocarotaggi per verifica possibile riutilizzo in sito;
- 10) Ritombamento dell'area e finitura;

4.1 STIMA DEI VOLUMI DI TERRENO DA RIMUOVERE

Sulla base di quanto descritto nel capitolo precedente, nella seguente tabella vengono riportate le caratteristiche indicative delle aree di scavo, con la profondità e con il relativo volume complessivo da rimuovere.

Si sottolinea che i perimetri delle aree di scavo e la profondità delle stesse sono indicativi e potranno subire delle variazioni in funzione delle evidenze di campo e della logistica di cantiere. Eventuali altri approfondimenti o allargamenti delle aree di scavo potranno essere attuati anche in considerazione della possibilità di rimuovere volumi potenzialmente contaminati.

Tabella 4-1. Stima dei volumi di terreno da rimuovere

Scavo	Punti non conformi	Dimensioni	Area impronta	Profondità di scavo	Volume in posto	Rigonfiamento	Volume pavimentazione da rimuovere	Volume terreno rimuovere
		[m]	[m ²]	[m]	[m ³]	[%]	[m ³]	[m ³]
Scavo S5	S5	15 x 15	225	2.5	562.5	20	337.5	225
Hot spot S5	S5	5 x 5	25	5	62.5	20		75
Scavo S6	S6	15 x 15	225	2.5	562.5	20	337.5	225
Scavo S7	S7	15 x 15	225	2.5	562.5	20		675
Scavo S8	S8	15 x 15	225	2.5	562.5	20		675
Hot spot S8	S8	3 X 3	9	12	90	20		108
Scavo S11	S11	15 x 15	225	2.5	562.5	20	337.5	60
Scavo T3	T3	15 x 15	225	2.5	562.5	20		675
Hot spot S10	S10	3 X 3	9	12	90	20	13.5	91.8
Totale					3617.5		1026	2809.8

4.2 ESECUZIONE DELLE ATTIVITÀ DI SCAVO

L'intervento di bonifica prevede la rimozione del terreno in corrispondenza dell'area impronta indicate in Tabella 4-1 a mezzo di escavatore a benna rovescia fino al raggiungimento delle profondità indicative specificate nella citata tabella. In considerazione della profondità di intervento non si prevedono interventi specifici per il sostegno degli scavi. Tale evenienza sarà comunque valutata in campo in funzione delle condizioni presenti.

La rimozione degli hot spot profondi in corrispondenza dei punti di indagine S8 ed S10 avverrà attraverso lo scavo di pali secanti, con asportazione del materiale in posto e successiva sostituzione con materiali inerti di qualità certificata. Questa soluzione è ritenuta valida in considerazione della elevata profondità della non conformità e della ridotta dimensione degli hot spot.

La rimozione dello strato di terreno profondo sarà effettuata mediante perforazione di grande diametro (d. 1000 mm), a rotazione mediante trivelle a bucket, con l'ausilio di rivestimento metallico e senza circolazione di fango bentonitico. Le perforazioni avranno una sovrapposizione di circa il 20% al fine di rimuovere il

maggior volume possibile di terreno non conforme (Figura 4-1). I pali saranno quindi riempiti con materiale assimilabile a quello presente in Sito.

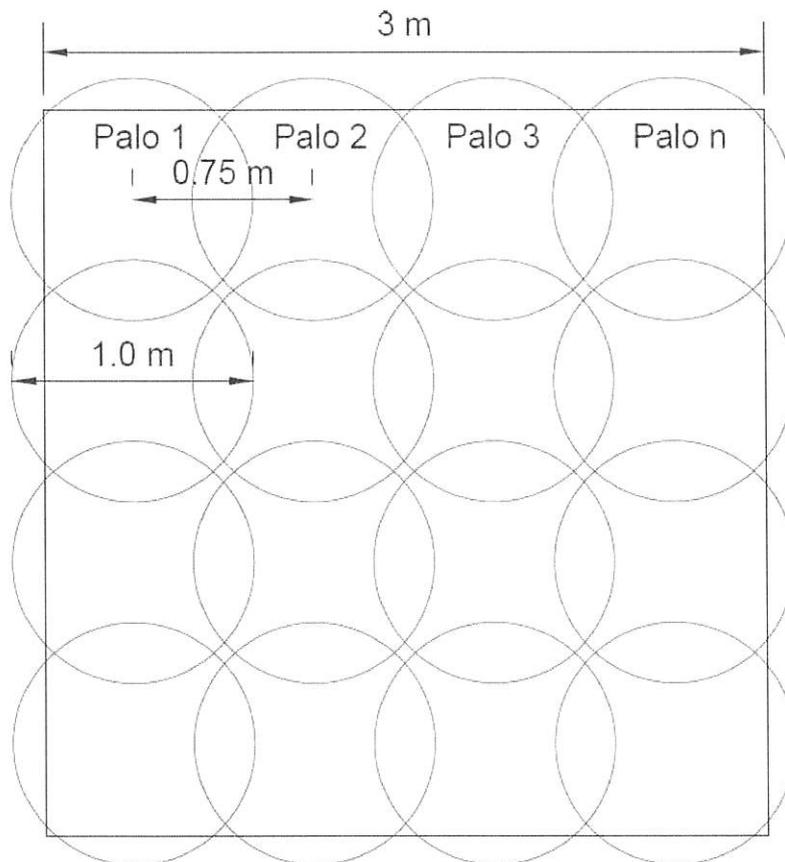


Figura 4-1. Schema di esecuzione dei pali secanti

4.3 COLLAUDO DEGLI SCAVI

Per ognuno degli scavi realizzati è previsto il collaudo delle pareti e del fondo dello scavo per mezzo del prelievo e l'analisi di campioni di terreno da sottoporre a determinazioni analitiche.

Le attività di campionamento di fondo e pareti dello scavo saranno svolte secondo le procedure tecniche e le modalità previste all'Allegato 2 al Titolo V, Parte IV del DLgs. 152/06.

In considerazione della dimensione degli scavi si prevede di prelevare n.1 campione medio composito rappresentativo di ognuna delle pareti.

Il campionamento verrà eseguito secondo le modalità di seguito descritte:

- un campione medio composito rappresentativo del suolo superficiale nell'intervallo 0÷1 metri;
- un campione medio composito rappresentativo del suolo profondo nell'intervallo compreso tra 1 metro ed il fondo scavo;
- un campione medio composito rappresentativo del fondo scavo.

Alla luce di quanto detto sopra, si prevede di prelevare i seguenti campioni di terreno:

Tabella 4-2. Stima dei volumi di terreno da rimuovere

Scavo	Dimensioni	Area impronta	Profondità di scavo	Campioni di parete nel suolo superficiale	Campioni di parete nel suolo profondo	Campioni di fondo scavo
	[m]	[m ²]	[m]	[m ³]	[%]	[m ³]
Scavo S5	15 X 15	100	2	4	4	1
Hot spot S5	5 X 5	9	5			1
Scavo S6	15 X 15	100	2	4	4	1
Scavo S7	15 X 15	100	2	4	4	1
Scavo S8	15 X 15	100	2	4	4	1
Hot spot S8	3 X 3	9	12			1
Scavo S11	15 X 15	100	2	4	4	1
Scavo T3	15 X 15	100	2	4	4	1
Hot spot S10	3 X 3	9	12			1
Totale				24	24	9

Per il collaudo degli hot spot profondi si prevede di verificare il rispetto degli obiettivi di bonifica mediante il prelievo di un campione di terreno rappresentativo del fondo scavo, prelevato immediatamente al di sotto della profondità di scavo prevista.

Il set analitico da analizzare per verificare il raggiungimento degli obiettivi di bonifica sui campioni di terreno prelevati è riportato nella successiva tabella.

Tabella 4-3. Set analitico per la verifica del raggiungimento degli obiettivi di bonifica

Campioni	Parametro
Suolo superficiale	Arsenico, Mercurio, Piombo, Stagno
Suolo profondo	Mercurio, Stagno
Fondo scavo	Mercurio, Stagno

4.4 GESTIONE DEI MATERIALI DI RISULTA DEGLI SCAVI

Il materiale presumibilmente non conforme derivante dagli scavi di bonifica sarà gestito in conformità alla normativa vigente in materia di rifiuti. I terreni saranno abbancati in cumuli in un'area di deposito temporaneo che sarà allestita in prossimità dell'area di intervento, ove saranno caratterizzati per il successivo conferimento ad idoneo impianto di trattamento/smaltimento

L'area di deposito sarà realizzata in maniera da garantire il completo isolamento delle sottostanti matrici ambientali. A tal fine saranno utilizzati appositi teli impermeabilizzanti, adeguatamente sovrapposti, in modo da creare una barriera fisica fra il materiale stoccato e la superficie sottostante. I teli saranno ancorati al suolo con apposizione di pesi lungo il perimetro e sopra di essi saranno depositati i cumuli di materiale.

Alla fine della giornata lavorativa o in occasione di eventi meteorici i cumuli che saranno coperti con ulteriori teli impermeabili adeguatamente ancorati alle estremità e in sommità con sacchetti di sabbia o similari, per evitare la formazione delle polveri e l'infiltrazione delle acque meteoriche. L'area sarà separata rispetto ai luoghi ove si svolgono altre attività, quindi delimitata da recinzioni e/o cordoli e opportunamente contrassegnata da cartelli. Essa avrà dimensioni tali da garantire lo stoccaggio di tutto il materiale raggruppato per tipologie omogenee.

Sulla base delle dimensioni di scavo ipotizzate, si stima una produzione di materiale di risulta pari a circa 1600 mc.

Ogni piazzola di deposito sarà adeguatamente contrassegnata e munita di cartellonistica identificativa, ben visibile per dimensioni, resistente agli agenti fisici ed atmosferici. La cartellonistica riporterà almeno le seguenti informazioni:

- il nome del deposito univocamente riconosciuto e riportato su tutta documentazione di sito;
- il titolare/gestore dell'area;
- le caratteristiche dei rifiuti depositati all'interno.

4.4.1 ORIGINE E TIPOLOGIA DEI RIFIUTI

I rifiuti che si prevede di poter produrre nell'ambito dell'intervento sono rappresentati da:

- terreni provenienti dalla realizzazione degli scavi di bonifica;
- materiale derivante dalla demolizione della pavimentazione esistente;
- teli in HDPE per isolamento ed impermeabilizzazione;
- eventuali altre tipologie di rifiuti non individuabili al momento.

Eventuali acque presenti all'interno degli scavi verranno raccolte mediante autobotti/serbatoi dedicati, per successiva caratterizzazione, classificazione come rifiuto ed avvio ad impianto di trattamento autorizzato ai sensi della vigente normativa.

4.4.2 TIPOLOGIA DI RIFIUTI E STIMA DEI QUANTITATIVI

Nella seguente Tabella 4-4 si riportano i possibili codici CER che si prevede possano essere prodotti dalle attività di risanamento. Si precisa che la stima è da considerarsi del tutto indicativa. Gli effettivi quantitativi di rifiuti prodotti saranno determinati sulla base delle quantità riportate sulle quarte copie dei FIR.

Tabella 4-4: Rifiuti ipotizzabili nell'ambito delle attività di bonifica e relativa stima dei quantitativi

RIFIUTI	Codice CER ipotizzati		Quantità (t)
Terreni scavi di bonifica	17 05 04	terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03	4500*
Demolizione pavimentazione	17.09.04	rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione, diversi da quelli di cui alle voci 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03	2050**
Teli HDPE	17 02 03	plastica	2
*: ipotizzando un peso di volume pari a 1.6 ton/mc **: ipotizzando un peso di volume pari a 2.0 ton/mc			

Le destinazioni finali dei rifiuti derivanti dall'attività di bonifica saranno individuate a seguito delle analisi di classificazione e caratterizzazione, da eseguirsi in corso d'opera e, relativamente allo smaltimento in discarica, in base ai criteri per l'ammissibilità in discarica ai sensi del D.M. del 27/09/2010 e s.m.i., previa avvenuta omologa da parte dell'impianto finale.

In relazione alle caratteristiche chimico fisiche dei terreni da smaltire, sarà privilegiato per il conferimento il recupero rispetto allo smaltimento, applicando il principio di prossimità dell'impianto al luogo di produzione. Pertanto di seguito si riportano le principali operazioni di smaltimento/recupero che potranno essere adottate per i rifiuti che saranno prodotti nell'ambito delle attività di bonifica:

- Smaltimento diretto di rifiuti non pericolosi in Discarica per rifiuti non pericolosi (operazione D1/D5) principalmente;
- Smaltimento diretto di rifiuti inerti in Discarica per inerti (operazione D1);
- Recupero (R5);

In relazione alla stima dei quantitativi di rifiuti che si prevede di produrre, le successive stime economiche sono state condotte ipotizzando che la totalità dei rifiuti derivanti dalla demolizione delle pavimentazioni possa essere smaltita tramite recupero (R5), mentre per i terreni, si è stimata una percentuale pari al 70 % (3150 ton) smaltibile in discarica per inerti (D1) ed un 30 % (1350 ton) da smaltire in discarica per rifiuti non pericolosi (D1/D5).

4.4.3 CARATTERIZZAZIONE DEI RIFIUTI

I rifiuti saranno sottoposti ad indagine di caratterizzazione analitica finalizzate alla corretta classificazione ai sensi dell'all. D alla parte IV del D.Lgs. 152/06 e per la corretta individuazione degli idonei impianti di smaltimento/recupero, ai sensi rispettivamente del D.M. 27/09/10 e del D.M. 05/02/98.

Per i materiali interrati recuperati dagli scavi verranno prelevate diverse aliquote rappresentative di ogni lotto omogeneo. Le aliquote saranno utilizzate per costituire il campione primario da cui sarà ricavato il campione di laboratorio che sarà sottoposto ad analisi.

Ogni campione potrà essere suddiviso in diverse aliquote necessarie ai fini dell'omologazione del rifiuto presso differenti centri di smaltimento o recupero.

I campioni prelevati saranno sottoposti alle seguenti analisi per la caratterizzazione e successiva classificazione:

- analisi sul Tal Quale (classificazione rifiuto ai sensi del D.Lgs 152/2006, All. parte IV all. D);
- analisi sugli Eluati per la verifica dell'ammissibilità in discarica (verifica limiti D.M. 27/09/2010, tabb. 2, 5, 5a, 6).

Le determinazioni analitiche sui campioni prelevati saranno condotte da laboratori accreditati ACCREDIA con metodiche scelte tra quelle internazionalmente riconosciute: UNI, ISO, EPA od altri indicati dall'ISS.

I certificati analitici corredati da apposito codice CER saranno utilizzati per le richieste di omologa presso gli impianti di smaltimento/recupero.

4.4.4 GESTIONE DEI TERRENI DI RISULTA PROVENIENTI DAGLI HOT SPOT S8 ED S10

Per i terreni provenienti dallo scavo degli hot spot S8 ed S10, in considerazione della elevata profondità della contaminazione, sarà valutata la possibilità di riutilizzo in sito. Tale opportunità verrà valutata per i seguenti materiali di riporto:

- terreni nell'orizzonte 2 – 7 metri da p.c. in corrispondenza dell'hot spot S8;
- terreni nell'orizzonte 0 – 7 metri da p.c. in corrispondenza dell'hot spot S10;

I materiali saranno caratterizzati in corso d'opera per verificarne l'opportunità di riutilizzo in sito. In linea con quanto previsto dal DPR 120/17, la caratterizzazione sarà eseguita su cumulo all'interno delle aree di stoccaggio temporaneo.

4.4.5 RITOMBAMENTO DEGLI SCAVI

Al termine delle attività di risanamento ambientale, si provvederà al ripristino delle aree di intervento, mediante ritombamento dello scavo e regolarizzazione delle superfici. Si prevede che il riempimento dello scavo sia eseguito attraverso l'impiego di terreno di provenienza esterna al sito di qualità certificata.

Sarà verificata sia la compatibilità geotecnica utilizzando terreni granulometricamente idonei e si procederà alla compattazione del materiale di al fine di limitare cedimenti.

5 SINTESI DELL'INTERVENTO PROPOSTO E STIMA COSTI

In base a quanto presentato nei paragrafi precedenti, la strategia individuata per la completa rimozione delle non conformità rilevate a carico dei suoli insaturi, prevede l'esecuzione di un intervento di scavo e smaltimento. L'asportazione dei materiali non conformi fino ad una profondità massima di 5 metri, sarà eseguita mediante scavo a sezione libera, mentre la rimozione delle passività rilevata a profondità comprese tra ca 8 e 10 metri sarà realizzata mediante perforazioni di grande diametro (macrocarotaggi).

Tali interventi sono stati selezionati poiché efficaci per la risoluzione della passività riscontrate, presentano tempi di realizzazione decisamente bassi rispetto agli altri interventi di risanamento on-site e poiché i risultati attesi sono maggiormente certi.

Di seguito si riporta la stima degli impegni economici per la realizzazione delle opere finalizzate al risanamento del sito. La stima dei costi di intervento è stata valutata sulla base del prezziario della Regione Lazio 2023. Per le voci non presenti si è fatto riferimento ad una valutazione dei costi di mercato

Il totale delle attività prevede una spesa di circa 805.000 €.

Va sottolineato che le valutazioni sviluppate sugli oneri delle opere di bonifica sono soggette ad ampi margini di aleatorietà dovuti, principalmente, agli esiti delle previste verifiche in corso d'opera oltre che ad eventuali interventi richiesti sulla matrice acque sotterranee.

Il costo stimato deve pertanto intendersi gravato da un intervallo di incertezza, stimato prudenzialmente in un range di $\pm 20\%$.

Nella successiva tabella si riporta una stima dei costi per la realizzazione della strategia proposta.

Voce	Attività	Prezzo totale
1	Opere di bonifica vegetazionale	€ 500.00
2	Accantieramento (bonifica e pali profondi)	€ 8'000.00
3	Realizzazione aree di stoccaggio	€ 14'000.00
4	Realizzazione scavi di bonifica	€ 46'000.00
5	Realizzazione pali secanti	€ 88'000.00
6	Collaudo scavi	€ 12'000.00
7	Caratterizzazione rifiuti	€ 7'500.00
8	Trasporto e smaltimento rifiuti	€ 435'500.00
9	Rinterro scavi di bonifica	€ 138'000.00
10	Oneri sicurezza	€ 37'500.00
11	Costi progettazione	€ 18'000.00
	TOTALE	805'000.00 €

Si rimanda al computo metrico estimativo riportati in Allegato 2 per il dettaglio delle voci/costi utilizzati.

Allegato 1. Figure fuori testo



Ing. Lorenzo Giannantoni
 Ufficio degli Ingegneri di Pescara n° 208
 Via S. Maria 219
 66122 - PESCARA

TITOLO
 Valutazione costi intervento per la bonifica dei suoli insaturi

SITO
 ...

Arree di scavo previste per la bonifica dei suoli insaturi

Legenda

- Punti di indagine conformi agli obiettivi di bonifica
- Punti di indagine non conformi agli obiettivi di bonifica
- Trincee conformi agli obiettivi di bonifica
- Trincee non conformi agli obiettivi di bonifica
- Poligoni di Thiessen
- Aree di scavo previste per la bonifica dei suoli insaturi

FIGURA 1

REVISIONE	0	FG	I	DI	I
SCALA	GRAFICA				

Allegato 2. Computo metrico estimativo

TIPO VOCE	Sez	Codice	Attività	U.M.	Costo unitario	Quantità	Prezzo totale	NOTE
Prezziario Regione Lazio 2023	C	1.01	OPERE DI BONIFICA VEGETAZIONALE					
	C	1.01.01	Decespugliamento di vegetazione arbustivo-erbacea di tipo infestante, eseguito a regola d'arte con idonei mezzi meccanici, senza l'asportazione degli apparati radicali, compresa l'asportazione del materiale di risulta e trasporto in discarica o altro luogo indicato	mq	€ 1.06	300	318.00 €	Considerato decespugliamento su n. 3 scavi in area non pavimentata
			TOTALE PARZIALE				318.00 €	
Analisi di mercato	A		ACCANTIERAMENTO					
	A	3.01.15	Allestimento cantiere di bonifica compreso il trasporto dei mezzi Allestimento cantiere per perforazioni di grande diametro compreso il trasporto dei mezzi	a corpo a corpo	€ 5'000.00 € 3'000.00	1 1	5'000.00 € 3'000.00 €	
			TOTALE PARZIALE				8'000.00 €	
Prezziario Regione Lazio 2023	A	3	DEMOLIZIONI - RIMOZIONI - PICCOLA MANUTENZIONE - TRASPORTI					
	A	3.01.15.f.	Demolizione di pavimento, compreso il sottofondo dello spessore fino a 5 cm, posto in opera a mezzo di malta o colla, calo in basso e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio nell'ambito del cantiere, escluso il trasporto a rifiuto in discarica autorizzata del materiale inutilizzabile: in battuto di cemento o pavimento alla veneziana	mq	25.62 €	685	17'549.70 €	Demolizione pavimentazione in corrispondenza di n. 4 hot spot
			TOTALE PARZIALE				17'549.70 €	
Prezziario Regione Lazio 2023	A	2	SCAVI E REINTERRI					
	A	2.01.	Scavo a sezione aperta per sbancamento e splateamento in rocce di qualsiasi natura e consistenza con resistenza inferiore a 8 N/mmq (a giglie sciolte e compatte, sabbie, ghiaie, pozzolane, lapilli, tufi ecc.) compreso il taglio e la rimozione di radici, ceppaie, pietre e trovanti di roccia e muratura di volume fino a 0,50 mc sia in asciutto che in bagnato, anche in presenza di acqua stabilizzantesi nel cavo fino all'altezza di 0,20 m esclusa l'acqua proveniente da falda, compreso e compensato l'onere per il rispetto di costruzioni sotterranee preesistenti da mantenere quali fognie, condutture in genere, cavi, ecc., inoltre, lo spianamento e la configurazione del fondo, anche se a gradoni, l'eventuale profilatura di pareti, scarpate e cigli, l'eventuale tiro in alto sull'orlo del cavo e comunque in posizione di sicurezza:	mq	25.62 €	685	17'549.70 €	Demolizione pavimentazione in corrispondenza di n. 4 hot spot
			TOTALE PARZIALE				17'549.70 €	
Prezziario Regione Lazio 2023	A	2.01.1.b.	eseguito con mezzi meccanici, compreso il carico sui mezzi di trasporto	mc	€ 9.10	3100	28'210.00 €	
			TOTALE PARZIALE				28'210.00 €	
Prezziario Regione Lazio 2023	A	5.01	PALI					
	A	5.01.1.	Palo trivellato gettato in opera, eseguito con trivelle a rotazione, formato da conglomerato cementizio Rck. 250, di lunghezza fino a m 20, compreso ogni onere e magistero, il maggior volume del fusto e del bulbo fino ad un massimo del 10%, ogni attrezzatura inerente alla perforazione, confezione e battitura, anche se in presenza di armatura, impostazione e successiva rimozione dell'attrezzatura necessaria, ogni materiale, la manodopera occorrente, acqua, energia elettrica, qualsiasi macchinario, compresi l'estrazione del materiale, il tracciato della fondazione, la picchettazione, comprese le prove di carico, nel numero previsto dalla vigente normativa o frazione, fino ad una volta e mezza la portata, l'eventuale vibratura meccanica del calcestruzzo. La scappellatura delle testate per la lunghezza occorrente ed ogni altro onere per dare l'opera completa compresi quelli derivanti da sospensione del funzionamento delle attrezzature per qualsiasi causa esclusa soltanto la fornitura e posa in opera dei ferri di armatura. La lunghezza dei pali verrà misurata dal piano raggiunto dai pali alla quota alla quale arriveranno a congiungersi con le strutture sovrastranti.	mc	€ 9.10	3100	28'210.00 €	Ipotizzato scavo di n. 5 hot spot 15 x 15 x 2,0 + approfondimento a 5 m in area 5 x 5 m
			TOTALE PARZIALE				28'210.00 €	
			5.01.1.a. in terreni autosostenenti con resistenza alla compressione inferiore a 60 kg/cmq:	m	228.26 €	384	87'651.84 €	
			5.01.1.a.6. per diametro pari a 1.000 mm				87'651.84 €	
			TOTALE PARZIALE				87'651.84 €	

TIPO VOCE	Sez	Codice	Attività	U.M.	Costo unitario	Quantità	Prezzo totale	NOTE
	A	2.03.	RINTERRI					
	A	2.03.1	Rinterro o riempimento di cavi o di buche per opere di nuova urbanizzazione con materiali selezionati, compresi spianamenti, costipazione e pilonatura a strati non superiori a 0,30 m, bagnatura e necessari ricarichi, i movimenti dei materiali per quanto sopra sia con mezzi meccanici che manuali:					
Prezziario Regione Lazio 2023	B	1.02.3.1.	Fornitura di materiale riciclato proveniente da impianti di recupero rifiuti, escluso il trasporto	ton	€ 12.65	5720	72'358.00 €	
	B	1.02.3.1.b	sabbia 0/8 di materiale selezionato all'origine quale cemento o pietra	mc	€ 8.50	3320	28'220.00 €	
	A	2.02.35	Trasporto a rifiuto di materiale di risulta dagli scavi, effettuata con autocarri, con portata superiore a 50 q, compreso l'onere per trasp	mc	€ 4.25	3320	14'110.00 €	
	A	2.02.36	Trasporto a rifiuto di materiale di risulta dagli scavi, effettuata con autocarri, con portata superiore a 50 q, compreso l'onere per ogni	ton	€ 1.92	5720	10'982.40 €	Rinterro scavi
	A	3.03.5.d	trasporto nell'ambito del cantiere					
	A	2.03.1	Rinterro o riempimento di cavi o di buche per opere di nuova urbanizzazione con materiali selezionati, compresi spianamenti, costipazione e pilonatura a strati non superiori a 0,30 m, bagnatura e necessari ricarichi, i movimenti dei materiali per quanto					
	A	2.03.1.a	sopra sia con mezzi meccanici che manuali:					
	A	2.03.1.a	con l'uso di mezzi meccanici con materiale proveniente dagli scavi depositato sull'orlo del cavo	mc	€ 3.66	3320	12'151.20 €	
			TOTALE PARZIALE				137'821.60 €	
	A	3.03	TRASPORTI					
	A	3.03.5	Carico e trasporto a discariche e/o impianti autorizzati che dovranno vidimare copia del formulario d'identificazione del rifiuto trasportato secondo le norme vigenti, con qualunque mezzo, di materiale proveniente da demolizioni e scavi, anche se bagnato compreso il carico eseguito con mezzi meccanici o a mano e il successivo scarico. Esclusi gli oneri di discarica.	ton	€ 13.05	5720	74'646.00 €	Carica di tutto il materiale da smaltire
	A	3.03.5.b	compreso il carico effettuato da pale meccaniche	ton	€ 1.92	5720	10'982.40 €	Movimentazione in cantiere di tutto il materiale da smaltire
	A	3.03.5.d	trasporto nell'ambito del cantiere					
Prezziario Regione Lazio 2023	A	3.03.7	Costo per il conferimento dei rifiuti a impianto di recupero o discarica autorizzata ai fini del loro recupero/smaltimento. codici attribuiti secondo l'Elenco europeo dei rifiuti (EER), escluso il costo del trasporto. L'avvenuto smaltimento/recupero dovrà essere attestato dall'impianto di recupero o discarica autorizzata con dichiarazione sulle quantità ricevute dalle singole unità locali e di quant'altro occorrente per documentare il regolare conferimento dei rifiuti a soggetti autorizzati					
	A	3.03.7.p	terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce codice CEER/EER 17 05 03* (EER 17 05 04)	ton	€ 32.62	2570	83'833.40 €	Smaltimento in discarica per inerti (ca 65% del totale terreni)
	A	3.03.7.q	a discarica di rifiuti inerti - non recuperabili entro i limiti dell'allegato 4 del D.lgs 36/2003 tab. 2, 3 e 4	ton	€ 180.64	1100	198'704.00 €	Smaltimento in discarica (ca 35% del totale terreni)
	A	3.03.7.d.1	rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione, diversi da quelli di cui alle voci codici CEER/EER 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03 (EER 17 09 04)	ton	€ 32.62	2050	66'871.00 €	
	A	3.03.7.d.1	a recupero (R5)	ton			435'036.80 €	
			Accertamento qualità ambientale					
Analisi di mercato			Prelievo del campione di terreno istantaneo (da cassetta catalogatrice, da Top Soil o da fondo e pareti scavo senza l'uso di mezzi meccanici	CAD	€ 10.00	57	570.00 €	Esecuzione AQA
			Pacchetto analisi terreni metalli	CAD	€ 200.00	57	11'400.00 €	
			TOTALE PARZIALE				11'970.00 €	

TIPO VOCE	Sez	Codice	Attività	U.M.	Costo unitario	Quantità	Prezzo totale	NOTE	
Analisi di mercato			Caratterizzazione rifiuti						
			Prelievo del campione di terreno istantaneo (da cassetta catalogatrice, da Top Soil o da fondo e pareti scavo senza l'uso di mezzi meccanici)	CAD	€ 3.00	12	36.00 €	Ipotizzati 12 cumuli di rifiuti	
			Pacchetto analisi terreni metalli	CAD	€ 600.00	12	7'200.00 €		
			TOTALE PARZIALE				7'236.00 €		
			Realizzazione aree di stoccaggio						
Prezziario Regione Lazio 2023			Barriera antiurto prefabbricata in calcestruzzo cementizio vibrocompreso armato, confezionato con cemento tipo 42.5 ed inerti di cava o di fiume vagliati e lavati, avente la sezione opportunamente sagomata, con pareti a faccia vista. Nel prezzo è compresa anche l'armatura del manufatto, che dovrà essere eseguita secondo la sezione trasversale, ed i vari elementi di armatura collegati nel senso longitudinale, eventuali catarifrangenti opportunamente distanziati, il trasporto sul luogo di impiego, la posa in opera mediante opportuni ancoraggi ed ogni altro onere e/o magistero per dare l'opera finita a perfetta regola d'arte.						
				B 1.04.10.					
				B 1.04.10.a.					
				B 1.04.10.d.					
			del tipo da porre al centro della strada, con profilo denominato New Jersey, alta 81 cm circa, sagomata in entrambi le facce, con dime m diminuzione dei prezzi per barriere realizzate senza armatura o debolmente armate	M2	307.66 €	50	12'306.40 €		
			Fornitura e posa in opera di teli in HDPE di idoneo spessore per garantire l'impermeabilizzazione alla base dei cumuli di terreno di scavo e la copertura dei medesimi.		-20%				
					€ 3.50	400	1.400.00 €	Creazione aree di stoccaggio rifiuti	
			TOTALE PARZIALE				13'706.40 €		
			ONERI SICUREZZA						
			Stima costi oneri di sicurezza (5% sul totale)	a corpo	5%	1	37'375.00 €		
			TOTALE PARZIALE				37'375.00 €		
			COSTI PROGETTAZIONE						
			Stima costi di progettazione	a corpo	€ 18'000.00	1	18'000.00 €		
			TOTALE PARZIALE				18'000.00 €		
			SOMMA TOTALI PARZIALI				802'875.34 €		