

**AUTOSTRADA (A14): BOLOGNA - BARI -TARANTO**  
**TRATTO: BOLOGNA BORGO PANIGALE - BOLOGNA SAN LAZZARO**

**POTENZIAMENTO IN SEDE DEL SISTEMA  
 AUTOSTRADALE E TANGENZIALE DI BOLOGNA  
 INTERVENTI DI COMPLETAMENTO DELLA RETE VIARIA DI ADDUZIONE  
 LUNGO SAVENA LOTTO 3**

**PROGETTO DEFINITIVO**


**DOCUMENTAZIONE GENERALE**

**ASPETTI AMBIENTALI  
 GESTIONE TERRE**

**PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO  
 AI SENSI DEL D.P.R. 120/2017**

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO  Ing. Sara Frisiani Ord. Ingg. Genova N. 9810A  Responsabile Studi Ambientali	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE  Ing. Fabio Serrau Ord. Ingg. Bologna n. 6007/A	IL DIRETTORE TECNICO  Ing. Sara Frisiani Ord. Ingg. Genova N. 9810A  T.A. Ambiente
---	---	---

CODICE IDENTIFICATIVO											ORDINATORE
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	
111454	0000	PD	DG	PGT	00000	00000	R	AMB	1000	-0	SCALA 1:2000

	ENGINEER COORDINATOR:			SUPPORTO SPECIALISTICO:				REVISIONE	
	Ing. Fabio Serrau Ord. Ingg. Bologna n. 6007/A							n.	data
								0	LUGLIO 2022
REDDATTO:	Dott. Francesco Cipolli			VERIFICATO:					

	VISTO DEL COMMITTENTE    IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Fabio Visintin	VISTO DEL CONCEDENTE    <b>Ministero delle Infrastrutture e della mobilità sostenibili</b> <small>DIPARTIMENTO PER LA PROGRAMMAZIONE, LE INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO A RETE E I SISTEMI INFORMATIVI</small>
--	---	---

## Sommar

1	PREMESSA.....	5
1.1	STRUTTURA E CONTENUTI DEL PIANO.....	6
1.2	DURATA E VALIDITÀ DEL PIANO .....	8
2	INQUADRAMENTO GENERALE .....	9
2.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	9
2.2	INQUADRAMENTO PROGETTUALE.....	10
2.2.1	Opere maggiori all'aperto.....	11
2.2.2	Viabilità di ricucitura.....	12
2.2.3	Itinerario ciclabile.....	12
2.2.4	Opere d'arte minori .....	13
2.2.5	Aree cantiere.....	15
2.3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	19
2.3.1	Inquadramento geologico.....	19
2.3.2	Inquadramento geomorfologico .....	21
2.3.3	Inquadramento idrogeologico.....	22
2.4	LE OPERE DA REALIZZARE AI SENSI DEL DPR 120/2017 .....	23
2.4.1	Ambito tracciato.....	23
2.4.2	Area di cantiere e di deposito intermedio .....	24
3	CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEI MATERIALI DA SCAVO .....	26
3.1	CONOSCENZE PREGRESSE DEI SITI DI INTERESSE E DELLE AREE DI INTERVENTO.....	26
3.1.1	Uso del suolo.....	26
3.1.2	Cartografia geochimica regionale.....	27
3.1.3	Anagrafe regionale dei siti contaminati.....	28
3.2	IDENTIFICAZIONE DEI SITI DI SCAVO E DETERMINAZIONE DELLE INDAGINI, AI SENSI DEL DPR 120/2017 .....	28
3.2.1	Criteri di ubicazione dei punti d'indagine.....	29
3.2.2	Ubicazione dei punti e caratteristiche tecniche d'indagine.....	29
3.2.3	Metodica di campionamento .....	30
3.2.4	Analisi chimiche di laboratorio.....	31
3.2.5	Caratterizzazione ambientale da completare in una fase preliminare alle lavorazioni .....	32
3.3	SINTESI DEI RISULTATI DELLE ANALISI DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE.....	33
3.4	COMPATIBILITÀ AMBIENTALI DEI MATERIALI DA SCAVO NEI SITI DI UTILIZZO .....	34
3.5	INTERFERENZE CON LA PORZIONE SATURA DEL TERRENO .....	35
3.5.1	Caratterizzazione dell'acqua sotterranea .....	35
4	MODALITÀ DI SCAVO E TECNOLOGIE APPLICATE.....	36
4.1	OPERE ALL'APERTO .....	36
4.1.1	Scavi da scotico .....	36
4.1.2	Scavi di sbancamento .....	36
4.1.3	Rinterri.....	37
4.1.4	Formazione rilevati e dei rimodellamenti morfologici .....	37
4.1.5	Formazione delle sottofondazioni e fondazioni di pavimentazione.....	38
4.1.6	Scavi di fondazione con micropali o pali di grande diametro.....	38
4.1.7	Disposizioni per le interferenze con la porzione satura del terreno .....	38
4.2	NORMALE PRATICA INDUSTRIALE .....	38
4.2.1	Vagliatura .....	39
4.2.2	Frantumazione.....	39
4.3	INCLUSIONI.....	39
4.3.1	Utilizzo di miscele di perforazione.....	39

---

4.4	GESTIONE DEI MATERIALI IDENTIFICATI COME NON SOTTOPRODOTTI.....	39
5	BILANCIO DEI SITI DI PRODUZIONE, DEPOSITO ED UTILIZZO .....	41
5.1	BILANCIO MATERIALI DI SCAVO TRA SITI DI PRODUZIONE E SITI DI UTILIZZO.....	41
5.2	AREE DI DEPOSITO INTERMEDIO.....	43
5.2.1	<i>Caratteristiche e tipologie delle aree di deposito in attesa di utilizzo.....</i>	43
5.2.2	<i>Aree di deposito per terreno vegetale .....</i>	44
5.2.3	<i>Gestione del deposito dei materiali di scavo.....</i>	44
6	CAMPIONAMENTO ED ANALISI IN CORSO D'OPERA.....	45
6.1	CARATTERIZZAZIONE DI VERIFICA IN CORSO D'OPERA O FINALE .....	46
7	GESTIONE E TRASPORTO IN FASE DI CANTIERE .....	47
7.1	VIABILITÀ INTERESSATA DALLA MOVIMENTAZIONE DEI MATERIALI DI SCAVO.....	47
7.2	PROCEDURE PER LA TRACCIABILITÀ DEI MATERIALI .....	48
7.3	DICHIARAZIONE DI AVVENUTO UTILIZZO.....	48

## Indice delle Tabelle e delle Figure

FIGURA 2-1 COROGRAFIA: IN GIALLO, L'ASSE LUNGOSAVENA, IN TRATTEGGIO ROSSO, IL TRATTO IN ESAME .....	9
FIGURA 2-3 STRALCIO PLANIMETRICO DEL VIADOTTO .....	12
FIGURA 2-4 DETTAGLIO SCARICO ACQUE DI PIATTAFORMA IN CANALE DI LAMINAZIONE MEDIANTE COLLETORE DI SCARICO .....	13
FIGURA 2-5: DETTAGLIO SEZIONE CANALE RIVESTITO, IMPIEGATO PER LA LAMINAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE .....	14
TABELLA 2-1 ELENCO BARRIERE ACUSTICHE IN PROGETTO E TIPOLOGIE .....	14
FIGURA 2-6 UBICAZIONE DELLE AREE DI CANTIERE (DA CAP0200) .....	15
FIGURA 2-7 STRALCIO DEL LAYOUT DEL CANTIERE CB001 .....	16
FIGURA 2-8 PAVIMENTAZIONE PREVISTA PER IL CB001 E CO001 E CO002.....	16
FIGURA 2-9 CANTIERI OPERATIVI CO001 E CO002.....	17
FIGURA 2-10 PACCHETTI DI PAVIMENTAZIONI PREVISTI NEI CAMPI TRAVI.....	18
FIGURA 2-11 AREE DI SUPPORTO ADS001 E ADS002.....	19
FIGURA 2-12 PAVIMENTAZIONE PREVISTA PER L'AREA ADS002 .....	19
FIGURA 2-13 STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA (DA GEO0002) .....	21
TABELLA 2-2 ELENCO DELLE WBS.....	24
TABELLA 2-3 ELENCO DELLE AREE DI CANTIERE, CON DEPOSITO INTERMEDIO .....	25
FIGURA 3-1 USO DEL SUOLO (FONTE: – GEOPORTALE DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA) .....	26
FIGURA 3-2 CARTA DEL FONDO NATURALE ANTROPICO IN ARSENICO.....	27
FIGURA 3-3 STRALCIO PLANIMETRICO SU INTERFERENZE CON SITI CONTAMINATI. ....	28
TABELLA 3-3 RIEPILOGO SINTETICO DEGLI ESITI ANALITICI DI LABORATORIO .....	33
TABELLA 3-4 QUADRO SUL NUMERO DI SUPERAMENTI DELLE CSC.....	33
TABELLA 5-1 BILANCIO DEI MATERIALI DI SCAVO AI SENSI DEL DPR 120/2017 .....	42
FIGURA 7-1 STRALCIO DI ESEMPIO DA CAP0650 DELLE VIABILITÀ DA UTILIZZARE .....	47

## Appendice

1. PROCEDURA DI STABILIZZAZIONE A CALCE

## Allegati

### AMB1001

TABELLE RIEPILOGATIVE ANALISI CHIMICHE sulle caratterizzazioni ambientali eseguite in fase progettuale, conformi al DPR 120/2017

CERTIFICATI DI ANALISI IN LABORATORIO

### AMB1002

TAVOLE PLANIMETRICHE delle indagini per la caratterizzazione ambientale, dei siti di scavo, di deposito e di utilizzo, dei percorsi e delle aree di cantiere.

## 1 PREMESSA

Il presente elaborato costituisce il Piano di Utilizzo dei materiali da scavo ai sensi del DPR 120/2017, relativamente al progetto stradale di realizzazione del 3° lotto Lungo Savena. Questa opera è nell'ambito degli interventi di completamento della rete viaria di adduzione per il potenziamento del sistema tangenziale di Bologna tra Borgo Panigale e San Lazzaro, Autostrada A14 Bologna-Bari-Taranto.

La progettazione e la costruzione dell'Asse Lungo Savena è stata suddivisa in 4 lotti funzionali. Oggetto del presente documento è il 3° Lotto: dalla rotonda al termine di viale Giovanni II e la fine di Via dell'Industria, avente una lunghezza di circa 2 km.

La gestione delle terre e rocce da scavo prodotte è disciplinata dal DLgs 152/2006 e s.m.i. e dal DPR 120/2017, *"Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo"*: la gestione nell'ambito dei lavori di realizzazione del progetto è pertanto svolta ai sensi dell'art.184-bis (Sottoprodotto) del DLgs 152/2006 e dell'art. 4 del DPR 120/2017 (*"Criteri per qualificare le terre e rocce da scavo come sottoprodotti"*).

Il presente documento è riferito all'art. 9 (*"Piano di Utilizzo"*) del DPR 120/2017, nell'ambito di applicazione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti in cantieri di grandi dimensioni (rif art. 8).

Si fa presente che nell'ambito della procedura di VIA regionale svoltasi durante la fase di Progetto Definitivo, il Proponente ha presentato in dicembre 2016 un *"Piano di utilizzo delle terre"* ai sensi del DM 161/2012. Il documento, anche a seguito del regime transitorio di cui all'art. 27, comma 1 del DPR 120/2017, è stato approvato, con prescrizioni con parere DPG/2018/9363 del 11/06/2018 (allegato 2 del provvedimento di VIA, DGR 1074 del 09/07/2018). Sulla base di questo atto (*"l'inizio dei lavori deve avvenire entro due anni dalla presentazione del Piano di Utilizzo"*), sono scaduti i termini di validità del Piano approvato.

Il Proponente ripresenta pertanto questo Piano di Utilizzo delle terre da scavo ai sensi del DPR 120/2017, che di fatto costituisce il quadro aggiornato di quello precedente del Progetto Definitivo.

L'elaborato considera lo sviluppo e gli approfondimenti effettuati nelle fasi di progettazione esecutiva con il perfezionamento delle soluzioni studiate nel Progetto Definitivo.

Nella presentazione di questo nuovo Piano di utilizzo, si è tenuto inoltre conto delle prescrizioni sulla caratterizzazione dei materiali, sulla loro identificazione a cumulo, e sulle interferenze con le porzioni di sottosuolo saturo, ricevute in fase di Conferenza dei Servizi ed indicate da Regione Emilia-Romagna e ARPAE nel parere approvativo del precedente Piano.

Il Piano di Utilizzo, redatto secondo le indicazioni di cui all'Allegato 5 del Regolamento DPR 120/2017, costituisce dunque parte integrante del Progetto Definitivo e descrive le modalità di gestione dei materiali da scavo derivanti dalla realizzazione dell'intervento stradale.

Il documento indica le quantità e le modalità di gestione delle terre e dei materiali che si originano nell'ambito delle attività di realizzazione dell'opera, nelle fasi di produzione, trasporto ed utilizzo, nonché il processo di tracciabilità dei materiali dai siti di produzione ai siti di deposito intermedio ed ai siti di destinazione.

Il Piano di Utilizzo contiene le informazioni necessarie ad appurare che i materiali di scavo derivanti dalla realizzazione dell'opera in progetto rispondano ai criteri dettati dal Regolamento e stabiliti sulla base delle condizioni previste dall'art. 184bis, comma 1 del decreto legislativo n. 152 del 2006 e s.m.i., in modo da poter essere escluse dal regime normativo dei rifiuti e quindi essere gestite come sottoprodotti ai sensi dell'art. 183, comma 1, lett. qq) del decreto legislativo n. 152 del 2006 e s.m.i..

Si fa inoltre presente che la progettazione dell'intervento successiva all'approvazione del Progetto Definitivo ha sviluppato e approfondito le precedenti previsioni progettuali, anche a seguito del recepimento delle prescrizioni emerse nel corso dei procedimenti approvativi.

In tal senso si evidenzia come questi approfondimenti, su parti delle opere e della logistica della cantierizzazione, abbiano influito sugli elementi di interesse per la gestione delle terre e rocce da scavo, tra cui inoltre il bilancio delle terre e rocce da scavo, rivisto in seguito all'adozione delle ottimizzazioni progettuali richieste anche in sede di Conferenza dei Servizi (ad es. sistemazione opere a verde, piste ciclabili, viabilità di ricucitura, barriere acustiche).

Si evidenzia che il quadro del Piano di Utilizzo delle terre da scavo viene presentato con la:

- organizzazione del sistema della cantierizzazione, con siti di deposito intermedio all'interno delle aree di cantiere;

- introduzione delle nuove soluzioni ed ottimizzazioni progettuali, risolte in Conferenza dei Servizi:
  - 1) modifica della sezione tipo dell'asse principale (inserimento di marciapiedi pedonali ai lati della carreggiata con aumento della larghezza globale del sedime stradale da 18.70m ai 23.10m);
  - 2) modifica architettonica del viadotto Mattei ed utilizzo di giunti "silenziosi";
  - 3) inserimento di due nuove viabilità di ricucitura (codice WBS VL002 e VL003);
  - 4) realizzazione di un itinerario ciclabile di collegamento sud-nord, suddiviso in tre tratti;
  - 5) ridefinizione ex-novo dei fossi idraulici e aumento della portata idraulica al recapito (15 l/s);
  - 6) attraversamento ferroviario km 6+907 e modifica profilo altimetrico, con posizionamento pile funzionale al rispetto dei franchi di sicurezza e di eventuale raddoppio della ferrovia;
  - 7) ampliamento del progetto delle opere a verde, nel rispetto delle normative regionale (PAIR), metropolitana (PTCP) e comunale (PSC).
- aggiornamento volumi di scavo e riutilizzi al Progetto Definitivo.

Il Proponente, ai sensi dell'art. 17, comma 1 del Regolamento, prima dell'inizio dei lavori di realizzazione dell'intervento, darà specifica comunicazione all'Autorità competente sulle generalità dell'Esecutore. A far data dalla suddetta comunicazione, l'esecutore sarà tenuto a far proprio e rispettare il presente Piano di Utilizzo e ne diverrà responsabile. L'esecutore sarà inoltre tenuto a redigere la modulistica necessaria a garantire la tracciabilità del materiale da scavo.

## 1.1 STRUTTURA E CONTENUTI DEL PIANO

Oltre il corrente capitolo introduttivo, il documento è strutturato in altri 6 capitoli, in relazione ai punti essenziali nella gestione delle terre e rocce da scavo (quantificazione, qualificazione, destinazione e tracciabilità) e a quanto stabilito dall'art. 9 e dall'allegato 5 del Regolamento di cui al DPR 120/2017.

Nel capitolo 2 sono descritti gli inquadramenti territoriale, progettuale e geo-ambientale.

Nel capitolo 3 viene descritta la campagna di indagine del 2016 per la caratterizzazione dei terreni in sito, svolta per la Progettazione Definitiva al fine di valutare la qualità del chimismo del suolo interessato dall'opera in oggetto.

Nel capitolo 4 vengono descritte le operazioni di scavo ed i trattamenti di normale pratica industriale previsti.

Nel capitolo 5 viene inquadrato il bilancio dei volumi in relazione ai siti interessati dalla movimentazione dei materiali, secondo le diverse macrotipologie di opere; la descrizione si riferisce alla gestione delle terre e rocce come sottoprodotti dai siti di produzione ai siti di utilizzo utilizzate per la realizzazione dell'opera o parti di essa, considerando il deposito in via provvisoria nei siti di deposito.

Nel capitolo 6 si riportano le modalità con cui l'Impresa esecutrice dovrà effettuare le eventuali ulteriori caratterizzazioni in corso d'opera sui materiali da scavo.

Infine, nel capitolo 7, sono descritte le caratteristiche e le modalità di deposito e di trasporto e la documentazione per la tracciabilità.

In Allegato sono riportati:

- Rapporti di Prova delle indagini ambientali ai sensi del DPR 120/2017 (ex D.M. 161/2012) della fase progettuale definitiva;
- Elaborati grafici delle indagini ambientali eseguite, dei siti di produzione, di deposito e di destinazione dei materiali da scavo e sui percorsi dei mezzi di cantiere.

A supporto del presente Piano di Utilizzo., vengono di seguito indicati alcuni elaborati del Progetto Definitivo. Questi elaborati di progetto sono di particolare riferimento e risultano utili per eventuali approfondimenti o inquadramenti di carattere tecnico su alcuni elementi descritti e richiamati nel testo.

Tabella 1-1 Elenco elaborati di Progetto Definitivo di approfondimento al Piano di Utilizzo

<b>Codice dell'elaborato</b>		<b>Titolo dell'elaborato</b>
		<b>DOCUMENTAZIONE GENERALE</b>
		<b>PARTE GENERALE</b>
SIC	5001	Diagramma Lavori
		<b>INQUADRAMENTO</b>
STD	11	Planimetria generale di inquadramento
		<b>COMPUTI E STIME</b>
GEN	20	Planimetria con indicazione delle WBS
		<b>GEOLOGIA</b>
GEO	2	Planimetria geologica con profilo
GEO	3	Planimetria geomorfologica
GEO	4	Planimetria dei vincoli da PAI e
GEO	5	Planimetria di ubicazione delle indagini geognostiche
		<b>IDROGEOLOGIA</b>
GEO	31	Planimetria idrogeologica con profilo
		<b>GEOTECNICA</b>
APE	10	Profilo geotecnico - Asta principale
APE	11	Profilo e Sezioni Geotecniche - Viadotto Mattei
		<b>VIABILITA' LUNGO SAVENA</b>
		<b>PARTE STRADALE</b>
STD	40	Sezioni tipo
STD	41	Sezioni tipo
APE	20	Rilevati e trincee
		<b>IDROLOGIA E IDRAULICA</b>
IDR	21	Risoluzione interferenza idraulica Scolo Zenetta
IDR	22	Risoluzione interferenza idraulica Fosso dei Prati
IDR	31	Particolari costruttivi sistema di drenaggio
IDR	32	Particolari costruttivi sistema di drenaggio
		<b>VIADOTTO MATTEI</b>
STR	75	Pianta Fondazioni
STR	5	Planimetria generale e prospetti
APE	33	Opere provvisionali su micropali Pile 2 e 3
APE	34	Opere provvisionali su micropali Pile 2 e 3
		<b>TRATTO ROTATORIA SUD-VIADOTTO MATTEI</b>
APE	40	Planimetria e prospetti
APE	47	Pianta scavi e dettaglio pali CFA
		<b>TRATTO VIADOTTO MATTEI-ROTATORIA NORD</b>
APE	50	Planimetria e prospetti
APE	52	Pianta scavi e particolare pali in ghiaia
APE	140	Pianta scavi
APE	150	Pianta scavi
APE	141	Pianta scavi
		<b>INTERVENTI SUL TERRITORIO</b>
		<b>COLLEGAMENTO ABITAZIONI VICOLO PRATI</b>
STD	211	Profilo longitudinale e sezioni tipo
		<b>VIABILITA' DI RICUCITURA PLP 12</b>
STD	231	Profilo longitudinale e sezioni tipo
		<b>VIABILITA' DI RICUCITURA PLP 13</b>
STD	241	Profilo longitudinale e sezioni tipo
		<b>COLLEGAMENTO ABITAZIONI S.CATERINA</b>
STD	221	Profilo longitudinale e sezioni tipo
		<b>ITINERARIO CICLABILE</b>
STD	250	Planimetria di progetto e sezioni tipiche
STD	260	Planimetria di progetto e sezioni tipiche
STD	261	Planimetria di progetto e sezioni tipiche
		<b>SISTEMAZIONE VIA BARGELLO E PISTA CICLABILE</b>
STD	280	Planimetria di progetto e sezioni tipo
		<b>CANTIERIZZAZIONE E FASI DEI LAVORI</b>
CAP	200	Ubicazione e viabilità aree di cantiere



---

## 1.2 DURATA E VALIDITÀ DEL PIANO

La durata complessiva dei lavori, desumibile da cronoprogramma (SIC5001), è pari a 28 mesi.

**La durata di validità del Piano di Utilizzo, pari alla durata dei lavori, è pertanto di 28 mesi a partire dalla data di inizio dei lavori.** Con riferimento a quanto indicato in art. 14, comma 1 del DPR 120/2017, salvo particolari deroghe dell'Autorità competente, si indica che i lavori avranno inizio entro due anni dalla data di presentazione del Piano di Utilizzo.

Se durante l'esecuzione delle opere dovessero subentrare varianti tali da determinare modifiche sostanziali nella gestione delle terre e rocce da scavo, si procederà secondo quanto prescritto.

## 2 INQUADRAMENTO GENERALE

### 2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'asse Lungo Savena è una strada di scorrimento che, in prosecuzione verso nord dell'asse costituito dalla Strada di Fondovalle Savena (FVS) Loiano – Rastignano, dalla Variante alla SP 65 per l'attraversamento dell'abitato di Rastignano, dalla Strada IN870, e dai viali Vighi e Cavina, collega l'uscita 12 della Tangenziale di Bologna (quartiere Mazzini) con la Trasversale di Pianura in comune di Granarolo, permettendo il collegamento diretto con la tangenziale della zona industriale e di insediamenti polifunzionale, degli abitati di Castenaso (in particolare la Frazione Villanova) e di Granarolo.

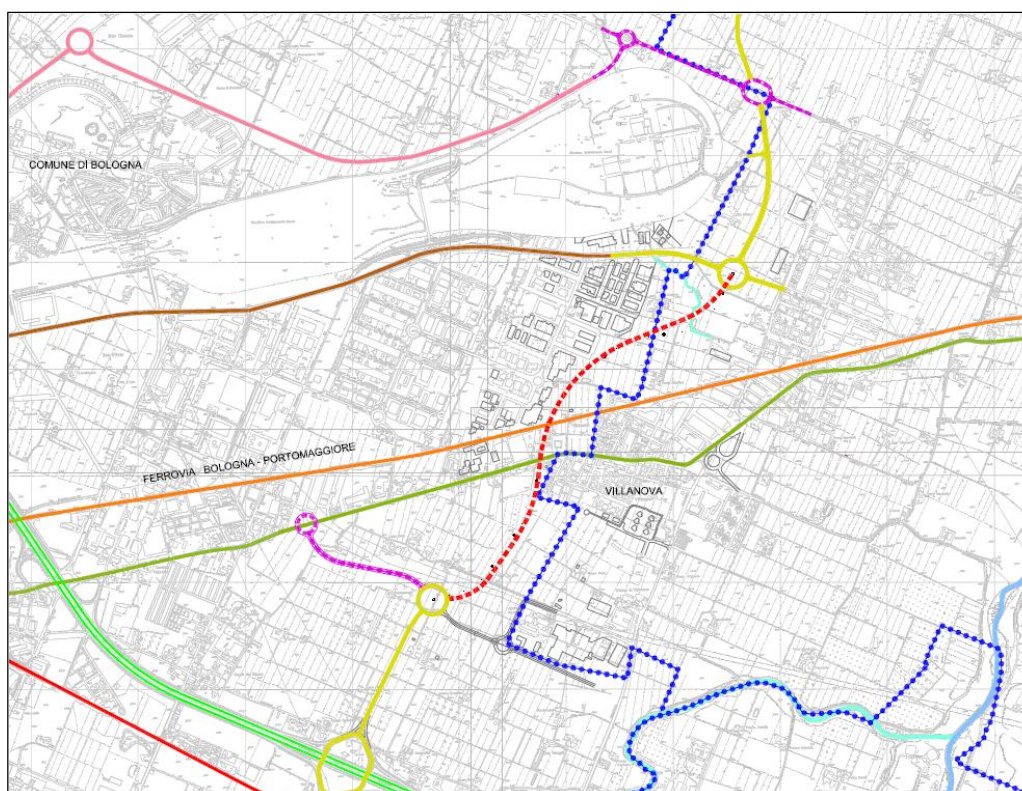


Figura 2-1 Corografia: in giallo, l'asse Lungosavena, in tratteggio rosso, il tratto in esame

La progettazione e la costruzione dell'Asse Lungo Savena è stata suddivisa in 4 lotti funzionali:

1° LOTTO: (Tratto dalla tangenziale di Bologna alla rotonda Ipercoop Centronova): già realizzato dal Comune di Bologna con il contributo finanziario degli operatori commerciali

2° LOTTO: (Tratto da via dell'Industria a via del Bargello); è stato realizzato dal Comune di Bologna.

3° LOTTO: dalla rotonda al termine di viale Giovanni II (poco a nord della Tangenziale, presso il Novotel e a breve distanza dal Centronova), e la fine di Via dell'Industria, avente una lunghezza di circa 2 km.

4° LOTTO: da via del Bargello alla SP3 trasversale di pianura.

Oggetto del presente progetto e documento è il 3° Lotto dalla rotonda Giovanni Sabatino degli Arienti alla nuova rotonda di Via dell'Industria.

Allo stato attuale, sono stati realizzati 3 dei 4 lotti, risultando mancante il tratto centrale, identificato come lotto III, che prevede la realizzazione di una strada di lunghezza pari a 2160m. L'ambito dall'intervento si inserisce all'interno dell'hinterland bolognese.

Nel suo sviluppo, la viabilità principale attraversa 2 Comuni (partendo da sud verso nord):

- Comune di Bologna: include la maggior parte della strada, compresi il viadotto e le due viabilità secondarie.
- Comune di Castenaso: in questo Comune ricade la parte terminale dell'asse principale, compreso il tombamento dello scolo Zenetta di Quarto.

La zona, completamente pianeggiante, si presenta come un'alternanza di aree a destinazione agricola e di aree urbanizzate a carattere residenziale o industriale, localmente a carattere misto.

Il corridoio disponibile per la realizzazione della nuova infrastruttura può suddividersi in tre parti:

1. La prima, dalla rotonda di inizio lotto posta al parcheggio della Poligrafici Editoriali, dove la strada attraversa terreni agricoli;
2. La seconda, dal parcheggio della Poligrafici Editoriali alla Ferrovia Bologna – Portomaggiore, nella quale la fascia è costeggiata da vari edifici anche di pregio;
3. La terza, dalla Ferrovia all'innesto con la rotonda di fine lotto, limitata ad Est dagli insediamenti industriali della zona Roveri, anch'essa destinata ad uso agricolo

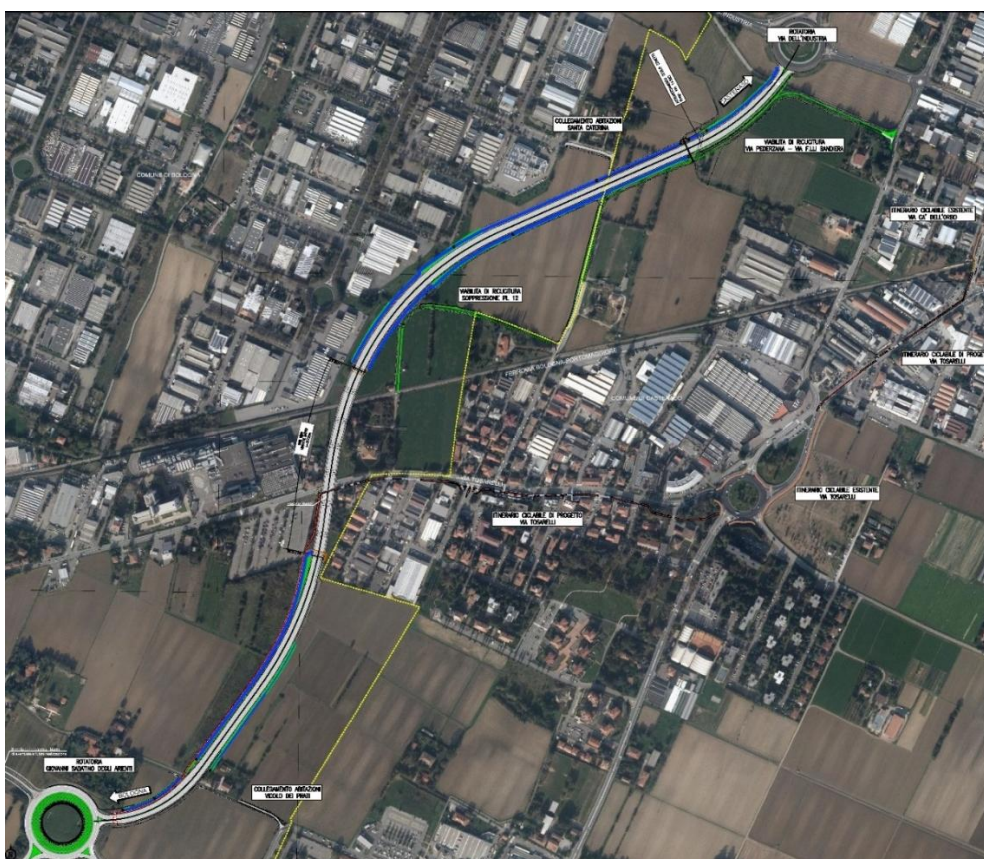


Figura 2-2 Inquadramento territoriale dell'area di intervento

## 2.2 INQUADRAMENTO PROGETTUALE

L'asse stradale principale costituisce il III lotto della strada Lungo Savena e rappresenta la parte preponderante del progetto. La strada si sviluppa per una lunghezza di 2 160m

Il corridoio disponibile per questa nuova infrastruttura è generalmente ampio e viene suddiviso in tre parti:

- 1) La prima, dalla rotonda di inizio lotto al parcheggio della Poligrafici Editoriali, dove la strada attraversa terreni agricoli;
- 2) La seconda, dal parcheggio della Poligrafici Editoriali alla Ferrovia Bologna – Portomaggiore (FBP), nella quale la fascia utilizzabile si restringe fino a circa 30m ed è costeggiata da vari edifici anche di pregio (prima fra tutti la Villa dell'Istituto Gualandi);

- 3) La terza, dalla FBP all'innesto con la rotatoria di fine lotto, limitata ad Est dagli insediamenti industriali della zona Roveri anch'essa destinata ad uso agricolo.

Nel tratto centrale, la SP253 "Via San Vitale" e la FBP, parallele ma non contigue, costituiscono interferenze lineari che non possono essere risolte a raso e quindi impongono la realizzazione di un lungo viadotto di scavalco.

La fascia è inoltre limitata sul lato Est della Poligrafici Editoriali e da una serie di costruzioni a diversa destinazione e sul lato Ovest, a Sud della SP253, da residenze e, a Nord, dalla Villa dell'Istituto Gualandi e dalle relative pertinenze.

Ne segue che il tracciato planimetrico è praticamente obbligato, tanto che per il passaggio dell'infrastruttura è necessario demolire un edificio fatiscente e disabitato, già di proprietà del Comune di Bologna (Via E. Mattei 114).

Questo è l'unico vincolo altimetrico presente perché le quote altimetriche del piano campagna degradano dolcemente da Sud (quota media 49 mslm) a Nord (quota media 42 mslm) e non si incontrano lungo il tracciato corsi d'acqua o altre viabilità importanti.

Il progetto è relativo al III lotto funzionale dell'asse Lungo Savena, tra le esistenti rotatoria Giovanni Sabadino degli Arienti e la rotatoria di Via dell'Industria.

Il progetto, nel suo complesso, può considerarsi composto dai seguenti corpi d'opera:

- *Asse stradale principale:* è la parte preponderante del progetto, costituita da circa 2160 m di strada tipo D a carreggiate separate e due corsie per senso di marcia. Lungo l'asse in progetto è presente un viadotto, con sviluppo complessivo di circa 368 m, che permette lo scavalco di Via Enrico Mattei e della ferrovia suburbana Bologna-Portomaggiore.
- *Collegamento all'abitazione di Vicolo dei Prati:* ad est dell'asse principale, alla progressiva chilometrica 0+215 ca., si trova un'abitazione attualmente accessibile da ovest per mezzo dell'esistente Vicolo dei Prati. Tale viabilità locale sarà interrotta dalla infrastruttura in progetto, per cui per l'abitazione in oggetto è prevista la realizzazione di un nuovo accesso da Via Properzia de' Rossi, ad est.
- *Collegamento alle abitazioni della zona s. Caterina:* ad ovest dell'asse principale, alla progressiva chilometrica 1+750 ca., si trova un piccolo nucleo abitativo attualmente accessibile da sud per mezzo di una strada sterrata. Tale viabilità locale sarà interrotta dalla infrastruttura in progetto, per cui per l'abitazione in oggetto è previsto l'adeguamento, tramite risezionamento e pavimentazione, di un accesso secondario attualmente esistente su Via Seragnoli, ad ovest.

### 2.2.1 Opere maggiori all'aperto

Le opere d'arte principali del progetto sono le seguenti:

- Viadotto su Via Enrico Mattei: l'opera, dello sviluppo complessivo di circa 368 m, permette lo scavalco di Via Enrico Mattei e della ferrovia suburbana Bologna-Portomaggiore.
- Muri di sostegno tra le Pk 0+661,20 E 0+705,47: opere necessarie a causa della prossimità della viabilità in progetto ai confini di proprietà, in destra e in sinistra.
- Muri di sostegno fra le pk 1+084,63 e 1+305,96 anche in questo caso con funzione di limitazione degli ingombri planimetrici in destra e in sinistra.

Per lo scavalco della Via Mattei e della Ferrovia Bologna – Portomaggiore saranno realizzati due viadotti gemelli (uno per ogni carreggiata) con struttura in acciaio calcestruzzo e lunghezza compressiva parti a 368m.

L'impalcato è costituito da una travata di 7 campate (42-60-60-52-52-60-42m), realizzata in struttura composta acciaio calcestruzzo.

Data l'importanza dell'altezza dei rilevati in approccio al viadotto Mattei si sono previsti degli interventi in prossimità delle spalle. Gli interventi in prossimità della Spalla B (Spalla Nord) previsti sono:

- in fase provvisoria: pali in ghiaia e rilevato di precarica.
- In fase definitiva: pali in ghiaia e muro di sostegno (MS002).

Mentre gli interventi in prossimità della Spalla A (Spalla Nord) previsti sono:

- In fase definitiva: pali ad elica continua; muro di sostegno (MS001) con materiale alleggerito (argilla espansa) di rinterro del muro ad U

Il passaggio da materiale alleggerito a materiale tradizionale all'interno del muro è previsto con passaggio graduale, per maggiore dettaglio si rimanda agli elaborati grafici di progetto).

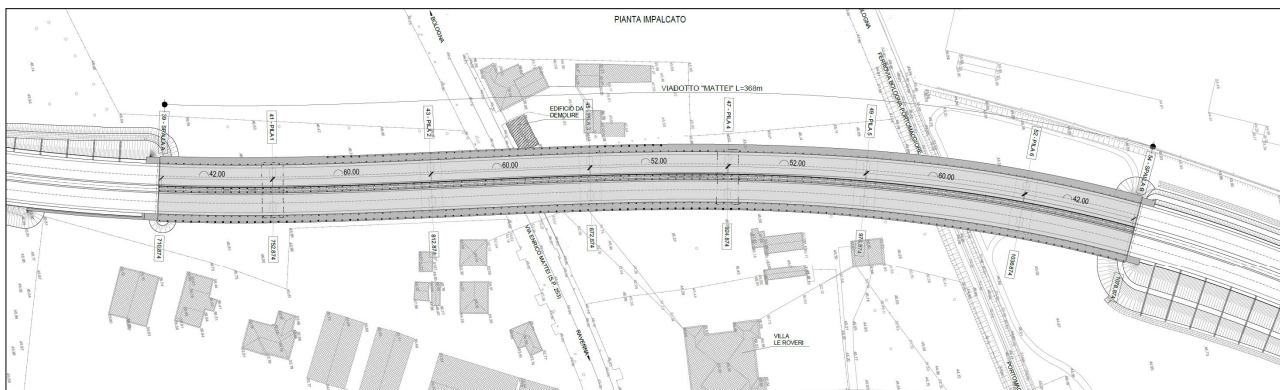


Figura 2-3 Stralcio planimetrico del viadotto

## 2.2.2 Viabilità di ricucitura

Il progetto prevede la realizzazione di 4 viabilità di ricucitura come da elenco seguente:

- 1) VL001 Collegamento all'abitazione di Vicolo dei Prati;
- 2) VL002 Viabilità di ricucitura per soppressione passaggio a livello privato n°12 della ferrovia Bologna – Portomaggiore;
- 3) VL003 Viabilità di ricucitura per soppressione passaggio a livello n°13 (Via Fratelli Bandiera) della ferrovia Bologna – Portomaggiore;
- 4) VL004 Collegamento all'abitazioni di Via Santa Caterina.

La viabilità VL0001 trova origine nel fatto che l'asse principale interrompe vicolo dei Prati lasciando isolato il civico 1. Per ripristinare l'accesso è prevista la realizzazione di un nuovo accesso da Via Properzia de' Rossi, ad est della nuova viabilità.

La viabilità VL002 è conseguente alla richiesta di FER Ferrovie Emilia-Romagna di procedere alla soppressione del PLP n° 12 che tramite una strada privata partente da via Mattei dava accesso ad un ex casello ferroviario e ad una antenna per telecomunicazioni. Il nuovo tracciato, partendo da Via Fratelli Bandiera ricalca il percorso di alcune carraie così da non interrompere la continuità degli attuali campi agricoli.

La viabilità VL003 è conseguente alla richiesta di FER Ferrovie Emilia-Romagna di procedere alla soppressione del PL n° 13 di via Fratelli Bandiera. Il nuovo tracciato, partendo da Via Perderzana ricalca la sede dismessa di via Alberoni per poi affiancarsi alla Lungo Savena III lotto fino a raggiungere via Fratelli Bandiera. Il progetto comprende anche la pavimentazione di via Fratelli Bandiera fino all'innesto con la VL002.

La viabilità VL004 ricollega il piccolo nucleo abitativo (indicato come S. Caterina) attualmente accessibile da sud per mezzo di via Fratelli Bandiera. Tale viabilità locale sarà interrotta dalla infrastruttura in progetto, si prevede quindi l'adeguamento, tramite risezionamento e pavimentazione, di un accesso secondario attualmente esistente su Via Seragnoli, ad ovest.

## 2.2.3 Itinerario ciclabile

Il progetto prevede la costruzione di un itinerario ciclabile di collegamento fra la rotatoria Giovanni Sabadino degli Arienti e la rotatoria Sabina Santilli attraversando il centro abitato di Villanova di Castenaso e riconnettendo degli itinerari ciclabili già esistenti. L'intervento può essere suddiviso in tre tronchi:

1. il tratto fra rotatoria Giovanni Sabadino dei Arienti e Via Mattei (identificato con BK001),

2. il tratto interno al centro abitato di Villanova di Castenaso suddivisibile in due tratte: la prima dal confine comune con Bologna alla rotatoria Via Perderzana – Via Tosarelli, il secondo da Via Merighi alla fermata ferroviaria di via Ca' dell'Orbo (identificato con BK002);
3. il tratto parallelo a via del Bargello, da via Ca' dell'Orbo alla rotatoria Santilli (identificato con BK003).

## 2.2.4 Opere d'arte minori

### Sistema di drenaggio

Il sistema di drenaggio delle acque di piattaforma dell'asse principale si articola in due parti:

- Tratto Sud, da pk 0 a pk 0+000 a pk 0+947.39
- Tratto Nord, da pk 0+947.39 a pk 2+111.65

Nel tratto Sud, le acque di piattaforma della strada e della pista ciclabile vengono intercettate mediante un sistema di raccolta acque costituito da canalette grigliate e caditoie e convogliate, mediante una rete di collettori, nei fossi di laminazione che corrono al piede della strada. I fossi di laminazione del tratto Sud sono complessivamente 3 e sono costituiti da canali rivestiti di larghezza pari a 3m o 4m..

Nei tratti in cui la pendenza trasversale della carreggiata stradale è verso l'interno, ovvero l'acqua ruscella verso lo spartitraffico, e nel tratto in cui sono previste le terre armate, sono state predisposte delle canalette continue grigliate in PEAD che raccolgono le acque di piattaforma e le scaricano nella condotta in PEAD che corre interrata sotto la canaletta.

Nei tratti in cui la pendenza trasversale della carreggiata stradale è verso l'esterno, ovvero l'acqua ruscella verso il marciapiede, le acque di piattaforma vengono raccolte da singole caditoie grigliate 50\*50, scaricate in pozzetti in CAV e convogliate mediante condotta di scarico nei fossi di laminazione posti al piede della strada. Dove l'altezza del rilevato lo richiede, le condotte non scaricano direttamente nel fosso al piede, bensì scaricano in canalette ad embrici disposte lungo la scarpata del rilevato.

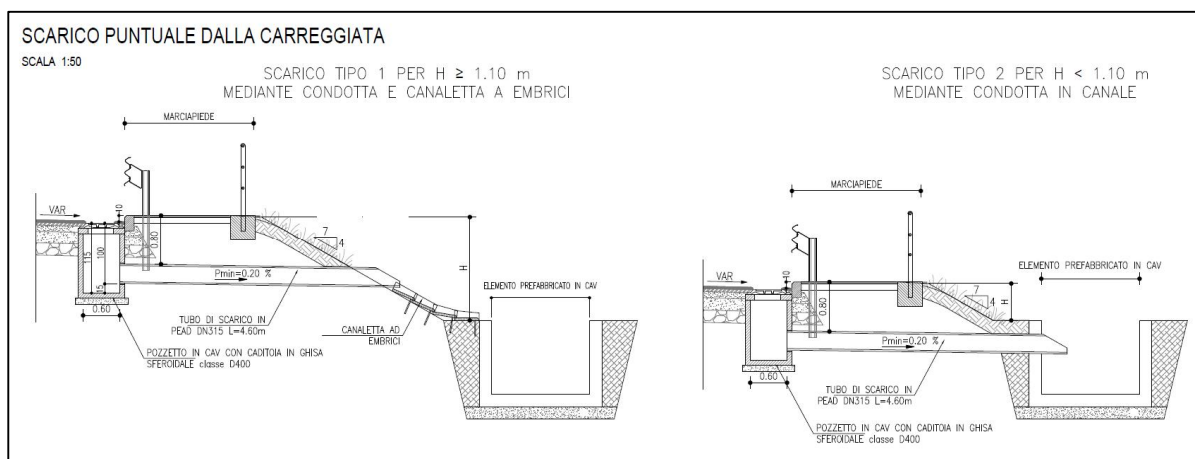


Figura 2-4 Dettaglio scarico acque di piattaforma in canale di laminazione mediante collettore di scarico

Al fine di ridurre e controllare le portate di smaltimento acque della piattaforma stradale, prima che vengano immesse nei recapiti finali (fognatura di Via Marescotti e sistema dello Scolo Zenetta di Quarto) si è reso necessario garantire la laminazione delle portate, predisponendo dei canali e dei fossi di guardia, previsti ai piedi del rilevato stradale e appositamente dimensionati. I medesimi concetti sono stati attuati anche per le viabilità di ricucitura VL001 e VL004, che rappresentano le uniche viabilità secondarie impermeabili.

Diversamente da quanto previsto in fase di progettazione definitiva, in fase di progettazione esecutiva i fossi e i canali di laminazione si presentano di dimensioni maggiori e rivestiti. Questa scelta progettuale nasce da nuove esigenze, determinate da modifiche al progetto in questa fase di progettazione.

Nello specifico, l'aggiunta della pista ciclabile ha comportato un aumento dell'area pavimentata con conseguente aumento dei volumi da laminare e quindi la necessità di prevedere dei canali di dimensioni superiori rispetto ai fossi trapezi previsti originariamente.

Inoltre, l'aggiunta del marciapiede lungo entrambi i lati della strada in progetto, non permette più l'impiego di canalette ad embirici, ma richiede di scaricare nei fossi mediante condotte di scarico. Al fine di scongiurare il rischio di rigurgiti lungo le condotte di scarico, si è reso necessario prevedere un approfondimento della quota di fondo dei fossi e al fine limitare la loro estensione superficiale si è optato per l'impiego di canali.

Infine, poiché lungo gran parte del tracciato i fossi si presentano pensili o il rilevato risulta basso, si è ritenuto necessario prevedere il rivestimento dei fossi e dei canali, al fine di evitare la saturazione del substrato stradale e scongiurare pertanto il verificarsi di cedimenti.

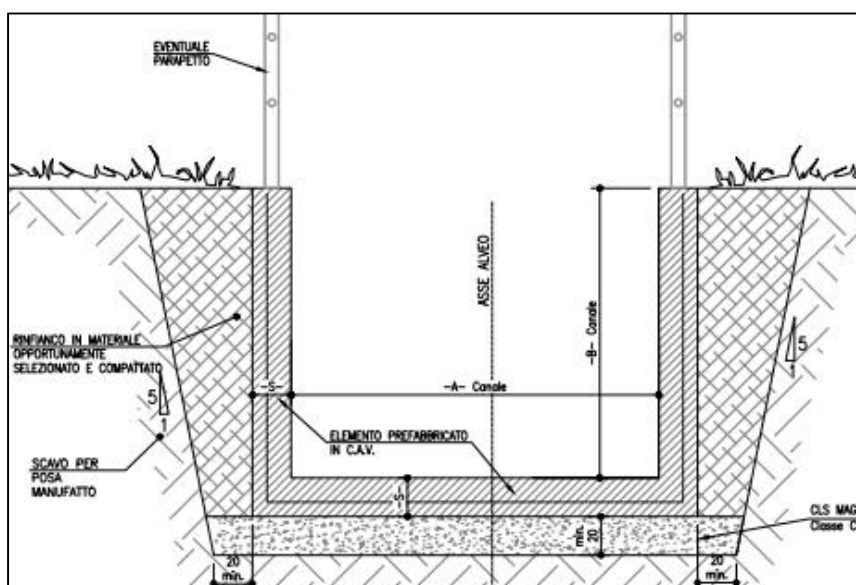


Figura 2-5: Dettaglio sezione canale rivestito, impiegato per la laminazione delle acque meteoriche

### Barriere acustiche

Sono previsti nell'ambito del progetto le opere di mitigazione acustica. Le opere ricadono prevalentemente nel Comune di Bologna, ad eccezione di un lungo tratto della barriera acustica denominata FO006 ricadente nel Comune di Castenaso (BO).

Tabella 2-1 Elenco barriere acustiche in progetto e tipologie

Barriera	Altezza [m]	Sviluppo [m]	Materiale
FO001	3	92	Vetro
FO002	5	156	Vetro
FO003	4	132	Vetro
FO004	5	204	Vetro
FO005	4	162	Vetro
FO006	3	188	Vetro
FO007	3	72	Vetro
FO008	4	122	Calcestruzzo\Vetro

La disposizione planimetrica delle barriere e strutture antifoniche è rappresentata nella tavola 111454-0000-PE-IN-OPC-FO000-00000-D-AUA0010.

## 2.2.5 Aree cantiere

In coerenza con quanto già previsto nel progetto definitivo e tenendo conto delle progettazioni integrative richieste in sede di CDS in special modo per quanto riguarda l'itinerario ciclabile che si sviluppa lungo via Tosarelli in comune di Castenaso fino a via Bargello, sono state individuate 10 aree di cantiere le cui tipologie e superfici sono state diversificate in funzione delle tipologie di utilizzo che ne verrà fatto.

Le aree di cantiere sono state suddivise in Campo Base (CB001), Cantieri operativi (CO001 e CO002), Campi Travi di supporto per la realizzazione del viadotto Mattei (CT001, CT002, CT003, CT004, CT005), Aree di Supporto lungo il tracciato dell'itinerario ciclabile di progetto (ADS001 e ADS002). Verranno descritte nel seguito le caratteristiche delle aree individuate.

Nella figura seguente è riportata la disposizione planimetrica.

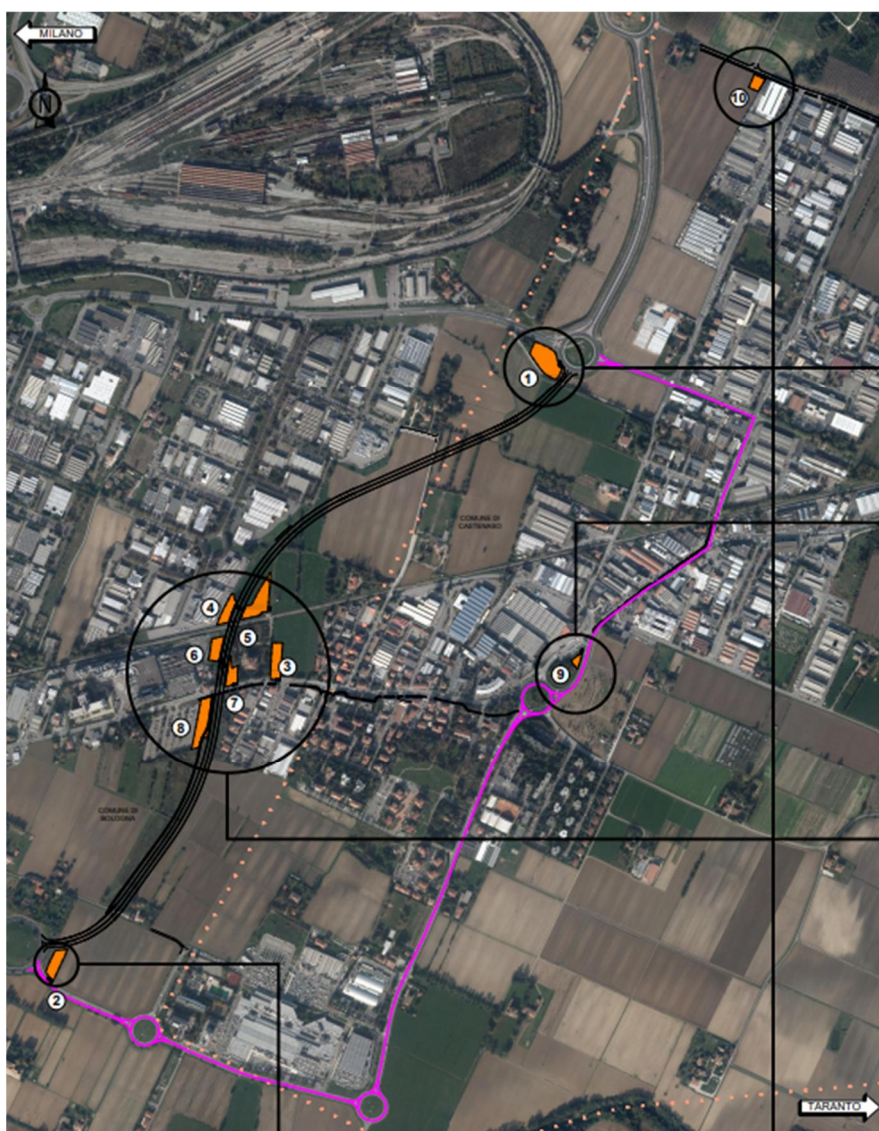


Figura 2-6 Ubicazione delle aree di cantiere (da CAP0200)

### Campo base CB01

Il campo base risulta ubicato in adiacenza alla rotatoria di via dell'Industria in comune di Castenaso.

Il campo base sarà predisposto con tutti gli impianti necessari all'esecuzione del nuovo corpo stradale del iii lotto della Lungo Savena, del nuovo viadotto Mattei e delle altre opere d'arte necessarie.



Considerata la morfologia dell'area, si è optato per la realizzazione di un piazzale di cantiere di 4.300mq il quale a sua volta è stato suddiviso in 3 sub-aree distinte:

- 1) il cantiere operativo di circa 2.500 mq dove sono previsti gli apprestamenti necessari
- 2) un'area di deposito temporaneo di 600 mq dove verranno allocati i materiali provenienti dagli scavi,
- 3) un'area di 1.200mq dove verrà realizzata una duna di deposito temporaneo del materiale di scotico proveniente dallo scavo dell'area di impronta del cantiere.

Questo materiale verrà poi riutilizzato a fine lavori per ripristinare l'area dopo aver rimosso la pavimentazione e il materiale arido, posando prima il materiale in mucchi e poi, più in superficie, quello nelle dune.

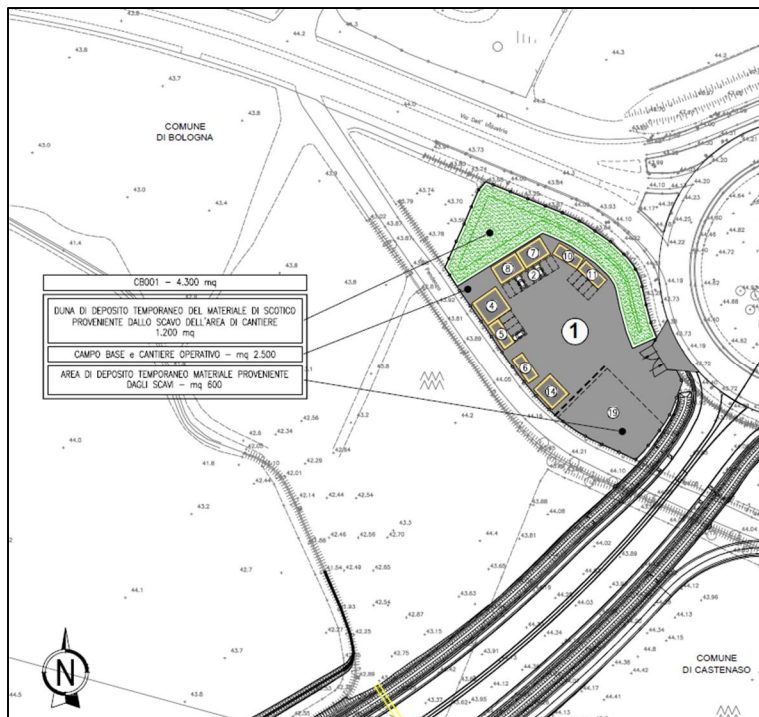


Figura 2-7 Stralcio del layout del cantiere CB001

In ottemperanza a quanto richiesto in sede di CDS, nel campo base e nei cantieri operativi CO001 e CO002, vista anche la realizzazione di un pacchetto di pavimentazione di 36 cm di spessore dei quali 30 in materiale granulare misto da cava e 6 cm di conglomerato bituminoso (vedi figura sotto) è stato progettato un impianto di smaltimento delle acque di piattaforma.

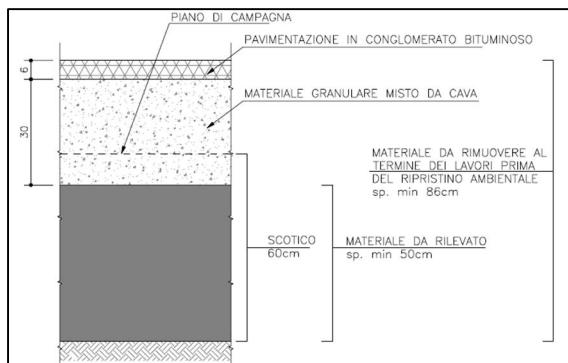


Figura 2-8 Pavimentazione prevista per il CB001 e CO001 e CO002

Il sistema di drenaggio garantisce la raccolta delle acque meteoriche ricadenti sulle superficie pavimentate delle aree di cantiere, il trattamento della frazione potenzialmente inquinata e la laminazione dei deflussi prima del recapito finale costituito dal corpo idrico o dalle condotte fognarie esistenti.

Le soluzioni per il trattamento delle acque meteoriche ricadenti sulle aree di cantiere dipendono dalle diverse attività previste sulle aree stesse in accordo con i requisiti di normativa, In particolare:

- per le aree destinate a campo base e a campo operativo si è previsto il trattamento delle acque di prima pioggia;
- per le aree destinate al deposito temporaneo del materiale proveniente dagli scavi si è previsto il trattamento in continuo.

Per le restanti aree di cantiere, caratterizzate da pavimentazione permeabile, non risulta necessario prevedere la raccolta e il trattamento delle acque in quanto risultano adibite esclusivamente al deposito di materiali e attrezzature (prefabbricati, travi, ecc.) che non producono alcuna contaminazione delle acque meteoriche.

### Cantieri Operativi CO002 E CO003

I cantieri operativi CO001 e CO002 sono ubicati rispettivamente lungo via Tosarelli in frazione di Villanova di Castenaso e in adiacenza alla rotatoria di inizio progetto Giovanni Sabatino degli Arienti (figure seguenti)

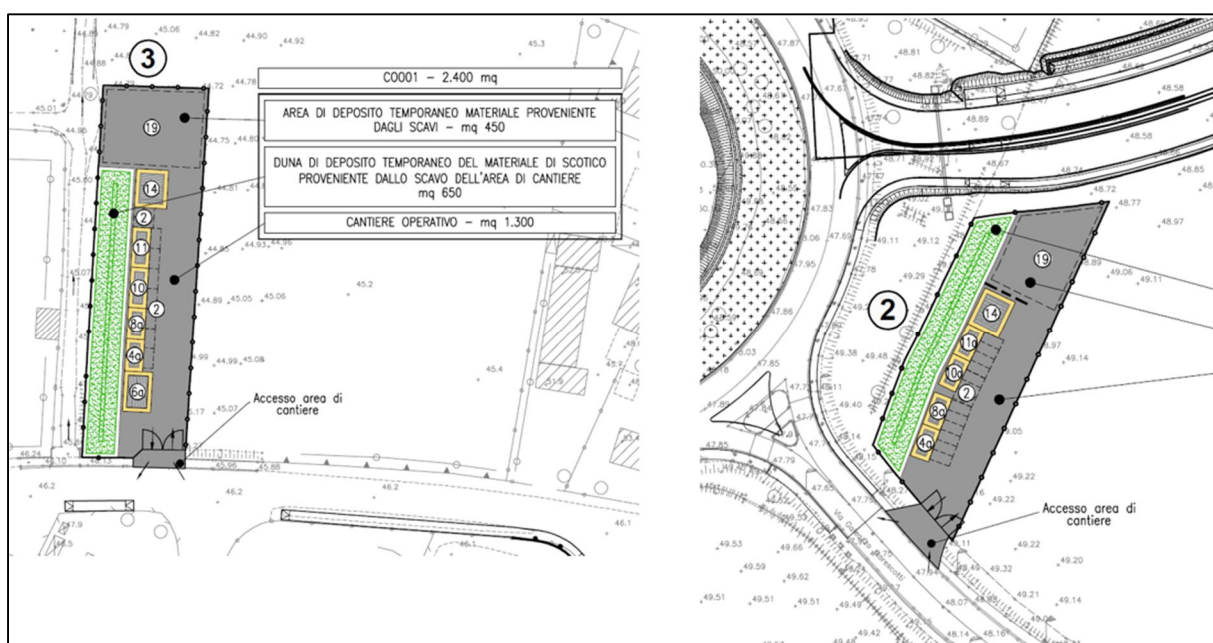


Figura 2-9 Cantieri operativi CO001 e CO002

Il cantiere operativo CO001 è baricentrico rispetto allo sviluppo del progetto è un'area di 2.400mq suddiviso in 3 sub-aree distinte:

- 1) il cantiere operativo di circa 1.300 mq dove sono previsti gli apprestamenti necessari,
- 2) un'area di deposito temporaneo di 450 mq dove verranno allocati i materiali provenienti dagli scavi,
- 3) un'area di 650 mq dove verrà realizzata una duna di deposito temporaneo del materiale di scotico proveniente dallo scavo dell'area di impronta del cantiere.

Questo materiale verrà poi riutilizzato a fine lavori per ripristinare l'area dopo aver rimosso la pavimentazione e il materiale arido, posando prima il materiale in mucchi e poi, più in superficie, quello nelle dune.

Per queste due aree, in analogia con l'area del campo base, è prevista una pavimentazione in conglomerato bituminoso con un pacchetto del tutto identico a quello mostrato.

Il cantiere operativo CO002 copre un'area di 2.050mq suddiviso anch'esso in 3 sub-aree distinte:

- 1) il cantiere operativo di circa 1.100 mq dove sono previsti gli apprestamenti necessari,
- 2) un'area di deposito temporaneo di 350 mq dove verranno allocati i materiali provenienti dagli scavi,
- 3) un'area di 600 mq dove verrà realizzata una duna di deposito temporaneo del materiale di scotico proveniente dallo scavo dell'area di impronta del cantiere.

Questo materiale verrà poi riutilizzato a fine lavori per ripristinare l'area dopo aver rimosso la pavimentazione e il materiale arido, posando prima il materiale in mucchi e poi, più in superficie, quello nelle dune.

L'area è accessibile da Via Marescotti in direzione rotatoria. L'accesso del cantiere si prevede a fine lavori di lasciarlo poi come servitù di accesso per la manutenzione delle opere a verde.

### Campi Travi CT001, CT002, CT003, CT004, CT005

In coerenza con quanto già espresso in sede di progettazione definitiva si prevede di realizzare 5 aree per la costruzione del viadotto Mattei. L'ubicazione delle stesse è stata scelta nelle vicinanze dell'area di impronta del viadotto perché la tecnologia costruttiva prevede un pre-assemblaggio delle parti metalliche degli impalcati e il varo con gru sulle pile. Viste le masse e i pesi in gioco e la volontà di ridurre per quanto possibile l'impatto sul traffico di via Mattei, la scelta di avere i campi vicino alla sede del viadotto è stata pressochè obbligata.

Per i campi travi verrà posato un pacchetto di pavimentazione permeabile di 30 cm formato da materiale granulare misto da cava, dopo aver visionato in sopralluogo le aree si è optato di eseguire uno scotico più profondo per i campi travi CT002 e CT004 pari a 60 cm riportando poi materiale da rilevato per circa 50 cm prima dello strato di misto granulare, mentre per i campi CT001, CT003 e CT005 si è optato per uno scotico meno profondo pari a 30 cm riportando materiale da rilevato epr circa 20 cm di spessore prima del misto granulare.

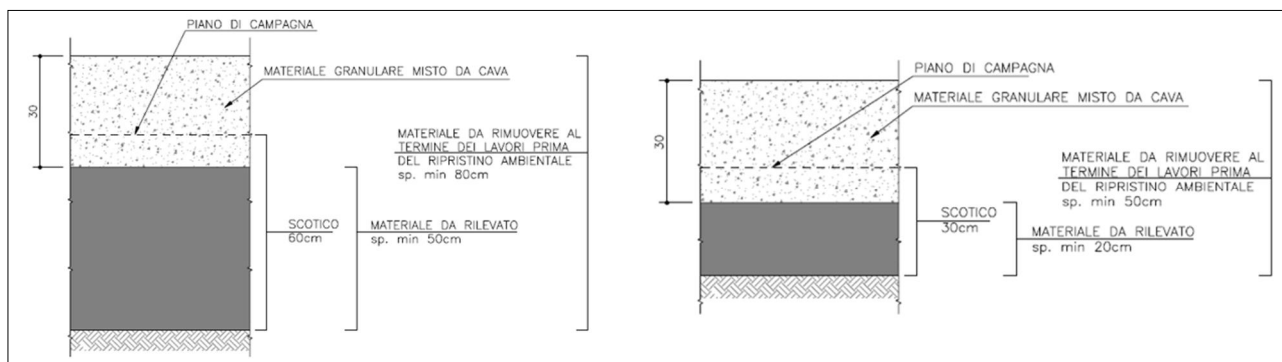


Figura 2-10 Pacchetti di pavimentazioni previsti nei campi travi

### Aree di Supporto

Nell'ambito delle aree di cantiere sono state delle cosiddette aree di supporto, esse sono localizzate lungo la direttrice dell'itinerario ciclabile che da collega via Mattei in Comune di Bologna con l'itinerario ciclabile in parte esistente in Comune di Castenaso.

La prima area, ADS001, è localizzata su via Tosarelli dopo la rotatoria Giovanni Falcone e Paolo Borsellino, la seconda area ASD002 è posizionata in via Bargello in zona baricentrica rispetto al cantiere della riqualifica di questa viabilità (vedi figura seguente). L'area ADS001 copre una superficie di 5000 mq ed è divisa in due parti, la prima di circa 350 m è un'area libera per lo stoccaggio temporaneo di materiale e mezzi durante le lavorazioni, mentre la seconda è un'area di stoccaggio temporaneo di 150 m per il deposito del materiale di scotico che sarà poi riutilizzato per il ripristino dell'area a fine cantiere. L'area ADS002 è grande il doppio 1.000 mq, la logica di suddivisione è analoga, una prima area di 650 mq avente la stessa funzione di stoccaggio, mentre la seconda area di 350 mq a forma di duna raccoglie lo scotico da riutilizzare a fine cantiere.

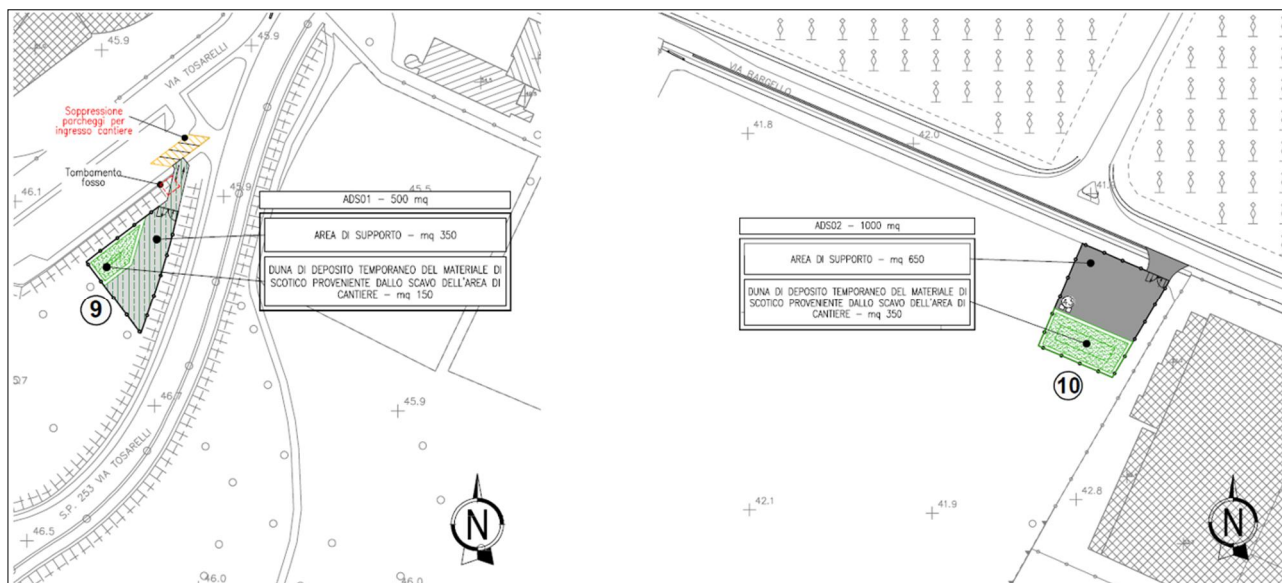


Figura 2-11 Aree di Supporto ADS001 e ADS002

Per quanto riguarda i pacchetti di pavimentazione nelle aree di supporto, l'area ADS001 avrà un pacchetto analogo ai campi travi CT002 e CT004 quindi pavimentazione permeabile di 30 cm formato da materiale granulare misto da cava, con scotico pari a 60 cm riportando e posa di materiale da rilevato per circa 50 cm prima dello strato di misto granulare. Per l'area ADS002 invece si è optato per un pacchetto formato da 3 cm di ghiaietto lavato prevedendo un minimo di scotico di 10 cm sostituito da analogo spessore di materiale misto granulare da cava (vedi figura sotto)

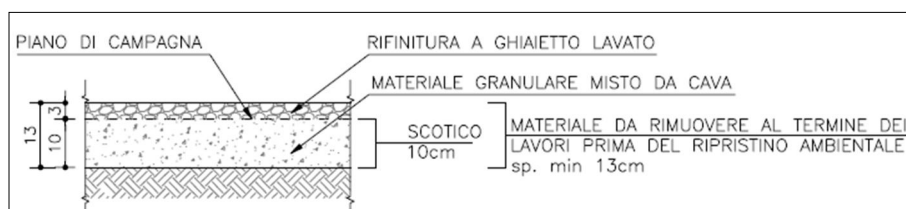


Figura 2-12 Pavimentazione prevista per l'area ADS002

## 2.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORGOLOGICO E IDROGEOLOGICO

### 2.3.1 Inquadramento geologico

La zona oggetto di studio è situata all'interno dell'ampio bacino sedimentario padano, al bordo settentrionale del Sistema Appenninico. L'area di pianura è una geosinclinale subsidente (bacino Perisuturale Padano) colmata da materiali alluvionali che hanno ricoperto le argille marine di ambiente costiero - che fungono da substrato - fino a raggiungere spessori complessivi anche di 300-400 m. In particolare, i depositi di colmamento più recenti sono stati prodotti principalmente dall'attività deposizionale del sistema fluvio - deltizio padano con alimentazione assiale vergente verso est, e dai sistemi fluviali appenninici ad alimentazione trasversale da sud;

Dal punto di vista deposizionale il sollevamento della catena appenninica ha portato ad una importante regressione marina con la conseguente migrazione della transizione scarpata sottomarina - piana bacinale (TSB), dall'asse dell'orogene in evoluzione verso la costa adriatica. La regressione è stata interrotta da periodi più o meno lunghi di quiescenza tettonica e conseguente riapprofondimento bacinale (trasgressione marina).

A questo particolare contesto geodinamico corrisponde un'evoluzione dell'ambiente deposizionale da marino a marino-costiero a continentale.

I depositi hanno complessivamente un carattere regressivo. Essi sono formati da sabbie e peliti torbiditiche seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio progradante alla base, e da depositi continentali al tetto.

Dal punto di vista gerarchico si distinguono 3 Sequenze Principali (Supersintemi) denominate come segue:

- Supersistema del Pliocene medio - superiore;
- Supersistema del Quaternario Marino (che in realtà comincia nel Pliocene superiore);
- Supersistema del Quaternario Continentale (emiliano - romagnolo).

La classificazione stratigrafica dei depositi quaternari di pianura si basa sulla litologia relativa a ciascun ambiente deposizionale e sulla presenza di discontinuità o interruzioni della sedimentazione (limiti inconformi) che separano i corpi geologici di età diverse.

Tutto ciò consente di caratterizzare i sedimenti di pianura sia sulla base della loro composizione granulometrica (ghiaie, sabbie, alternanza di sabbie e limi, ecc.), sia in funzione dell'ambiente in cui si sono deposte (alluvionale di canale, deltizio di area interdistributrice, ecc).

Si possono così distinguere fra loro litologie in prima approssimazione simili, ma con geometrie e relazioni laterali e verticali dei corpi geologici molto diverse, in base al contesto sedimentario in cui si sono originate.

I medesimi depositi sono anche oggetto della classificazione fondata sui limiti stratigrafici inconformi, che prevede la distinzione di unità stratigrafiche definite sintemi e subsintemi. Queste unità sono particolarmente efficaci per descrivere il territorio in base alla sua storia geologica, all'età dei suoi sedimenti e alla peculiare ciclicità degli eventi che l'hanno trasformato, tipici dell'epoca quaternaria.

Il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES) è suddiviso ulteriormente questo in otto sub sintemi o unità stratigrafiche, tra le quali quella di principale interesse risulta essere il subsintema di Ravenna (sigla AES8).

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati di progetto a codifica GE.O

La seguente successione stratigrafica (descritta dall'unità più giovane alla più vecchia) è quella che sarà interferita nell'ambito delle lavorazioni:

- Depositi alluvionali in evoluzione (b1)

Questi depositi quaternari sono costituiti da ghiaie, talora embriicate, sabbie e limi argillosi di origine fluviale, attualmente soggetti a variazioni dovute alla dinamica fluviale; nella frazione grossolana i clasti risultano eterometrici ed eterogenei, da arrotondati a sub-arrotondati.

- Sintema emiliano-romagnolo superiore (AES)

Questo sintema è costituito da una alternanza ciclica, su spessori dell'ordine di 20-40m, di depositi fini (limi, argille e subordinate sabbie) e depositi prevalentemente granulari (ghiaie e sabbie). Il suo spessore massimo in pianura risulta di circa 300 m.

Subsintema di Ravenna (AES8)

E' l'elemento sommitale di AES. E' costituito da prevalenti sabbie, limi ed argille di ambiente fluviale (argine e piana inondabile); i corpi ghiaiosi risultano rari. La parte inferiore di AES8 presenta un orizzonte dello spessore di c.c. 2-4m di argille organiche e torbe di ambiente palustre. Il Subsintema contiene una unità a limiti non conformi di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore massimo in pianura di 20-25 metri circa.

- Unità di Modena (AES8a)

E' un unità pellicolare, di pochi metri di spessore, che raggiunge circa i 5-10 m solo localmente, in corrispondenza dei dossi fluviali. E' costituita da depositi fluviali distinguibili in:

- alternanze di sabbie e limi di argine, canale e rotta fluviale
- argille e limi di piana inondabile in corpi topograficamente depressi interposti ai depositi di argine e di geometria complessa.

Dai risultati delle interpretazioni delle indagini geognostiche e dalla cartografia disponibile, si è potuto constatare come l'intera profondità indagata lungo tutta la tratta in progetto è caratterizzata da una alternanza

di depositi alluvionali a comportamento prevalentemente coesivo e prevalentemente incoerente. L'interpretazione delle prove penetrometriche e l'esame delle carote rinvenute da sondaggio, unitamente ai risultati delle indagini di laboratorio, ha consentito di distinguere sei volumi a comportamento geotecnico approssimativamente omogeneo; il terreno vegetale e/o suoli agrari non sono stati oggetto di distinzione. Le unità geotecniche così individuate sono descritte in seguito:

- **Unità 1:** Limi e argille sovraconsolidate per essiccamento, di colore grigio nocciola, con puntature color ruggine e abbondanti concrezioni calcaree (calcinelli).
- **Unità 2:** Limo e limo sabbioso di colore da nocciola a grigio, con sottili livelli di sabbia limosa. Nei primi metri di profondità da piano campagna è presente terreno vegetale e/o presenza occasionale di terreni misti di riporto.
- **Unità 3:** Limi e argille NC o leggermente OC di colore grigio nocciola, con concrezioni calcaree (calcinelli). Sono presenti livelli decimetrici di limo sabbioso.
- **Unità 4:** Sabbie e ghiaie in matrice limosa, di colore grigio.
- **Unità 5:** Limi e argille NC o leggermente OC, di colore grigio con concrezioni calcaree (calcinelli). Sono presenti livelli sottili di limo sabbioso.
- **Unità 6:** Sabbia limosa da fine a grossolana, di colore grigio-nocciola, con rari ciottoli e locale presenza di materiale torboso nerastro.

Di seguito si riporta lo stralcio della carta geologica (rif elaborato GEO0002) con l'ubicazione dei punti di indagine geognostica. In verde è evidenziata l'unità del Subsistema di Ravenna (AES8).



Figura 2-13 Stralcio della carta geologica (da GEO0002)

### 2.3.2 Inquadramento geomorfologico

L'area interessata dal progetto si colloca nella pianura alluvionale bolognese nord-orientale, pochi chilometri ad ovest del corso del fiume Idice, al confine fra i comuni di Bologna e Castenaso. E' una parte della pianura

a ridosso delle propaggini collinari dell'Appennino Settentrionale; essa risulta quindi trasversale alle fasce di pertinenza fluviali, delimitate a ovest dal Fiume Reno e a est dal Torrente Savena. È solcata da un corso d'acqua canalizzato, che disegna una leggera depressione altimetrica lungo l'area di alveo, orientata NW-SE, in prossimità dell'incrocio fra Via dell'Industria e via Pederzana.

### 2.3.3 Inquadramento idrogeologico

Il progetto interessa un'area caratterizzata da un fitto reticolo idrografico naturale e da una rete di canali artificiali di approvvigionamento in aree agricole, di competenza consortile (Consorzio della Bonifica Renana), comunale o privata. I corsi d'acqua naturali scorrono seguendo la topografia, blandamente digradante verso Nord; i corsi d'acqua artificiali, invece, hanno direzioni di deflusso imposte dalle necessità irrigue o idrauliche, comunque mediamente orientate dai quadranti meridionali verso quelli settentrionali.

Lo schema stratigrafico dei depositi quaternari del margine appenninico e della pianura emiliano - romagnola definisce tre unità stratigrafiche, esse sono riconoscibili sia in superficie sia nel sottosuolo. Tali unità sono suddivisibili a loro volta in unità di rango minore.

La principale partizione verticale consente l'identificazione di tre gruppi acquiferi (A,B,C); in particolare, il gruppo acquifero A è rappresentato dal Sintema emiliano - romagnolo Superiore (AES), costituito da complessi idrogeologici in cui si concentrano i prelievi idrici nella pianura emiliano - romagnola e riconducibili a:

- conoidi alluvionali appenniniche;
- pianura alluvionale appenninica;
- pianura alluvionale padana.

I complessi idrogeologici di piana alluvionale vengono suddivisi (in riferimento alla litologia prevalente, alle condizioni di flusso e di contenuto idrochimico) in:

- Pianura alluvionale appenninica;
- Pianura alluvionale e deltizia padana.

La struttura geologica della pianura alluvionale appenninica è caratterizzata dall'assenza di ghiaie e dal dominio di depositi fini, che si interpongono ai depositi grossolani delle conoidi appenniniche sopra descritte.

Il gruppo acquifero A è il più superficiale ed è anche quello più esteso (sia in affioramento che nel sottosuolo) e più sfruttato.

Il gruppo acquifero A è strutturato in corpi acquiferi tabulari (depositi fluviali regressivi) separati da depositi trasgressivi a frazione fine prevalente. Gli acquiferi corrispondono alle porzioni regressive; le porzioni trasgressive formano le barriere di permeabilità principali. I corpi che costituiscono il gruppo acquifero raggiungono individualmente spessori massimi intorno ai 50 m.

il Gruppo Acquifero A, nel quale la circolazione idrica è legata alla disposizione dei corpi permeabili ghiaioso-sabbiosi, è ulteriormente suddivisibile in cinque Complessi Acquiferi, riferibili ad altrettante sequenze deposizionali elementari, identificati dall'alto con le sigle da A0 ad A4 e corrispondenti ai subsistemi della stratigrafia delle unità quaternarie da AES4 ad AES8. Il Subsistema di Ravenna (AES8) corrisponde al complesso acquifero A0, dato da un sistema acquifero freatico.

nel primo sottosuolo dell'area di studio, e quindi alle profondità di progetto per le opere di cui trattasi, si individua una successione riferibile al Subsistema di Ravenna, sostanzialmente corrispondente al Complesso Acquifero superiore A0, sovrapposto all'Unità di Vignola (Subsistema di Villa Verrucchio), corrispondente al Complesso Acquifero A1.

La soggiacenza della falda di progetto può assumersi cautelativamente coincidente con il letto dello strato "unità 2" sovrastante "l'unità 3"; tale livello è stato identificato da una linea tratteggiata nel Profilo geotecnico dell'Asta Principale, identificata come *Livello della falda di Progetto* a cui si rimanda per i dettagli (elaborato 111454-0000-PE-DG- GTA-PR000-0000-D-APE0010-0).

Nel tratto in rilevato che precede il viadotto Mattei ai fini delle verifiche di stabilità globale dei rilevati, tombini, scartolari stradali, trincee e muri di sostegno la falda di progetto è stata considerata variabile da 2.5 a 1.8m da piano campagna. Nel tratto del viadotto Mattei ai fini delle verifiche geotecniche delle fondazioni delle spalle e delle pile la falda è stata assunta coincidente con l'intradosso dei plinti di fondazione stessi.

Nel tratto successivo al viadotto Mattei la falda di progetto varia da 3.5 a 3.0m da piano campagna.

## 2.4 LE OPERE DA REALIZZARE AI SENSI DEL DPR 120/2017

Si evidenzia che la gestione dei materiali è caratterizzata da sole operazioni di scavo all'aperto, riferite a lavorazioni principali per la bonifica e preparazione del piano di posa e successiva sistemazione del rilevato stradale. Sono previsti alcuni scavi profondi per le opere di scavalco della viabilità veicolare e ferroviaria.

Le opere principali da realizzare ai sensi del Regolamento pertanto si individuano in:

- a) Rilevato stradale;
- b) Opere maggiori di attraversamento interferenze e di viabilità locale;
- c) Area di cantiere.

Questa suddivisione è proposta sulla base delle descrizioni sintetiche, riportate in questo capitolo, delle evidenze emerse nella fase cognitiva sul territorio, e di sviluppo progettuale che evidenziano alcune peculiari caratteristiche:

1. particolarità e tipologia delle opere previste, caratterizzate dalla continuità e dalla disposizione dei rilevati stradali;
2. contesto territoriale omogeneo e tipologia delle aree interferite:
  - a) caratteristiche morfologiche,
  - b) uso del suolo,
  - c) interferenze antropiche e insediamenti urbanizzati;
3. caratteristiche litologiche, con la presenza continua di depositi, costituiti principalmente da argille e sabbie limose, con spessori importanti.

La gestione dei terreni di scavo è individuata in un unico ambito, posto lungo l'intero tracciato di intervento, in relazione all'omogeneità del contesto ambientale, all'uniformità territoriale ed alle fasi di cantierizzazione previste nel Progetto Definitivo. Un ulteriore ambito, che si aggiunge a quelli sopra riportati, è riferito alle aree di cantiere, poste lungo il tracciato di progetto a supporto degli interventi e delle opere previste.

### 2.4.1 Ambito tracciato

Asse principale e secondario: rilevato stradale lungo circa 2160 m.

L'asse principale interessa: RT01, adeguamento rotatoria sud; CS01, 710 m, corpo stradale rotatoria sud-Viadotto Mattei; CS02, 1100 m, corpo stradale Viadotto Mattei-rotatoria nord.

L'asse secondario considera: CS03, collegamento via dei prati, 100 m; CS04, collegamento Santa Caterina, 100m.

#### Opere d'arte maggiore

Le opere d'arte principali del progetto sono le seguenti:

- Viadotto su Via Enrico Mattei: l'opera, dello sviluppo complessivo di circa 368 m, permette lo scavalco di Via Enrico Mattei e della ferrovia suburbana Bologna-Portomaggiore.
- Muri di sostegno tra le Pk 0+661,20 E 0+705,47: opere necessarie a causa della prossimità della viabilità in progetto ai confini di proprietà, in destra e in sinistra.
- Muri di sostegno fra le pk 1+084,63 e 1+305,96 anche in questo caso con funzione di limitazione degli ingombri planimetrici in destra e in sinistra.

#### Viabilità di ricucitura

Le 4 viabilità di ricucitura sono:

- VL001 Collegamento all'abitazione di Vicolo dei Prati;
- VL002 Viabilità di ricucitura per soppressione passaggio a livello privato n°12 della ferrovia Bologna – Portomaggiore;
- VL003 Viabilità di ricucitura per soppressione passaggio a livello n°13 (Via Fratelli Bandiera) della ferrovia Bologna – Portomaggiore;
- VL004 Collegamento all'abitazioni di Via Santa Caterina.



Piste ciclabili

La realizzazione dell'itinerario ciclabile in progetto è suddiviso in tre tronchi:

1. BK001: tratto fra rotatoria Giovanni Sabadino dei Arienti e Via Mattei
2. BK002: tratto interno al centro abitato di Villanova di Castenaso;
3. BK003: tratto parallelo a via del Bargello, da via Ca' dell'Orbo alla rotatoria Santilli.

Sono da considerarsi comprese tutte le parti minori e le WBS che completano la realizzazione delle opere sopra richiamate in sintesi. Di seguito si riporta un elenco:

*Tabella 2-2 Elenco delle WBS*

<b>WBS</b>	<b>Descrizione</b>
<b>VI001</b>	Viadotto Mattei
<b>CS001</b>	Rampa stradale da Pk 0+000.00 a Pk 0+710.87, nel tratto Rotatoria Sud- Viadotto Mattei
<b>MS001</b>	Muro di sostegno da pk 661+200 a pk 705+470
<b>CS002</b>	Rampa stradale da Pk 1+078.87 a Pk 2+082.65, nel tratto Viadotto Mattei- Rotatoria Nord
<b>MS002</b>	Muri ad U Lato Sud da pk1+084.63 a 1+305.96
<b>TC001</b>	Tombino circolare scolo Zenetta pk 1+863.90
<b>TC002</b>	Tombino scatolare fognatura Hera pk 2+073
<b>TS001</b>	Protezione scatolare scolo Zenetta pk 1+981.45
<b>RO001</b>	Rotatoria sud rami ingresso/uscita
<b>RO002</b>	Rotatoria nord rami ingresso/uscita
<b>FO001</b>	Barriera antifonica FO001
<b>FO002</b>	Barriera antifonica FO002
<b>FO003</b>	Barriera antifonica FO003
<b>FO004</b>	Barriera antifonica FO004
<b>FO005</b>	Barriera antifonica FO005
<b>FO006</b>	Barriera antifonica FO006
<b>FO007</b>	Barriera antifonica FO007
<b>FO008</b>	Barriera antifonica FO008
<b>VL001</b>	Collegamento abitazioni vicolo prati
<b>VL002</b>	Viabilità di ricucitura PLP 12
<b>VL003</b>	Viabilità di ricucitura PLP 13
<b>VL004</b>	Collegamento abitazioni S.Caterina
<b>BK001</b>	Tratta Rotatoria Sud - Via Mattei
<b>BK002</b>	Tratta Via Mattei - Via Ca' dell'Orbo
<b>BK003</b>	Tratta Via Bargello
<b>VL005</b>	Sistemazione via Bargello e pista ciclabile

**2.4.2 Area di cantiere e di deposito intermedio**

Come da paragrafo dedicato nel presente capitolo, lungo l'intero tratto di intervento sono previste:

- 3 aree di cantiere operativo con deposito materiali degli scavi
- 5 aree operative per la movimentazione delle travi per la realizzazione del viadotto VI01
- 2 Aree di supporto.

Le 10 aree di cantiere sono individuate anche come aree di deposito intermedio dei materiali di scavo ai sensi dell'art. 5 del D.P.R. 120/2017.

Come già riportato, nella realizzazione propedeutica dei cantieri, sono previste le operazioni di scotico superficiale, con la conservazione del materiale escavato in duna o cumulo perimetrale all'interno delle aree stesse. Sono infatti individuate superfici dedicate a questa modalità deposito. All'interno delle stesse aree sono presenti siti di deposito intermedio del materiale, prodotto nei diversi interventi lungo la tratta, in attesa di essere riutilizzato nell'ambito delle realizzazioni delle opere, quale approvvigionamento di sottoprodotti. Le modalità di gestione sono indicate nel capitolo dedicato.

Nella tabella seguente si elencano le aree destinate ai depositi intermedi previsti.

*Tabella 2-3 Elenco delle aree di cantiere, con deposito intermedio*

<b>Cantiere</b>	<b>Superficie (mq)</b>	<b>Apprestamento</b>	<b>Litologia dominante</b>	<b>Spessore di scotico</b>	<b>Tipologia deposito</b>
CB001	4.300	campo base, cantiere operativo; area di deposito del materiale proveniente dagli scavi e dello scotico di cantiere	argille e sabbie limose	60 cm	deposito del materiale di scavo (600 mq), deposito dello scotico di cantiere (1.200 mq)
CO001	2.400	cantiere operativo; area di deposito del materiale proveniente dagli scavi e dello scotico di cantiere	argille e sabbie limose	60 cm	deposito del materiale di scavo (450 mq), deposito dello scotico di cantiere (650 mq)
CO002	2.050	cantiere operativo; area di deposito del materiale proveniente dagli scavi e dello scotico di cantiere	argille e sabbie limose	60 cm	deposito del materiale di scavo (350 mq), deposito dello scotico di cantiere (600 mq)
CT001	1.650	campo travi e cantiere operativo; area di deposito del materiale proveniente dallo scotico di cantiere	argille e sabbie limose	30 cm	deposito dello scotico di cantiere (300 mq)
CT002	3.550	campo travi e cantiere operativo; area di deposito del materiale proveniente dallo scotico di cantiere	argille e sabbie limose	60 cm	deposito dello scotico di cantiere (1.025 mq)
CT003	1.625	campo travi e cantiere operativo; area di deposito del materiale proveniente dallo scotico di cantiere	argille e sabbie limose	30 cm	deposito dello scotico di cantiere (350 mq)
CT004	1.400	campo travi e cantiere operativo; area di deposito del materiale proveniente dallo scotico di cantiere	argille e sabbie limose	60 cm	deposito dello scotico di cantiere (400 mq)
CT005	3.800	campo travi e cantiere operativo; area di deposito del materiale proveniente dallo scotico di cantiere	argille e sabbie limose	30 cm	deposito dello scotico di cantiere (250 mq)
ADS01	500	Area di supporto con area di deposito del materiale proveniente dallo scotico di cantiere	argille e sabbie limose	-	deposito dello scotico di cantiere (150 mq)
ADS02	1.000	Area di supporto con area di deposito del materiale proveniente dallo scotico di cantiere	argille e sabbie limose	60 cm	deposito dello scotico di cantiere (350 mq)

### 3 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEI MATERIALI DA SCAVO

Al fine di ricostruire la tipologia e le caratteristiche dei materiali da scavo, sono stati utilizzati i risultati delle indagini geognostiche (in sito ed in laboratorio), associati agli esiti della campagna di caratterizzazione ambientale che ha previsto il campionamento dei terreni e loro analisi chimica.

Si è provveduto in una prima fase a reperire tutti i dati disponibili, presso Enti, privati o da indagini pregresse, all'interno dell'area in esame, in precedenti fasi progettuali anche relative ad altri interventi infrastrutturali. Successivamente, si è realizzata una apposita campagna di indagini mirata alla definizione degli aspetti di maggiore interesse ingegneristico ed ambientale (caratterizzazione litologica e meccanica delle diverse formazioni, caratteristiche idrogeologiche e geomeccaniche relative ai principali contesti tettonici, ricostruzione dell'assetto idrogeologico dell'area, ecc.).

La campagna di indagine per la caratterizzazione ambientale dei terreni in sito è stata eseguita nel mese di ottobre 2016 sulla base delle indicazioni degli allegati 2 e 4 del Regolamento 2012, secondo la definizione di caratterizzazione ambientale di cui all'art. 3, comma 1, lettera g. Queste indicazioni risultano conformi alle disposizioni del DPR 120/2017, che infatti non ha modificato i contenuti dei corrispettivi allegati tecnici.

#### 3.1 CONOSCENZE PREGRESSE DEI SITI DI INTERESSE E DELLE AREE DI INTERVENTO

È stata svolta, per estendere la conoscenza dei dati progettuali, una ricerca e raccolta di informazioni tecnico-scientifiche, da documenti istituzionali della Regione Emilia-Romagna, su situazioni ambientali già riconosciute a livello regionale e locale.

In tal senso, per il contesto territoriale interferito, è risultato fondamentale valutare lo stato di contaminazione dei suoli da metalli pesanti con la conoscenza delle concentrazioni naturali di questi elementi legate alla specifica composizione dei minerali costituenti il suolo. Tali concentrazioni, infatti, soprattutto per alcuni metalli, possono variare notevolmente a seconda del materiale su cui il suolo si è sviluppato. Infatti, l'origine degli elementi in traccia nei suoli è legata alle caratteristiche e natura dei materiali di scavo e, in diversa misura, agli apporti legati alle attività industriali e agricole. Infine, dagli approfondimenti sull'area di interesse, è stata fatta una verifica sulla presenza di siti contaminati o potenzialmente tali, che possono interferire con l'opera in progetto. Di seguito si sintetizza alcune analisi bibliografiche e tecniche sull'area in oggetto.

##### 3.1.1 Uso del suolo



Figura 3-1 Uso del suolo (fonte: – Geoportale della regione Emilia-Romagna)

La zona, completamente pianeggiante, si presenta come un'alternanza di aree a destinazione agricola e di aree urbanizzate a carattere residenziale o industriale, localmente a carattere misto.

Il tratto di campagna interessato dal progetto, risparmiato dalla forte urbanizzazione del comprensorio Roveri – Villanova di Castenaso. La copertura del suolo è rappresentata in prevalenza da seminativi e rare aree arboree, con una minima percentuale di incolto nel corridoio che da nord accede all'attraversamento della ferrovia Suburbana e della Via S. Vitale.

### 3.1.2 Cartografia geochimica regionale

La Regione Emilia-Romagna ha condotto varie campagne di indagine ambientale e di raccolta dati per il rilevamento dei suoli finalizzato alla costituzione di una base conoscitiva, alla determinazione delle caratteristiche necessarie per la loro classificazione ed alla misura diretta della concentrazione di alcuni metalli pesanti. L'obiettivo è quello di definire un quadro di riferimento a livello regionale. Sono state elaborate Carta dei suoli regionali a diversa scala. In particolar modo si è fatto riferimento alle indagini e studi riportati nei seguenti 2 volumi:

- carta del fondo naturale-antropico della pianura emiliano-romagnola alla scala 1:250000, edizione 2016;
- carta pedogeochimica della pianura emiliano – romagnola alla scala 1:250 000, edizione 2016.

I campioni analizzati sono stati prelevati dall'orizzonte superficiale e da orizzonti profondi. La concentrazione di metalli dello strato profondo è stata utilizzata per determinare il valore di fondo naturale, che può essere assimilato al contenuto del materiale di partenza, mentre quella dello strato superficiale è stata utilizzata per determinare il valore di fondo antropico o in maniera più puntuale un'anomalia geochimica, dovuto sia al contenuto naturale che ad eventuali apporti o pratiche antropiche. Dall'analisi statistica dei dati elaborati è stato possibile determinare, il valore del percentile per gli orizzonti superficiali e per gli orizzonti profondi.

Questa operazione è stata effettuata per ogni Unità Genetico-Funzionali (UGF), individuata sulla base delle caratteristiche fisiche intrinseche dei depositi e dei suoli.

Le cartografie sono state consultate dai seguenti siti istituzionale:

- <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedit/>
- <http://geo.regione.emilia-romagna.it/geocatalogo/>

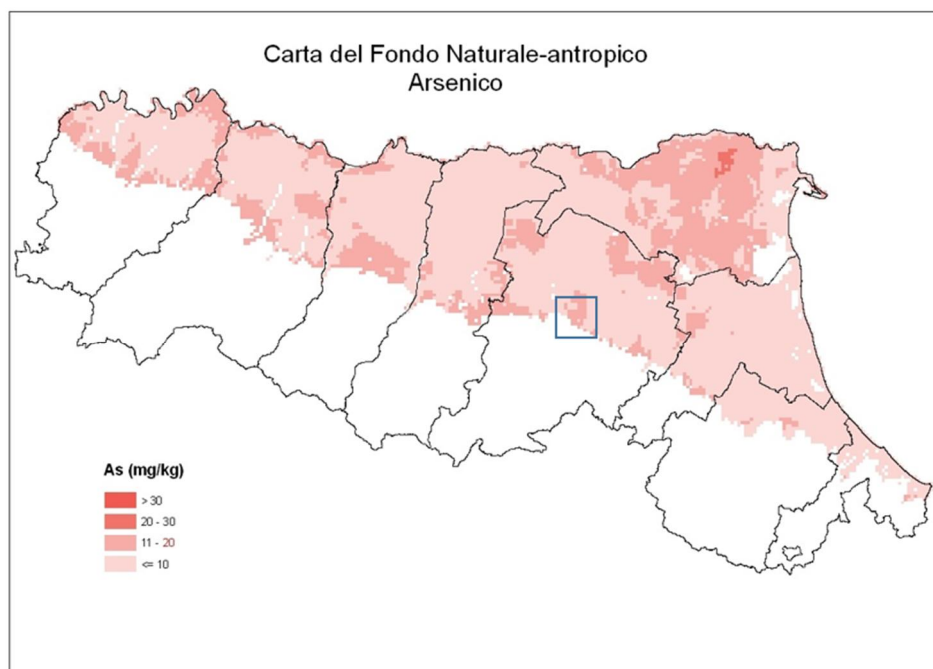


Figura 3-2 Carta del fondo naturale antropico in Arsenico

In generale l'area non è caratterizzata da particolari fondi naturali con particolari o diffusi superamenti delle concentrazioni soglia di contaminazione in nessuna unità deposizionale funzionale.

A titolo di esempio, si è riportata la cartografia regionale del fondo naturale antropico in Arsenico, con il riquadro sull'area del bolognese di interesse progettuale.

Per la valutazione delle anomalie geochimiche si è proceduto all'analisi dei campioni prelevati a 20-30 cm di profondità in corrispondenza degli stessi siti di campionamento utilizzati per la costruzione della "Carta del Fondo Naturale". La valutazione dello stato di contaminazione di un suolo si avvale comunemente di formule che, attraverso il confronto tra le concentrazioni di metallo rilevate nella parte superficiale del suolo e il fondo naturale, permettono la collocazione del suolo stesso all'interno di uno schema classificativo che ne definisce lo "stato di salute". Il calcolo dell'Indice di Geoaccumulo in corrispondenza dei siti di campionamento fornisce un'idea immediata, per quanto locale (considerato il carattere puntiforme dell'indagine), dello stato di salute dei suoli campionati, l'andamento a scala regionale fornisce un quadro generale.

### 3.1.3 Anagrafe regionale dei siti contaminati

Come anticipato in premessa al presente capitolo, è stato inoltre consultato il catasto regionale dei siti contaminati (aggiornamento 2022), gestito con il coordinamento della Regione Emilia-Romagna, secondo le disposizioni normative del D. Lgs. 152/2006. Nell'ambito dell'intervento in progetto non risultano presenti siti individuati in elenco regionale. Di seguito si presenta uno stralcio planimetrico dal sito [http://umap.openstreetmap.fr/it/map/siti-contaminati-della-regione-emilia-romagna-rapp\\_46431#14/44.4990/11.4387](http://umap.openstreetmap.fr/it/map/siti-contaminati-della-regione-emilia-romagna-rapp_46431#14/44.4990/11.4387).



Figura 3-3 Stralcio planimetrico su interferenze con siti contaminati.

## 3.2 IDENTIFICAZIONE DEI SITI DI SCAVO E DETERMINAZIONE DELLE INDAGINI, AI SENSI DEL DPR 120/2017

In relazione all'inquadramento progettuale, l'indagine di caratterizzazione ambientale in fase di progettazione, ha interessato l'unico ambito individuato in fase di progetto e proposto nel presente Piano di Utilizzo e l'area di cantiere, con la peculiare caratteristica del riutilizzo in sito del materiale escavato.

- Lungo Savena, Lotto 3;
- Aree di cantiere: CB01, CO01, CO02, campi travi e aree di supporto.

Il tracciato di progetto è stato interessato da una campagna di indagine per la caratterizzazione ambientale dei terreni in sito, contestualmente all'esecuzione delle indagini geognostiche. L'indagine è stata svolta nel 2016, eseguita ai sensi del D.M. 161/2012 e conforme alle disposizioni del DPR 120/2017.

Per quanto riguarda l'analisi dei risultati della caratterizzazione ambientale ed il confronto con i limiti di contaminazione previsti dalla normativa va evidenziato che, poiché l'opera in progetto è una infrastruttura viaria, essa determina un uso del territorio assimilabile a quello che la normativa (D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii., Allegato 5 alla parte IV) indica come uso commerciale o industriale. Di conseguenza come limiti di contaminazione di riferimento per le varie sostanze inquinanti possono essere assunti quelli della colonna B della Tabella 1 dell'Allegato 5 della Parte IV al Titolo V del D. Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

Per completezza di trattazione, in virtù di un ciclo di gestione delle terre che prevede la possibilità di riutilizzo delle medesime, nello studio si sono valutati come riferimento anche i limiti della colonna A della Tabella 1 dell'Allegato 5 della Parte IV al Titolo V del D. Lgs. 152/2006, che si riferiscono ad aree residenziali o a verde pubblico o privato.

Nel corso della campagna di indagine a supporto della progettazione, sono stati prelevati un totale di 15 campioni di terreno da sottoporre a caratterizzazione ambientale, provenienti da 7 punti di indagine, distribuiti lungo l'intervento, esteso circa 2.000 m; in particolare per il prelievo ambientale, sono stati interessati n° 1 sondaggi a carotaggio continuo e n° 6 pozzetti mediante uso di escavatore o carotiere.

In allegato sono riportati i Rapporti di Prova emessi dal laboratorio che ha eseguito le analisi sui campioni, ed in appendice sono presenti le tabelle riepilogative.

### 3.2.1 Criteri di ubicazione dei punti d'indagine

La caratterizzazione delle caratteristiche chimiche dei terreni interessati è stata definita in base all'estensione delle aree o tratti di progetto con lo scopo di ottenere, prima della fase di scavo, un esaustivo grado di conoscenza dei requisiti ambientali. Questa attività ha avuto anche la finalità di determinare eventuali situazioni di contaminazione o di individuare valori di concentrazione elementare riconducibili al fondo naturale.

Nella predisposizione del piano di indagini, sono state considerate le pressioni antropiche presenti le conoscenze desunte dagli studi geognostici e la tipologia di interventi previsti in progetto.

Nell'ubicazione delle indagini si sono tenuti in conto i seguenti aspetti:

- omogeneità litologica, riferita specialmente alla presenza continua di depositi alluvionali, costituiti principalmente da sabbie, ghiaie e limi;
- tipologia delle aree interferite;
- particolarità e tipologia delle opere previste nei diversi ambiti, caratterizzate da una certa continuità riferita soprattutto alla disposizione dei diversi rilevati stradali.

L'individuazione della densità dei punti di indagine nonché la loro ubicazione si è basata su considerazioni di tipo ragionato, in considerazione degli interventi principali e delle opere da realizzare, basandosi sui criteri previsti nell'Allegato 2 del DPR 120/2017. I punti d'indagine hanno seguito pertanto un modello statistico e sono stati localizzati in posizione opportuna.

Le informazioni di ciascun punto d'indagine sono riportate negli elaborati allegati al presente. L'ubicazione dei punti è riportata in apposita planimetria allegata, secondo quanto indicato nell'allegato 5 al D.P.R. 120/2017.

### 3.2.2 Ubicazione dei punti e caratteristiche tecniche d'indagine

Le indagini ambientali nel sito sono state effettuate secondo le prescrizioni della normativa (ex DM 161/2012 e DPR 120/2017 e D.Lgs. 152/06, Parte Quarta, Titolo V, Allegato 2) con metodi di scavo a secco, in modo idoneo a prelevare campioni senza alterarne le caratteristiche, evitando immissioni nel sottosuolo di composti estranei ed adottando particolari accorgimenti durante ogni manovra (uso di rivestimenti, eliminazione di gocciolamenti, pulizia dei contenitori, pulizia di tutti le parti delle attrezzature tra un campione e l'altro).

Dal sondaggio a carotaggio continuo, **S3** in prossimità del viadotto VI01, eseguito nella campagna geognostica di progettazione è stato utilizzato anche per il prelievo di campioni ambientali; la perforazione è stata eseguita

a rotazione, rigorosamente a secco, utilizzando margarina vegetale al posto del grasso minerale ed utilizzando ad ogni manovra l'idropulitrice per pulire accuratamente e regolarmente aste e carotiere. Sono stati realizzati 6 scavi esplorativi mediante escavatore meccanico o carotiere (Sigla **TP#** o **PZ-LS#**), con il solo scopo di prelevare campioni di terreno da sottoporre ad analisi chimica.

I punti di indagine lungo il tracciato di interesse previsti nel piano di indagini di caratterizzazione. soggetti a campionamento ed analisi sono stati in totale 7.

I punti di indagine, riferiti unicamente alle aree di cantiere, il cui materiale di scavo, costituito dal solo scotico, riutilizzato all'interno delle medesime aree, saranno oggetto di una campagna di indagine ambientale, nella successiva fase esecutiva.

Le indicazioni, e le motivazioni della posticipazione sono riportate a conclusione di questo paragrafo. Tuttavia, in relazione a quanto emerso dalle indagini geognostiche e dai rilievi di campo per la caratterizzazione ambientale, si sottolinea comunque l'omogeneità litologica del materiale interessato dalle lavorazioni, lungo l'intero tratto in progetto, riferito quasi esclusivamente a depositi lagunari ed alluvionali costituiti da limi e sabbie.

Tabella 3-1 Punti di indagine oggetto di caratterizzazione ambientale

Punti di indagine	Codice	X coord in G-B	Y coord in G-B	N° di prelievi	Profondità prelievo	Opera	Litologia Dominante
#		m	m	#	m da p.c.		
1	<b>PZLS-1</b>	1692041	4929521,9	2	0,0-0,3; 0,3-1,0	Rilevato CS01 e CS03	sabbie, limi e argille
2	<b>PZLS-2</b>	1692270,5	4929785,7	2	0,0-0,3; 0,3-1,0	CS01 e MS01	sabbie, limi e argille
3	<b>S3</b>	1692333	4929977	3	0,0-2,0; 12,0-14,0; 23,0-25,0	Viadotto VI01	sabbie, limi e argille
4	<b>PZLS-3</b>	1692544,5	4930430	2	0,0-0,3; 0,3-1,0	Spalla Viadotto VI01	sabbie, limi e argille
5	<b>TP02</b>	1692430	4930338	2	0,0-0,3; 0,3-1,0	Rilevato CS02	sabbie, limi e argille
6	<b>PZLS-4</b>	1692851,7	4930569,8	2	0,0-0,3; 0,3-1,0	Rilevato CS02 e CS04	sabbie, limi e argille
7	<b>PZLS-5</b>	1693204,5	4930872,8	2	0,0-0,3; 0,3-1,0	Rilevato CS02	sabbie, limi e argille

Il campionamento ha riguardato il prelievo di 15 aliquote di terra da scavo, sottoposte poi ad analisi di laboratorio. I campioni analizzati sono suddivisi principalmente in superficiali, relativi al top soil, ed in campioni "profondi" prelevati entro il primo metro di piano campagna. In un caso, per le verifiche lungo il viadotto VI01, il prelievo è stato spinto a profondità maggiori rispetto al primo metro dal p.c.

Durante la fase di campionamento, si è tenuto conto delle effettive condizioni del sito, degli orizzonti stratigrafici interessati, delle profondità massime di scavo da p.c. in ciascun punto e della possibilità di accesso in contesti privati.

L'ubicazione planimetrica delle indagini eseguite è riportata in allegato dedicato.

### 3.2.3 Metodica di campionamento

La quantità di prelievi su ciascun punto di indagine individuato è conforme alle indicazioni dell'allegato 4 del D.P.R. 120/2017, ponendo attenzione alle effettive condizioni del sito, agli orizzonti stratigrafici interessati (con

particolare attenzione allo strato superficiale con presenza dell'apparato radicale e vegetale), alle profondità massime di scavo da p.c. previste da progetto in ciascun punto e della possibilità di accesso o di interferenza dei punti stessi.

La caratterizzazione ambientale è stata eseguita mediante pozzetti esplorativi e sondaggi geognostici finalizzati anche al prelievo ambientale.

Nel caso di sondaggi a carotaggio continuo per i prelievi profondi, le operazioni di selezione da sondaggio sono effettuate prelevando spezzoni di carota alla quota scavo di interesse appena estratti dal carotiere (almeno 3 aliquote) e formando un campione composito da sottoporre ad analisi.

Lo strato superficiale, top soil, per la presenza della componente organica relativa all'apparato vegetale e radicale, è stato campionato indicativamente nei primi 0,3 m dal p.c., su ogni punto di indagine considerato, eccetto alcuni effettuati tramite sondaggio geognostico.

In generale i campioni volti all'individuazione dei requisiti ambientali dei materiali da scavo sono stati prelevati come campioni formati da diversi incrementi prelevati lungo ciascun orizzonte stratigrafico individuato in ogni punto di indagine. Ciò avviene per ottenere una rappresentatività "media" di ciascun strato in relazione agli orizzonti individuati e/o alle variazioni laterali.

Secondo le metodiche standard, indicate in allegato 4 al D.M. 120/2017 (ex DM 161/2012), il campionamento è stato effettuato sul materiale tal quale, con le dovute operazioni di quartatura, in modo tale da ottenere un campione rappresentativo.

La formazione del campione è avvenuta su un telo di plastica (polietilene) di dimensioni minime di 2x2 m, in condizioni umide e, se necessario, con aggiunta di acqua pura. L'attività si è svolta in condizioni comunque adeguate a evitare la variazione delle caratteristiche e la contaminazione del materiale. La suddivisione del campione è stata effettuata in più parti omogenee, adottando i metodi della quartatura riportati nella normativa.

La preparazione dei campioni delle matrici terrigene, ai fini della loro caratterizzazione chimico-fisica, è stata effettuata secondo i principi generali presenti in normativa e secondo le ulteriori indicazioni di cui al seguito.

Ogni campione prelevato è stato opportunamente vagliato al fine di ottenere una frazione passante al vaglio 2 cm. Le determinazioni analitiche di laboratorio sono state condotte sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm e successivamente mediata sulla massa del campione passante al vaglio 2 cm.

Le modalità di conservazione e trasporto del materiale prelevato sono dettate dalla normativa di riferimento (UNI 10802). Il campione di laboratorio è stato raccolto in un idoneo contenitore bocca larga con tappo a chiusura ermetica con sottotappo teflonato, sigillato ed etichettato con la data di prelievo, con il riferimento al sito di prelievo e, quindi, all'area di lavoro di provenienza.

### 3.2.4 Analisi chimiche di laboratorio

Le analisi chimiche dei campioni di terreno sono state eseguite presso un laboratorio riconosciuto ed accreditato, secondo il sistema di certificazione ACCREDIA, ai sensi della normativa vigente in modo conforme a quanto richiesto dalla UNI CEN EN ISO 17025.

Di seguito si specifica l'elenco del set chimico scelto per i campioni di terreno suddiviso per classi analitiche (tabella 4.1 dell'allegato 4 del DPR 120/2017):

- Composti inorganici: Arsenico (As); Cadmio (Cd); Cobalto (Co); Cromo (Cr) totale; Cromo (Cr) VI; Mercurio (Hg); Nichel (Ni); Piombo (Pb); Rame (Cu); Vanadio (V); Zinco (Zn).
- Idrocarburi pesanti (C>12).
- Composti aromatici: Benzene; Etilbenzene; Stirene; Toluene; Xilene.
- Composti aromatici policiclici (IPA).
- Amianto al SEM.

Le analisi chimico-fisiche sono state condotte adottando metodologie ufficialmente riconosciute, tali da garantire il rilevamento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite e comunque sono utilizzate le migliori metodologie analitiche ufficialmente riconosciute per tutto il territorio nazionale che presentino un limite di quantificazione il più prossimo ai valori di cui sopra.



I risultati delle analisi sui campioni sono stati confrontati con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alle colonne A e B della tabella 1, allegato 5 al titolo V parte IV del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i., con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica dei siti di scavo.

### 3.2.5 Caratterizzazione ambientale da completare in una fase preliminare alle lavorazioni

Nell'ambito della campagna di indagini, secondo i criteri del Regolamento, sono stati individuati punti di prelievo presso i quali in fase progettuale non è stato possibile eseguire il campionamento o raggiungere la effettiva quota scavo. Ciò è avvenuto in corrispondenza di aree caratterizzate da particolari e diversificate condizioni: divieto di accesso da parte della proprietà privata e potenziali interferenze con sottoservizi e opere esistenti.

I punti riferiti alla caratterizzazione delle aree di cantiere sono stati indisponibili in quanto interferenti con aree in coltivazione e per la non reperibilità o divieto di accesso dei proprietari. Si ribadisce che nel caso delle aree di cantiere il materiale di scavo, nella sola parte di scotico, non subisce particolari movimenti, essendo depositato nel perimetro di duna delle medesime aree e riutilizzato in sito al termine delle lavorazioni per la sistemazione definitiva.

Il campionamento e l'analisi sono rimandati ad una campagna ambientale integrativa da svolgere preventivamente alla fase realizzativa dell'intervento. Tuttavia, in relazione a quanto emerso dalle indagini geognostiche e dai rilievi di campo per la caratterizzazione ambientale, si sottolinea l'omogeneità litologica del materiale interessato dalle lavorazioni, lungo l'intero tratto in progetto, riferito quasi esclusivamente a depositi di argille e sabbie limose.

I punti di indagine nelle diverse aree di cantiere sono in totale 33, sulla base delle indicazioni di Allegato 4 del DPR 120/2017 (ex D.M. 161/2012) rispetto alla superficie occupata. La disposizione dei punti dovrà seguire un criterio statistico casuale per garantire comunque una copertura omogenea dell'impronta di cantiere. Da ciascun punto di indagine deve essere garantito almeno un prelievo caratteristico della parte vegetale di scotico compreso tra i primi 30 o 60 cm da p.c. a seconda delle indicazioni date dalla progettazione della cantierizzazione.

Tabella 3-2 A Numero di prelievi da svolgere in una fase preliminare ai lavori in aree cantiere

Area Cantiere	Punti di indagine	N° di prelievi a punto	Profondità prelievo m da p.c.
CB01	4	2	0,00-0,60
CO01	3	2	0,00-0,60
CO02	3	2	0,00-0,60
CT01	3	2	0,00-0,30
CT02	4	2	0,00-0,60
CT03	3	2	0,00-0,30
CT04	3	2	0,00-0,60
CT05	4	2	0,00-0,30
AdS01	3	2	0,00-0,30
AdS02	3	2	0,00-0,60

In relazione a ciò, di seguito si riporta l'indicazione, considerata nel presente Piano, contenuta nel parere di approvazione (Determina Dirigenziale regione Emilia – Romagna, n° DPG/2018/9363 del 11/06/2018) del Piano di Utilizzo, presentato nella fase di Progetto Definitivo: *prima dei lavori di approntamento delle aree di cantiere, si dovrà prevedere la caratterizzazione ambientale dei terreni di sedime; per ogni punto di prelievo previsto se ne richiede il campionamento della porzione stratigrafica più superficiale (scotico) ed una corrispondente al futuro piano di posa del cantiere. In caso di uniformità stratigrafica del sottosuolo investigato,*

potrà prevedersi un unico campione per punto di indagine, purché rappresentativo di entrambi gli orizzonti citati (porzione di scotico e posa del cantiere). Alla dismissione dei suddetti cantieri dovrà essere eseguita una caratterizzazione dei suoli di fine lavori sia sul sedime che sul terreno di ripristino (scotico), onde consentire un confronto complessivo dei risultati.

### 3.3 SINTESI DEI RISULTATI DELLE ANALISI DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

Si riporta la sintesi dei dati delle analisi chimiche condotte sui campioni di terreno prelevati.

I campioni di terreno prelevati sono stati consegnati integri e senza alcun tipo di alterazione al laboratorio, dove sono state eseguite le operazioni preliminari di preparazione alle analisi chimiche. Le analisi chimiche di laboratorio sono cominciate con le fasi di preparazione dei campioni.

Le date di consegna e di inizio e fine indagine analitica sono riportate, per tutte le attività di laboratorio eseguite, nei Rapporti di Prova, allegati al presente documento.

I risultati analitici hanno evidenziato, per i campioni di terreno prelevati, **un totale rispetto dei limiti vigenti previsti in colonna B, Tabella 1, D.Lgs. 152/2006, Parte Quarta, Titolo V, Allegato 5, e pertanto conformi con la destinazione d'uso industriale e commerciale, quali sono considerate le aree interessate dal tracciato stradale.**

Tabella 3-3 Riepilogo sintetico degli esiti analitici di laboratorio

Numero	Sigla campione	Profondità (m da p.c.)	Soglia	Evidenza chimica
1	PZLS-1	0,0-0,3	B	Zinco
2		0,3-1,0	A	
3	PZLS-2	0,0-0,3	A	
4		0,3-1,0	A	
5	S3	0,0-2,0	A	
6		12,0-14,0	A	
7		23,0-25,0	A	
8	TP02	0,0-0,3	A	
9		0,3-1,0	A	
10	PZLS-3	0,0-0,3	B	Zinco
11		0,3-1,0	A	
12	PZLS-4	0,0-0,3	B	Zinco
13		0,3-1,0	A	
14	PZLS-5	0,0-0,3	B	Zinco
15		0,3-1,0	B	Zinco

Tabella 3-4 Quadro sul numero di superamenti delle CSC

CSC			Campioni
< A	< B	< B	Totale
10	5	0	15

% su intero intervento			
66,7	33,3	0	100,0

I risultati analitici, in particolare, presenti in allegato (AMB1001), permettono di definire che:

- a) Il 100% dei 15 campioni analizzati in laboratorio, ai sensi del D.M. 161/2012, risulta conforme ai limiti di cui alle CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) della colonna B, della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV - Titolo V del D.Lgs. 152/06, indicata come riferimento per la destinazione d'uso dei siti di intervento;
- b) Il 67% dei campioni risulta avere tenori al di sotto dei limiti di CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) riferiti alla destinazione di uso residenziale o agricola, indicati in colonna A della tabella 1, allegato 5 al titolo V parte IV del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i.; i superamenti rilevati nei terreni si riferiscono a 5 campioni (su 15), per concentrazioni di Zinco con valori di poco superiori alle soglie di colonna A, alcuni uniti a tenori interessanti, ma sottosoglia, in idrocarburi pesanti; in generale il rilievo congiunto di tali elementi e le relative concentrazioni sono sintomatici della possibile pressione da traffico veicolare in prossimità di una struttura viaria, perché riconducibili ad usura degli asfalti ed al degrado di alcune parti meccaniche e gomme dei mezzi di trasporto.
- c) la totalità dei campioni analizzati in laboratorio e prelevati nelle aree di scavo (il 100% dei 15 campioni) risulta conforme, nella concentrazione in composti "indicatori" di potenziali criticità ambientali, quali composti organici aromatici o policiclici aromatici, ai limiti di CSC di colonna A della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV - Titolo V del D.Lgs. 152/06;
- d) per quanto riguarda la presenza di fibre amiantifere, in coerenza con la natura geologica dei terreni ed all'assenza di riporti di origine antropica e di natura pericolosa, il 100% dei campioni analizzati in laboratorio e prelevati nelle aree di scavo risulta conforme ai limiti della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV - Titolo V del D.Lgs. 152/06.

### 3.4 COMPATIBILITÀ AMBIENTALI DEI MATERIALI DA SCAVO NEI SITI DI UTILIZZO

I siti di utilizzo negli ambiti individuati sono sostanzialmente coincidenti con i siti di produzione previsti nei medesimi (si veda l'elaborato grafico in allegato). Pertanto, al netto di ulteriori indagini di caratterizzazione rimandate ad una fase realizzativa di corso d'opera (si veda il paragrafo dedicato nel presente capitolo dedicato e le indicazioni di cap. 7), la caratterizzazione dei siti di utilizzo è pertanto costituita dalle stesse informazioni finalizzate alla caratterizzazione dei siti di scavo.

Come da allegato 2 al Regolamento, il rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui all'art. 184 bis comma 1 lettera d) del DLgs. 152/2006 e s.m.i. per l'utilizzo dei materiali da scavo come sottoprodotti è garantito quando il contenuto di sostanze inquinanti all'interno dei materiali da scavo sia inferiore alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), di cui alle colonne A e B tabella 1 allegato 5, al Titolo V parte IV del decreto legislativo n. 152 del 2006 e s.m.i., con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica, o ai valori di fondo naturali.

Sempre secondo l'allegato 2, i materiali da scavo sono utilizzabili per reinterri, riempimenti, rimodellazioni, ripascimenti, interventi in mare, miglioramenti fondiari o viari oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali, per rilevati, per sottofondi e nel corso di processi di produzione industriale in sostituzione dei materiali di cava:

- se la concentrazione di inquinanti rientra nei limiti di cui alla colonna A, in qualsiasi sito a prescindere dalla sua destinazione.
- se la concentrazione di inquinanti è compresa fra i limiti di cui alle colonne A e B, in siti a destinazione produttiva (commerciale e industriale).

Complessivamente i risultati consentono, quindi, di affermare che:

- a) data l'assenza di superamenti dei limiti di Concentrazione Soglia di Contaminazione di cui alla colonna B della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV Titolo V del D.Lgs. 152/06, **tutti i materiali e i terreni da scavo di interesse progettuale sono riutilizzabili**;
- b) tutti i materiali scavati possono essere reimpiegati per la realizzazione di rinterri, rilevati e terrapieni di rimodellamento nell'ambito delle opere in progetto, essendo queste assimilabile ai siti a destinazione d'uso industriale/commerciale cui fa riferimento la colonna B sopra citata;
- c) la maggior parte dei materiali (sulla base delle analisi con concentrazioni al di sotto dei valori soglia della colonna A) può essere riutilizzato in siti a destinazione verde o residenziale o nell'impiego dei ritombamenti o reinterri nei casi di interferenza con la porzione satura.
- d) **per tutti i materiali sono soddisfatti i requisiti di compatibilità ambientale**, in relazione alla corrispondenza dei siti di utilizzo e dei siti di destinazione.

Per la visione dei risultati delle analisi di laboratorio e dei relativi certificati sulla caratterizzazione preventiva delle opere ai sensi del D.P.R. 120/2017, si rimanda agli allegati al presente Piano.

### **3.5 INTERFERENZE CON LA PORZIONE SATURA DEL TERRENO**

Secondo quanto contenuto in allegato 4 del DPR 120/2017, nei casi di interferenza con la porzione satura, si dovrà utilizzare materiale da scavo per il quale sia stato verificato il rispetto dei limiti di cui alla colonna A (Tabella 1, allegato 5, al Titolo V, parte IV, del D.Lgs 153/2006 e ss.mm.ii.), con le modalità indicate nel suddetto allegato.

Le possibili interferenze con la falda sono in corrispondenza delle minime soggiacenze freatiche in corrispondenza della realizzazione del viadotto VI01, dove i livelli piezometrici hanno dato valori di circa 7 m da p.c.. Lo scavo riguarda unicamente le fondazioni delle pile e delle spalle, per cui risulta estremamente contenuto il riutilizzo di materiale escavato, se non per sistemazioni superficiali, che non dovrebbero interferire con il livello di falda sotterranea. Ai fini delle verifiche geotecniche delle fondazioni delle spalle e delle pile la falda è stata assunta cautelativamente coincidente con l'intradosso dei plinti di fondazione stessi, in corrispondenza del letto dello strato "unità 2" sovrastante "l'unità 3";  
 In tal contesto, tuttavia, viste le risultanze analitiche di laboratorio ed i volumi, si segnala comunque che nei diversi ambiti di scavo sussiste l'ampia disponibilità di materiali da riutilizzare entro le CSC di colonna A.

#### **3.5.1 Caratterizzazione dell'acqua sotterranea**

L'allegato 2 del D.M. 161/2012 prevede che vengano svolte indagini di caratterizzazione delle acque sotterranee in fase progettuale, nel caso di interferenza degli scavi con la porzione satura di terreno. Ciò avviene proprio in corrispondenza degli stessi sondaggi, lungo i quali sono stati prelevati i campioni di terre.

Il Proponente si riserva di fornire un quadro dello stato qualitativo della falda acquifera, prima dell'inizio dei lavori, inviando i dati che saranno acquisiti dal Piano di Monitoraggio Ambientale nella fase di ante operam. Il Piano di Monitoraggio Ambientale, nell'ambito della realizzazione progettuale, prevede la misura qualitativa delle acque sotterranee con attività di prelievo e di analisi chimica in laboratorio con cadenza trimestrale. Le modalità di acquisizione dei campioni delle acque sotterranee saranno eseguite attraverso un campionamento dinamico, ossia un prelievo di acque effettuato tramite pompa, subito dopo l'operazione di spurgo delle verticali strumentate a piezometro.

## 4 MODALITÀ DI SCAVO E TECNOLOGIE APPLICATE

Nel presente capitolo sono descritte in sintesi le procedure ed i metodi di scavo individuati nel progetto per gli scavi all'aperto ed in sotterraneo (elaborati progettuali 8 allegati al presente piano).

L'attività di scavo e riutilizzo può essere articolata e sintetizzata nelle seguenti operazioni:

- operazioni di scavo in sotterraneo, con metodologie tradizionali (martellone ed esplosivo);
- operazioni di scavo, all'aperto;
- operazioni di carico trasporto e scarico in deposito, con mezzi gommati o cingolati;
- operazioni in deposito all'interno della stessa area di lavorazione o in cantiere operativo,
- operazioni di trasporto alla destinazione finale, con autocarri;
- operazione di utilizzo per rinterri, riempimenti, rimodellazioni e rilevati, con mezzi tradizionali.

Di seguito si elencano i principali mezzi e tecnologie, descritte nei paragrafi successivi:

- pale meccaniche gommate o cingolate,
- escavatori meccanici con benna o martellone,
- automezzi da carico (articolati, dumper, camion)
- trivelle di perforazione
- autobetoniera e pompa spritz.

Inoltre, come specificatamente richiesto dal Regolamento in allegato 5, sono individuate le operazioni di normale pratica industriale previste all'interno dei cantieri per migliorare le caratteristiche tecniche e prestazionali dei materiali scavati.

### 4.1 OPERE ALL'APERTO

Le principali operazioni all'aperto saranno eseguite con le seguenti metodologie:

- scavi di scotico e sbancamento eseguiti con mezzi meccanici (escavatori con benna e/o martellone, pale meccaniche e autocarri);
- scavi di fondazione a sezione obbligata eseguiti con mezzi meccanici (escavatori con benna e/o martellone, pale meccaniche e autocarri);
- scavi di fondazione con micropali o pali di grande diametro eseguiti con mezzi meccanici (trivelle di perforazione, escavatori con benna e/o martello, pala meccanica, autocarri, autobetoniera e pompa spritz);
- realizzazione di rinterri mediante escavatore;
- formazione di rilevati e rimodellamenti mediante impiego di camion, grader e compattatori con o senza ricorso alla stabilizzazione a calce del materiale da scavo;
- formazione di sottofondazioni e fondazioni delle pavimentazioni mediante impiego di camion, grader e compattatori.

#### 4.1.1 Scavi da scotico

Per gli scavi di scotico, sono utilizzati mezzi dotati di lame e/o benna che a più passaggi asportano gli strati di materiale accantonandolo ai lati del sedime di intervento. In alternativa il materiale è depositato temporaneamente o in prossimità dello scavo stesso o in uno spazio dedicato comunque all'interno della stessa area operativa di cantiere in attesa o del successivo reimpiego per rilevati e rimodellamenti, sistemazioni di aree di imbocco o di cantiere.

#### 4.1.2 Scavi di sbancamento

Per gli scavi di sbancamento sono usati prevalentemente escavatori meccanici cingolati. In relazione alla tipologia di scavo da eseguire, alla profondità e quantità di materiale da scavare, all'escavatore può essere affiancata una pala caricatrice che provvede a caricare i mezzi di trasporto utilizzati per lo spostamento del materiale scavato all'interno del cantiere. Accertate le caratteristiche geotecniche e geologiche, il materiale

può essere accantonato in prossimità dello scavo per il successivo riutilizzo (riempimenti, sagomature, finiture finali e/o modellamenti per mitigazioni ambientali) all'interno dello stesso sito di scavo o depositato temporaneamente in un'area all'interno della stessa area operativa di cantiere limitando il trasporto ad una distanza estremamente ridotta dalla zona di scavo.

#### 4.1.3 Rinterri

La lavorazione consiste nella chiusura di scavi eseguiti con materiali inerti e/o materiali di risulta provenienti da scavo fino alla sistemazione del piano secondo progetto.

L'attività è composta unicamente dalla messa in opera e stesa del materiale mediante escavatore.

#### 4.1.4 Formazione rilevati e dei rimodellamenti morfologici

La lavorazione consiste nella formazione di rilevati con materiali inerti e/o materiali di risulta e/o terreno vegetale provenienti da attività di scavo o scotico fino alla quota di progetto.

La prima parte dell'attività consiste nella posa in opera del materiale direttamente attraverso il ribaltamento del cassone del camion e la stesa mediante grader. Successivamente si procede alla compattazione del materiale previa bagnatura del terreno stesso.

La lavorazione è composta quindi da quattro attività che si esplicano in due fasi distinte:

- a) Fase 1
  - Messa in opera del materiale mediante scarico diretto dal camion;
  - Stesa del materiale mediante grader.
- b) Fase 2 (solo per la formazione dei rilevati)
  - Bagnatura del terreno;
  - Compattazione a macchina del terreno.

Tra le modalità tecniche per la messa a dimora a rilevato del materiale di scavo, può essere impiegata anche la tecnica di stabilizzazione a calce. Infatti, come descritto sinteticamente nel capitolo 2 di inquadramento, le litologie principali sono costituite da sabbie e argille limose.

Sulla base delle caratteristiche geotecniche rilevate su tali litologie dominanti, è consentito il riutilizzo del materiale per la costruzione dei rilevati secondo le seguenti modalità.

##### 4.1.4.1 Procedura per la stabilizzazione a calce

Il trattamento a calce di una terra è finalizzata al miglioramento delle sue caratteristiche di lavorabilità e di resistenza meccanica in opera e quindi per conferire al materiale le geotecniche necessarie al suo riutilizzo, anche in termini di umidità. La risposta dei terreni al trattamento dipende essenzialmente dalla quantità e natura dei minerali argillosi e della silice amorfa in essi contenuta.

I principali aspetti positivi legati al trattamento a calce delle terre sono:

- incremento della capacità portante della terra sia a breve sia a lungo termine sotto le azioni cicliche veicolari anche in presenza di acqua;
- aumento del modulo elastico della eventuale base granulare sovrastante lo strato stabilizzato;
- la sostanziale riduzione delle deflessioni in fase di esercizio del piano viabile o rotabile sovrastante sottofondazioni o fondazioni stabilizzate.

La scelta progettuale porta notevoli vantaggi, tra i quali:

- importante risparmio nello sfruttamento degli inerti provenienti da cava;
- eliminazione del traffico veicolare di cantiere sulla viabilità ordinaria (il trasporto del materiale dallo scavo alla sistemazione avverrà all'interno dell'intervento, sfruttando le piste/viabilità di cantiere o la stessa strada esistente).

Il dettaglio delle fasi operative per la realizzazione del rilevato con trattamento a calce, nonché delle procedure per minimizzare l'impatto sulla componente atmosferica, è riportato in Appendice 1 al presente Piano di Utilizzo.

#### **4.1.5 Formazione delle sottofondazioni e fondazioni di pavimentazione**

L'attività consiste nella posa in opera del misto cementato o misto granulare costituenti gli strati di sottofondazione e fondazione delle pavimentazioni rigide, semirigide o flessibile.

La lavorazione è composta da tre attività elementari che si esplicano in due fasi:

- c) Fase 1
  - Messa in opera del materiale mediante scarico diretto dal camion;
  - Stesa del materiale mediante grader;
- d) Fase 2
  - Compattazione a macchina del terreno

Nella formazione delle sottofondazioni in misto cementato o misto granulare le azioni di messa in opera e stesa del materiale avvengono in parallelo. Successivamente il rullo esegue la compattazione del terreno.

#### **4.1.6 Scavi di fondazione con micropali o pali di grande diametro**

L'attività consiste nella realizzazione di fondazioni profonde attraverso la realizzazione del palo. Essa è costituita da tre attività elementari che si susseguono temporalmente: trivellazione, getto del calcestruzzo e posa in opera dell'armatura.

- Trivellazione mediante utensile di perforazione ad elica continua (coclea)
- Getto del calcestruzzo mediante pompa di getto collegata alla coclea
- Posa in opera dell'armatura a getto ultimato secondo le dimensioni previste dal progetto.

La profondità ed il diametro del palo variano in funzione dell'opera da realizzare.

#### **4.1.7 Disposizioni per le interferenze con la porzione satura del terreno**

Come anticipato in capitolo 3, nel paragrafo dedicato, le operazioni di scavo potranno interessare la porzione satura del terreno, interferendo con la falda sub affiorante della piana, durante la realizzazione delle pile e delle spalle del viadotto Mattei. Sebbene sia previsto un riutilizzo contenuto del materiale escavato, questo non è interferente con la falda freatica posta a circa 7 m da p.c., perché finalizzato alla sistemazione della parte superficiale.

Tuttavia, secondo quanto contenuto nell'allegato 4 del Regolamento, in condizioni di falda affiorante o subaffiorante, nel caso in cui possano sussistere interferenze si dovrà utilizzare dal fondo sino alla quota di massima escursione della falda più un metro di franco materiale da scavo per il quale sia stato verificato il rispetto dei limiti di cui alla colonna A.

## **4.2 NORMALE PRATICA INDUSTRIALE**

Si fa principale riferimento all'art. 1, comma 1, lettera p) e all'art. 4, comma 1, lettera c) del Regolamento ministeriale relativamente alle operazioni di normale pratica industriale effettivamente condotte.

Le operazioni di normale pratica industriale sono finalizzate a migliorare le caratteristiche merceologiche, tecniche e prestazionali dei materiali da scavo per il loro utilizzo, con riferimento a quanto indicato all'allegato 3 del Regolamento.

Le lavorazioni effettuate sui materiali di scavo per ottimizzarne l'utilizzo costituiscono ai sensi dell'Allegato 3 del Regolamento un trattamento di normale pratica industriale in quanto non incidono sulla classificazione

come sottoprodotto dei materiali da scavo, non ne modificano le caratteristiche chimico-fisiche bensì consentono di rendere maggiormente produttivo e tecnicamente efficace l'utilizzo di tali materiali (in sostanza si tratta delle stesse lavorazioni che si praticano sui materiali di cava proprio per ottimizzarne l'utilizzo), ferma restando la compatibilità delle frazioni ottenute con i siti di destinazione.

L'attività di gestione delle terre e rocce da scavo di cui al presente Piano di Utilizzo prevede il ricorso a talune tipologie di operazioni di normale pratica industriale ai sensi dell'art. 1 comma 1 lettera p) del Regolamento. Tali operazioni sono di seguito descritte.

#### **4.2.1 Vagliatura**

La vagliatura è realizzata tramite macchinari idonei che consentono la separazione delle diverse granulometrie. Il sistema di vagliatura del materiale potrà essere previsto all'interno delle aree di cantiere CB01 e CO01 a supporto delle lavorazioni lungo il tracciato.

#### **4.2.2 Frantumazione**

L'impianto di frantumazione consente la frantumazione del materiale lapideo per produrre una geometria del materiale a spigoli vivi avente una granulometria che rientri nel fuso granulometrico da utilizzare per la realizzazione delle opere a progetto in terra (rilevati, sottofondazioni per pavimentazioni, ritombamenti, modellazioni morfologiche, sistemazioni ambientali).

Il sistema di frantumazione del materiale è previsto all'interno delle aree di cantiere CB01 e CO01 a supporto delle lavorazioni lungo il tracciato.

### **4.3 INCLUSIONI**

#### **4.3.1 Utilizzo di miscele di perforazione**

Nella fase di realizzazione di opere strutturali e idrauliche (a protezione di scavi profondi o di stabilizzazione ecc.), vengono eseguiti lavori di perforazione di pozzi o scavi di paratie.

Lo scavo per pali e/o diaframmi viene spesso realizzato a partire dal piano campagna secondo allineamenti delimitati mediante la formazione di appositi cordoli guida in cemento armato. Il sostentamento delle pareti di scavo viene garantito attraverso l'impiego di miscele cementizie o bentonite.

Tali miscele fluide, sia per perforazioni sia per consolidamenti, hanno alcune peculiarità che permettono maggiori velocità di avanzamento e quindi maggiori produzioni in minor tempo, miglior protezione da cedimenti o franamenti, maggiore stabilità per la ridotta presenza di acqua libera e maggior protezione delle falde stesse.

L'uso di miscele per perforazioni deve garantire la tutela delle a tutela delle qualità ambientali dei terreni e delle falde acquifere interferite, In tal senso la scelta dei prodotti per la formazione delle miscele deve avvenire sulla base delle caratteristiche intrinseche dei prodotti stessi. Quelle ambientalmente compatibili dovranno essere dichiarate, non solo per ciò che riguarda le informazioni ecologiche e chimico-fisiche, ma anche l'eventuale indicazione di proprietà quali ad esempio: grado di tossicità, capacità legante e ossidante, solubilità, infiammabilità, corrosività e biodegradazione, contenuto di polimeri di origine organica, ecc. Non potranno essere presi in considerazione prodotti e additivi le cui schede presentino insufficienti informazioni sul comportamento ambientale.

### **4.4 GESTIONE DEI MATERIALI IDENTIFICATI COME NON SOTTOPRODOTTI**

Tutte i materiali da scavo, che non rispettano le condizioni esposte per il riutilizzo in sito o in siti diversi da quello di scavo, saranno sottoposti alle disposizioni vigenti in materia di rifiuti riportate nella Parte IV "Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinanti", ai sensi dell'art. 183 comma 1 lett. a) del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.



Le seguenti tipologie di materiali sono inoltre identificate quali rifiuto e quindi opportunamente gestiti, ovvero allontanamento dal cantiere per il recupero in impianti autorizzati, od, in alternativa ineludibile, lo smaltimento in discariche:

- i fanghi di risulta derivanti da perforazioni per la realizzazione di pali e dalla eventuale bagnatura per l'abbattimento delle polveri durante gli scavi;
- i materiali derivanti da smantellamento di strutture preesistenti (ad es. opere in c.a., massicciate stradali, fresatura asfalti, ecc);
- il materiale di risulta dal processo di sedimentazione, costituito da polveri di perforazione, boiacche e additivi, e derivato dalla raccolta e trattamento delle acque di lavorazione.

Sebbene le indagini cognitive di progetto non abbiano dato particolari evidenze in tal senso, si specifica che, se dovessero emergere aree o porzioni di scavo con presenza di materiali di riporto con frammenti e/o elementi di origine antropica, con percentuali superiori al 20% (rif. in allegato 10 del DPR 120/2017), questi dovranno essere sottoposti alle medesime disposizioni vigenti in materia di rifiuti.

## 5 BILANCIO DEI SITI DI PRODUZIONE, DEPOSITO ED UTILIZZO

L'intervento in progetto risulta avere uno sviluppo lineare di circa 2 km, individuato in unico ambito di intervento, caratterizzato unicamente da scavi all'aperto. Questa situazione risulta funzionale alla movimentazione dei materiali da scavo. A questo ambito di lavorazione, devono essere aggiunte le aree di cantiere, caratterizzate tuttavia dal solo scotico superficiale, che sarà conservato e depositato all'interno delle aree medesime per la loro sistemazione finale.

La disposizione planimetrica dei i siti principali relativi alla movimentazione delle terre e rocce da scavo è esplicitata negli elaborati grafici allegati al presente Piano, ai sensi del Regolamento del DPR 120/2017

L'elenco dei siti di produzione dei materiali di scavo e dei siti di destinazione, intesi anche come di deposito intermedio, individuati all'interno della cantierizzazione, sono stati individuati nel capitolo 2, facendo riferimento alle diverse WBS di progetto (rif elaborati STD0011 e GEN0020).

### 5.1 BILANCIO MATERIALI DI SCAVO TRA SITI DI PRODUZIONE E SITI DI UTILIZZO

Il bilancio delle terre riportato riassume i quantitativi dei materiali che saranno movimentati per la realizzazione dei diversi interventi, indicando i volumi in banco degli scavi e dei riutilizzi ricavati dagli elaborati progettuali. Rispetto al volume in banco, si dovrà tenere conto sia del fisiologico rigonfiamento che si verifica nelle terre e nei materiali da scavo al momento della loro estrazione dal banco naturale, sia dell'effetto, in termini di modifiche di volume, prodotto dalle tecniche utilizzate per il loro reimpiego

Si deve considerare che la realizzazione del progetto contempla comunque un quantitativo di approvvigionamento esterno, necessario ad esempio per il completamento di alcuni interventi con materiale idoneo, per l'esecuzione di sistemi di drenaggio di alcune opere, di realizzazione dei rilevati in materiale alleggerito, e per gli approntamenti preliminari delle aree di cantiere.

I dati di seguito sono riferiti al computo (elaborati a codifica CCP), al quale si rimanda per maggiori dettagli.

**Le lavorazioni considerano, provenienti dalle operazioni di scavo degli interventi in oggetto, un riutilizzo complessivo in opera di circa 144.685 mc, inquadrati come sottoprodotti, ai sensi del DPR 120/2017.**

Lungo i 2 km circa del tracciato in progetto, è previsto infatti il riutilizzo di:

- 136.863 mc circa di terre e rocce da scavo, di cui 3.987 mc circa di scotico vegetale;
- 7.813 mc circa dello scotico superficiale delle aree di cantiere, che al termine delle lavorazioni saranno ricollocati nello stesso sito per la sistemazione definitiva.

Gli scavi complessivi, per bonifica, scotico e sbancamento ammontano a circa 215.442 mc circa, di cui 12.949 mc di terreno vegetale e circa 7.813 di scotico interno alle aree di cantiere.

In considerazione delle caratteristiche geotecniche dei materiali di scavo destinati al riutilizzo nel rilevato stradale (circa 132.885 mc), si prevede il ricorso alla procedura di stabilizzazione a calce su parte di questi volumi di scavo (circa il 65%), come indicato al capitolo 4 ed in appendice al presente Piano.

I materiali da scavo appartenenti alle classi A2-6, A2-7, A6 e A7 (secondo la classificazione CNR UNI 10006 sostituita dalla UNI EN 11531-1) saranno infatti stabilizzati a calce, per il miglioramento delle caratteristiche di lavorabilità e di resistenza meccanica in opera e quindi per conferire al materiale i requisiti tecnici necessari al suo riutilizzo, anche in termini di umidità.

Il fabbisogno complessivo per la realizzazione dell'intervento, escluse le aree di cantiere, è pari ad un totale di circa 202.653 mc, di cui 184.444 mc destinati al solo rilevato autostradale. La sistemazione finale dei cigli e delle scarpate è completata dalla porzione di terreno vegetale escavato sopra indicato (3.987 mc circa).

Una quota parte dei volumi, per soddisfare i fabbisogni per la realizzazione degli interventi, è approvvigionata esternamente con materiale tecnicamente idoneo e conforme ai requisiti ambientali.

La fornitura da cava e/o da esterno è quantificata in circa 74.600 mc circa, per soddisfare i fabbisogni di cui sopra, suddivisa nelle seguenti tipologie:

- fornitura di materiale inerte con caratteristiche tecniche prestazionali idonee per la messa in opera in rilevato e riempimenti (circa 52.009 mc circa, di cui 4.415 in argilla espansa per la porzione di rilevato alleggerito previsto);
- fornitura di materiale arido o anticapillare (circa 16.263 mc);
- fornitura di materiale idoneo alla realizzazione dei piazzali di cantiere (circa 6.330 mc) che nella fase di dismissione sarà demolito e gestito a rifiuto.

Un volume di circa 70.757 mc dovrà essere smaltito in discarica o, preferibilmente, in impianto di recupero autorizzato; pur possedendo i requisiti di compatibilità ambientale, parte degli scavi di sbancamento non hanno caratteristiche tecniche idonee alla formazione a rilevato (circa 61.795 mc) o non trovano disponibilità nelle sistemazioni a verde (circa 8.961 mc circa).

Il bilancio complessivo dei movimenti di materiale da scavo aggiornati alla fase di progettazione definitiva è il seguente:

*Tabella 5-1 Bilancio dei materiali di scavo ai sensi del DPR 120/2017*

<b>BILANCIO MATERIALI III Lotto Lungo Savena</b>		<b>Volumi</b>	<b>di cui come sottoprodotti ai sensi del DPR 120/2017</b>
		<b>Mc</b>	<b>mc</b>
<b>A</b>	<b>SCAVO</b>		
	Scavo scotico	12.949	3.987
	Scavo di sbancamento	177.181	132.885
	Scavo da perforazione	17.500	
	Scotico aree di cantiere	7.813	7.813
	<b>TOTALE</b>	<b>215.442</b>	<b>144.685</b>
<b>B</b>	<b>FABBISOGNO</b>		
	per Riempimenti e reinterri	11.222	
	Rilevato corpo stradale	187.444	
	Rilevato per ricoprimento scarpate	3.987	
	Sistemazione aree di cantiere	14.143	
	<b>TOTALE</b>	<b>216.796</b>	
<b>C</b>	<b>RIUTILIZZI SCAVI</b>		
	Ricoprimento scarpate e cigli	3.987	3.987
	Rilevato corpo stradale	132.885	132.885
	Scotico aree di cantiere	7.813	7.813
	<b>TOTALE</b>	<b>144.685</b>	<b>144.685</b>
<b>D=B-C</b>	<b>APPROVVIGIONAMENTO</b>		
	Fornitura per terreno da rilevato (tra cui classi A1-A3)	47.594	
	Fornitura per anticapillare	16.263	
	Fornitura approntamento cantiere	6.330	
	Fornitura per rilevato alleggerito	4.415	
	<b>TOTALE</b>	<b>74.601</b>	
<b>E=A-C</b>	<b>SMALTIMENTO IN DISCARICA O IMPIANTO</b>		
	di cui di materiale vegetale	8.961	
	di cui da scavi	61.795	
	<b>TOTALE</b>	<b>70.757</b>	

I volumi di approvvigionamento e di esubero non sono descritti nel presente Piano di Utilizzo perché non sono inquadrati come sottoprodotti per la gestione dei materiali da scavo nell'ambito del DPR 120/2017.

## 5.2 AREE DI DEPOSITO INTERMEDIO

Nell'ambito della cantierizzazione, sono stati individuati tre siti di deposito dei materiali provenienti dagli scavi in attesa del loro riutilizzo secondo la definizione di cui all'art. 5 del Regolamento del DPR 120/2017. Questi depositi sono localizzati all'interno delle seguenti aree di cantiere, ubicate lungo il tratto lineare di intervento principale:

Tabella 5-2 Elenco aree di cantiere con superfici adibite al deposito dei materiali di scavo

Cantiere	Tipologia deposito	Superficie disponibile al deposito (mq)
CB001	deposito del materiale di scavo deposito dello scotico di cantiere	600 1.200
CO001	deposito del materiale di scavo deposito dello scotico di cantiere	450 650
CO002	deposito del materiale di scavo deposito dello scotico di cantiere	350 600
CT001	deposito dello scotico di cantiere	300
CT002	deposito dello scotico di cantiere	1.025
CT003	deposito dello scotico di cantiere	350
CT004	deposito dello scotico di cantiere	400
CT005	deposito dello scotico di cantiere	250
ADS01	deposito dello scotico di cantiere	150
ADS02	deposito dello scotico di cantiere	350

Tutti i materiali scavati dovranno essere accumulati e quindi classificati con apposita cartellonistica, la quale dovrà anche contenere la provenienza geografica (zona di scavo e eventuale trattamento), livello stratigrafico (riporto, terreno naturale, ecc..) e destinazione finale (riutilizzo, smaltimento, trattamento in impianto di recupero, ecc..). Queste disposizioni, di seguito specificate, riprendono quanto prescritto nella DGR del 2018 di approvazione del precedente Piano di Utilizzo.

### 5.2.1 Caratteristiche e tipologie delle aree di deposito in attesa di utilizzo

I materiali che verranno depositati nelle aree possono essere suddivisi genericamente nelle seguenti categorie:

- terreno sterile derivante da scavi all'aperto;
- eventuale terreno vegetale (corrispondente al primo strato di terreno, risultante dalle operazioni di scotico, generalmente 30-60 cm).

L'area di deposito verrà realizzata in modo da contenere al minimo gli impatti sulle matrici ambientali, con specifico riferimento alla tutela delle acque superficiali e sotterranee ed alla dispersione delle polveri, con eventuale e continua umidificazione della superficie del deposito del materiale.

All'interno delle singole aree il terreno viene stoccato in cumuli separati, distinti per natura e provenienza del materiale, con altezza massima derivante dall'angolo di riposo del materiale in condizioni sature, tenendo conto degli spazi necessari per operare in sicurezza durante le attività di deposito e prelievo del materiale.

In linea generale poi si possono distinguere i materiali già caratterizzati sulla base della loro concentrazione chimica:

- deposito di terreni già caratterizzati, per i quali siano state riscontrate concentrazioni di inquinanti inferiori ai limiti di colonna A;
- deposito di terreni già caratterizzati, per i quali siano state riscontrate concentrazioni di inquinanti superiori ai limiti di colonna A, ma inferiori ai limiti di colonna B.

La preparazione e disposizione delle aree di deposito richiede in breve le seguenti lavorazioni:

- lo scotico dell'eventuale terreno vegetale, che verrà accantonato lungo il perimetro di ciascuna area;
- la regolarizzazione, compattazione ed impermeabilizzazione del fondo;
- la creazione di un fosso di guardia per allontanare le acque di pioggia;
- la posa, ove ritenuto necessario, di una recinzione di delimitazione.

Nella fase costruttiva verranno messi in pratica alcuni accorgimenti, utili ad evitare potenziali contaminazioni:

- garanzia di funzionamento continuo del sistema di regimazione e convogliamento delle acque superficiali e dell'impianto di raccolta e gestione delle acque di dilavamento;
- dotazione di misure idonee a ridurre i disturbi ed i rischi causati dalla produzione di polveri e di materiali trasportati dal vento, con protezioni e delimitazioni perimetrali;
- adozione di misure identificative delle aree di deposito, con opportuna segnaletica utile ad evitare contatti con terre e rocce da scavo potenzialmente inquinate ed evitare possibili errori di direzionamento;
- dotazione di misure di protezione delle falde acquifere, con un sistema di impermeabilizzazione del fondo e di gestione e raccolta delle acque.

### **5.2.2 Aree di deposito per terreno vegetale**

La rimozione dell'eventuale terreno vegetale riguarda le aree interessate dalla cantierizzazione che non ricadono in aree urbanizzate industriali (ivi comprese le piste, le aree di cantiere propriamente dette e le stesse aree di deposito).

Le aree di deposito del terreno vegetale saranno separate dalle aree di deposito di altre tipologie di terre, come sopra indicato.

### **5.2.3 Gestione del deposito dei materiali di scavo**

Il deposito del materiale escavato avrà una gestione della durata compatibile con i tempi di validità del presente Piano, indicati al paragrafo 1.2.

Va evidenziato che il sistema che verrà impiegato per la maggior parte delle aree sarà di tipo "dinamico".

In ciascuna area di deposito saranno normalmente collocate delle terre da scavo, derivanti da scavi e sterri, che verranno quindi reimpiegate, con tempistica diversa in funzione dell'avanzamento dei lavori, per la realizzazione di rinterri, sottofondi o rilevati o per il riempimento dei rimodellamenti morfologici o di sistemazione ambientale.

Faranno generalmente eccezione a questa logica le aree che verranno impiegate per il deposito del terreno vegetale, soprattutto quello di cantiere. Questo avrà origine dalle operazioni di scotico svolte nella prima fase di attività e verrà reimpiegato nell'ambito dei ripristini, delle sistemazioni e del rivestimento delle scarpate. Tipicamente, quindi, l'eventuale terreno vegetale verrà stoccato fin dalla fase iniziale dei lavori e riutilizzato solo nella fase finale dei lavori.

## 6 CAMPIONAMENTO ED ANALISI IN CORSO D'OPERA

Il Regolamento stabilisce che la caratterizzazione ambientale può essere eseguita in corso d'opera nel caso di comprovata impossibilità di eseguire un'indagine ambientale propedeutica in fase di progettazione o qualora si faccia ricorso a metodologie di scavo in grado di determinare una potenziale contaminazione dei materiali da scavo.

Secondo l'allegato 1 del Regolamento, qualora si ravvisi, già in fase progettuale, la necessità di effettuare una caratterizzazione ambientale in corso d'opera, le modalità di esecuzione della stessa a cura dell'esecutore, dovranno essere rispettose di quanto indicato in Allegato 9 parte A.

L'attività di caratterizzazione in corso d'opera è effettuata dall'esecutore sotto la propria responsabilità, ciò in quanto in fase di corso d'opera, l'esecutore, una volta che il proponente ne comunica gli estremi all'Autorità competente, fa suo il Piano di Utilizzo e lo attua divenendone responsabile (art. 2, c. 1, lett. q per la definizione di esecutore e art. 17 in merito alla realizzazione del piano di utilizzo).

A tal fine, in conformità all'Allegato 9 parte A del Regolamento, vengono definiti nel presente documento i criteri generali di esecuzione della caratterizzazione ambientale in corso d'opera. La caratterizzazione durante l'esecuzione dell'opera potrà essere condotta, in base alle specifiche esigenze operative e logistiche della cantierizzazione, in una delle modalità indicate all'Allegato 9 parte A:

- su cumuli all'interno delle opportune aree di cantierizzazione;
- direttamente sull'area di scavo e/o sul fronte di avanzamento;
- nell'intera area di intervento.

I criteri generali alla base dell'esecuzione della caratterizzazione ambientale in corso d'opera sono:

1. L'Impresa esecutrice ha l'obbligo di effettuare per le opere all'aperto la caratterizzazione dei materiali da scavo relativi ai punti risultati inaccessibili in fase progettuale e sulle aree di cantiere (si veda il paragrafo 3.1.3);
2. L'Impresa esecutrice ha la facoltà di ricaratterizzare i materiali relativi agli scavi all'aperto.

Relativamente ai punti soprariportati, si precisa che:

- a) per caratterizzazione si intende la caratterizzazione ambientale di cui agli allegati 1, 2 e 4 del Regolamento, svolta per attestare la sussistenza dei requisiti di compatibilità ambientale, ove non è stato possibile indagare in fase propedeutica o per quei materiali la cui caratterizzazione necessita di un maggiore approfondimento esplicabile solo in fase realizzativa;
- b) per ricaratterizzazione si intende la verifica della permanenza dei requisiti di qualità ambientale a seguito dell'esecuzione di attività di scavo, da svolgere in fase di corso d'opera secondo gli allegati 4 e 9 parte A).

In capitolo 3 è riportata la tabella con l'elenco dei siti di indagine, il relativo numero di prelievi, per il completamento della campagna di indagine di caratterizzazione dei materiali da scavo. In allegato al presente Piano è riportata in planimetria con l'ubicazione indicativa dei punti di campionamento interni alle aree di cantiere.

Nell'ambito dei movimenti terra previsti nelle opere provvisorie, seppur limitati nello spazio e nei volumi, l'Appaltatore è chiamato a garantire e confermare la compatibilità ambientale al riutilizzo dei materiali di scavo, eseguendo una ricaratterizzazione come indicato al punto b). Allo stesso tempo, in riferimento sempre al punto b), l'Appaltatore dovrà ricaratterizzare il materiale proveniente dalle operazioni di perforazione profonda. La caratterizzazione ambientale di tali terre da scavo dovrà essere accompagnata dalla dichiarazione d'uso di miscele additive con requisiti ambientali idonei, attestati dalle schede tecniche o da prove di laboratorio appositamente eseguite.

In relazione a ciò, di seguito si ricorda quanto riportato in capitolo 3 a titolo prescrittivo, sull'indicazione contenuta nel parere di approvazione (Determina Dirigenziale regione Emilia – Romagna, n° DPG/2018/9363 del 11/06/2018) del Piano di Utilizzo, presentato nella fase di Progetto Definitivo, sulla previsione della caratterizzazione *prima dei lavori di approntamento delle aree di cantiere* e della verifica alla dismissione dei suddetti cantieri, come anche da paragrafo seguente.

## **6.1 CARATTERIZZAZIONE DI VERIFICA IN CORSO D'OPERA O FINALE**

In relazione a quanto indicato all'art. 9 comma 7 e all'art. 28 del Regolamento, è fatta salva la possibilità da parte dell'Autorità di controllo di eseguire controlli ed ispezioni in contraddittorio direttamente sull'area di destinazione, sia a completamento che durante la posa in opera del materiale, utilizzando gli stessi criteri adottati per la caratterizzazione in corso d'opera.

L'Appaltatore sarà inoltre tenuto, alla conclusione dei lavori nella fase di ripristino finale, alla verifica di non contaminazione delle aree di cantiere e delle fasce lungo le viabilità utilizzate.

## 7 GESTIONE E TRASPORTO IN FASE DI CANTIERE

I siti di destinazione e produzione verranno raggiunti tramite il trasporto con autocarri. I percorsi interferiscono con la viabilità locale in modo decisamente contenuta, a parte la fase iniziale delle cantierizzazioni, per cui risulta ovviamente necessario avvalersi dei percorsi stradali già esistenti. La peculiarità progettuale sulla movimentazione delle terre e dei materiali è quella di interessare unicamente viabilità interne di cantiere, posizionate lungo il tracciato lineare di progetto dell'infrastruttura stradale.

### 7.1 VIABILITÀ INTERESSATA DALLA MOVIMENTAZIONE DEI MATERIALI DI SCAVO

I percorsi attraverso i quali avviene la movimentazione dei materiali da scavo dal luogo di produzione al sito di caratterizzazione/cantiere, e da quest'ultimo al sito di destinazione finale (corpo stradale, pertinenze stradali e/o sistemazioni ambientali) nel caso specifico del presente intervento, sono quindi individuabili per la maggior parte con lo stesso asse di intervento. Inoltre, la posizione dei campi CB01, CO01 e CO02, che ospitano le aree di deposito dei materiali di scavo, permette di limitare infatti la movimentazione. Di seguito si riporta uno stralcio cartografico con evidenza delle viabilità locali interferite (rif elaborati CAP0200 e CAP0650).



Figura 7-1 Stralcio di esempio da CAP0650 delle viabilità da utilizzare

I siti di scavo e destinazione sono raggiunti tramite il trasporto con autocarri nei diversi ambiti di lavoro, che sono interessati principalmente da operazioni di bonifica per il piano di posa del rilevato e della sistemazione dello stesso.



Nel caso di utilizzo delle viabilità locali, per raggiungere le aree di cantiere e di deposito i percorsi sono fissi e definiti a priori ed i conducenti, a meno di situazioni di emergenza, vi si atterranno senza operare variazioni, così come si atterranno al Codice della Strada.

Tutti gli automezzi saranno opportunamente coperti per evitare fenomeni di dispersione ed il contatto con gli agenti atmosferici.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati sulla cantierizzazione (a codifica CAP e SIC), presenti negli elaborati di Progetto Definitivo.

## **7.2 PROCEDURE PER LA TRACCIABILITÀ DEI MATERIALI**

Sulla base di quanto stabilito dall'art. 6 del Regolamento, in tutte le fasi di movimentazione delle terre verrà definita una procedura atta a garantire la tracciabilità dei materiali da scavo: con l'applicazione di tale procedura ciascun volume di terre sarà identificato nelle fasi di produzione, trasporto, deposito e utilizzo.

La documentazione che accompagna il trasporto del materiale da scavo deve essere redatta secondo le indicazioni dell'Allegato 7 del Regolamento da parte dell'esecutore nella fase di corso d'opera.

Tale documentazione viene predisposta all'esecutore nella fase di corso d'opera, l'esecutore, infatti, dal momento della dichiarazione di cui all'art. 9 comma 1, resa dal proponente all'autorità competente, fa suo il Piano di Utilizzo e lo attua divenendone responsabile.

I moduli di trasporto di cui all'allegato 7 accompagnano ciascun mezzo, attestando la provenienza e la destinazione del materiale da scavo con riferimento al codice identificativo delle singole WBS.

## **7.3 DICHIARAZIONE DI AVVENUTO UTILIZZO**

L'avvenuto utilizzo del materiale escavato in conformità al Piano di Utilizzo deve essere attestato dall'esecutore mediante la Dichiarazione di Avvenuto Utilizzo (DAU), art. 7 del Regolamento.

La dichiarazione da parte dell'esecutore all'Autorità competente è sostitutiva dell'atto di notorietà di cui all'art. 47 del D.P.R. 445/2000, in conformità all'allegato 8 del Regolamento e deve essere corredata della documentazione completa in esso richiamata.

A conclusione dei lavori di escavazione ed a conclusione dei lavori di utilizzo di tutta l'opera a progetto, secondo quanto indicato nell'Allegato 8 del Regolamento, l'esecutore compilerà una Dichiarazione di Avvenuto Utilizzo (DAU), che deve essere resa entro il termine in cui il Piano stesso cessa di avere validità.

In relazione all'articolazione dell'opera ed ai volumi di terra movimentati, in aggiunta alla DAU prevista dall'Allegato 8 del Regolamento, durante la realizzazione dei lavori, l'esecutore sarà tenuto, con cadenza semestrale, a redigere una dichiarazione di avvenuto utilizzo analoga a quella di cui all'Allegato 8, sostitutiva dell'atto di notorietà di cui all'art. 47 del D.P.R. 445/2000. Questa dichiarazione, emessa durante la realizzazione dei lavori e corredata dei certificati delle analisi effettuate sui campioni, dovrà attestare l'utilizzo dei materiali sia riferito al periodo per il quale viene emessa sia a consuntivo.

# **APPENDICE 1**

## **PROCEDURA DI STABILIZZAZIONE A CALCE**

## Sommarario

1	PREMESSA.....	3
2	INQUADRAMENTO GENERALE .....	4
2.1	INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE.....	4
2.2	SOLUZIONE PROGETTATA.....	4
3	SPECIFICA TECNICA SUL CONSOLIDAMENTO DELLE TERRE CON CALCE.....	5
3.1	GENERALITÀ.....	5
3.2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE .....	5
3.2.1	Terre .....	5
3.2.2	Acqua.....	5
3.2.3	Calce.....	5
3.3	MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI LAVORI E STEP OPERATIVI .....	6
4	PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DURANTE IL TRATTAMENTO A CALCE .....	8
4.1	INTRODUZIONE.....	8
4.2	MISURE PER LA MITIGAZIONE DEGLI EFFETTI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA .....	8
4.2.1	Preparazione e stesa del terreno naturale.....	8
4.2.2	Stesa della calce .....	9
4.2.3	Prima fresatura di miscelamento terra-calce.....	10
4.2.4	Seconda e terza fresatura per riduzione granulometrica.....	10
4.2.5	Profilamento rilevato, rullatura e compattazione .....	11
4.3	MISURE PER LA MITIGAZIONE DEGLI EFFETTI SULLE ACQUE .....	11
5	MONITORAGGIO METEOROLOGICO.....	14
5.1	RILIEVI ANEMOMETRICI.....	14
5.2	RILIEVI PLUVIOMETRICI .....	14
6	INDICAZIONI DI SICUREZZA DEI LAVORATORI NELL'IMPIEGO DELLA CALCE .....	15
6.1	INDICAZIONE DEI RISCHI.....	15
6.2	PRINCIPI COMPORTAMENTALI .....	15
6.3	MISURE DI PRONTO SOCCORSO.....	15
6.4	MISURE IN CASO DI FUORIUSCITA ACCIDENTALE.....	15
6.5	MANIPOLAZIONE E STOCCAGGIO.....	16
6.6	CONTROLLO DELL'ESPOSIZIONE/PROTEZIONE INDIVIDUALE (DPI) .....	16

## **1 PREMESSA**

La presente procedura descrive le misure di protezione dell'ambiente e dei lavoratori impegnati nell'intervento previsto per la realizzazione degli interventi di realizzazione del 3° Lotto Lungo Savena.

Il documento costituisce una procedura operativa, in conformità ai contenuti del testo principale del Piano di Utilizzo, contenente le disposizioni a cui l'Impresa costruttrice dovrà attenersi al fine di evitare potenziali impatti sulle componenti ambientali, connessi alle lavorazioni di realizzazione dei rilevati mediante stabilizzazione a calce.

Il documento è composto dalle seguenti sezioni:

1. Premessa
2. Descrizione del trattamento a calce
3. Protezione dell'ambiente durante il trattamento a calce
4. Monitoraggio meteorologico
5. Indicazioni di sicurezza dei lavoratori nell'impiego della calce

## 2 INQUADRAMENTO GENERALE

Con riferimento a quanto riportato nel Piano di Utilizzo delle Terre e Rocce da Scavo per gli interventi in oggetto e redatto ai sensi del DPR 120/2017, il bilancio complessivo delle terre evidenzia come il materiale proveniente dagli scavi venga riutilizzato per la quasi totalità per la formazione dei rilevati autostradali e delle loro pertinenze.

In particolare, come mostrato nei dati di bilancio inseriti nel Piano di Utilizzo della tratta in argomento e dei lavori in argomento, viene previsto che una parte del materiale proveniente dagli scavi venga riutilizzato previa stabilizzazione a calce secondo le modalità operative indicate dalla presente procedura.

### 2.1 INDAGINI GEOTECNICHE ESEGUITE

Le terre da reimpiegare all'interno dell'opera per la formazione dei rilevati stradali, oltre ad avere idonee caratteristiche chimico-fisiche, come previsto dal DPR 120/2017, devono anche rispondere ai requisiti geotecnici tipicamente richiesti per la realizzazione di rilevati stradali.

Per tale motivo è stata effettuata, al fine di verificare la compatibilità dei terreni al trattamento a calce, una campagna di indagini geotecniche allo scopo di indagare la possibilità di trattamento a calce dei materiali provenienti dagli scavi lungo il tracciato autostradale in ampliamento.

### 2.2 SOLUZIONE PROGETTATA

Le Norme Tecniche d'Appalto fissano le caratteristiche dei materiali atti ad essere utilizzati per la realizzazione dei rilevati autostradali, sulla base delle norme UNI EN ISO 14688-1.

Tali Norme indicano, di norma, l'utilizzo di aggregati naturali, riciclati o misti appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3.

Viene inoltre previsto l'utilizzo di terreni di caratteristiche differenti.

Per quelli appartenenti ai gruppi A2-6, A2-7 solo se:

- provenienti dagli scavi e se previsto nel Progetto; il loro utilizzo è previsto per la formazione di rilevati soltanto al di sotto di 2,0 m dal piano di posa della soprastruttura, previa sovrapposizione ad uno strato anticapillare di spessore non inferiore a 30 cm.
- stabilizzate a calce, secondo le modalità previste dalle Norme Tecniche d'Appalto.

Per l'impiego delle terre appartenenti ai gruppi A6 ed A7 vale quanto prescritto dalle Norme Tecniche d'Appalto per quanto riguarda il trattamento delle terre con calce.

All'interno del progetto in argomento è previsto il riutilizzo del materiale proveniente dagli scavi per la formazione dei rilevati autostradali. La significativa presenza dei materiali di natura limo-argillosa ha portato alla scelta della realizzazione dei rilevati stradali mediante il trattamento a calce per l'ottenimento delle caratteristiche geotecniche di portanza previste progettualmente.

La scelta progettuale porta notevoli vantaggi, tra i quali:

- importante risparmio nello sfruttamento degli inerti provenienti da cava;
- eliminazione del traffico veicolare di cantiere sulla viabilità ordinaria (il trasporto del materiale dallo scavo alla sistemazione avverrà all'interno del lotto sfruttando le piste di cantiere o la stessa autostrada esistente).

## 3 SPECIFICA TECNICA SUL CONSOLIDAMENTO DELLE TERRE CON CALCE

### 3.1 GENERALITÀ

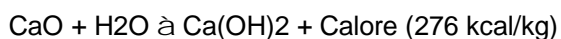
Il trattamento a calce di una terra consiste nella miscelazione intima della stessa con calce e con acqua in quantità tali da modificare attraverso reazioni chimico-fisiche le sue caratteristiche di lavorabilità e di resistenza meccanica in opera. La risposta dei terreni al trattamento dipende essenzialmente dalla quantità e natura dei minerali argillosi e della silice amorfa in essi contenuta. Dipende, altresì, dalla quantità di calce aggiunta e dalle modalità di lavorazione della miscela.

La calce aerea o calce viva (CaO) si ottiene per decomposizione termica ad alta temperatura del carbonato di calcio naturale; questa forma primaria della calce è detta anche calce viva e il suo nome chimico è ossido di calcio.



(carbonato di calcio) (calce viva) (anidride carbonica)

L'ossido di calcio può essere trasformato facilmente in idrossido di calcio: Ca(OH)<sub>2</sub>, per aggiunta di una opportuna quantità di acqua; il nome tecnico di questa seconda forma di calce è calce idrata o calce spenta.



(calce viva) (acqua) (calce idrata)

I principali aspetti positivi legati al trattamento a calce delle terre sono:

- incremento della capacità portante della terra sia a breve sia a lungo termine sotto le azioni cicliche veicolari anche in presenza di acqua;
- aumento del modulo elastico della eventuale base granulare sovrastante lo strato stabilizzato;
- la sostanziale riduzione delle deflessioni in fase di esercizio del piano viabile o rotabile sovrastante sottofondazioni o fondazioni stabilizzate.

### 3.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

#### 3.2.1 Terre

Come precedentemente illustrato le terre trattate con calce sono tutte quelle provenienti dagli scavi lungo la tratta in argomento.

#### 3.2.2 Acqua

Il processo di stabilizzazione consiste nel mescolare intimamente le terre argillose con calce di apporto in quantità tale da modificare le caratteristiche fisico-chimiche (granulometria, suscettività all'acqua, umidità) e meccaniche delle terre stesse, così da renderle idonee per la formazione di strati che dopo il costipamento presentino adeguata resistenza meccanica e stabilità chimica all'azione dell'acqua ed eventualmente del gelo.

#### 3.2.3 Calce

Per il trattamento a calce si è deciso di utilizzare la calce viva perché:

- il calore di idratazione accelera la presa della miscela ed offre maggiore possibilità di lavorazione durante il periodo autunnale;
- ha una polverosità ridotta avendo un peso specifico alto.

### 3.3 MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI LAVORI E STEP OPERATIVI

Per la realizzazione dei rilevati si ipotizza una durata di circa **28 mesi**, secondo la validità del Piano di Utilizzo. Per l'esecuzione del rilevato con trattamento a calce saranno impiegate squadre di lavoro consistenti ciascuna in:

- 1 bulldozer spianatore.
- 1 spandicalce.
- 1 stabilizzatrice (pulvimixer).
- 1-2 rulli (a piastre vibranti e/o "a piede di montone").

Saranno inoltre utilizzati gli automezzi necessari per il trasporto del materiale.

Nel dettaglio si riportano, di seguito, le fasi operative per la realizzazione del rilevato con trattamento a calce:

1. Scotico di 20 cm ca. con deposito del materiale ai due fianchi della piattaforma del futuro rilevato;
2. Scavo di 30 cm ca. con accumulo del materiale ai lati della piattaforma del futuro rilevato;
3. Bonifica con trattamento a calce in situ del terreno esistente di uno strato di 30 cm di profondità;
4. Posa di uno spessore di 30 cm di rilevato con terra da scavo e suo trattamento a calce;
5. Esecuzione di uno strato di 30 cm di anticapillare mediante posa di geotessile nello strato inferiore e risvoltato alle estremità dello strato per circa 2 metri lungo la superficie superiore;
6. Reiterazione del punto 4 sino al raggiungimento delle quote previste da progetto per la realizzazione del rilevato.

Ogni strato di rilevato sarà realizzato secondo le seguenti modalità:

- a) Posa di uno strato omogeneo di 30/50 cm di spessore di materiale terrigeno. Lo spessore dello strato dipende dalla capacità/potenza della macchina miscelatrice (pulvimixer). Generalmente lo spessore massimo lavorabile dalla macchina è pari a 30 cm, ma può essere valutato di volta in volta l'aumento di tale spessore in funzione delle caratteristiche del terreno e delle macchine miscelatrici impiegate, non superando lo spessore massimo di 50 cm, imposto dalle Norme Tecniche di Appalto quale massimo spessore compatto;
- b) Successivo spandimento della calce con macchine operatrici semoventi/a traino che assicurano un dosaggio omogeneo su tutta la superficie interessata; tale lavorazione sarà svolta in un'unica operazione. In questa fase viene stesa la quantità di calce necessaria alla miscelazione del terreno steso nella fase precedente, definita sulla base di prove geotecniche svolte preliminarmente alla lavorazione, al fine di definire la % in peso che raggiunge l'ottimo in termini di caratteristiche meccaniche del terreno trattato. Tale percentuale è compresa tipicamente in un intervallo variabile tra l'1,5% ed il 4,0% in peso del terreno da trattare, per cui variabile indicativamente tra i 25 ed i 65 kg/mc (considerando come riferimento un peso del terreno pari a 1600 kg/mc). Il quantitativo di calce steso, considerando uno spessore dello strato da trattare di 0,30 m risulta quindi compreso in un range variabile tra 7 e 20 kg/mq. La superficie trattata in questa fase dipende dalla capacità di carico della macchina spandicalce e dal quantitativo di calce stesa per unità di superficie. Generalmente la macchina spandicalce è in grado di immagazzinare circa 80q di calce, per cui la stesa interessa una superficie variabile tra i 400 ed i 1000 mq circa. La velocità di avanzamento della macchina spandi calce è generalmente compresa tra 3 e 4 km/h, per cui la fase di stesa della calce non supera mai i 15 minuti complessivi;
- c) Primo passaggio con macchina miscelatrice (pulvimixer), tale da permettere il miscelamento terra-calce per tutto lo spessore dello strato in lavorazione. La velocità di avanzamento della macchina dipende dallo spessore del terreno da trattare, si può comunque stimare un tempo complessivo della singola fase di miscelazione compreso tra 10 e 30 minuti;
- d) Secondo passaggio con macchina miscelatrice (pulvimixer), avente l'obiettivo di riduzione granulometrica del materiale lavorato per tutto lo spessore di lavorazione;
- e) Terzo passaggio con macchina miscelatrice (pulvimixer), per realizzare una ulteriore riduzione granulometrica del materiale per tutto lo spessore di lavorazione. La seconda e la terza passata (punti d) ed e)) consentono di raggiungere una intima miscelazione del materiale terroso con la calce, aumentando quindi la superficie di contatto dei due materiali e l'efficacia della reazione di stabilizzazione;
- f) Profilatura del rilevato, rullatura e compattazione con l'ausilio di rullo "a piede di montone" e/o rullo semplice per la formazione di uno strato omogeneo.

Quanto sopra descritto corrisponde alle lavorazioni in condizioni metereologiche ordinarie (velocità del vento sotto il valore limite, assenza di precipitazioni). Nel seguito della presente procedura vengono descritte le misure da attuarsi, nelle varie fasi realizzative, qualora le condizioni metereologiche superino le soglie di allarme, così come definite nel presente documento.



## 4 PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DURANTE IL TRATTAMENTO A CALCE

### 4.1 INTRODUZIONE

Il presente capitolo ha lo scopo di esplicitare le tecniche di protezione dell'ambiente che verranno utilizzate durante la realizzazione dei rilevati stradali mediante il trattamento a calce delle terre.

Fondamentalmente, le regole esposte di seguito hanno lo scopo di salvaguardare la qualità dell'aria e qualità dell'acqua nelle zone adiacenti ai cantieri in cui si eseguirà il trattamento a calce. Come parte integrante delle misure a protezione dell'ambiente sarà predisposta una campagna di monitoraggio di alcuni parametri ambientali, secondo quanto previsto nel Piano di Monitoraggio Ambientale.

Per quanto concerne i potenziali impatti che il trattamento a calce può provocare sulla qualità dell'aria, si segnala che per sua stessa natura la calce può, in presenza di vento, raggiungere le zone adiacenti ai cantieri. Anche se in generale gli impatti ambientali causati dalle polveri di calce sono tollerabili, è buona norma predisporre una serie di misure che riducano il problema.

In relazione agli impatti sulla matrice acqua si evidenziano i seguenti potenziali fattori di interferenza:

- dilavamento della calce dal piano di posa durante la fase di spargimento conseguente all'azione di eventi meteorici con immissione in corpi idrici superficiali
- diretto rilascio accidentale di calce in corpi idrici superficiali adiacenti alle zone di lavorazione.

Data l'importanza delle attività di trattamento a calce per la costituzione dei rilevati stradali e per una migliore tutela dell'ambiente, le disposizioni contenute nella presente procedura verranno inserite entro il Capitolato d'Appalto.

### 4.2 MISURE PER LA MITIGAZIONE DEGLI EFFETTI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

Si fa riferimento al testo "Traitement des sol a la chaux et/ou aux liants hydrauliques" edito dal Ministero dei Trasporti Francese (nel seguito denominato "Guida tecnica") e riconosciuto come il miglior testo europeo di riferimento per le operazioni di stabilizzazione delle terre a calce e per le regole di protezione ambientale. Per tale motivo questo documento sarà considerato come linea guida per l'esecuzione dei rilevati trattati a calce.

Nello specifico del progetto in questione, per tutte le aree di lavorazione verranno adottate le misure più severe previste dalla Guida Tecnica. Nei paragrafi seguenti vengono esposte le modalità realizzative delle singole fasi (così come descritte al capitolo precedente), in funzione delle diverse condizioni atmosferiche (velocità del vento e presenza di pioggia).

Con specifico riferimento alle condizioni anemologiche al verificarsi delle quali occorre interrompere le lavorazioni potenzialmente impattanti, è fissata una soglia pari a circa 18 km/h (5 m/s, adeguando questa soglia ai riferimenti proposti su altri cantieri dal Proponente) misurata ad una quota di 1 m dal suolo (altezza alla quale si svolgono le lavorazioni).

Dato un periodo osservazionale di 15' ed una frequenza di campionamento dei dati anemologici di almeno 1 valore ogni 10 s, la sospensione della lavorazione potenzialmente impattante avviene ogni qual volta il valore medio su 15' della velocità del vento risulti superiore a 5 m/s (*condizioni anemologiche caratterizzate da vento superiore alla soglia di intervento*).

La ripresa della lavorazione interrotta potrà avvenire al ripristino delle *condizioni anemologiche ordinarie*, vale a dire a seguito di un intervallo osservazionale pari a 15' nel quale si verifichi un valore della media della velocità del vento nuovamente inferiore alla soglia sopra indicata (5 m/s)

Le eventuali sospensioni delle lavorazioni determinate dalle avverse condizioni meteorologiche potranno essere registrate in opportuna documentazione di cantiere.

#### 4.2.1 Preparazione e stesa del terreno naturale

##### Condizioni anemologiche ordinarie

La fase di preparazione del terreno naturale consiste nelle lavorazioni seguenti:

allontanamento di tutti gli inerti con dimensioni maggiori di 40 cm dal terreno soggetto a trattamento (lavorazione eseguita per mezzo di ripper), successivamente frantumazione e sminuzzamento delle zolle, fino alla riduzione dei grumi del terreno limo-argilloso a dimensioni massime di 40 cm (lavorazione eseguita per mezzo di fresa).

Si procede quindi alla modellazione di uno strato omogeneo di terreno naturale precedentemente preparato per essere sottoposto a stabilizzazione. Quest'ultima lavorazione dovrà essere preceduta dalla preparazione della superficie dello strato precedente attraverso epicatura per garantire l'ammorsamento necessario tra strati successivi. Lo spessore massimo steso dovrà risultare non superiore a quello finale aumentato del 15-20%, comunque non superiore a 50 cm.

Al termine delle operazioni di stesa si deve verificare l'omogeneità e la corrispondenza dell'umidità del terreno naturale alla miscela ottima definita in fase di indagine. Nel caso in cui si verifichi un eccesso di umidità risulta opportuno epicare e arieggiare il materiale per favorirne l'evaporazione; in caso contrario si provvede all'umidificazione del terreno attraverso l'aspersione di acqua nebulizzata per mezzo di autobotte dotata di barra spruzzatrice.

#### Condizioni anemologiche caratterizzate da vento superiore alla soglia di intervento

Tali condizioni non dettano variazioni o interruzioni della lavorazione in oggetto.

#### Condizioni di pioggia

In caso di pioggia debole (1-2 mm/h, vedi definizione al paragrafo 4.3) le lavorazioni possono essere continuate in virtù del fatto che la stessa pioggia riduce la necessità di utilizzo di acqua durante le compattazione e l'intensità della stessa non risulta essere determinante per effetti erosivi o di dilavamento.

In caso di pioggia moderata (3-8 mm/h) o forte (oltre 10 mm/h) le lavorazioni in oggetto vengono sospese, e quindi riprese solo dopo l'evento meteorico ed il ristabilirsi nelle condizioni ottimali di umidità del terreno già steso.

### **4.2.2 Stesa della calce**

#### Condizioni anemologiche ordinarie

La calce (recapitata in sito per mezzo di autobotte) viene sparsa sul rilevato in terreno naturale precedentemente predisposto tramite spandi-calce a controllo volumetrico o gravimetrico, capace di assicurarne un dosaggio costante in accordo alla miscela progettata in fase di indagine (solitamente prossima al 3% in peso del terreno da trattare) e sulla base dell'umidità del terreno verificata in fase esecutiva.

Appositi profili in gomma, disposti sui quattro lati dell'apertura da cui la calce viene depositata, consentono l'accompagnamento della stessa a contatto con il terreno scongiurando fenomeni di spolvero.

Terminata la stesa della calce si verifica visivamente l'omogeneità del processo provvedendo a trattare eventuali zone non coperte. Nel corso della giornata lavorativa non vengono mai stese quantità di calce maggiori a quelle lavorabili il giorno stesso, si evitano così sia asportazioni e spolvero di calce a causa dell'aria (benché entro i limiti di velocità prescritti), sia indesiderati fenomeni di carbonatazione della stessa (reazione a contatto con l'anidride carbonica atmosferica) che ne potrebbero inficiare le capacità relative.

#### Condizioni anemologiche caratterizzate da vento superiore alla soglia di intervento

Qualora durante le operazioni di stesa di calce si registrino tali condizioni, in considerazione del conservativo limite anemologico e della limitata durata complessiva della fase (come indicato al paragrafo 3.3, non superiore ai 15 minuti) viene ultimata la stesa procedendo quindi alla immediata rapida miscelazione tramite fresa (Pulvimixer) dei primi 10 cm di terreno al fine di evitare eventuale spolvero.

La fresatura di soli 10 cm consente una miscelazione più rapida che scongiuri in tempi brevi fenomeni di trasporto aereo della calce stesa, limitando quindi la durata della fase di miscelazione (ed il tempo di latenza della calce stesa) entro i 15 minuti circa.

Le operazioni di stesa della calce potranno riprendere solo al ripristino delle condizioni ordinarie. Nel caso in cui le operazioni di spandimento vengano sospese, si passerà direttamente alle operazioni di fresatura, secondo le procedure descritte nei paragrafi a seguire.

#### Condizioni di pioggia

In caso di pioggia debole (1-2 mm/h) le lavorazioni possono essere continuate in virtù del fatto che la stessa pioggia riduce la necessità di utilizzo di acqua durante le compattazione e l'intensità della stessa non risulta essere determinante per effetti erosivi o di dilavamento.

L'attività di stesa della calce non viene invece eseguita in caso di pioggia moderata o forte, al fine di evitare fenomeni di inibizione e dilavamento del materiale.

Nel caso sopraggiunga pioggia improvvisa (di intensità da moderata a forte) si procede alla immediata sospensione dei lavori di stesa, alla rapida miscelazione tramite fresa (Pulvimixer) dei primi 10 cm di terreno non ancora miscelato, nonché alla rapida compattazione tramite rullo di tutto il misto terra-calce, si garantisce così l'impermeabilità dello strato evitando il dilavamento delle aree interessate dalle lavorazioni.

### **4.2.3 Prima fresatura di miscelamento terra-calce**

#### Condizioni anemologiche ordinarie

Al fine di scongiurare dispersione di calce in atmosfera, è prevista la simultaneità delle operazioni di spandimento e successiva miscelazione con il terreno, evitando di superare i 15 minuti di latenza.

Il rilevato in terreno naturale cosparso con calce viene quindi trattato con una primo passaggio di fresa (Pulvimixer), consentendo una miscelazione omogenea tra le due parti e dando inizio alle reazioni di stabilizzazione del terreno. Al termine della prima fresatura si procede a rimuovere eventuali accumuli laterali di misto terra-calce (riccioli) tramite escavatore portandoli al centro del rilevato lavorandoli nuovamente.

Si precisa che il rotore è dotato di carter o di una campana in grado di evitare l'innalzamento e lo spolvero di materiale durante tutta l'attività in questione.

#### Condizioni anemologiche caratterizzate da vento superiore alla soglia di intervento

Come già descritto al paragrafo relativo alla stesa della calce, in tali condizioni, a lavorazioni iniziate, si procede alla immediata rapida miscelazione tramite fresa (Pulvimixer) dei primi 10 cm di terreno con calce non ancora miscelata, al fine di evitare eventuale spolvero.

La fresatura di soli 10 cm consente una miscelazione più rapida che scongiuri in tempi brevi fenomeni di trasporto aereo della calce stesa, limitando quindi la durata della fase di miscelazione (ed il tempo di latenza della calce stesa) entro i 15 minuti circa.

Terminata la fresatura di tutta la calce stesa (messa in sicurezza), si procede ad un ulteriore passaggio con pulvimixer, al fine di raggiungere l'intero spessore di miscelazione previsto.

#### Condizioni di pioggia

In caso di pioggia debole (1-2 mm/h) le lavorazioni possono essere continuate in virtù del fatto che la stessa pioggia riduce la necessità di utilizzo di acqua durante le compattazione e l'intensità della stessa non risulta essere determinante per effetti erosivi o di dilavamento.

L'attività di prima fresatura non viene invece eseguita in condizioni di pioggia moderata o forte, al fine di evitare fenomeni di inibizione e dilavamento del materiale. Nel caso sopraggiunga pioggia improvvisa (di intensità da moderata a forte) si procede alla rapida miscelazione tramite fresa (Pulvimixer) dei primi 10 cm di terreno non ancora miscelato, nonché alla rapida compattazione tramite rullo di tutto il misto terra-calce.

### **4.2.4 Seconda e terza fresatura per riduzione granulometrica**

#### Condizioni anemologiche ordinarie

Successivamente alla prima fresatura la miscelazione con il terreno deve procedere fino a ridurre le zolle limo-argillose a dimensioni tali che tutta la terra passi interamente attraverso i setacci da 25 mm e che almeno il 60% di essa abbia dimensioni minori di 4.75 mm. A tale scopo si eseguono due ulteriori passaggi di fresa (Pulvimixer) sul terreno da stabilizzare.

#### Condizioni anemologiche caratterizzate da vento superiore alla soglia di intervento

Le attività di seconda e terza fresatura non vengono eseguite in tali condizioni di vento.

#### Condizioni di pioggia

In caso di pioggia debole (1-2 mm/h) le lavorazioni possono essere continuate in virtù del fatto che la stessa pioggia riduce la necessità di utilizzo di acqua durante le compattazione e l'intensità della stessa non risulta essere determinante per effetti erosivi o di dilavamento.

L'attività di fresatura per riduzione granulometrica non viene invece eseguita nel caso di condizioni di pioggia moderata o forte, al fine di evitare fenomeni di inibizione e dilavamento di del materiale. Nel caso sopraggiunga pioggia improvvisa (di intensità da moderata a forte) si procede alla rapida compattazione tramite rullo di tutto il misto terra-calce precedentemente miscelato.

#### **4.2.5 Profilamento rilevato, rullatura e compattazione**

##### Condizioni anemologiche ordinarie

Al termine delle lavorazioni suddette, si procede alla profilatura dello strato disposto tramite ruspa o graeder.

Successivamente, lo strato in questione è soggetto a compattazione e costipamento tramite rulli con numero di passaggi dettato dalle specifiche progettuali richieste. Si specifica che in caso di costruzione di rilevati multistrato si procede a fronte chiuso, completando in giornata tutte le lavorazioni finora descritte per la quantità di materiale trattato quotidianamente.

La lavorazione si conclude con la profilatura delle scarpate laterali tramite escavatore (operazione eseguita ogni 2 metri circa di strati sovrapposti), nonché con la finitura superficiale dello strato superiore con l'impiego di macchine livellatrici.

##### Condizioni anemologiche caratterizzate da vento superiore alla soglia di intervento

Tali condizioni anemologiche non dettano variazioni o interruzioni della lavorazione in oggetto.

##### Condizioni di pioggia

Condizioni di pioggia debole, moderata o forte non dettano variazioni o interruzioni della lavorazione in oggetto.

### **4.3 MISURE PER LA MITIGAZIONE DEGLI EFFETTI SULLE ACQUE**

I potenziali rischi relativi alla componente idrica sono connessi a tre aspetti tra loro distinti:

la percolazione delle acque piovane all'interno del corpo del rilevato col trascinarsi della calce in esso contenuto all'interno della falda;

- il dilavamento delle scarpate del rilevato in fase di costruzione, con il trascinarsi della calce non trattata all'interno del reticolo idrografico superficiale;
- il rilascio accidentale di calce direttamente nei corsi d'acqua principali.

Come si evince in paragrafo 3.1, l'utilizzo di calce per il trattamento di terreni argillosi altera un equilibrio preesistente, attraverso reazioni chimiche esotermiche pressoché immediate, non comportando particolari disturbi all'ambiente circostante se controllate e sviluppate durante le operatività sopra descritte. Perciò l'unico potenziale rischio è da ricercarsi nell'evenienza di ingenti quantità di calce accidentalmente rilasciate tali da provocare l'innalzamento del pH di grossi volumi d'acqua a valori superiori a 10 per tempi significativi.

La pioggia in intensità è definita debole (1-2 mm/h), moderata (3-8 mm/h) e forte (oltre 10 mm/h) secondo il sistema internazionale definito dal World Meteorological Organization. La durata della pioggia è in genere inversamente proporzionale alla sua intensità. Pertanto:

- a) In caso di pioggia debole, i lavori di spandimento della calce, di miscelazione con il terreno e di compattazione possono essere continuati in virtù del fatto che la stessa pioggia riduce la necessità di utilizzo di acqua durante le compattazione e l'intensità della stessa non risulta essere determinante per effetti erosivi o di dilavamento;
- b) In caso di pioggia moderata: non vi sono possibilità di impatti rilevanti a meno che notevoli pendenze non producano erosioni negli strati in corso di stabilizzazione; la compattazione degli strati di terreno con la calce rende praticamente impermeabile lo strato stesso tanto che si comporterà sotto la pioggia come una strada pavimentata,

- c) il dilavamento della calce durante la fase di spargimento ad opera dell'acqua nella zona di lavorazione potrebbe essere generato solo da eventi atmosferici estremi (piogge improvvise ed intense), durante i quali però sono previste le interruzioni lavorative e le disposizioni sopra indicate.

Si ricorda, comunque, che in caso di pioggia moderata o forte le lavorazioni non avranno inizio e verranno sempre immediatamente sospese ad esclusione delle fasi di miscelazione con pulvimixer, eventualmente in corso, e di compattazione che saranno ugualmente completate secondo le procedure definite in precedenza nel presente documento.

I cantieri saranno dotati di pluviometri per la misura, la registrazione e l'archiviazione dei dati pluviometrici.

#### Percolazione all'interno del rilevato

Per quanto riguarda il primo aspetto è da evidenziare come nessuna percolazione sia possibile nel caso di terreni sottoposti a trattamento a calce e successivamente compattati, come nel caso della costruzione dei rilevati stradali, in quanto i valori di permeabilità misurati mediante appositi campi prova sono dell'ordine di  $10^{-10} \div 10^{-9}$  m/s. Si propone di effettuare prove di permeabilità sui rilevati trattati a calce volte a verificare la sussistenza di tali valori e quindi l'assenza di reali fenomeni di percolazione.

#### Dilavamento della calce

Per quanto riguarda invece il potenziale rischio connesso al dilavamento delle scarpate, va evidenziato come nelle procedure di realizzazione dei rilevati, secondo quanto esposto al capitolo precedente, è richiesta particolare cura nell'evitare durante le operazioni di fresatura che venga lasciata calce non mescolata nelle parti laterali dei singoli strati. Tale operazione viene evitata procedendo a portare la parte di calce non reagita, con escavatore, al centro dello strato in fase di fresatura. Tale lavorazione permette di evitare che lungo le scarpate laterali del rilevato vengano mantenuti quantitativi di calce non legata e quindi oggetto di potenziale dilavamento in caso di pioggia moderata o forte.

Oltre a tale indicazione, viene prescritto che al termine di ogni giornata lavorativa venga effettuata una nebulizzazione della parte di rilevato lavorata durante la giornata, allo scopo di fissare l'eventuale calce non reagita col terreno.

Con tali presupposti si evidenzia come la quantità di calce potenzialmente dilavata è minima e relativa alla parte più esterna degli strati lavorati nel corso della giornata lungo la quale si può verificare l'evento piovoso all'origine del dilavamento.

Peraltro, tale dilavamento può diventare significativo solo nel caso di eventi piovosi importanti ed improvvisi. Va fatto notare come, in caso di pioggia moderata o forte, la stabilizzazione a calce viene sospesa, per evitare la stabilizzazione di terreno con grado di umidità elevato e fuori dal range stabilito in sede progettuale per rendere ottimale la reazione di stabilizzazione.

In tal caso si procede alla rapida miscelazione tramite fresa (Pulvimixer) dei primi 10 cm di terreno non ancora miscelato, nonché alla rapida compattazione tramite rullo di tutto il misto terra-calce, si garantisce così l'impermeabilità dello strato evitando il dilavamento delle aree interessate dalle lavorazioni.

Inoltre, per quanto riguarda gli attraversamenti idraulici il rischio potenziale di introduzione di acqua con grossi quantitativi di calce dilavata è escluso in quanto i corpi d'acqua superficiali principali della zona risultano notevolmente distanziati rispetto alle aree oggetto di trattamento a calce.

Tutti questi fattori indicano come il rischio di introduzione entro il reticolo idrico superficiale di acqua con valori di pH significativamente alterati dalla presenza di calce possa essere escluso. Il Proponente è comunque disponibile ad effettuare prove di misurazione del pH di acque dilavate nell'ambito di cantieri di stabilizzazione a calce, al fine di dare evidenza della possibilità di esclusione di tale rischio.

Si precisa che la misura precauzionale di cui sopra, tenute conto di tutte precisazioni e le accortezze già indicate (eliminazione dell'eventuale calce dalle parti laterali del rilevato, nebulizzazione di fine giornata, arresto lavorazioni in caso di pioggia moderata o forte e miscelazione rapida) è da intendersi temporanea in quanto da attuare esclusivamente nella fase compresa tra la stesa della calce e la fresatura - unico periodo potenzialmente soggetto al dilavamento di calce non reagita.

Terminata la fase di fresatura, gli elementi di cui sopra saranno rimossi consentendo quindi il proseguimento delle attività.

#### Rilascio accidentale di calce direttamente nei corsi d'acqua principali

Il rischio di dilavamento di grossi quantitativi di calce può essere connesso al rilascio accidentale di grossi quantitativi di calce, tali da provocare l'innalzamento del pH di grossi volumi d'acqua a valori superiore a 10 per tempi significativi.

Per riscontrare tale evenienza occorre che si verifichino due eventi distinti:

- il rilascio accidentale di grossi quantitativi di calce;
- un evento piovoso improvviso, classificato moderato o forte, tale da registrare grosse quantità di acqua all'origine del potenziale dilavamento.

La concomitanza dei due eventi permette di stabilire come la probabilità del rischio sia comunque estremamente bassa, per due motivi differenti:

- perché - come già evidenziato al paragrafo precedente - la distanza che intercorre tra i cantieri di stabilizzazione e l'immissione entro il reticolo idrografico è tale da poter intervenire prima del recapito finale;
- perché le operazioni di stesa della calce vengono sospese nel caso di evento meteorico significativo.

Occorre comunque evidenziare come la presente procedura metta in atto azioni preventive, volte a garantire che i mezzi dell'Impresa siano dotati di appositi dispositivi tali da evitare eventi di carattere accidentale.

## **5 MONITORAGGIO METEOROLOGICO**

### **5.1 RILIEVI ANEMOMETRICI**

Ai fini del controllo delle condizioni anemologiche locali si prevede che i cantieri siano dotati di un apposito sistema di rilevazione composto da un anemometro e relativo sistema elettronico di funzionamento.

Il sistema dovrà essere configurato per attivare gli allarmi per eccesso di vento presso i singoli cantieri in attività.

Per non duplicare eccessivamente i rilievi anemometrici sarà possibile installare un anemometro presso i soli cantieri attivi in cui sono previste le attività di trattamento più estese (in termini di quantità e di durata temporale).

Sulla base del cronoprogramma e dei livelli di attività dei cantieri potranno essere individuate dei “cluster” di più cantieri, posti in ambiti omogenei sotto il profilo delle condizioni anemologiche, che faranno riferimento a un solo anemometro.

Al superamento della soglia di allarme un opportuno sistema di segnalazione dovrà essere attivato presso tutti i cantieri del “cluster” di riferimento dell’anemometro in cui è stato registrato il superamento.

Il campionamento dei dati anemologici dovrà avvenire con una frequenza non inferiore ad 1 dato ogni 10 s, ovvero almeno 6 campioni al minuto. I dati anemometrici saranno archiviati in forma di valore medio relativo ad un periodo di 15’ (pari a 900 s, in cui quindi dovranno essere raccolti almeno 90 campioni). I dati anemometrici archiviati saranno resi disponibili agli Enti di controllo.

Compatibilmente con le dimensioni e le caratteristiche dei cantieri mobili, gli anemometri dovranno essere posizionati nell’ambito o in prossimità delle aree di cantiere, su terreno possibilmente piano, senza ostacoli fissi di altezza superiore a 3m in un intorno di almeno 20m, al di fuori delle aree di lavorazione e di movimentazione dei mezzi di cantiere.

Gli anemometri dovranno essere installati ad una quota pari ad 1 m da terra, in prossimità del cantiere di attività e, compatibilmente con la peculiarità dei luoghi, facendo attenzione a che non vi siano ostacoli rilevanti (ovvero con dimensioni in pianta maggiori di 4 m x 4 m ed aventi altezza superiore alla quota di installazione degli anemometri) per un raggio di circa 50 m intorno.

Gli anemometri saranno ricollocati in base all’avanzamento dei lavori e all’eventuale interessamento di ambiti territoriali diversi.

Le caratteristiche, la posizione ed il funzionamento degli anemometri, comprese le modalità di attivazione dei segnali di allarme, saranno comunicati all’Ente di Controllo entro l’inizio dei lavori.

### **5.2 RILIEVI PLUVIOMETRICI**

I cantieri saranno dotati di pluviometri per la misura, la registrazione e l’archiviazione dei dati pluviometrici, collocati preferibilmente presso i relativi anemometri.

Le caratteristiche, la posizione ed il funzionamento dei pluviometri, saranno comunicati all’Ente di Controllo entro l’inizio dei lavori.

## 6 INDICAZIONI DI SICUREZZA DEI LAVORATORI NELL'IMPIEGO DELLA CALCE

Come noto la calce è fortemente alcalina ma l'ossido di calce (calce viva) è più caustico e può produrre perciò forti irritazioni quando viene a contatto con la pelle umida.

### 6.1 INDICAZIONE DEI RISCHI

La calce viva deve essere lavata o tolta via immediatamente appena venuta a contatto della pelle, poiché l'azione caustica dell'ossido è pressoché immediata. Il caldo e l'umidità tendono ad elevare la causticità della calce idrata.

Può produrre:

- lesioni oculari.
- arrossamento della pelle quando il contatto è ripetuto o esteso.
- malessere al tratto superiore delle vie respiratorie in caso di inalazione.

### 6.2 PRINCIPI COMPORIMENTALI

I mezzi impiegati per le lavorazioni a calce sono dotati di cabina e di filtri antipolvere. Per evitare qualunque danno agli operai, con particolare riferimento alla fase di travaso, nella quale gli operai sono a terra, oltre all'uso di dispositivi di protezione individuali generici, ci si atterrà alle seguenti norme:

- gli operai saranno forniti di tute a tenuta di tipo usa e getta. Le tute sono dotate di elastici alle maniche ed ai piedi per consentire il serraggio ermetico alle estremità.
- Le scarpe dovranno essere alte e ben allacciate.
- I pantaloni devono essere strettamente legati sopra le scarpe.
- Le tute devono essere dotate di cappuccio per proteggere la testa da un eventuale accumulo di polvere di calce.
- Dovranno essere usati guanti lunghi e robusti.
- Si farà applicare una crema protettiva sulle parti del corpo che comunque devono rimanere esposte all'aria, come il volto. La crema correttamente applicata forma uno strato sottile facilmente asportabile con acqua e sapone.
- Sarà fatto obbligo per gli operai di indossare occhiali con mascherina per tutto il periodo in cui devono lavorare con calce.
- Alla fine della giornata di lavoro, sarà prescritto che gli operai facciano un bagno o una doccia per asportare la crema protettiva.

### 6.3 MISURE DI PRONTO SOCCORSO

1. **Irritazioni cutanee:** innanzi tutto occorre lavare con acqua tiepida e sapone per asportare tutta la calce. Applicare successivamente un qualsiasi medicamento normalmente usato per irritazioni di qualunque origine, ricoprendo la parte con garza sterile. (Consultare un medico in caso di cute screpolata).

2. **Danni agli occhi:** nel caso in cui la calce sia entrata negli occhi, aprire bene le palpebre e lavare immediatamente con acqua (possibilmente zuccherata), ma non in quantità eccessiva. Successivamente e con rapidità bisognerà condurre l'infortunato in un posto di pronto soccorso.

3. **Inalazione:** irrigare il naso e la gola con acqua. Se necessario consultare un medico.

4. **Ingestione:** non provocare il vomito. Sciacquare la cavità orale con acqua e bere abbondantemente. Consultare un medico se necessario. Generalmente gli operai che più possono risentire dell'azione della calce sono quelli addetti all'operazione di spandimento i quali saranno debitamente formati e informati sui rischi a cui sono esposti.

### 6.4 MISURE IN CASO DI FUORIUSCITA ACCIDENTALE

1. **precauzioni individuali:** se necessario predisporre mezzi di protezione individuali.



2. **metodi di pulizia:** raccogliere la sostanza in adeguati recipienti, senza provocare ulteriori dispersioni. Evitare il contatto con l'acqua che provoca sviluppo di calore.

## 6.5 MANIPOLAZIONE E STOCCAGGIO

1. **manipolazione:** evitare la dispersione delle polveri. Evitare il contatto con gli occhi e con la pelle.

2. **stoccaggio:** la sostanza va conservata fuori dalla portata dei bambini, in luogo asciutto, lontano dagli acidi e da prodotti combustibili. Per assorbimento dell'umidità aumenta di volume.

## 6.6 CONTROLLO DELL'ESPOSIZIONE/PROTEZIONE INDIVIDUALE (DPI)

- **occhi:** occhiali di sicurezza in caso di operazioni industriali.
- **mani:** guanti.
- **pelle:** normali abiti da lavoro.
- **apparato respiratorio:** maschere antipolvere se la concentrazione di calce nell'aria è eccessiva e crea disturbo.
- **Limite di esposizione TLV/TWA** (Concentrazione media ponderata nel tempo, su una giornata lavorativa convenzionale di 8 ore e su 40 ore lavorative settimanali, alla quale quasi tutti i lavoratori possono essere ripetutamente esposti, giorno dopo giorno, senza effetti negativi.): 2 mg/mc.