

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



### U.O. GEOLOGIA TECNICA DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

### PROGETTO DEFINITIVO

LINEA AV/AC MILANO - VENEZIA  
LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA  
NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST

### PIANO DI UTILIZZO DEI MATERIALI DI SCAVO

RELAZIONE GENERALE

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

I N 1 A 2 0 D 6 9 R G T A 0 0 0 0 0 0 2 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
B	Emissione esecutiva	<i>F. Ventura</i>	Giugno 2022	<i>N. Barolin</i>	Giugno 2022	<i>C. Mazzocchi</i>	Giugno 2022	S. Padulosi Giugno 2022
A	Emissione esecutiva	<i>F. Ventura</i>	Gennaio 2022	<i>N. Barolin</i>	Gennaio 2022	<i>C. Mazzocchi</i>	Gennaio 2022	ITALFERR S.p.A. <i>Ing. Padulosi Sara</i> Ordine degli Ingegneri di Roma n. 25827 sez. A

File IN1A20D69RGTA0000002B n. Elab

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO          FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO          AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo          Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>DEFINIZIONE E CONDIZIONI DI APPLICABILITÀ DEL D.P.R. 120/2017</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>SITI DI PRODUZIONE</b>	<b>11</b>
4.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E TOPO-CARTOGRAFICO	12
4.1.1	<i>Quadro degli interventi in progetto</i>	13
4.1.2	<i>Tipologie delle opere d'arte da realizzare</i>	15
4.1.3	<i>Elenco manufatti da realizzare</i>	16
4.2	INQUADRAMENTO URBANISTICO	18
4.3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO	19
4.3.1	<i>Inquadramento geologico</i>	20
4.3.2	<i>Inquadramento geomorfologico</i>	25
4.3.3	<i>Inquadramento idrogeologico</i>	27
4.3.4	<i>Cartografia del piano stralcio per l'assetto idrogeologico</i>	31
4.4	USO PREGRESSO DEL SITO ED INTERFERENZE CON AREE A RISCHIO CONTAMINAZIONE	32
4.4.1	<i>Siti contaminati e potenzialmente contaminati</i>	32
4.4.2	<i>Analisi sull'uso pregresso del sito</i>	34
4.4.3	<i>Valutazioni dell'interferenza</i>	39
4.5	CAMPIONAMENTO ED ANALISI	42
4.5.1	<i>Indagini ambientali sui terreni lungo linea</i>	42
4.5.2	<i>Caratterizzazione dei terreni/materiali di riporto</i>	44
4.5.3	<i>Analisi sui campioni di terreni/materiali di riporto</i>	45
4.5.4	<i>Risultati delle analisi sui campioni di terreni</i>	47
4.5.5	<i>Risultati delle analisi sui campioni di materiali di riporto</i>	48
<b>5</b>	<b>METODICHE DI SCAVO, ANALISI E OPERAZIONI SUI TERRENI</b>	<b>49</b>
5.1	TECNICHE DI SCAVO	49
5.1.1	<i>Scavo Tradizionale</i>	49
5.1.2	<i>Fondazioni e opere di sostegno</i>	49

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B

5.2	QUADRO DEI MATERIALI DI SCAVO PRODOTTI	49
5.3	ATTIVITÀ DI CONTROLLO E MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA	50
5.3.1	<i>Modalità di caratterizzazione dei materiali di scavo</i>	50
5.3.2	<i>Rispetto dei requisiti di qualità ambientale</i>	53
5.3.3	<i>Trattamenti di normale pratica industriale</i>	54
5.3.4	<i>Monitoraggio ambientale connesso al piano di utilizzo (CO)</i>	54
<b>6</b>	<b>SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO</b>	<b>56</b>
6.1	DEPOSITO INTERMEDIO	56
6.1.1	Sistema di cantierizzazione	56
6.1.2	<i>Modalità di deposito dei materiali di scavo</i>	59
6.1.3	<i>Modalità di Trasporto</i>	61
6.2	CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE DI DEPOSITO INTERMEDIO	62
<b>7</b>	<b>SITI DI DEPOSITO FINALE</b>	<b>66</b>
7.1	RIUTILIZZO FINALE INTERNO AL PROGETTO	67
7.2	EFFICACIA DEL PIANO DI UTILIZZO	68

## ALLEGATI

**Allegato 1:** Quantitativi di materiali di scavo prodotti e Tabella di Riutilizzo

**Allegato 2:** Cronoprogramma lavori

**Allegato 3:** Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile

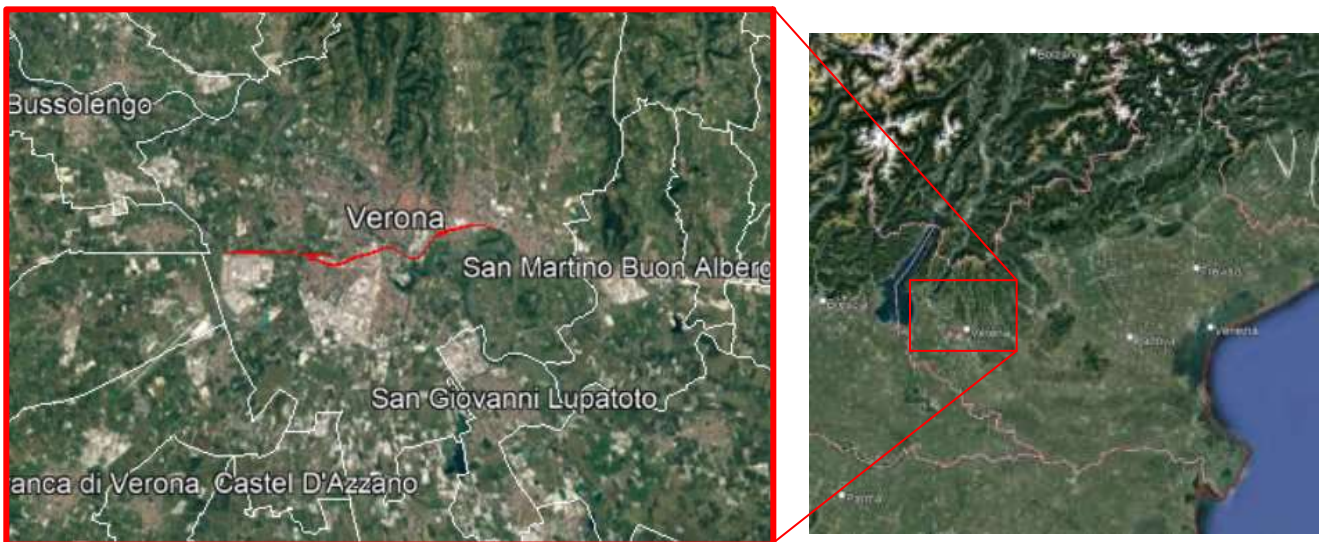
SCHEDA TECNICHE DEI SITI DI PRODUZIONE

SCHEDA TECNICHE DEI SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo</b> <b>Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B

## 1 PREMESSA

Il presente documento rappresenta il Piano di Utilizzo dei materiali di scavo (di seguito PUT), redatto secondo le indicazioni del Decreto del Presidente della Repubblica del 13 giugno 2017, n. 120 *“Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell’articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164”* si prefigge lo scopo di rappresentare le modalità di gestione e di utilizzo dei materiali da scavo prodotti nell’ambito dei lavori di realizzazione Nodo AV/AC di Verona .



**Figura 1-1 - Inquadramento del progetto (Fonte: Google Earth)**

L’intervento Nodo AV/AC di Verona: ingresso Est Il Nodo di Verona Est include gli interventi funzionali all’inserimento della Verona-Vicenza nel Nodo di Verona, il suddetto progetto prevede, in sintesi i seguenti interventi:

- realizzazione di due nuovi binari, in affiancamento lato sud alla linea storica, per l’inserimento della linea AV/AC Verona – Vicenza nella stazione di Verona Porta Nuova;
- realizzazione dei nuovi binari per l’inserimento della linea AV/AC Milano-Venezia nella stazione di Verona Porta Nuova, da allacciare ai binari realizzati nell’ambito del progetto dell’Ingresso Ovest
- realizzazione nella stazione di Verona Porta Nuova dei nuovi binari dell’Alta Velocità con i relativi marciapiedi e sottopassi nell’area attualmente dedicata allo scalo merci, di due nuovi tronchini per i mezzi d’opera nell’attuale parco “Celeri” ad Ovest del fabbricato viaggiatori e interventi puntuali per l’innesto delle nuove linee AV/AC;



PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO  
FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO  
AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST

Piano di utilizzo dei materiali di scavo  
Relazione Generale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN1A	20 D 69	RG	TA0000002	B	5 di 71

- realizzazione nella stazione di Verona Porta Vescovo del posto movimento AV/AC, con i due relativi binari di precedenza e comunicazioni e di un posto di manutenzione AV;
- realizzazione di un nuovo scalo merci di n.3 binari e di n.3 aste in località "Cason", per consentire la dismissione dell'attuale scalo merci di Verona Porta Nuova e garantire l'ingresso da Milano al Quadrante Europa.
- realizzazione dei raccordi tra Bivio San Massimo e Verona Porta Nuova e tra Quadrante Europa e Verona Porta Nuova.

Tutto ciò premesso, il presente piano di utilizzo delle terre e rocce di scavo (PUT) è stato redatto per descrivere la gestione di tali materiali prodotti dai lavori di realizzazione dell'opera in progetto appena descritta.

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B	<b>FOGLIO</b> 6 di 71
<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>						

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il Piano di Utilizzo dei materiali di scavo è stato redatto in conformità al D.P.R. 120/2017. Tuttavia, a titolo esemplificativo ma non esaustivo, si riportano di seguito le principali disposizioni normative nazionali e locali applicabili alle finalità del presente studio:

- **Decreto Ministero dell'Ambiente del 1 marzo 2019, n. 46** - Regolamento relativo agli interventi di bonifica, di ripristino ambientale e di messa in sicurezza, d'emergenza, operativa e permanente, delle aree destinate alla produzione agricola e all'allevamento, ai sensi dell'articolo 241 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.
- **Decreto del Presidente della Repubblica del 13 giugno 2017, n. 120** - "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164";
- **Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152**e s.m.i. - "Norme in materia Ambientale". Il D.Lgs. recepisce in toto l'articolato del Decreto Legislativo 5 febbraio 1997 n. 22 relativamente ai rifiuti;
- **Decreto Ministeriale 5 febbraio 1998 e s.m.i.** – Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22;

Per far fronte alla continua evoluzione della normativa relativa a ciascuna delle matrici ambientali significative sotto descritte, il Gruppo Ferrovie dello Stato, nel rispetto dei requisiti generali previsti dalla norma UNI EN ISO 14001, si è dotato di un presidio normativo, contenente i principali riferimenti a carattere nazionale e regionale, disponibile online all'indirizzo <http://presidionormativo.italferr.it/>.

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B	<b>FOGLIO</b> 7 di 71
<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>						

### 3 DEFINIZIONE E CONDIZIONI DI APPLICABILITÀ DEL D.P.R. 120/2017

Con particolare riferimento all'applicazione del D.P.R. 120/2017 e a quanto riportato all'art. 2 (Definizioni) comma 1 dello stesso, si riportano di seguito gli elementi chiave inerenti alla gestione delle terre e rocce da scavo in qualità di sottoprodotti provenienti dall'opera ferroviaria in progetto:

- si considerano *lavori*, tutte le attività di costruzione, scavo, demolizione, recupero, ristrutturazione, restauro e manutenzione relativi alla di realizzazione Nodo AV/AC di Verona;
- si considera come *opera*, ai sensi dell'art. 2 del D.P.R. 120/2017, l'insieme dei lavori di costruzione delle opere d'arte in corrispondenza dell'interferenza con le infrastrutture, costituite dall'adeguamento delle opere esistenti (sottopassi stradali e viabilità afferenti) e da nuove opere tra cui la più significativa è il nuovo viadotto per l'attraversamento del Fiume Adige, in stretta adiacenza al ponte ferroviario esistente;
- sono considerate *terre e rocce da scavo* tutti i materiali derivanti dagli scavi finalizzati alla realizzazione dell'opera ferroviaria, anche contenenti materiali antropici (vedi definizione succitata), conformi ai limiti di cui alle colonne A e B, Tabella 1, allegato 5 alla parte IV del D.Lgs 152/06 e ss.mm.ii; le terre e rocce da scavo sono costituite da suolo derivante sia da attività di scavo attraverso tradizionali mezzi meccanici con l'utilizzo di materiali per il consolidamento delle opere in sotterraneo e delle opere di fondazione; in particolare, il presente progetto prevede l'utilizzo di vtr, pvc e malta per il parziale consolidamento delle gallerie scavate con mezzi tradizionali e l'utilizzo di additivi per il condizionamento del materiale proveniente dallo scavo meccanizzato delle gallerie.
- *l'Autorità Competente* di cui all'art. 5, comma 1, lettera o) del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. è identificata nel Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare;
- i *siti di produzione* in cui sono generate le terre e rocce da scavo, sono le wbs/parti d'opera in cui è stata suddivisa l'opera, in funzione della loro ubicazione, così come individuati nel presente Piano di Utilizzo;
- i *siti di deposito intermedio* previsti le aree di stoccaggio denominate AS.
- i *siti di destinazione* sono wbs/parti d'opera facenti parte dell'opera stessa o siti esterni in cui il sottoprodotto verrà utilizzato come di seguito individuati;
- il *Proponente* che presenta il Piano di Utilizzo è RFI S.p.A. (di cui Italferr S.p.A. rappresenta il soggetto tecnico);
- il *Produttore* delle terre e rocce da scavo, sarà il soggetto (o più soggetti) incaricato da RFI S.p.A. affidatario dei lavori.

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B

- *l'Esecutore* che attuerà il Piano di Utilizzo sarà il Produttore delle terre e rocce da scavo per le wbs/parti d'opera interne al cantiere nonché il soggetto (o più soggetti) incaricato da RFI S.p.A. e il Proprietario/Gestore dei siti di destinazione finale esterni.

Inoltre, in riferimento a quanto previsto dall'art. 4 (Criteri per qualificare le terre e rocce da scavo come sottoprodotti) del D.P.R. 120/2017 si riportano di seguito i requisiti che le terre e rocce da scavo oggetto del presente Piano di Utilizzo soddisfano per essere qualificate sottoprodotti, in dettaglio:

- a) le terre e rocce da scavo saranno prodotte dai lavori di realizzazione del Nodo AV/AC di Verona, il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;
- b) le terre e rocce da scavo prodotte saranno utilizzate secondo quanto definito nel presente Piano di Utilizzo per la formazione di opere in terra e/o di opere di rinverdimento e mitigazione ambientale nell'ambito dei lavori in oggetto;
- c) le terre e rocce da scavo sono idonee ad essere utilizzate direttamente al termine del ciclo di produzione senza alcun ulteriore trattamento diverso dalle operazioni di normale pratica industriale descritte successivamente;
- d) come riportato di seguito nel presente documento sulla base delle indagini di caratterizzazione ambientale ad oggi eseguite, il materiale da scavo soddisfa i requisiti di qualità ambientale secondo l'Allegato 4 del suddetto Decreto, riportante le "*Procedure di caratterizzazione chimico-fisica e accertamento delle qualità ambientali*". Tali requisiti verranno inoltre confermati attraverso le ulteriori indagini che verranno eseguite in corso d'opera ai sensi dell'Allegato 9 "*Procedure di campionamento in corso d'opera e per i controlli e per le ispezioni*", nonché in riferimento agli indirizzi scaturiti dagli studi sperimentali condotti in fase progettuale sulla quota parte dei materiali additivati da scavo meccanizzato.

Il comma 3 definisce sia la percentuale in peso pari al 20% massimo di componente antropico possibile presente affinché una terra e roccia da scavo possa essere qualificata come riporto e quindi come sottoprodotto, nonché quali sono i parametri di qualità ambientale per tali materiali oltre ai requisiti già fissati al comma 2.

Pertanto, in caso di scavo di materiale di riporto, suddetti requisiti saranno verificati rispettivamente secondo la metodica riportata in Allegato 10 del Decreto, ed effettuato il Test di Cessione secondo le metodiche di cui al decreto del Ministro dell'ambiente del 5 febbraio 1998, recante «Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero», pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 88 del 16 aprile 1998, per i parametri pertinenti, ad



	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B

esclusione del parametro amianto, al fine di accertare il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione delle acque sotterranee, di cui alla Tabella 2, Allegato 5, al Titolo 5, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, o, comunque, dei valori di fondo naturale stabiliti per il sito e approvati dagli enti di controllo.


In caso di terre e rocce da scavo contenenti amianto presente in affioramenti geologici naturali, come definito al comma 4, il limite applicabile per tale parametro ai fini del loro utilizzo quali sottoprodotti è riferito alla Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo n. 152 del 2006, secondo quanto previsto dall'allegato 4 al presente regolamento. Il parametro amianto è escluso dall'applicazione del test di cessione.

Il comma 5 del suddetto articolo afferma inoltre che *“La sussistenza delle condizioni di cui al comma 2 del presente articolo è comprovata dal proponente tramite il Piano di Utilizzo”*.

Relativamente alle condizioni di applicabilità del D.P.R. 120/2017, si precisa che in fase di Progetto Definitivo e di redazione del presente PUT si è posta particolare attenzione nell'individuazione dei siti di deposito intermedio, dove le terre e rocce da scavo verranno temporaneamente depositate in attesa del loro trasferimento al sito di destinazione finale, aventi una capacità complessiva tale da assicurare il deposito delle stesse in qualità di sottoprodotti, anche nel caso in cui la possibilità di dare esecuzione al Piano di Utilizzo venisse meno in corso d'opera per eventi eccezionali quali, per esempio: la rescissione del contratto o il fallimento dell'Esecutore del PUT, la necessità di riappaltare l'opera secondo le onerose procedure previste dalla normativa vigente in materia di opere pubbliche, la sopraggiunta indisponibilità di uno o più siti di destinazione finale dei sottoprodotti individuati nel PUT, ecc.

Appare evidente, infatti, che qualora si verificasse una o più delle suddette ipotesi, le terre e rocce da scavo oggetto del presente PUT non risulteranno “abbandonate” e pertanto non vi sarà alcuna volontà di disfarsene da parte del Produttore o del Proponente del PUT; essendo del tutto assente, pertanto, il requisito soggettivo inerente la volontà di disfarsi del bene - necessario per la qualifica in qualità di rifiuti - le terre e rocce da scavo continueranno ad essere gestite in qualità di sottoprodotti in attesa di presentare all'Autorità Competente, ove necessario, un'eventuale Variante al PUT approvato ai sensi dell'art. 15 del D.P.R. 120/2017.

Occorre infine precisare che il Programma Lavori relativo alle opere in progetto potrà essere dettagliato solo in fase di sviluppo della Progettazione Esecutiva ed in relazione alle specifiche esigenze operative di cantiere, pertanto ai fini della completa tracciabilità dei materiali di scavo, le eventuali modifiche rispetto a quanto previsto all'interno del presente PUT - anche se ritenute non

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B	<b>FOGLIO</b> 10 di 71

sostanziali né comportanti Varianti al PUT (ridistribuzione dei riutilizzi interni senza variazione dei quantitativi in gioco, redistribuzione dei sottoprodotti nelle diverse aree di stoccaggio, dettaglio sul conferimento dei materiali di scavo provenienti dalla tratta in esecuzione) verranno opportunamente comunicate all'Autorità Competente.

Si allegano, al presente piano di utilizzo, le seguenti schede:

- SCHEDE TECNICHE DEI SITI DI PRODUZIONE;
- SCHEDE TECNICHE DEI SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO.

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B

## 4 SITI DI PRODUZIONE

Al fine di fornire un quadro completo delle caratteristiche dei siti di produzione delle terre sono state prodotte delle schede cartografiche riportanti per ogni sito (doc. correlato **IN1A10D69SHTA0000001A- PUT – SCHEDE TECNICHE DEI SITI DI PRODUZIONE**) le seguenti informazioni:

### Inquadramento territoriale:

- denominazione dei siti, desunta dalla toponomastica del luogo;
- ubicazione dei siti (comune, via, numero civico se presente);
- estremi cartografici da Carta Tecnica Regionale (CTR);
- corografia.

### Inquadramento urbanistico:

- individuazione della destinazione d'uso urbanistica attuale.

### Inquadramento geologico ed idrogeologico:

- -descrizione del contesto geologico della zona, anche mediante l'utilizzo di informazioni derivanti da pregresse relazioni geologiche e geotecniche;
- descrizione del contesto idrogeologico della zona (presenza o meno di acquiferi e loro tipologia) anche mediante indagini pregresse;
- livelli piezometrici degli acquiferi principali, direzione di flusso, con eventuale ubicazione dei pozzi e piezometri se presenti (cartografia preferibilmente a scala 1:5.000).

### Descrizione delle attività svolte sul sito:

- uso pregresso del sito e cronistoria delle attività antropiche svolte sul sito.

### Piano di campionamento e analisi:

- descrizione delle indagini svolte e delle modalità di esecuzione;
- localizzazione dei punti mediante planimetrie;
- elenco delle sostanze ricercate;
- descrizione delle metodiche analitiche e dei relativi limiti di quantificazione.

## 4.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E TOPO-CARTOGRAFICO

L'area oggetto di studio si colloca al limite settentrionale della Pianura Veneta e interessa il territorio a nord ovest di Verona. I lavori consistono nella realizzazione del nuovo dell'ingresso Est del nodo ferroviario di Verona della nuova tratta AV/AC Verona Padova e il suo collegamento con quanto realizzato con l'intervento dell'ingresso da Ovest della tratta Brescia-Verona. In particolare, verrà realizzato il nuovo scalo in località Cason, in interventi puntuali di modifica di tracciato delle linee MI-VE storica e VR-Brennero, nella realizzazione della nuova linea AV/AC MI-VE, negli interventi nell'ambito delle stazioni di Verona P.N. e Verona P.V., nella modifica del tracciato dei raccordi che da bivio S. Massimo, Q.E. e bivio S. Lucia si dirigono verso P.N. scalo.

I limiti d'intervento del nuovo progetto, sulla direttrice Est-Ovest, sono i seguenti:

- Lato Ovest – Km 143+875 linea AV/AC MI-VE; Km 144+881 linea storica
- Lato Est – Km 150+451 linea AV/AC MI-VE; Km 151+353 linea storica MI-VE.



Figura 4-1 - Inquadramento geografico generale.

- Estremi cartografici da Istituto geografico militare (I.G.M.) 1:25.000:

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B

Foglio n.48 Tav. II NE “Pescantina” e Foglio n. 49 III NO Verona

- Estremi cartografici da Carta Tecnica Regionale 1:10.000:  
Sezione n123160 Verona –Ovest
- Estremi cartografici da Carta Tecnica Regionale 1:5.000  
Elementi nn. 123161 “Verona Ovest”; 124134 “Verona Est”.

#### 4.1.1 Quadro degli interventi in progetto

I principali interventi infrastrutturali previsti con la sistemazione del nodo di Verona, connessi alla realizzazione della nuova linea AV/AC Milano - Venezia, prevedono la realizzazione delle seguenti linee e/o collegamenti:

- nuovo scalo in località Cason;
- interventi puntuali di modificati tracciato sulle linee Milano-Venezia storica e Verona – Brennero;
- nuova linea AV/AC Milano - Venezia;
- modifica di tracciato dei raccordi merci: bivio S. Massimo – Verona P.N. scalo, Quadrante Europa – Verona P.N. scalo, bivio S. Lucia – Verona P.N. scalo;
- interventi nell’ambito della stazione di Verona P.N.;
- Interventi nell’ambito della stazione di Verona P.V.

Nel dettaglio:

- Per quanto riguarda l’intervento in località Cason L’intervento verrà realizzato a Nord delle linee indipendente merci, MI-VE storica e MI-VE AV/AC previste nel progetto “Nodo AV/AC di Verona-ingresso Ovest”. Il nuovo scalo sarà collegato alla linea indipendente merci in prossimità dei Km 141+240 e 142+900 della linea AV/AC (rispettivamente PK 142+246 e 143+906 attuale linea MI-VE storica) Lo scalo sarà costituito da tre binari con modulo compreso tra 1060 m e 960 m. Lo scalo sarà inoltre dotato di un’asta di manovra di 650 m che si sviluppa verso N/E, in direzione bivio San Massimo, in affiancamento alla linea indipendente merci;
- La modifica di tracciato delle linee MI-VE storica e VR-Brennero consiste nell’allaccio della nuova linea storica MI-VE costruita nell’ambito dell’ingresso Ovest ai binari della storica esistente al Km 145+670 circa (PK attuale linea storica MI-VE), che entrerà in stazione di Verona P.N. sui binari attualmente dedicati (4° e 6°). Il bivio succitato verrà demolito e il tratto della linea VR-Brennero interessato verrà riallocato nella posizione attuale (ante ingresso

- Ovest). Si procederà inoltre alla correzione del tracciato dei binari della MI-VE storica per un tratto di 250 m, nell'ambito degli interventi relativi alla radice Est della stazione di Verona P.N.;
- La nuova linea AV/AC Milano-Venezia si allaccia alla linea storica al km 143+900 circa, la linea si sposta verso Sud, sottopassando la linea Bologna-Verona e posizionandosi a Sud del deposito locomotive, nella zona impegnata dai raccordi merci per Verona P.N. Dopo aver sovrappassato il nuovo raccordo Q.E.-Verona P.N., (nuova opera di scavalco) la nuova linea si allocherà sul sedime degli attuali binari di ingresso a Verona P.N. scalo per poi entrare sui binari 17 e 18 di stazione. La linea prosegue verso Est in affiancamento alla linea storica sovrappassando il fiume Adige su un nuovo ponte e arrivando in stazione di Verona P.V. (P.M. di Verona P.V.) e si collega ai binari della nuova linea AV/AC proveniente da Padova al Km 150+458 (Km 151+360 linea storica);
  - Il raccordo BIVIO S. MASSIMO – VERONA P.N. comporta una modifica planimetrica in prossimità della linea MI-VE storica realizzata nell'ambito del progetto dell'ingresso Ovest e prosegue sottopassando la linea BO-VR, si rende necessaria per poter inserire, nella zona prospiciente il deposito locomotive, oltre ai binari già presenti, anche quelli della nuova linea AV/AC. I due binari di raccordo confluiscono in stazione di Verona P.N. sui binari 11 e 13;
  - Il raccordo Q.E. – VERONA P.N. comporta una modifica che in corrispondenza del sottopasso del raccordo bivio S.Massimo-bivio S.Lucia, prosegue sottopassando la linea BO-VR e prosegue nella zona a sud del D.L., dove avviene la confluenza, con bivio a 60 Km/h, del raccordo bivio S.Lucia-Verona P.N.. Il tracciato prosegue sottopassando i binari della linea AV/AC ed entra in stazione di VR P.N. sui binari 14 e 15;
  - Gli interventi nell'ambito di Verona Porta Nuova prevedono l'inserimento in stazione, da Ovest dei raccordi di cui ai paragrafi precedenti e della linea AV/AC, questo comporta il rifacimento di parte della radice Ovest di stazione, nonché la demolizione dello scalo RFI. Parte significativa del progetto è la realizzazione della stazione elementare AV, costituita dai due binari di corsa, dai due binari di precedenza con i relativi marciapiedi (L= 400 m). E' previsto inoltre il rifacimento di buona parte della radice Est. Saranno inoltre prolungati i due sottopassaggi di stazione esistenti e ne verrà realizzato uno ex novo.
  - Gli interventi nell'ambito di VERONA PORTA VESCOVO si sviluppano a Sud della stazione esistente e consiste nella realizzazione del posto movimento di VR P.V., modulo 750 m, con i due relativi binari di precedenza e comunicazioni a 60Km/h. E' prevista inoltre la realizzazione di un posto di manutenzione AV, che sarà ubicato sul sedime degli attuali binari adibiti a manovra e alla manutenzione rotabili.

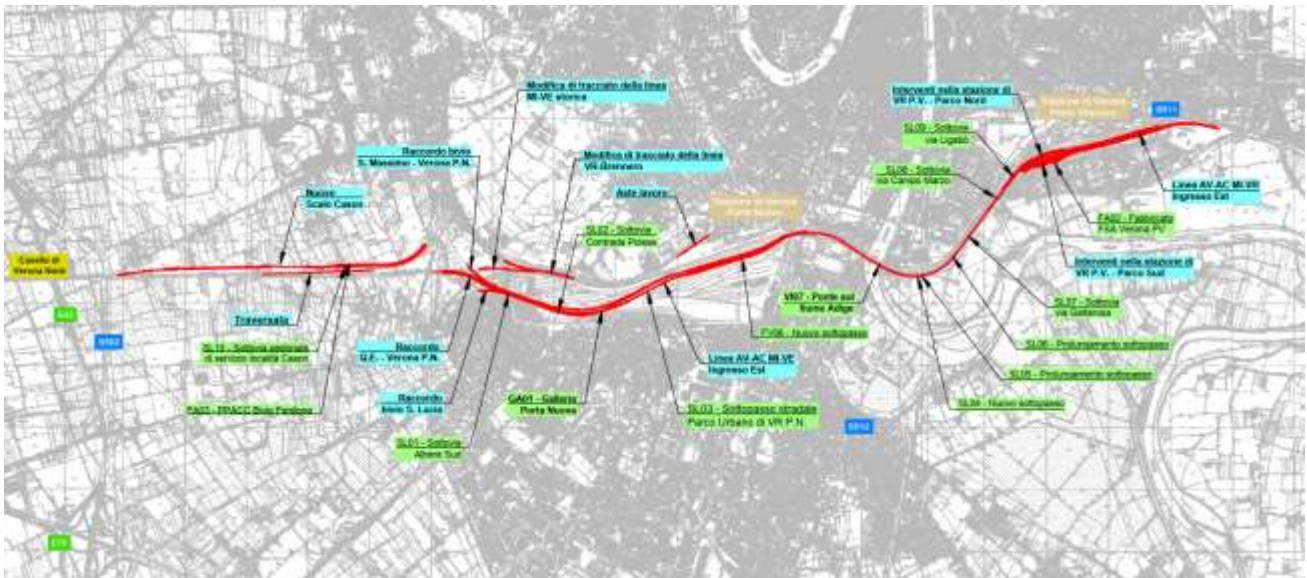


Figura 4-2 - Corografia generale di progetto

#### 4.1.2 Tipologie delle opere d'arte da realizzare

La sede relativa ai nuovi binari in progetto è prevista prevalentemente in rilevato, per lo più in affiancamento all'attuale sede della linea Milano – Venezia, con realizzazione di opere d'arte in corrispondenza dell'interferenza con le infrastrutture, costituite dall'adeguamento delle opere esistenti (sottopassi stradali e viabilità afferenti) e da nuove opere tra cui la più significativa è il nuovo viadotto per l'attraversamento del Fiume Adige, in stretta adiacenza al ponte ferroviario esistente.

Le tipologie delle opere da realizzare possono essere ricondotte alle seguenti categorie:

##### Opere maggiori:

- Ponte
- Galleria artificiale

##### Opere minori:

- Rilevati e muri di sostegno
- Adeguamenti opere esistenti: sottopassi stradali e viabilità afferenti
- Fabbricati tecnologici

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B


#### 4.1.3 Elenco manufatti da realizzare

Percorrendo l'intervento da ovest verso est sono da realizzare le seguenti opere principali (elenco indicativo e non esaustivo, si rimanda al progetto delle opere):

WBS	Nome
SL10	Sottovia pedonale di servizio località Cason
FA03	PPACC Bivio Fenilone
SL01	Sottovia Albere Sud
SL02	Sottovia Contrada Polese
GA01	Galleria Porta Nuova
SL03	Sottopasso stradale Parco Urbano VR P.N.
FV06	Nuovo sottopasso
VI07	Ponte sul Fiume Adige
SL04	Nuovo sottopasso
SL05	Prolungamento sottopasso
SL06	Prolungamento sottopasso
SL07	Sottovia via Galtarossa
SL08	Sottovia via Campo Marzio
SL09	Sottovia via Ligabò
FA02	Fabbricato FSA Verona PV

**VI07 - PONTE SUL FIUME ADIGE:** Il nuovo ponte sul Fiume Adige è disposto immediatamente a sud in adiacenza dell'esistente Viadotto della linea storica Milano-Venezia; in corrispondenza delle arcate principali la distanza fra i bordi esterni delle banchine è di 14.16 m, mentre fra i paramenti esterni degli archi è di 16.42 m. Allo stato attuale, il viadotto della linea storica Milano-Venezia è costituito da n. 5 campate di luce 29 m circa sostenute da quattro pile in alveo a da due pile-spalle laterali fondate sugli argini; completano il viadotto ulteriori due arcate di luce 12 m circa con pila centrale e spalla lato Venezia. Lo sviluppo del viadotto è di circa 230 m con piano del ferro posto alla quota di circa 63.4 m. La larghezza dell'impalcato a due binari è di circa 10.7 m. La struttura del viadotto attuale è realizzata in muratura di pietrame con corsi di pietra a vista; gli archi principali hanno struttura in blocchi di pietra, così come le pile in alveo e le spalle sugli argini. Data la particolare posizione e la sua visibilità, per il nuovo viadotto si è prevista una tipologia architettonica analoga al viadotto esistente, cioè con 5 campate di luce 29 m circa sostenute da quattro pile in alveo e da due pile-spalle laterali fondate sugli argini; le posizioni delle arcate, delle pile e delle pile-spalle sono in



	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B

ombra a quelle del viadotto esistente. La struttura del nuovo viadotto è prevista in calcestruzzo armato gettato in opera con arcate di spessore costante pari a 160 cm e muri di timpano aventi spessore 115 cm. La larghezza dell'impalcato a due binari è di 12.6 m, comprensiva degli sbalzi laterali. Le arcate principali conservano un raggio di circa 20 m e sono impostate su pile di forma rettangolare con lati minori arrotondati; le dimensioni planimetriche delle pile risultano di 15.2 m x 5.0 m, analoghe al viadotto esistente. Le pile sono previste anch'esse in calcestruzzo armato gettato in opera.

**GA01-Galleria Porta Nuova:** Il progetto prevede la realizzazione di una opera di scavalco necessaria a risolvere l'interferenza tra la nuova linea AV/AC in progetto e il tratto del Raccordo Quadrante Europa – Verona Porta Nuova. L'intervento è collocato tra le progressive chilometriche 145+148 e 145+308 della linea AC/AV e presenta uno sviluppo pari a 160m. Si tratta di una galleria artificiale disposta in corrispondenza dell'interferenza del tracciato della linea ad Alta Capacità con il raccordo tra il Quadrante Europa e Verona P.N. Il corridoio interessato dall'inserimento dei binari AV/AC è attraversato dalle linee Brennero-Verona e Bologna-Verona. I due nuovi binari veloci MI-VE transiteranno sullo scavalco in costruzione per portarsi nella parte sud del piazzale di stazione. La costruzione dello scavalco è accompagnata dalla realizzazione di due rilevati, posti rispettivamente ad est (RI13 – L=525 m) e ad ovest (RI12 – L=252.6 m) del manufatto che, in corrispondenza degli imbocchi, saranno sorretti da muri di sostegno ad altezza variabile.

**SL09 – SOTTOVIA VIA LIGABO':** Nell'intorno del quartiere Porto San Pancrazio, è ubicata l'attuale opera di sottovia della linea storica lungo via Ligabò. Tale attraversamento è realizzato mediante due manufatti, affiancati, di luce pari a circa 8 m. Il progetto prevede la realizzazione di un ponte a travi incorporate necessario alla risoluzione dell'interferenza della nuova linea AV/AC con Via Ligabò. All'interno della stazione di Verona Porta Nuova, il progetto prevede la realizzazione di due nuovi marciapiedi lato Sud, l'adeguamento di quelli esistenti modificandone l'ingombro planimetrico, la costruzione di un nuovo sottopasso ed il prolungamento di due esistenti. L'adeguamento dell'area di stazione comporterà, inoltre, la demolizione di alcuni edifici di utilizzo ferroviario. La nuova linea AV/AC nel tratto in uscita lato Est dalla Stazione Ferroviaria di Verona Porta Nuova, compreso tra il km 146+970 e il km 147+495, procede complanare e in affiancamento alla Linea Storica con conseguente necessità di allargamento lato sud del rilevato esistente. Attualmente la Linea Storica è in rilevato con una altezza rispetto al piano campagna circostante pari a circa 9.50m. Il tratto in oggetto presenta lato sud uno stretto affiancamento con Via G. Fedrigoni che transita ai piedi del rilevato protetta da un muro di contenimento in calcestruzzo armato la cui altezza è circa pari a 4.00 m. Il

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B

progetto prevede l'adeguamento della viabilità di via G. Fedrigoni (NV04); l'allargamento comporta la necessità di occupare parzialmente l'attuale sedime di Via G. Fedrigoni per una estensione di circa 230m e conseguentemente risagomare la stessa espropriando parzialmente aree di proprietà del C.O.N.I. e di altre ditte private.

**SL08 – VIA CAMPO MARZO**: Il progetto di sistemazione del Nodo AV/AC di Verona prevede, in questo tratto, di mantenere il tracciato attuale per la linea storica MI-VE e di realizzare la sede della nuova linea AV/AC in ampliamento di quella esistente. Per la realizzazione dei tre manufatti in progetto è prevista la demolizione dei soli muri d'ala per i sottovia esistenti ex-Galtarossa, e dell'intero ponte a travi incorporate e dei muri d'ala sud, per il manufatto esistente di Via Campo Marzo. In particolare, è previsto l'ampliamento di due sottopassi a servizio delle ex Officine Galtarossa, oggi Gruppo Pittini, poste in fregio alla linea storica.

**SL06 – SOTTOVIA GALTAROSSA** alla chilometrica 148+584 della linea AC/AV.

**SL07– SOTTOVIA GALTAROSSA SCALO** alla chilometrica 148+002 della linea AC/AV.

**SL05 – SOTTOVIA CONTRADA POLESE**: La nuova opera, collocata in corrispondenza della progressiva 144+895 della linea AC/AV, consiste in un ampliamento del ponte esistente di accesso viario all'area ferroviaria in prossimità della contrada Polese, modificando il manufatto posto a sud, mediante la realizzazione di un ponte a travi incorporate, funzionale all'inserimento dei binari AV/AC.

**SL03 – SOTTOVIA VIA ALBERE SUD**: Nella zona di accesso lato ovest alla stazione di Porta Nuova, le attuali linee ferroviarie che attraversano la città, transitando attraverso lo scalo merci di Porta Nuova (linea Brennero-Verona, linea merci Quadrante Europa-Verona e linea Bologna- Verona) sovrappassano Via Albera con un manufatto di luce pari a circa 11m. L'intervento è collocato in corrispondenza della progressiva chilometrica 144+463 della linea AV/AC. L'intervento sull'opera esistente consiste in:

- un ampliamento lato nord del primo manufatto, mediante un impalcato a travi incorporate;
- un ampliamento lato nord del secondo manufatto, mediante un impalcato in c.a.

## 4.2 INQUADRAMENTO URBANISTICO

<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B	<b>FOGLIO</b> 19 di 71
--	-------------------------	-------------------------	-----------------------	-------------------------------	------------------	---------------------------

Sulla base della Carta della Trasformabilità del PAT del comune di Verona, approvato con DGR n.4148 del 18/12/2007, l'area di intervento ricade in:

- zona agricola di ammortizzazione e trasformazione art. 61;
- ferroviaria art.64;
- Servizi di interesse comune (6-centro sportivo) art.58;
- corso d'acqua art. 32.

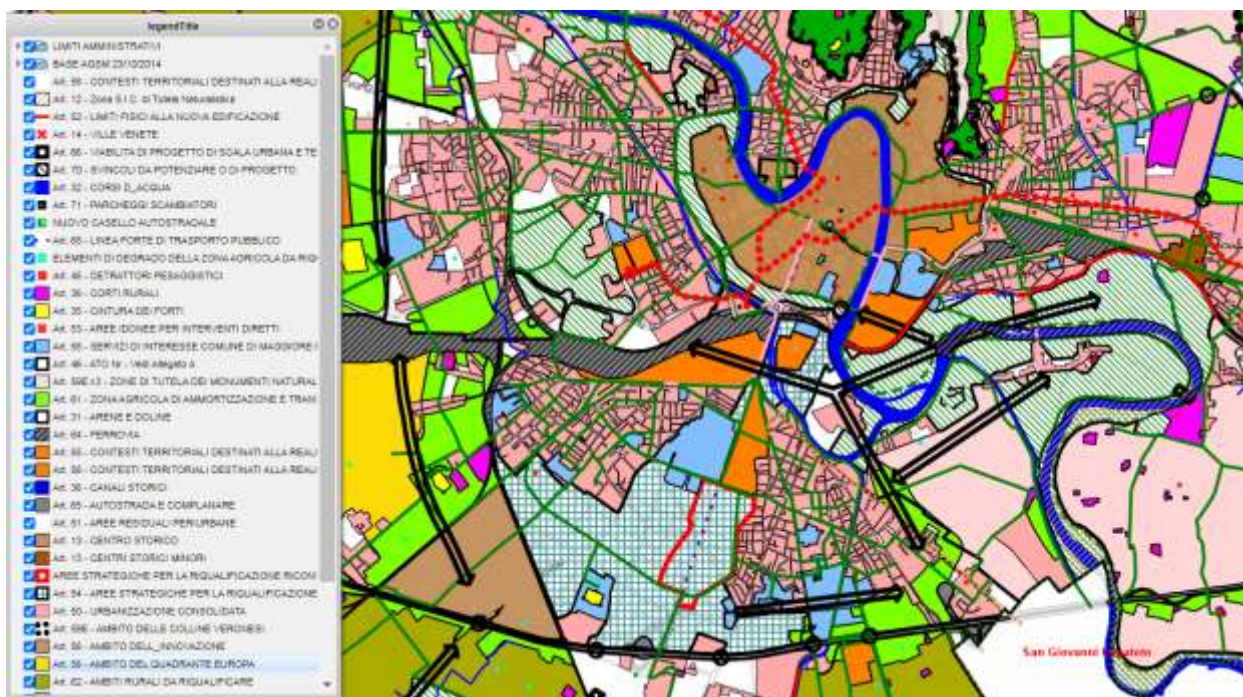


Figura 4-3 - Stralcio PAT tav.4 Carta della trasformabilità – comune di Verona  
 (Fonte: <https://mapserver6.comune.verona.it/sigi/M1/IGIS.aspx>)

Sulla base della Tavola della Disciplina Programmatica (DGR n. 3811 del 9.12.2009 e DGR n. 2690 del 16.11.2010), il tracciato ferroviario si trova nelle zone:

- zona agricola di ammortizzazione e transizione (art. 142);
- zona ferroviaria (art. 132);
- produttivo/Terziario/Commerciale dei PUA vigenti ed Accordi di Programma (art. 181);
- tessuti con edificazione mista (art. 104).
- invarianti di natura idrogeologica ed idraulica: Fiume Adige e vegetazione ripariale (art.39).

### 4.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B	<b>FOGLIO</b> 20 di 71
<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>						

#### 4.3.1 Inquadramento geologico

Le caratteristiche delle unità geologiche presenti nell'area sono intimamente legate agli elementi geomorfologici riconosciuti in superficie e, complessivamente, sono il prodotto dei processi deposizionali ed erosivi attuatisi tra le fasi finali del Pleistocene e l'Attuale, ossia negli ultimi 150.000 anni circa.

Come si evince dall'esame della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, Foglio 49 - Verona (Figura 4-4 - Figura 4-5) e Foglio 48 - Peschiera del Garda (Figura 4-6 - Figura 4-7) nella quale colloca la quasi totalità del tracciato ferroviario in progetto, il sottosuolo dell'area di studio è costituito da sedimenti alluvionali fluvio-glaciali e fluviali deposti dall'antico Fiume Adige al termine del percorso montano, in particolare, da Est verso Ovest:

- fg<sup>R2</sup>: alluvioni fluvio-glaciali e fluviali, da molto grossolane a ghiaiose, con strato di alterazione superficiale argilloso, giallo-rossiccio, di ridotto spessore. Terrazzate, sospese sui 30 metri, costituiscono l'alta pianura, generalmente a monte della zona delle risorgive e si raccordano con le cerchie moreniche maggiori dell'anfiteatro del Garda. RISS;
- fg<sup>R3</sup>: alluvioni fluvio-glaciali e fluviali, ghiaiose, con terreno argilloso rossastro di alterazione superficiale. Terrazzate e sospese sui 25 metri, si raccordano con le cerchie più interne del morenico Riss. RISS RECENTE;
- a<sup>2</sup>: alluvioni sabbioso, ghiaiose, terrazzate, antiche;
- a<sup>3</sup>: alluvioni prevalentemente sabbiose, attuali e recenti dell'Adige

Nel Foglio 48 - Peschiera del Garda, a Nord l'area di interesse, nei pressi dell'abitato di Pescantina, è ubicata la sezione stratigrafica I. In Figura 4-6 si riporta uno stralcio della stessa; interessante è notare il passaggio tra le alluvioni fluvio-glaciali del RISS (fg<sup>R2</sup>) e le alluvioni fluvio-glaciali del RISS RECENTE (fg<sup>R3</sup>).

Le informazioni acquisite dalla cartografia geologica disponibile sono state confermate dai dati geognostici disponibili ovvero le indagini geognostiche realizzate a supporto delle varie fasi di progettazione del tracciato ferroviario. Tali dati geognostici hanno evidenziato la presenza di un potente materasso alluvionale costituito in gran parte da depositi di notevole spessore di ghiaie e ghiaie sabbiose, intercalate, subordinatamente, a sabbie e rari livelli limosi e argillosi.

Più a sud dell'area di interesse, nell'ambito della media e bassa pianura, le ampie conoidi ghiaiose dell'Adige si intercalano con depositi sabbiosi, limosi e argillosi dando luogo alla "fascia delle risorgive".

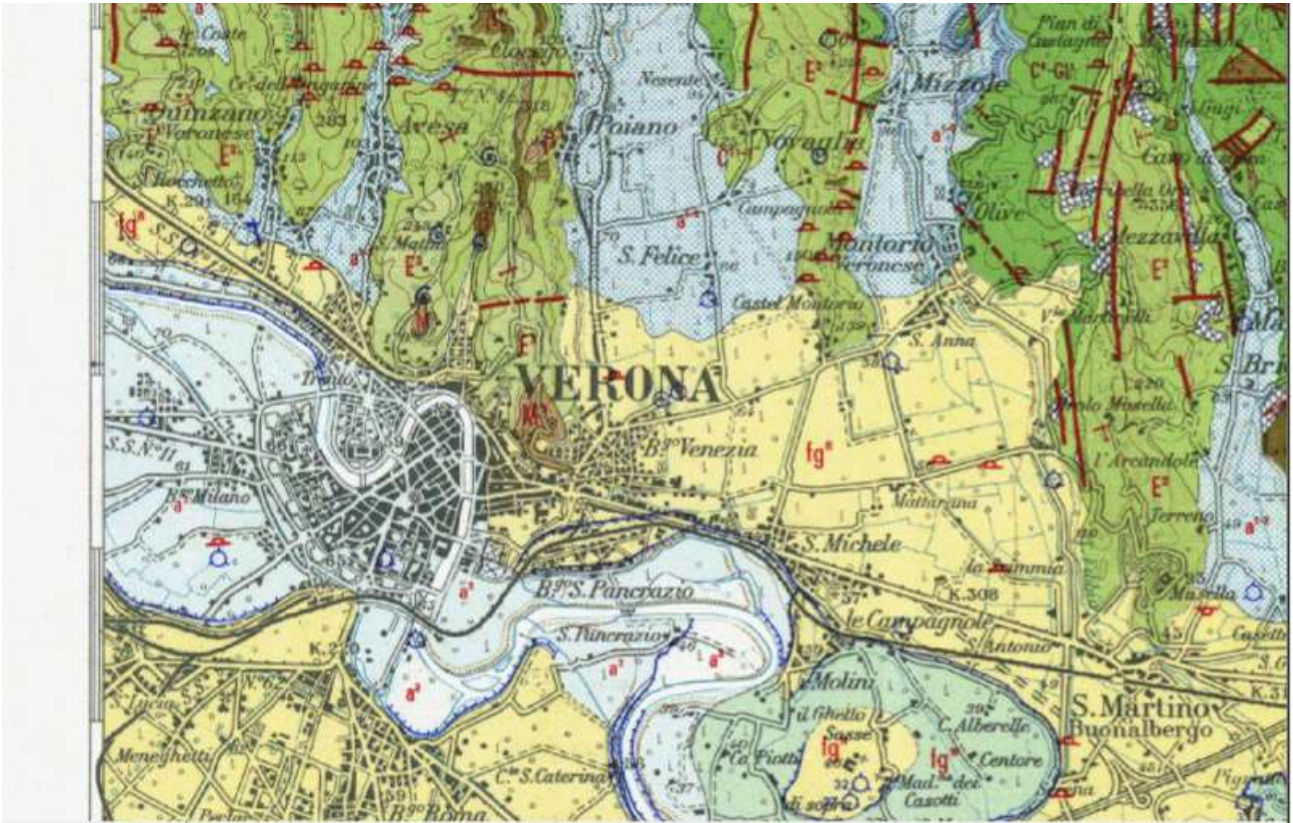

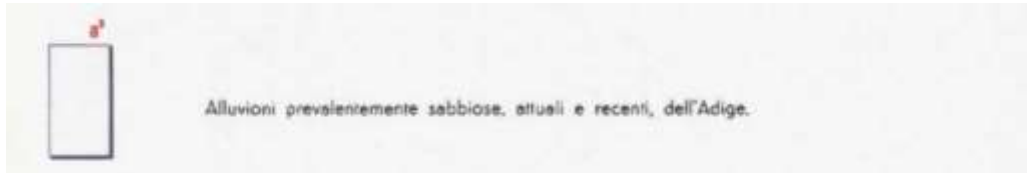


Figura 4-4 - Carta Geologica d'Italia Scala 1:100000 Foglio n. 49 Verona (stralcio non in scala)

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B

## OLOCENE

a<sup>3</sup>

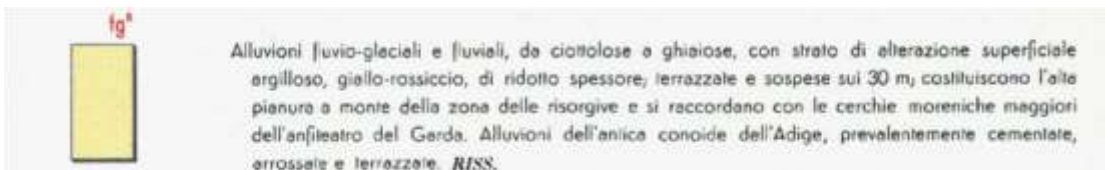


a<sup>2</sup>



## PLEISTOCENE

fg<sup>R</sup>



## Simbologia convenzionale

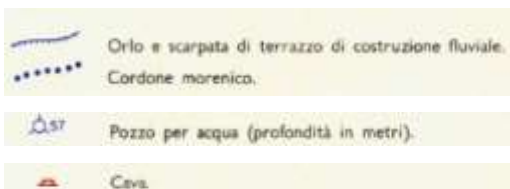


Figura 4-5. Legenda della Carta Geologica d'Italia Scala 1:100000 Foglio n. 49 Verona

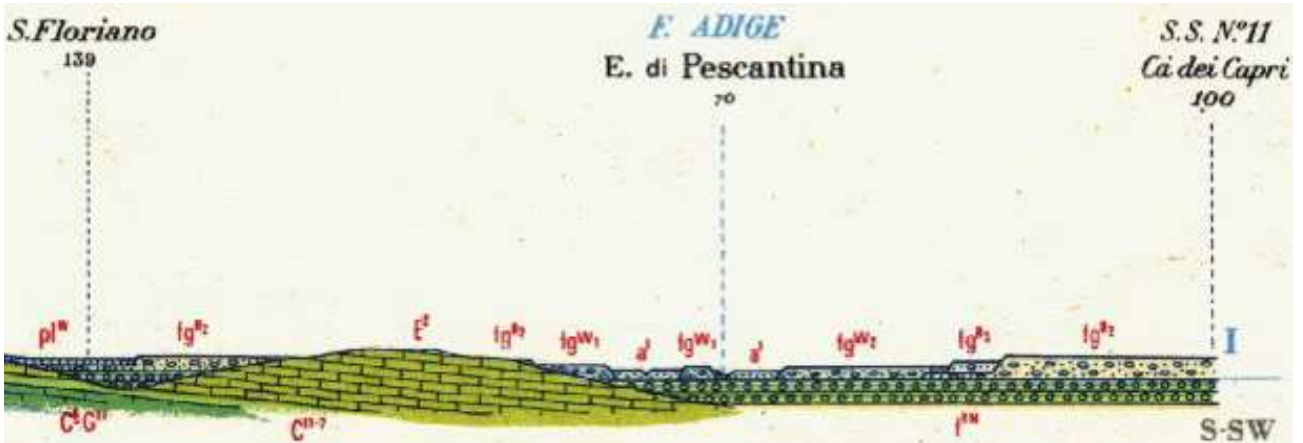
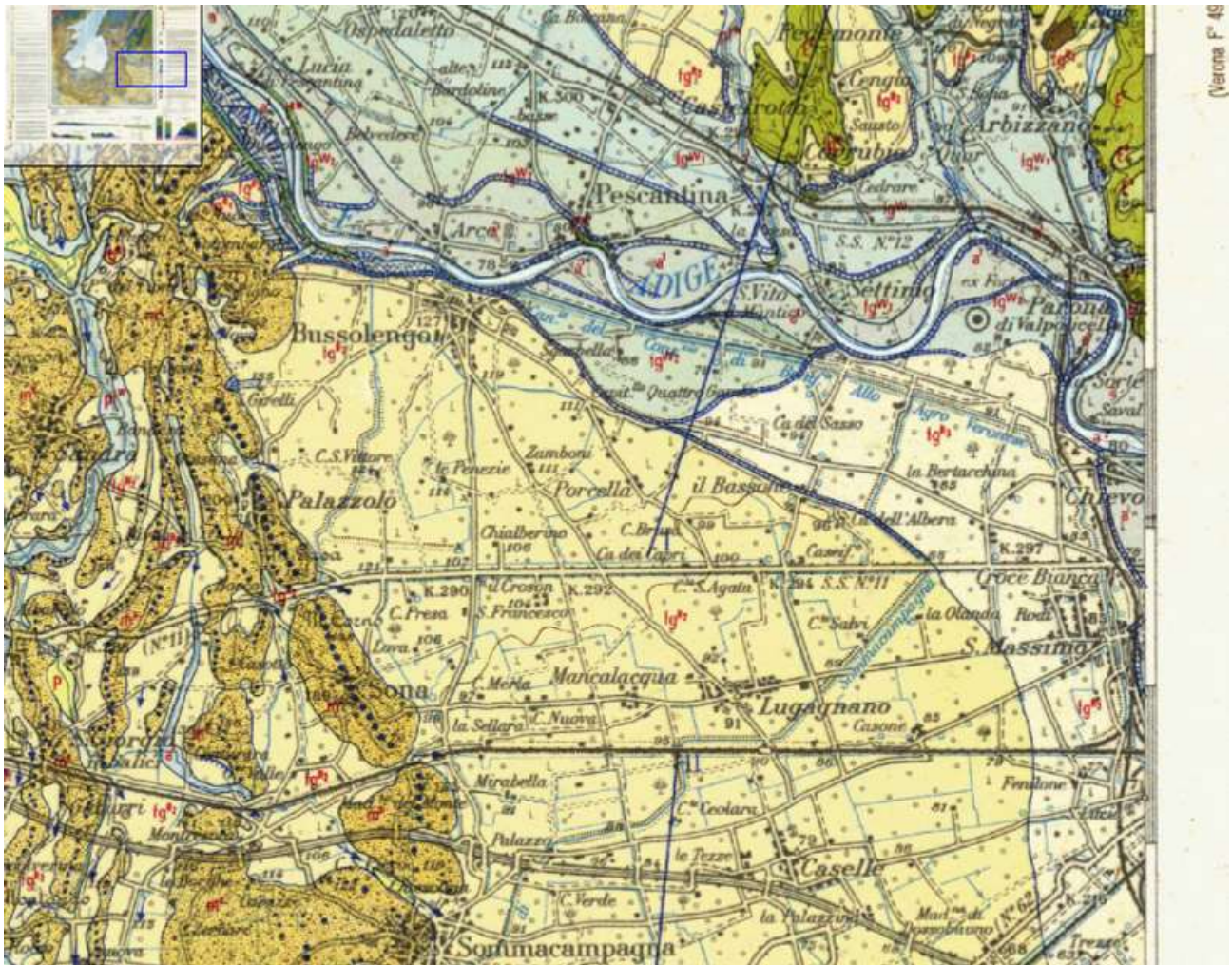
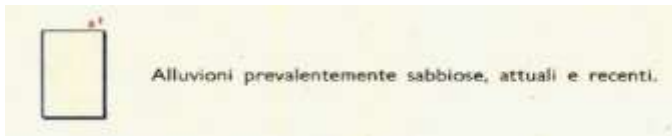


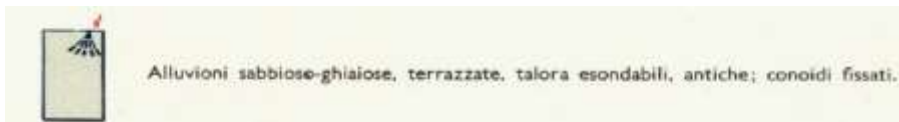
Figura 4-6 - Carta Geologica d'Italia Scala 1:100000 Foglio n. 48 - Peschiera del Garda e sezione geologica I (stralci non in scala)

## OLOCENE

a<sup>2</sup>

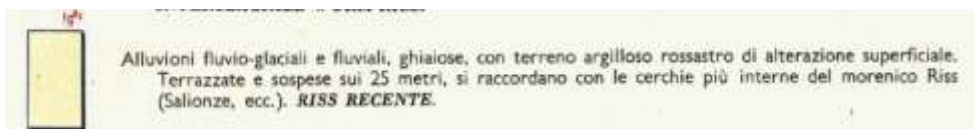


a<sup>1</sup>

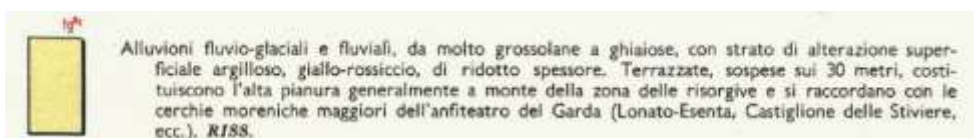


## PLEISTOCENE

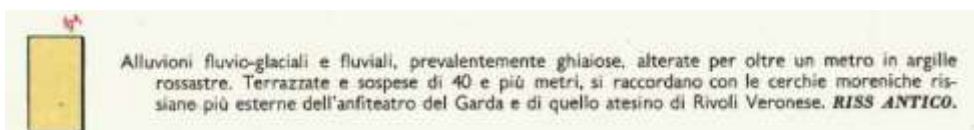
fg<sup>R3</sup>



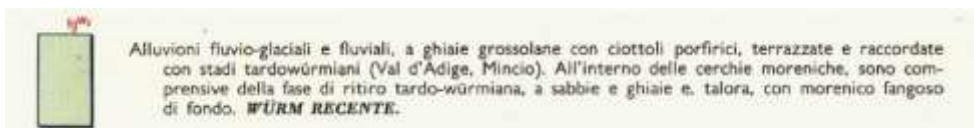
fg<sup>R2</sup>



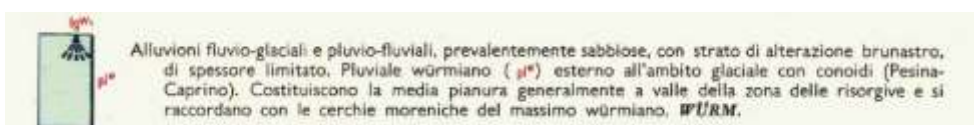
fg<sup>R1</sup>



fg<sup>W2</sup>

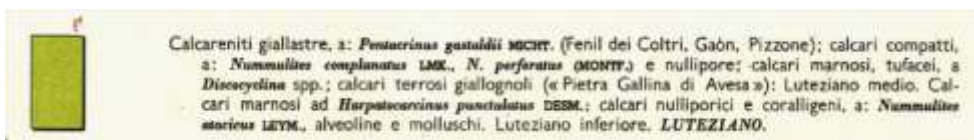


fg<sup>W11</sup>



## EOCENE

E<sup>2</sup>



## Simbologia convenzionale

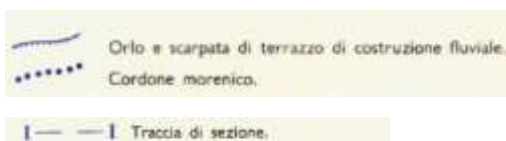


Figura 4-7 - Legenda della Carta Geologica d'Italia Scala 1:100000 Foglio n. 48 Peschiera del Garda



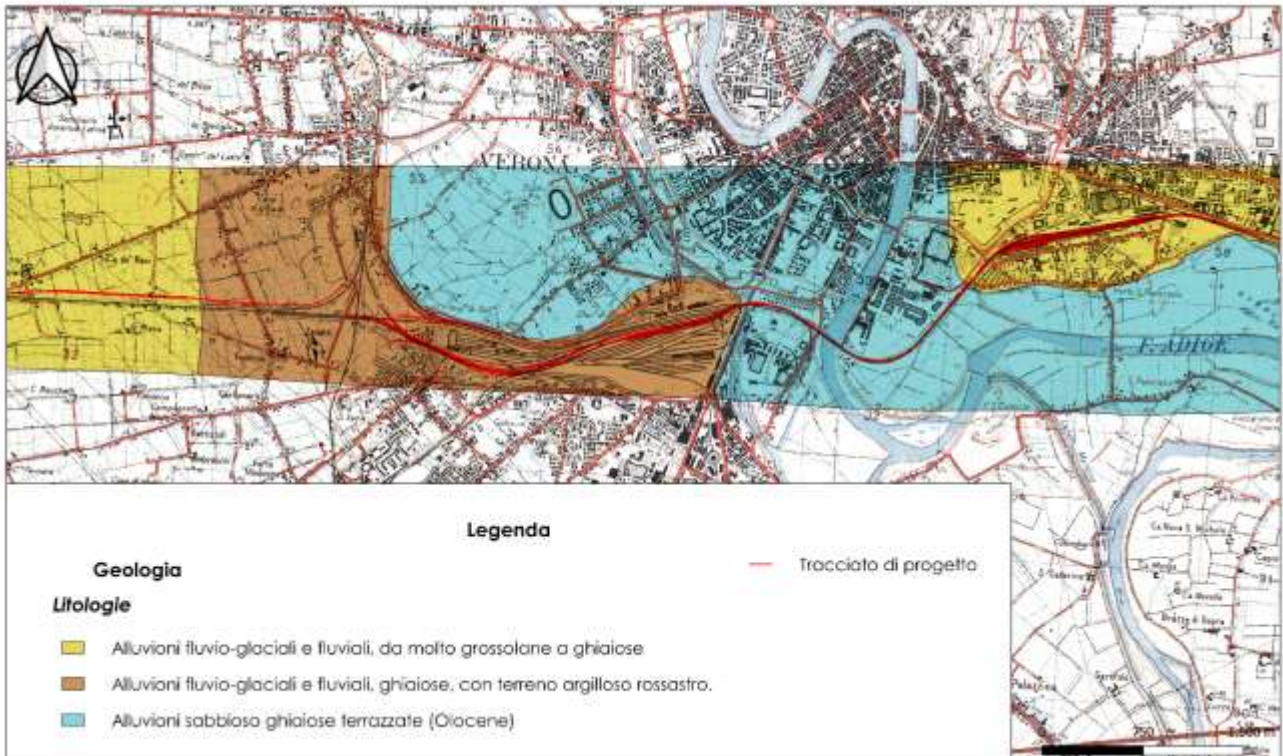


Figura 4-8 – Carta litologica di dettaglio.

#### 4.3.2 Inquadramento geomorfologico

Il tracciato ferroviario in progetto attraversa un territorio caratterizzato da morfologie regolari, sub pianeggiante debolmente degradante verso est.

Le quote topografiche vanno dagli 80-85 m circa s.l.m. in corrispondenza dell'innesto con l'asse ferroviario esistente nei pressi dell'asse dell'autostrada del Brennero ai 65 – 68 m s.l.m. circa nei pressi della stazione di Verona Porta Nuova.

L'aspetto morfologico attuale della pianura veneta è fortemente legato all'evoluzione tardo pleistocenica e olocenica dei fiumi alpini Adige, Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta. Essi hanno infatti ripetutamente cambiato percorso a valle del loro sbocco montano interessando aree molto ampie. Si sono così formati sistemi sedimentari allungati fino al mare di notevole estensione areale (Figura 4-9) caratterizzati da una notevole selezione granulometrica dei sedimenti che da monte a valle passano da ghiaie a sabbie a limi e infine argille. Esaminando la Figura 4-9 si evince che l'area di studio è caratterizzata dall'unità deposizionale del fiume Adige. Il tracciato ferroviario in progetto si sviluppa all'interno del grande conoide dell'Adige, il quale risulta sovrainciso e terrazzato per l'azione erosiva degli alvei wurmiani ed attuali del fiume.

Mappa delle unità deposizionali del Veneto.  
Elaborazione 2010

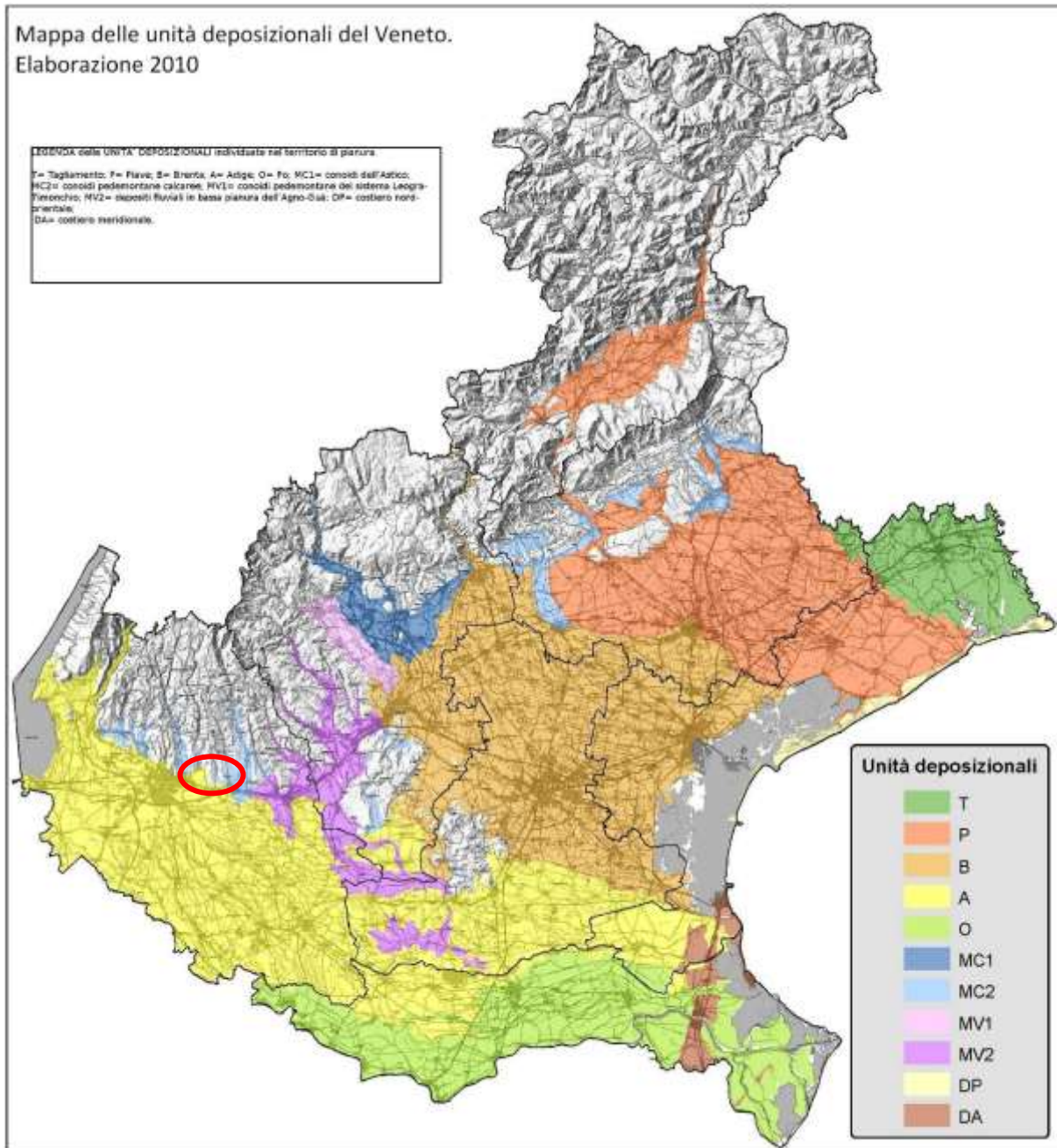


Figura 4-9 - Mappa delle unità deposizionali del Veneto (ARPAV, 2010). L'area di interesse è caratterizzata dall'unità deposizionale A=Adige.

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B	<b>FOGLIO</b> 27 di 71
<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>						

#### 4.3.3 Inquadramento idrogeologico

L'elemento idrografico principale del territorio di interesse e dell'intero territorio Veronese è rappresentato dal Fiume Adige, il cui alveo attuale scorre con direzione NW-SE con un corso piuttosto rettilineo e ben definito, fatta eccezione per alcuni meandri nella zona di Verona. Il territorio è interessato da numerosi scoli e canali i cui alvei sono stati spesso modificati e rettificati sia per esigenze di sviluppo urbanistico sia per l'uso agricolo.

#### Bacino idrogeologico dell'Alta Pianura Veronese (VRA)

Il sottosuolo dell'Alta Pianura Veronese è costituito prevalentemente da materiali sciolti a granulometria grossolana, ghiaioso-sabbiosi, di origine fluvioglaciale, depositati dal fiume Adige e dai corsi d'acqua provenienti dalle valli dei Monti Lessini, che hanno costruito grandi conoidi sovrapposte con spessori che raggiungono i 200 metri (Figura 4-10).

Questo materasso ghiaioso con permeabilità medio-elevata è caratterizzato da dalla presenza di un unico grande acquifero freatico indifferenziato che, procedendo verso SE si suddivide progressivamente in sistemi di più acquiferi sovrapposti e separati tra loro da livelli di sedimenti fini praticamente impermeabili. Questi livelli a minor permeabilità assumono notevole importanza nel settore delle risorgive, consentendo nel sottosuolo la strutturazione tipica del sistema multifalde in pressione e l'emergenza dei fontanili (Figura 4-11).

L'intero sistema idrogeologico è alimentato principalmente dalle dispersioni del tratto montano del Fiume Adige (decine di m<sup>3</sup>/s), dagli afflussi meteorici diretti (la piovosità media del territorio è di circa 950 mm/anno) che determinano un'infiltrazione di circa 300 mm a cui corrisponde una portata media annua di 3-4 m<sup>3</sup>/s, dalle dispersioni dei corsi d'acqua provenienti dalle valli dei Lessini, ed infine, in misura nettamente inferiore, dalle infiltrazioni provenienti dalle pratiche irrigue (circa 1 m<sup>3</sup>/s).

Come si evince dalla Carta idrogeologica dell'alta pianura dell'Adige - Scala 1:30000, che interessa una parte dell'area di interesse, la direzione media del deflusso idrico sotterraneo è NNW-SSE quindi subparallela alla direzione di deflusso del Fiume Adige, mentre il regime della falda è distinto da una sola fase di piena coincidente col periodo ricadente tra la fine dell'estate e l'inizio dell'autunno, e da una sola fase di magra all'inizio della primavera. Questo comportamento è analogo a quello del Fiume Adige, con uno sfasamento di circa 2-3 mesi.

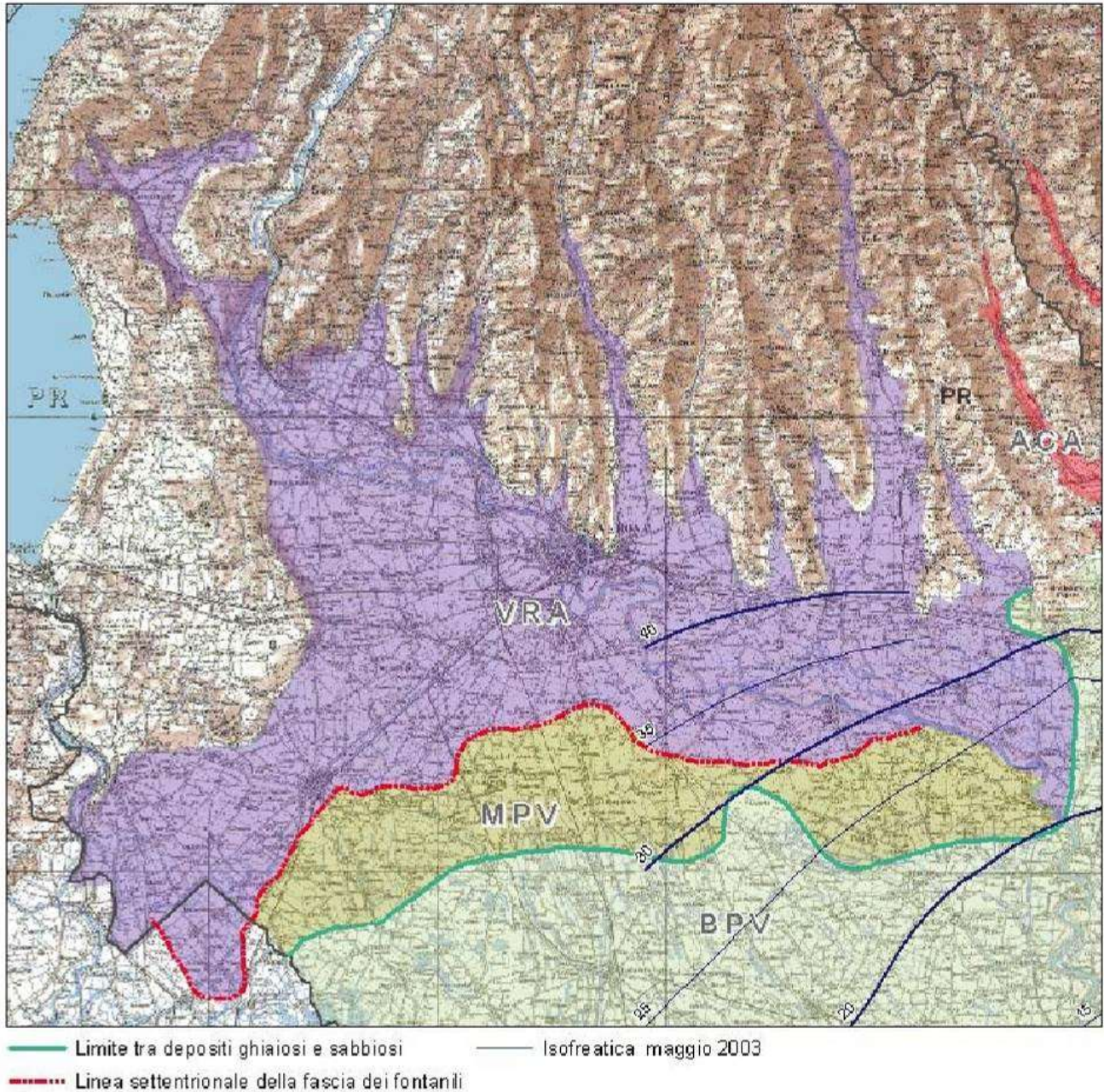


Figura 4-10 - Bacino idrogeologico dell'Alta Pianura Veronese (VRA)

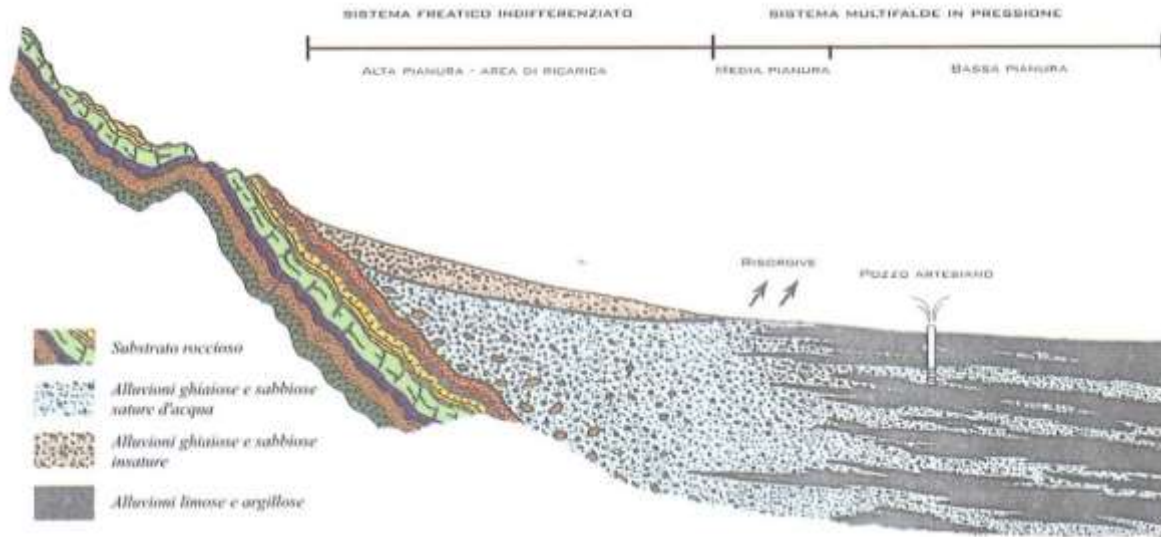


Figura 4-11 - Modello idrogeologico della Pianura Veneta (Prov. VE Serv. Geologico, 2011). Sezione tipo della pianura con direzione N-S. Si distingue la zona dell'Alta Pianura dove avviene la ricarica dell'acquifero, la zona di Media Pianura dove inizia a svilupparsi il sistema multi-falदे in pressione e in cui le acque freatiche vengono a giorno (fascia delle risorgive), ed infine la zona di Bassa Pianura.

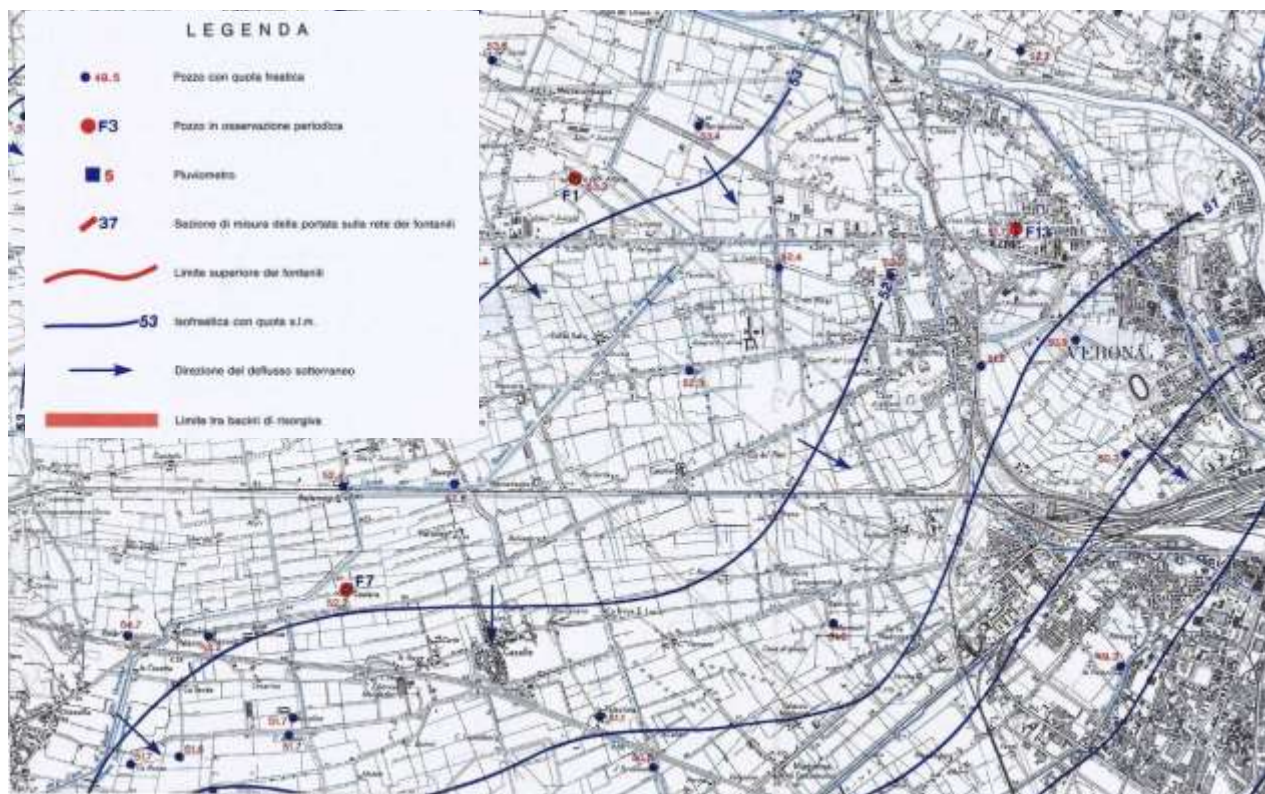


Figura 4-12 - CARTA IDROGEOLOGICA DELL'ALTA PIANURA DELL'ADIGE, A. Dal Prà e P. De Rossi –  
 scala 1:30000 (stralcio non in scala)

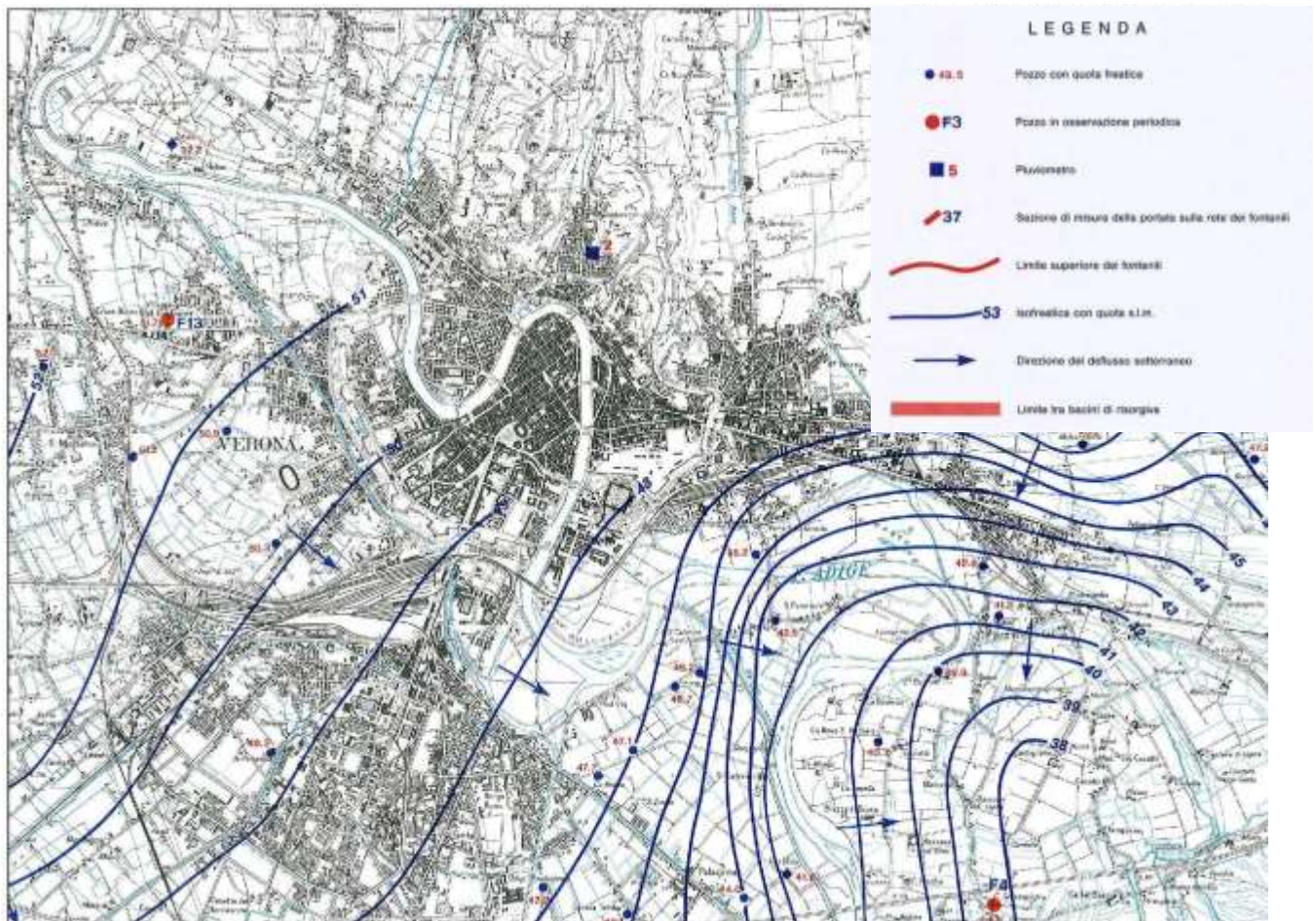


Figura 4-13 - CARTA IDROGEOLOGICA DELL'ALTA PIANURA DELL'ADIGE, A. Dal Prà e P. De Rossi –  
 scala 1:30000 (stralcio non in scala)

### Definizione della piezometrica

In riferimento ai dati puntuali lungo il profilo, la falda freatica si colloca alla profondità di circa 20/25 m da p.c. nei pressi dello svincolo A22 del Brennero e ad una profondità inferiore a 10/15 m da p.c. nella zona di San Michele. Nei pressi del Fiume Adige la piezometrica risale fino a raggiungere quote prossime al piano campagna.

L'andamento delle isopieze, espresse in m s.l.m., riportate nella cartografia idrogeologica allegata agli elaborati di progetto, è stato elaborato in riferimento ai dati di input della Regione Veneto, Dipartimento Difesa del Suolo e Foreste, acquisiti nell'ottobre 2016.

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo</b> <b>Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B

L'assetto idrogeologico concorda sostanzialmente con le misure effettuate in sito. Si segnala che, a tutt'oggi, è in essere il monitoraggio dei piezometri installati al fine di definire le oscillazioni della piezometria in un periodo di tempo significativo.

#### 4.3.4 Cartografia del piano stralcio per l'assetto idrogeologico

Si segnala che, in riferimento al Piano Stralcio per la tutela dal Rischio Idrogeologico Bacino dell'Adige (PAI), presa d'atto del Comitato Istituzionale Permanente con delibera n. 5/2018 del 27 dicembre 2018 del parere favorevole del decreto segretariale n.100 del 7 dicembre 2018 (avviso di presa d'atto del progetto di variante e adozione delle misure di salvaguardia, per estratto, nella Gazz. Uff. n. 124 del 29/05/2019). Ai sensi dell'art. 65, comma 7 del D.Lgs 3 aprile 2006, n.152 e s.m.i. le Norme di Attuazione della 3^ Variante e la relativa cartografia costituiscono misure di salvaguardia e sono entrate in vigore il giorno successivo alla pubblicazione della delibera nella Gazzetta Ufficiale, nell'area interessata dal progetto ferroviario di ingresso Verona Ovest, non sono presenti aree a rischio idrogeologico.

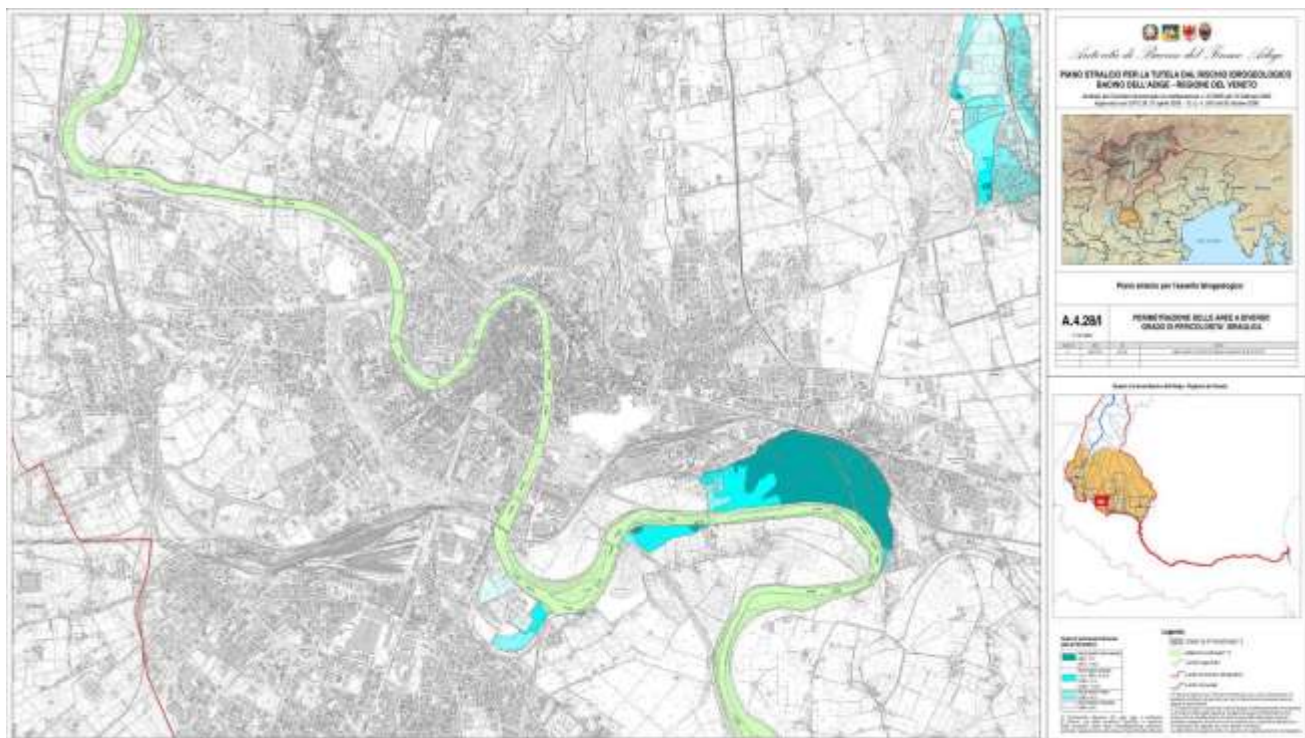


Figura 4-14 - Tavola A.4.28/I Perimetrazione delle aree a diverso grado di pericolosità idraulica.

## 4.4 USO PREGRESSO DEL SITO ED INTERFERENZE CON AREE A RISCHIO CONTAMINAZIONE

### 4.4.1 Siti contaminati e potenzialmente contaminati

Dalla consultazione del Geoportale (mappa dei siti potenzialmente contaminati) e dei dati territoriali della Regione Veneto aggiornato al 2020 e reperibile tramite il link: <http://geomap.arpa.veneto.it/maps/90/view>; è emerso che l'intervento in progetto (in tutte le sue aree), non interferisce con siti contaminati e/o potenzialmente contaminati censiti nell'anagrafe regionale come esplicitato nelle figure e tabelle che seguono.

I siti individuati sono ubicati tutti ad una distanza maggiore di 400 metri dalle aree di cantiere/lavoro più vicine, distanza ritenuta tale da non interferire con gli interventi di progetto.



Figura 4-15 - Localizzazione dell'area di intervento rispetto ai siti contaminati censiti nell'anagrafe regionale

Cod. Regionale	Nome sito	Comune	Tipo contaminazione	Tipologia	Esito procedimento	Procedura	Area	Distanza (m)
05VR003200	Area ex Cartiere di Verona	Verona	Attività industriale/commerciale	Siti a uso industriale o commerciale	Attivo	Ordinaria	125.035	400



Cod. Regionale	Nome sito	Comune	Tipo contaminazione	Tipologia	Esito procedimento	Procedura	Area	Distanza (m)
05VR000200	Area ex Gasometro	Verona	Attività industriale/commerciale	Siti a uso industriale o commerciale	Attivo	Ordinaria	20.528	700
05VR9PRB09	Area ex Arsenale Austriaco di Verona	Verona	Siti militari	Siti a uso verde pubblico, privato e residenziale	Attivo	Ordinaria	67.759	2.100
05VR002400	ESSO Italiana S.r.l. - p.v.f. 2254 (dismesso)	Verona	Punti vendita e depositi carburante	Siti a uso industriale o commerciale	Concluso	Ordinaria	1.093	2.000
05VR002500	ENI S.p.A. - p.v. 56057	Verona	Punti vendita e depositi carburante	Siti a uso industriale o commerciale	Attivo	Ordinaria	641	2.500
05VR005300	TAMOIL p.v. 1657	Verona	Punti vendita e depositi carburante	Siti a uso industriale o commerciale	Concluso	Ordinaria	774	1.700
05VR005700	Comune di Verona - Area ex ETI	Verona	Attività industriale/commerciale	Siti a uso industriale o commerciale	Attivo	Ordinaria	30.177	700
05VR9PRB12	Ex Cromatura Scaligera	San Giovanni Lupatoto	Attività industriale/commerciale	Siti a uso industriale o commerciale	Attivo	Ordinaria	4.604	4.600
05VR001100	A.G.S.M. Verona S.p.A. - Pozzo idropotabile pubblico di Poiano	Verona	Sversamento altre sostanze chimiche	Siti a uso verde pubblico, privato e residenziale	Attivo	Ordinaria	43.700	5.500
05VR004500	Quattro A s.a.s. di Adami Loris & C	Villafranca di Verona	Attività industriale/commerciale	Siti a uso industriale o commerciale	Attivo	Ordinaria	1.797	4.700
05VR003300	Ex cava MARCHI c/o Aeroporto "V.CATULLO" di Verona	Villafranca di Verona	Rifiuti urbani	Siti a uso industriale o commerciale	Attivo	Ordinaria	14.981	2.900
05VR005600	Ex Cava SIBERIE	Sommampagna	Rifiuti industriali	Siti ad uso agricolo	Concluso	Ordinaria	57.991	3.900

**Tabella 4-1 - Siti censiti in anagrafe regionale limitrofi alle aree di progetto**

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo</b> <b>Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B

### **Stabilimenti a rischio incidente rilevante (RIR)**

Dalla banca dati della Regione Veneto e della banca dati ISPRA è possibile consultare e verificare la presenza di eventuali stabilimenti a rischio di incidente rilevante nell'area oggetto delle attività in progetto. Nello specifico, non è stata riscontrata la presenza stabilimenti all'interno dei confini comunali.

Gli stabilimenti più vicini sono risultati ubicati nei comuni di San Martino Buon Albergo, Castelnuovo del Garda e Povegiano Veronese, ad una distanza di almeno 10 km dalle aree di progetto.



*Figura 4-16 - Localizzazione dell'area di intervento rispetto agli stabilimenti a rischio incidente rilevante*

#### **4.4.2 Analisi sull'uso pregresso del sito**

Le applicazioni di Google Earth ed il Geoportale Nazionale del Ministero dell'Ambiente mettono a disposizione dell'utenza foto aeree/satellitari ed ortofoto acquisite dal 1988 ad oggi. Attraverso l'utilizzo di questi dati, è possibile fornire un inquadramento storico delle aree di interesse, al fine di verificare eventuali attività e criticità ambientali storiche.

Si riportano quindi di seguito le fotografie raccolte in ordine cronologico dalle quali è possibile notare come l'area di progetto non ha subito modifiche sostanziali nel corso degli anni. Non si rilevano criticità ambientali.



Figura 4-17- Inquadramento satellitare 2020



*Figura 4-18 - Inquadramento satellitare 2018*



*Figura 4-19 - Inquadramento satellitare 2017*



*Figura 4-20 - Inquadramento satellitare 2015*



Figura 4-21 - Inquadramento satellitare 2014

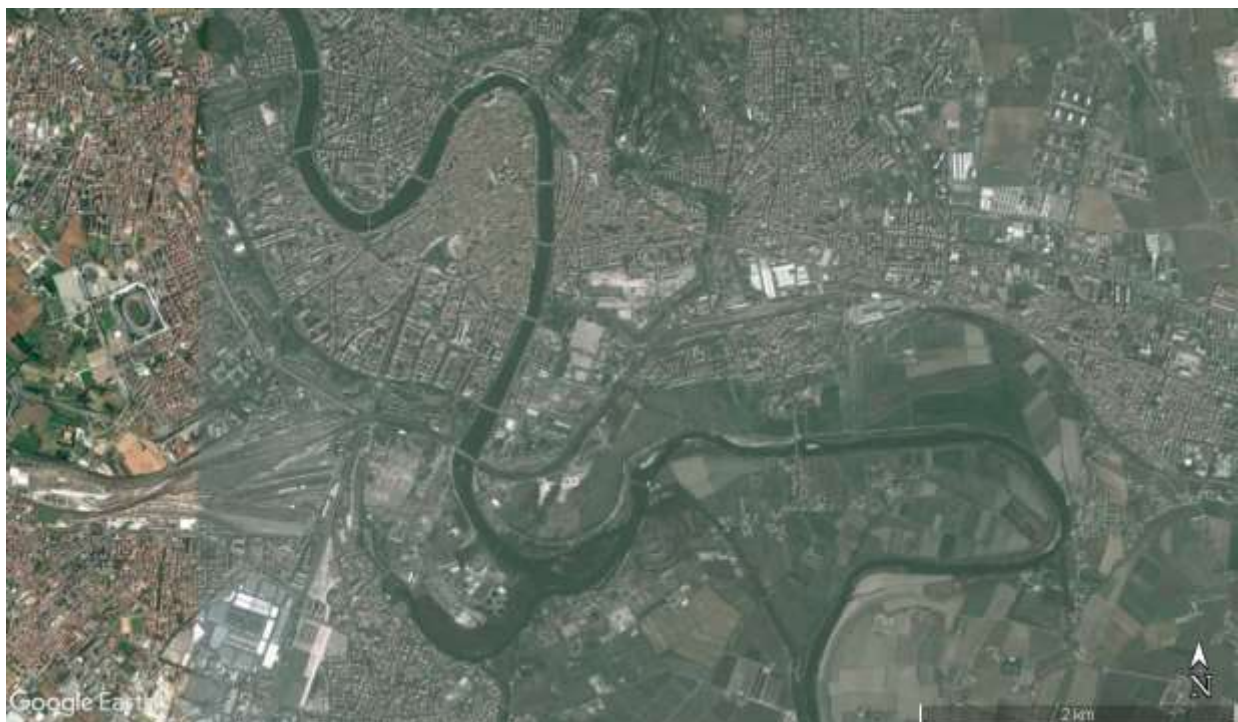


Figura 4-22 - Inquadramento satellitare 2012



Figura 4-23 - Inquadrimento satellitare 2009



Figura 4-24 - Inquadrimento satellitare 2007

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B



*Figura 4-25 - Inquadramento satellitare 2004*

#### *4.4.3 Valutazioni dell'interferenza*

A seguito della verifica della possibile interferenza degli interventi in progetto con eventuali siti contaminati o potenzialmente contaminati, in base alla banca dati regionale, è possibile evidenziare che nessuno degli interventi interferisce con procedimento ambientale attivo.

Al fine, comunque, di acquisire maggiori informazioni sui siti individuati ed eventualmente ulteriori integrazioni di dati in possesso degli Enti, in via cautelativa, in data 30/09/2021, per via PEC, è stata avviata la richiesta di accesso agli atti alla Regione Veneto.

#### *Interferenza con opere di progetto*

Nel presente paragrafo l'analisi è volta alla individuazione delle possibili interferenze tra le opere di progetto e i siti individuati e censiti nell'anagrafe regionale.

A seguito della ricognizione effettuata è possibile rilevare che nessuno degli interventi è ubicato ad una distanza tale da interferire con i siti contaminati e potenzialmente contaminati censiti nell'anagrafe regionale; tutti i siti, infatti, sono ubicati ad una distanza superiore ad 1 km dalle opere di progetto, a meno dei seguenti siti:

- **05VR003200**, ubicato a 400 metri dalle opere di progetto;
- **05VR005700**, ubicato a 800 metri dalle opere di progetto.

In merito ai dettagli riguardo la tipologia degli interventi di bonifica o messa in sicurezza, l'estensione della sorgente di ciascuna matrice potenzialmente contaminata e le stesse matrici interessate, si rimane in attesa di ricevere ulteriori dettagli e informazioni dagli Enti competenti al fine di definire potenziali ed eventuali criticità per le successive fasi progettuali.



Figura 4-26: Localizzazione delle aree di progetto rispetto ai siti contaminati censiti nell'anagrafe regionale

#### Interferenza con aree di cantiere

Nel presente paragrafo si vanno a identificare le eventuali interferenze tra le aree di cantiere e i siti individuati e censiti nell'anagrafe regionale.

Di seguito si riporta uno stralcio planimetrico generale dove vengono visualizzate tutte le aree di cantiere e tutti i siti individuati e uno stralcio planimetrico di dettaglio dove vengono localizzati i siti ubicati a distanza inferiore di 750 metri dalle aree di cantiere:

- **05VR005700** ubicato a 750 metri dal cantiere AS.05;



- **05VR003200** ubicato a 400 metri dal cantiere CO.01 e 350 metri dal cantiere AT.10.



Figura 4-27 Localizzazione delle aree di cantiere rispetto ai siti contaminati censiti nell'anagrafe regionale, cerchiati in rosso i siti ubicati ad una distanza inferiore di 800 metri dalle aree di cantiere



Figura 4-28 Localizzazione delle aree di cantiere rispetto ai siti contaminati censiti nell'anagrafe regionale ubicati ad una distanza inferiore di 750 metri

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B

A seguito della ricognizione effettuata è possibile indicare che nessuna delle aree di cantiere è ubicata ad una distanza tale da interferire con i siti individuati e censiti nell'anagrafe regionale, infatti, tutti i siti sono ubicati ad una distanza superiore ai 350 metri.

#### 4.5 CAMPIONAMENTO ED ANALISI

Al fine di definire le corrette modalità di gestione dei materiali di risulta che verranno movimentati per la realizzazione delle opere in progetto e che si prevede di riutilizzare nell'ambito delle lavorazioni, è stata eseguita una campagna di indagini ambientali dei terreni nelle aree oggetto di intervento, previo censimento dei siti contaminati e potenzialmente contaminati eventualmente interferenti con tali opere e descritti sopra.

Nel correlato elaborato "IN1A10D69SHTA0000001A\_PUT-SCHEDA SITI DI PRODUZIONE" si riportano la rappresentazione grafica dei punti di campionamento, le tabelle riepilogative e relativi rapporti di prova delle indagini di caratterizzazione ambientale svolte.

##### 4.5.1 Indagini ambientali sui terreni lungo linea

Nel dettaglio sono stati prelevati:

- n. **13 campioni** di terre e rocce da scavo (da cassetta catalogatrice) prelevati in corrispondenza dei punti riportati in **Tabella 4-2**, per successiva caratterizzazione ambientale secondo quanto previsto dalla Tabella 4.1 del D.P.R. 120/2017 e confronto con i limiti della Tab. 1 All. 5 al Titolo V della Parte IV D.Lgs. 152/06 e s.m.i.;

<b>ID sondaggio</b>	<b>Spessore da campionare</b>		
SD5	-	da -2 m a -3 m	da -4 m a -5 m
SD6	da 0 m a -1 m	da -2 m a -3 m	da -4 m a -5 m
SD9	-	da -2 m a -3 m	da -4 m a -5 m
SD10	da 0 m a -1 m	da -2 m a -3 m	da -4 m a -5 m
SD12	da 0 m a -1 m	da -2 m a -3 m	da -4 m a -5 m

**Tabella 4-2 - Punti di prelievo terreni - sondaggi**

Si precisa che in corrispondenza dei sondaggi SD5 e SD9 è stata riscontrata la presenza di materiale di riporto; pertanto, lo stesso è stato campionato e caratterizzato ai sensi del DPR 13 giugno 2017, n. 120.

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B

Nel dettaglio si è proceduto alla quantificazione della componente di materiali di origine antropica frammenti ai materiali di origine naturale secondo la metodologia di cui all'allegato 10 del sopraccitato riferimento normativo. Si precisa che tale determinazione è stata effettuata considerando come peso totale del campione sottoposto ad analisi (sopravaglio+sottovaglio) quello relativo all'orizzonte stratigrafico del primo metro di sondaggio.

Il materiale di riporto per il quale è stata registrata una % di materiale di origine antropica < 20% è stato, oltre ad essere caratterizzato secondo quanto previsto dalla Tabella 4.1 del D.P.R. 120/2017 e confronto con i limiti della Tab. 1 All. 5 al Titolo V della Parte IV D.Lgs. 152/06 e s.m.i., sottoposto al test di cessione, effettuato secondo le metodiche di cui al decreto del Ministro dell'ambiente del 5 febbraio 1998, recante «Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero», pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 88 del 16 aprile 1998, per i parametri pertinenti, ad esclusione del parametro amianto, al fine di accertare il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione delle acque sotterranee, di cui alla Tabella 2, Allegato 5, al Titolo 5, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

Qualora fosse stata registrata una % di materiale di origine antropica > 20%, il campione di materiale di riporto sarebbe stato sottoposto a caratterizzazione ai fini dell'eventuale gestione come rifiuto e test di cessione secondo quanto previsto dal D.Lgs. n°121 del 03/09/2020 GU 14 settembre 2020 n°228 e dall'Allegato 3 del D.M. 05/02/98.

Si riporta in **Tabella 4-3** l'elenco dei campioni prelevati:

<i>ID sondaggio</i>	<i>Spessore campionato</i>
SD5	da 0 m a -1 m
SD9	da 0 m a -1 m

**Tabella 4-3 - Punti di prelievo campioni di materiale di riporto**

Nello specifico le indagini previste si sono svolte mediante il prelievo e le successive analisi di laboratorio di campioni di terreni/materiali di scavo, prelevati all'interno delle aree oggetto di intervento, in corrispondenza dei tratti interessati dalla movimentazione e rimozione dei materiali stessi, ai fini della corretta gestione ai sensi del D.P.R. 120/2017 e della Parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.; in particolare sono state eseguite le seguenti analisi:

- caratterizzazione ambientale dei terreni al fine di verificare il rispetto dei limiti di cui alla Colonna A e B della Tabella 1 dell'Allegato 5 alla Parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.;

- caratterizzazione e omologa, al fine della determinazione della pericolosità, della classificazione ed attribuzione del corretto codice CER, secondo gli allegati D e I del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.;
- esecuzione del test di cessione, al fine di determinare il corretto impianto di destinazione finale (possibilità del recupero ai sensi dell'Allegato 3 del D.M. 05/02/98 e s.m.i. o corretto smaltimento ai sensi del D.Lgs. n°121 del 03/09/2020 GU 14 settembre 2020 n°228).
- valutazione della % di materiale di origine antropica frammista al materiale di origine naturale e test di cessione sul materiale di riporto al fine di accertare il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione delle acque sotterranee, di cui alla Tabella 2, Allegato 5, al Titolo 5, della Parte IV, del D.Lgs. 152/06 e s.m.i..

#### 4.5.2 Caratterizzazione dei terreni/materiali di riporto

Il n.15 campioni terreno/materiale di riporto è stato prelevato nelle date del 06 e 07 Settembre 2021. Nelle tabelle che seguono sono riportate la denominazione dei campioni prelevati e la tipologia di analisi eseguita.

Accettazione	Tipologia	Denominazione campione
2145535-006	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio SD5 da -2 m a -3 m" - PD Nodo di Verona I° lotto Ingresso est
2145535-007	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio SD5 da -4 m a -5 m" - PD Nodo di Verona I° lotto Ingresso est
2145535-008	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio SD6 da 0 m a -1 m" - PD Nodo di Verona I° lotto Ingresso est
2145535-009	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio SD6 da -2 m a -3 m" - PD Nodo di Verona I° lotto Ingresso est
2145535-010	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio SD6 da -4 m a -5 m" - PD Nodo di Verona I° lotto Ingresso est
2145535-012	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio SD9 da -2 m a -3 m" - PD Nodo di Verona I° lotto Ingresso est
2145535-013	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio SD9 da -4 m a -5 m" - PD Nodo di Verona I° lotto Ingresso est
2145535-014	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio SD10 da 0 m a -1 m" - PD Nodo di Verona I° lotto Ingresso est
2145535-015	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio SD10 da -2 m a -3 m" - PD Nodo di Verona I° lotto Ingresso est
2145535-016	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio SD10 da -4 m a -4,5 m" - PD Nodo di Verona I° lotto Ingresso est



PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO  
FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO  
AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST

Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN1A	LOTTO 20 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. B	FOGLIO 45 di 71
--	------------------	------------------	----------------	------------------------	-----------	--------------------

Accettazione	Tipologia	Denominazione campione
2145535-017	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio SD12 da 0 m a -1 m" - PD Nodo di Verona 1° lotto Ingresso est
2145535-018	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio SD12 da -2 m a -3 m" - PD Nodo di Verona 1° lotto Ingresso est
2145535-019	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Sondaggio SD12 da -4 m a -5 m" - PD Nodo di Verona 1° lotto Ingresso est

**Tabella 4-4 – Riepilogo dei campioni terreni prelevati dai sondaggi**

Accettazione	Tipologia	Denominazione campione
2145535-026	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Materiale di riporto "Sondaggio SD5 da 0 m a -1 m" - PD Nodo di Verona 1° lotto Ingresso est
2145535-027	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Materiale di riporto "Sondaggio SD9 da 0 m a -1 m" - PD Nodo di Verona 1° lotto Ingresso est

**Tabella 4-5 - Riepilogo dei campioni materiale di riporto prelevati dai sondaggi**

I criteri di scelta dei campioni da prelevare, e successivamente da inviare al laboratorio, si sono basati oltre che sui criteri sopra riportati, anche sull'esame visivo, su eventuali cambi rilevanti di litologia riscontrati e sulla presenza di possibili evidenze di contaminazione. Infatti, qualora si fosse verificato anche uno solo dei casi sopra menzionati si sarebbe provveduto ad effettuare, in corrispondenza dell'anomalia riscontrata, ulteriori prelievi integrativi.

La formazione dei campioni è avvenuta al momento del prelievo del materiale, in modo da impedire la perdita di composti organici volatili e da assicurarne la significatività.

I campioni prelevati sono stati posti in barattoli di plastica, barattoli in vetro e vials, contraddistinti da opportuna etichetta indelebile riportante la localizzazione del sito, il numero del sondaggio, la profondità e la data del prelievo.

#### 4.5.3 Analisi sui campioni di terreni/materiali di riporto

Il Laboratorio C.A.D.A. snc ha effettuato le prove analitiche in conformità alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 in quanto le stesse risultano accreditate da Accredia con il numero 0439 L.

Nella tabella seguente è riportato l'elenco dei parametri analizzati e l'indicazione del metodo di analisi utilizzato.

Parametro	U.M.	Metodo	LOD	Accreditato
Campionamento per prove chimiche		Manuale UNICHIM n°196/2: 2004 (p.f. 5 e 6)		SI
<b>PARAMETRI CHIMICI</b>		-		
<b>METALLI</b>		-		
Arsenico	mg/kg	UNI EN 13657:2004 + UNI EN 16170:2016	< 1	SI
Cadmio	mg/kg	UNI EN 13657:2004 + UNI EN 16170:2016	< 0,2	SI

Parametro	U.M.	Metodo	LOD	Accreditato
Cobalto	mg/kg	UNI EN 13657:2004 + UNI EN 16170:2016	< 1	SI
Nichel	mg/kg	UNI EN 13657:2004 + UNI EN 16170:2016	< 1	SI
Piombo	mg/kg	UNI EN 13657:2004 + UNI EN 16170:2016	< 1	SI
Rame	mg/kg	UNI EN 13657:2004 + UNI EN 16170:2016	< 5	SI
Zinco	mg/kg	UNI EN 13657:2004 + UNI EN 16170:2016	< 5	SI
Mercurio	mg/kg	UNI EN 13657:2004 + UNI EN 16170:2016	< 0,1	SI
Cromo Totale	mg/kg	UNI EN 13657:2004 + UNI EN 16170:2016	< 1	SI
Cromo esavalente (VI)	mg/kg	EPA 3060 A 1996 + EPA 7199:1996	< 0,2	SI
<b>IDROCARBURI</b>		-		
Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3620C 2014 + EPA 8015C 2007	< 1	SI
<b>COMPOSTI ORGANICI AROMATICI</b>		-		
Benzene	mg/kg	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2018	< 0,01	SI
Etilbenzene	mg/kg	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2018	< 0,01	SI
Stirene	mg/kg	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2018	< 0,01	SI
Toluene	mg/kg	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2018	< 0,01	SI
Xileni	mg/kg	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2018	< 0,01	SI
Sommatoria composti organici aromatici	mg/kg	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2018	< 0,01	SI
<b>IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI</b>		-		
Benzo(a)antracene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01	SI
Benzo(a)pirene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01	SI
Benzo(b)fluorantene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01	SI
Benzo(k)fluorantene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01	SI
Benzo(g,h,i)perilene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01	SI
Crisene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01	SI
Dibenzo(a,e)pirene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01	SI
Dibenzo(a,l)pirene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01	SI
Dibenzo(a,i)pirene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01	SI
Dibenzo(a,h)pirene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01	SI
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01	SI
Indenopirene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01	SI
Pirene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01	SI
Sommatoria composti aromatici policiclici	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01	SI
<b>AMIANTO</b>		-		
Amianto SEM (Analisi Quantitativa)*	mg/kg	DM 06/09/1994 GU SO n°288 10/12/1994 All.to 1	< 100	SI
Amianto SEM (Analisi Qualitativa)	Pres.- Ass./1Kg	DM 06/09/1994 GU SO n°288 10/12/1994 All.to 1	-	SI

\* da attivare solo nel caso di esito positivo della voce "Amianto SEM (Analisi Qualitativa)"

**Tabella 4-6 - Set analitico caratterizzazione ambientale terreni (DPR 120/2017).**

Descrizione	U. M.	Metodo	LOD
Campionamento		UNI 10802:2013	

Descrizione	U. M.	Metodo	LOD
<b>PARAMETRI CHIMICI</b>		-	
Percentuale di materiale di origine antropica	%	Dpr 13 giugno 2017 n° 120 All. 10	< 0,01
<b>Parametri di ammissibilità sull'eluato da test di cessione UNI EN 12457-2:2004</b>		-	
Cianuro TC	µg/l	M.U. 2251 2008 p.to 8.2.2	< 5
Cloruro TC	µg/l	UNI EN ISO 10304-1:2009	< 0,1
Fluoruro TC	µg/l	UNI EN ISO 10304-1:2009	< 50
Nitrati TC	µg/l	UNI EN ISO 10304-1:2009	< 0,01
Solfato TC	mg/l	UNI EN ISO 10304-1:2009	< 0,1
Arsenico TC	µg/l	UNI EN ISO 17294-2:2016	< 0,5
Bario TC	µg/l	UNI EN ISO 17294-2:2016	< 0,1
Berillio TC	µg/l	UNI EN ISO 17294-2:2016	< 0,5
Cadmio TC	µg/l	UNI EN ISO 17294-2:2016	< 0,5
Cobalto TC	µg/l	UNI EN ISO 17294-2:2016	< 0,5
Cromo TC	µg/l	UNI EN ISO 17294-2:2016	< 0,5
Mercurio TC	µg/l	UNI EN ISO 17294-2:2016	< 0,1
Nichel TC	µg/l	UNI EN ISO 17294-2:2016	< 1
Piombo TC	µg/l	UNI EN ISO 17294-2:2016	< 0,5
Rame TC	µg/l	UNI EN ISO 17294-2:2016	< 5
Selenio TC	µg/l	UNI EN ISO 17294-2:2016	< 1
Vanadio TC	µg/l	UNI EN ISO 17294-2:2016	< 0,1
Zinco TC	µg/l	UNI EN ISO 17294-2:2016	< 10
COD TC	mg O2/l	APAT CNR IRSA 5130 Man 29 2003	< 5
pH TC	unità	UNI EN ISO 10523:2012	0

**Tabella 4-7. Set analitico caratterizzazione materiale di riporto - % antropico + TC.**

#### 4.5.4 Risultati delle analisi sui campioni di terreni

Le tabelle riepilogative dei risultati delle determinazioni analitiche eseguite sui campioni di terreno, evidenziano i superamenti dei limiti di cui alla Colonna A (siti a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale) e alla Colonna B (siti a destinazione d'uso commerciale e industriale), Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/06. Per i risultati delle analisi si rimanda all'allegato 4 delle *Schede tecniche dei siti di produzione*.

L'analisi delle tabelle evidenzia, per i campioni prelevati in corrispondenza dei sondaggi eseguiti alcuni superamenti dei limiti di Colonna A (siti a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale) Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV del D.Lgs.152/06 ma nessun superamento dei limiti di Colonna B (siti ad uso commerciale e industriale) Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV del D.Lgs.152/06.

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B	<b>FOGLIO</b> 48 di 71
<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>						

Alla luce dei risultati delle analisi chimiche effettuate sui terreni e sui materiali di riporto occorre segnalare che per il progetto in esame si prenderà come riferimento la destinazione d'uso: **uso Commerciale e Industriale** e dunque le CSC della tabella 1 - colonna B previste dal D. Lgs. 152/06 dell'Allegato 5 al Titolo V, Parte IV o con i Valori di Fondo Naturale qualora stabiliti dagli Enti per l'area in esame, in conformità a quanto previsto dall'Allegato 4 al DPR 120/2017.

#### 4.5.5 Risultati delle analisi sui campioni di materiali di riporto


I risultati delle determinazioni analitiche eseguite sui campioni di materiale di riporto, per i quali si rimanda all'allegato 4 delle *Schede tecniche dei siti di produzione* evidenziano che la componente di materiali di origine antropica frammisti ai materiali di origine naturale risulta inferiore al 20% in peso per tutti i campioni di materiale di riporto prelevati.

Si è pertanto proceduto alla caratterizzazione ambientale secondo quanto previsto alla Tabella 4.1 del D.P.R. 120/2017 ed all'esecuzione del + TC secondo DM 5 febbraio 1998.

Dagli esiti si rileva che si assiste a alcuni superamenti dei limiti di Colonna A (siti a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale). Inoltre, **non si assiste a superamenti dei limiti di Colonna B** (siti ad uso commerciale e industriale) Tabella 1 Allegato 5 Titolo V Parte IV del D.Lgs.152/06.

Il test di cessione ha invece evidenziato il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione delle acque sotterranee, di cui alla Tabella 2, Allegato 5, al Titolo 5, della Parte IV, del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. per tutti i parametri previsti ad eccezione del Piombo e dell'Arsenico per il campione 2145535-005, pertanto il materiale movimentato nell'intorno dell'area del sondaggio SD5 sarà gestito in qualità di rifiuto.



	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B	<b>FOGLIO</b> 49 di 71
<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>						

## 5 METODICHE DI SCAVO, ANALISI E OPERAZIONI SUI TERRENI

### 5.1 TECNICHE DI SCAVO

#### 5.1.1 Scavo Tradizionale

Per la realizzazione della maggior parte delle suddette opere in terra si prevedono unicamente tecniche di scavo eseguite attraverso tradizionali mezzi meccanici con benna (principalmente escavatori a braccio rovescio).

#### 5.1.2 Fondazioni e opere di sostegno

Le opere di fondazione comportano attività di perforazione eseguite anche mediante l'utilizzo di fanghi bentonitici (esecuzione pali trivellati e diaframmi) che non comporteranno alcuna modificazione delle caratteristiche di base dei materiali scavati. Nello specifico, la realizzazione dei diaframmi funzionali alle fondazioni delle opere d'arte mediante l'aggiunta di bentonite verrà eseguita tramite idrofresa con annesso sistema di filtropressa: il materiale scavato in uscita dal processo di produzione (idrofresa+filtropressa), pertanto, presenterà già i requisiti merceologici e prestazionali, oltreché ambientali, per poter essere gestito in qualità di sottoprodotto. A tal proposito si rimanda all'Allegato 3 "Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile", redatto da GEEG, startup di "La Sapienza" Università di Roma.

### 5.2 QUADRO DEI MATERIALI DI SCAVO PRODOTTI

I materiali da scavo che verranno prodotti dalla realizzazione delle opere in oggetto, nell'ottica del rispetto dei principi ambientali di favorire il riutilizzo piuttosto che lo smaltimento saranno, ove possibile, reimpiegati nell'ambito delle lavorazioni a fronte di un'ottimizzazione negli approvvigionamenti esterni o, in alternativa, conferiti a siti esterni.

Si precisa che, in riferimento ai fabbisogni dell'opera in progetto e alla caratterizzazione ambientale eseguita in fase progettuale, quota parte dei materiali presentano caratteristiche geotecniche e chimiche idonee per possibili utilizzi interni quali formazione di rilevati, rinterri, riempimenti e coperture vegetali.

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B

In particolare, sulla base dei risultati ottenuti a seguito delle indagini di caratterizzazione ambientale svolte nel mese di settembre 2021 e delle caratteristiche geotecniche dei materiali scavati, gli interventi necessari alla realizzazione del progetto in questione saranno caratterizzati dai seguenti flussi di materiale.

La realizzazione delle opere previste determina la produzione complessiva di circa **645.730 mc**.

Rispetto al volume totale di materiali prodotti circa **126.270 mc** verranno riutilizzati all'interno del sito di produzione.

La realizzazione delle opere previste prevederà il conferimento presso l'esterno di circa **519.460 mc** di materiale, in qualità di rifiuto (**141.210 mc** assimilabili a ballast e **378.250 mc** come terre e rocce da scavo).

### 5.3 ATTIVITÀ DI CONTROLLO E MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA

Come già sottolineato precedentemente, pur ritenendo la fase di indagine preliminare sopra descritta esaustiva, soprattutto considerando che le tecniche di scavo che verranno utilizzate non porteranno alla modificazione delle caratteristiche dei materiali scavati e già caratterizzati, si procederà comunque, in corso d'opera, ad eseguire ulteriori indagini volte esclusivamente a confermare quanto già evidenziato dalle indagini eseguite in fase progettuale. Tale approccio risponde inoltre a quanto precedentemente indicato dal MATTM nel corso degli iter autorizzativi dei PUT precedentemente approvati e redatti dalla scrivente.

Di seguito si riportano quindi i criteri generali di esecuzione della caratterizzazione in corso d'opera che avverrà conformemente a quanto stabilito dall'Allegato 9 del D.P.R. 120/2017.

#### 5.3.1 Modalità di caratterizzazione dei materiali di scavo

Il D.P.R. 120/2017 nell'Allegato 9 "Procedure di campionamento in corso d'opera e per i controlli e le ispezioni" – Parte A "Caratterizzazione delle terre e rocce da scavo in corso d'opera - verifiche da parte dell'esecutore" riporta che "Le attività di caratterizzazione durante l'esecuzione dell'opera possono essere condotte a cura dell'esecutore, in base alle specifiche esigenze operative e logistiche della cantierizzazione, secondo una delle seguenti modalità:

- su cumuli all'interno di opportune aree di caratterizzazione,
- direttamente sull'area di scavo e/o sul fronte di avanzamento,
- sull'intera area di intervento.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO</b> <b>FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO</b> <b>AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo</b> <b>Relazione Generale</b>	COMMESSA IN1A	LOTTO 20 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. B

*Per il trattamento dei campioni al fine della loro caratterizzazione analitica, il set analitico, le metodologie di analisi, i limiti di riferimento ai fini del riutilizzo si applica quanto indicato negli allegati del medesimo D.P.R.*

In riferimento alle specifiche esigenze operative e logistiche della cantierizzazione, i materiali di scavo prodotti dalla realizzazione delle opere previste dal Progetto Definitivo saranno caratterizzati su cumuli all'interno delle aree di stoccaggio, opportunamente distinte e identificate con adeguata segnaletica.

Appare evidente che il Programma Lavori potrà essere approfondito solo in fase di sviluppo della Progettazione Esecutiva ed in relazione alle specifiche esigenze operative di cantiere, pertanto, come previsto dal D.P.R. 120/2017, le caratterizzazioni in corso d'opera potrebbero essere eseguite presso opportune "piazzole di caratterizzazione" e non necessariamente in corrispondenza delle aree di stoccaggio/siti di deposito in attesa di utilizzo.

Come prescritto dall'Allegato 9 del D.P.R. 120/2017, le piazzole di caratterizzazione saranno impermeabilizzate al fine di evitare che le terre e rocce non ancora caratterizzate entrino in contatto con la matrice suolo ed avranno superficie e volumetria sufficiente a garantire il tempo di permanenza necessario per l'effettuazione del campionamento e delle analisi. Le modalità di gestione dei cumuli dovranno garantirne la stabilità, l'assenza di erosione da parte delle acque e la dispersione in atmosfera di polveri, anche ai fini della salvaguardia dell'igiene e della salute umana, nonché della sicurezza sui luoghi di lavoro ai sensi del D.Lgs. 81/2008.

In riferimento al bilancio dei materiali riportato nei paragrafi precedenti, si riporta di seguito una tabella riepilogativa del numero di cumuli che si prevede di produrre dai materiali di scavo prodotti da ciascuna macrocategoria di opera.

Verona Est	TOTALE SOTTOPRODOTTI [mc]	NUMERO ANALISI PUT
		[1 ogni 5.000 mc]
Totale	126.270	25

Rispetto ai **n.25** cumuli complessivamente realizzabili, il numero dei cumuli da campionare (che verranno scelti in modo casuale) sarà determinato mediante la formula:

$$m = k n^{1/3}$$

dove:

m = numero totale dei cumuli da campionare;

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B

n = numero totale dei cumuli realizzabili dall'intera massa;

k = costante, pari a 5

**Applicando la formula, dei n = 25 cumuli realizzabili dall'intera massa di materiali di scavo da verificare per le opere all'aperto si prevede di analizzarne m ~ 15.**

Il campionamento, come previsto dallo stesso Allegato 9 al D.P.R. 120/17, sarà effettuato in modo tale da ottenere un campione rappresentativo secondo i criteri, le procedure, i metodi e gli standard. In particolare si prevede di formare, per ciascun cumulo omogeneo di volume pari a 5.000 mc, un campione medio composito prelevando almeno 8 incrementi di cui 4 da prelievi profondi e altrettanti da prelievi superficiali da più punti sparsi sullo stesso cumulo a mezzo di escavatore meccanico a benna rovescia. Gli incrementi prelevati dovranno essere miscelati tra loro al fine di ottenere un campione medio composito rappresentativo dell'intera massa da sottoporsi alle determinazioni analitiche previste.

Sulla base di quanto riportato nell'Allegato 4 "Procedure di caratterizzazione chimico-fisiche e accertamento delle qualità ambientali" del D.P.R. 120/17, i campioni da portare in laboratorio saranno privi della frazione maggiore di 2 cm (da scartare in campo) e le determinazioni analitiche saranno condotte sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm. La concentrazione del campione sarà determinata riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro campionato (frazione compresa tra 2 cm e 2 mm). In caso di terre e rocce da scavo provenienti da scavi di sbancamento in roccia massiva, la caratterizzazione ambientale è eseguita previa porfirizzazione dell'intero campione.

Le analisi chimico-fisiche saranno condotte adottando metodologie ufficialmente riconosciute per tutto il territorio nazionale, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite.

Nell'impossibilità di raggiungere tali limiti di quantificazione saranno 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.

Su tutti i campioni prelevati saranno ricercati i parametri di cui alla Tabella 4.1 del D.P.R. 120/2017.

In riferimento alle specifiche esigenze operative e logistiche della cantierizzazione, verrà valutata l'opportunità di procedere all'adozione – in maniera integrata – sia della caratterizzazione delle terre e rocce da scavo su cumuli (con le modalità sopra descritte) sia sul fronte di avanzamento dei lavori.

In tal caso, in linea con quanto previsto dal D.P.R. 120/2017, la caratterizzazione sull'area di scavo o sul fronte di avanzamento verrà eseguita indicativamente ogni 500 m di avanzamento del fronte della

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B

galleria e in ogni caso in occasione dell'inizio dello scavo della galleria, ogni qual volta si verificano variazioni del processo di produzione o della litologia delle terre e rocce scavate, nonché, comunque, nei casi in cui si riscontrino evidenze di potenziale contaminazione.

Il campione medio sarà ottenuto da sondaggi in avanzamento ovvero dal materiale appena scavato dal fronte di avanzamento. In quest'ultimo caso si preleveranno almeno 8 campioni elementari, distribuiti uniformemente sulla superficie dello scavo, al fine di ottenere un campione composito che, per quartatura, rappresenterà il campione finale da sottoporre ad analisi chimica.

### 5.3.2 Rispetto dei requisiti di qualità ambientale

Il rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui all'art. 184 bis, comma 1, lettera d), del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. per l'utilizzo dei materiali da scavo come sottoprodotti, è garantito se il contenuto di sostanze inquinanti all'interno dei materiali da scavo è inferiore alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) di cui alla Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica dei siti di produzione (Colonna B) e dei siti di destinazione (Colonna A), o ai valori di fondo naturali.

Si ricorda che secondo quanto previsto dal D.P.R. 120/2017, *i materiali da scavo sono utilizzabili per reinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, miglioramenti fondiari o viari, recuperi ambientali oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali:*

- *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).*

In riferimento alle analisi eseguite in fase progettuale i materiali di scavo potranno essere tutti conferiti in siti a destinazione d'uso commerciale/industriale (Colonna B per le wbs interne al progetto); in riferimento ai siti di destinazione esterni individuati, quali cave da riambientalizzare, invece, potranno essere utilizzati solo quei materiali che presentano concentrazioni conformi a quelle proposte per l'uso verde/residenziale (Colonna A).

Nel caso in cui le indagini in corso d'opera mostrassero valori di concentrazione degli analiti ricercati superiori alle CSC di cui alla Colonna B, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. n. 152/2006, si provvederà a gestire il materiale in questione in ambito normativo di rifiuto ai sensi della Parte IV del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i.

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B

### 5.3.3 Trattamenti di normale pratica industriale

Al fine di migliorare le caratteristiche merceologiche dei materiali di scavo e renderne l'utilizzo maggiormente produttivo e tecnicamente efficace, si prevede di sottoporli a trattamenti di normale pratica industriale, così come definiti dall'Allegato 3 del DPR 120/2017.

In particolare, al fine di garantire ai sottoprodotti il rispetto delle migliori caratteristiche meccaniche e prestazionali tutti i materiali che si prevede di riutilizzare all'interno dell'opera saranno sottoposti alle seguenti operazioni di normale pratica industriale:

- la selezione granulometrica del materiale da scavo mediante vagliatura, per tutti i materiali provenienti dagli scavi da reimpiegare internamente (in stessa o in altra wbs) per la realizzazione di rilevati/rinterri/riempimenti; la vagliatura avverrà all'interno delle aree di cantiere;
- la riduzione volumetrica mediante frantumazione, per tutti i materiali provenienti dagli scavi delle opere in sotterraneo da reimpiegare internamente (in stessa o in altra wbs) per la realizzazione di rilevati/rinterri/riempimenti; la frantumazione avverrà mediante l'utilizzo di un frantoio mobile da posizionare all'interno delle aree di cantiere.

### 5.3.4 Monitoraggio ambientale connesso al piano di utilizzo (CO)

Sulla base di quanto usualmente richiesto dal MATTM nell'ambito degli iter autorizzativi dei precedenti PUT approvati e proposti dalla scrivente, si riportano di seguito i criteri generali di esecuzione delle attività di monitoraggio ambientale da eseguirsi in fase di Corso d'Opera (CO) sulle matrici ambientali interessate dall'attuazione del Piano di Utilizzo, rimandando per i dettagli al contenuto del **Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA)**.

In particolare, in relazione alle specifiche attività di gestione dei materiali di scavo in conformità al Piano di Utilizzo, oltre a quanto già previsto nel PMA il monitoraggio ambientale verrà esteso sulle seguenti componenti ambientali, prevedendone inoltre un eventuale aggiornamento in linea con il grado di dettaglio della successiva fase di Progetto Esecutivo:

- Materiali da scavo;
- Acque superficiali di ruscellamento e percolazione;
- Acque sotterranee.

Relativamente alle modalità di campionamento e di caratterizzazione chimico fisica dei **materiali di scavo** in Corso d'Opera (CO) si rimanda interamente a quanto già descritto nei paragrafi precedenti,

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO          FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO          AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo          Relazione Generale</b>	COMMESSA IN1A	LOTTO 20 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. B

nonché a quanto contenuto all'interno del PMA. I risultati delle analisi da eseguirsi in fase di attuazione del PUT saranno periodicamente comunicati al servizio ARPA di competenza.

In riferimento ai materiali di scavo che verranno stoccati nei siti di deposito in attesa di utilizzo, oltre al rispetto dei criteri di deposito definiti dal D.P.R. 120/2017 e delle modalità realizzative generali descritte nel Piano di Utilizzo, al fine di evitare eventuali fenomeni di contaminazione delle falde idriche sotterranee si prevede di eseguire il monitoraggio in Corso d'Opera (CO) delle **acque superficiali di ruscellamento e percolazione** provenienti dalle aree di stoccaggio dei materiali di scavo. In particolare, rimandando per i dettagli all'approfondimento da eseguirsi in fase di Progetto Esecutivo, si prevede di procedere al campionamento ed analisi delle acque di percolazione dalle aree di deposito in attesa di utilizzo unicamente nei casi in cui ne sia prevista la dispersione al suolo mediante la realizzazione di pozzetti perdenti, mentre nei casi in cui si prevedono sistemi di captazione delle acque di ruscellamento superficiale e successivo scarico – in fognatura o in corpo idrico superficiale – dovrà essere rispettato quanto previsto dalla normativa ambientale vigente nonché quanto eventualmente prescritto dagli Enti titolari dei procedimenti autorizzativi relativi a tali scarichi. Ad ogni modo, le tipologie di campionature e di analisi periodiche, nonché le normative di riferimento saranno preventivamente concordate con il servizio ARPA di competenza, così come le circostanze e casistiche in cui sarà eventualmente necessario rifare i campionamenti.

L'eventuale infiltrazione delle acque di percolazione superficiale nelle falde profonde sarà comunque controllata anche attraverso il monitoraggio in Corso d'Opera (CO) delle **acque sotterranee**, con frequenza trimestrale, dai piezometri previsti all'interno del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) in corrispondenza delle attività di realizzazione dell'infrastruttura - e quindi di scavo - che potrebbero comportare interferenza diretta con la matrice ambientale in questione. Qualora all'interno delle aree di intervento siano presenti pozzi ad uso idropotabile, la frequenza di campionamento sarà bimestrale. Per i dettagli sui parametri chimico – fisici e sulle caratteristiche tecniche delle attività di monitoraggio si rimanda a quanto descritto all'interno del PMA.

Come previsto nel Progetto di Monitoraggio Ambientale, anche per le matrici ambientali connesse all'attuazione del presente PUT - ove applicabile - il Responsabile Ambientale individuato dal PMA provvederà a trasmettere i risultati validati del Monitoraggio Ambientale Ante Operam (AO) prima dell'inizio delle attività di cantiere.

## 6 SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO

### 6.1 DEPOSITO INTERMEDIO

#### 6.1.1 Sistema di cantierizzazione

Al fine di realizzare le opere in progetto, è prevista l'installazione di una serie di aree di cantiere lungo il tracciato della linea ferroviaria, che sono state selezionate sulla base delle seguenti esigenze principali:

- disponibilità di aree libere in prossimità delle opere da realizzare;
- lontananza da ricettori critici e da aree densamente abitate;
- facile collegamento con la viabilità esistente, in particolare con quella principale (strada statale ed autostrada);
- minimizzazione del consumo di territorio;
- minimizzazione dell'impatto sull'ambiente naturale ed antropico.
- Interferire il meno possibile con il patrimonio culturale esistente

La tabella seguente illustra il sistema di cantieri previsto per la realizzazione delle opere.

Campi Base		Cantieri Operativi		Aree Tecniche		Aree di stoccaggio		Cantiere AM/TE/IS	
ID	Sup (mq)	ID	Sup (mq)	ID	Sup (mq)	ID	Sup (mq)	ID	Sup (mq)
<b>CB.01</b>	12.000	<b>CO.03</b>	2.600	<b>AT.03</b>	1.700	<b>AS.01</b>	4.300	<b>CA.01</b>	4.800
				<b>AT.05</b>	750	<b>AS.02</b>	5.800		
				<b>AT.01</b>	2.000	<b>AS.04</b>	3.400		
				<b>AT.02</b>	2.100				
				<b>AT.04</b>	6.300	<b>AS.03</b>	5.600		
				<b>AT.06</b>	7.100				
		<b>CO.01</b>	5.500	<b>AT.07</b>	7.200	<b>AS.05</b>	2.800		
				<b>AT.08</b>	1.500				
				<b>AT.09</b>	1.600				
				<b>AT.10</b>	1.200				
		<b>CO.02</b>	3.130	<b>AT.11</b>	1.600	<b>AS.06</b>	1.300		
				<b>AT.12</b>	1.600				
				<b>AT.13</b>	550				
				<b>AT.14</b>	1.200	<b>AS.07</b>	2.500		
				<b>AT.15</b>	550				
				<b>AT.16</b>	500	<b>AS.08</b>	2.000		
				<b>AT.17</b>	1.100				
				<b>AT.18</b>	2.200				
				<b>AT.19</b>	650				



	PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
	Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN1A	LOTTO 20 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. B

Per la realizzazione degli interventi oggetto del presente progetto sono state previste le seguenti tipologie di aree di cantiere:

Campo Base: contiene essenzialmente la logistica a supporto delle maestranze e gli eventuali dormitori (qualora previsti) per il personale trasfertista.

Lungo il tracciato di progetto è stato ubicato un campo base a servizio di tutte le opere.

Cantiere Operativo: contiene gli impianti, le attrezzature ed i depositi di materiali necessari per assicurare lo svolgimento delle attività di costruzione delle opere. Lungo il tracciato di progetto sono stati previsti 5 Cantieri operativi.

Aree Tecniche: risultano essere tutti quei cantieri di appoggio posti in corrispondenza delle opere d'arte oggetto dell'intervento. Al loro interno sono contenuti gli impianti ed i depositi di materiali necessari per assicurare lo svolgimento delle attività di costruzione delle relative opere.

Aree di stoccaggio: non contengono in linea generale impianti fissi o baraccamenti, e sono ripartite in aree destinate allo stoccaggio delle terre da scavo, in funzione della loro provenienza e del loro utilizzo.

All'interno della stessa area di stoccaggio o in aree diverse si potranno avere, in cumuli comunque separati:

- terre da scavo destinate alla caratterizzazione ambientale, da tenere in sito fino all'esito di tale attività;
- terre da scavo destinate al reimpiego nell'ambito del cantiere
- terre da scavo da destinare eventualmente alla riambientalizzazione di cave.

Aree di lavoro: risultano essere le aree necessarie per le lavorazioni che tengono conto degli spazi operativi, poste lungo linea ed extra linea all'interno delle quali si svolgono le lavorazioni.

Al termine dei lavori le aree di lavoro dovranno essere ripristinate all'assetto e allo stato ante operam. Nella tabella seguente sono riepilogate le aree di cantiere identificate **come siti di deposito intermedio** e che si prevede anche di utilizzare come siti di deposito in attesa di utilizzo all'interno delle quali, oltre allo stoccaggio dei sottoprodotti, potranno essere eseguite anche le analisi di caratterizzazione ambientale in corso d'opera descritte nel seguito e finalizzate alla conferma o meno

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B	<b>FOGLIO</b> 58 di 71
<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>						

della qualità chimica dei materiali e quindi delle alternative scelte sulla base della caratterizzazione ambientale preliminare svolta in fase progettuale.

<b>Codice area di deposito terre</b>	<b>Comune</b>
AS.01	Verona
AS.02	Verona
AS.03	Verona
AS.04	Verona
AS.05	Verona
AS.06	Verona
AS.07	Verona
AS.08	Verona

Si precisa che il Programma Lavori potrà essere approfondito solo in fase di sviluppo della Progettazione Esecutiva ed in relazione alle specifiche esigenze operative di cantiere; pertanto, le ipotesi di utilizzo delle aree di stoccaggio da parte delle diverse WBS di produzione è da ritenersi assolutamente indicativo. Ad ogni modo, ai fini della completa tracciabilità dei materiali di scavo, le eventuali modifiche rispetto a quanto previsto all'interno del presente PUT - anche se ritenute non sostanziali né comportanti Varianti al PUT - verranno opportunamente comunicate all'Autorità Competente.

Inoltre, si specifica che, qualora le aree di stoccaggio accolgano materiali merceologicamente differenti, tutti i materiali depositati saranno separati all'interno di piazzole debitamente identificate e chiaramente distinte in campo al fine di garantire la rintracciabilità dell'opera da cui provengono e della lavorazione che li ha generati. Le piazzole saranno pertanto adibite ad ospitare i materiali per singola e ben distinta tipologia: le piazzole in cui depositare i materiali terrigeni di scavo oggetto del PUT potranno ospitare solo quelli, mentre quelle adibite al deposito rifiuti (suddivisi a loro volta per tipologia merceologica) potranno ricevere solo i rifiuti.

Al fine di fornire un quadro completo delle caratteristiche delle aree di deposito terre all'interno delle quali verranno allocati i materiali in attesa di caratterizzazione e di utilizzo finale, così come per i siti di produzione, sono state prodotte delle schede cartografiche riportanti per ogni deposito terre/cantiere (**IN1A10D69SHTA0000002B – PIANO DI UTILIZZO – SCHEDE TECNICHE DEI SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO**) le seguenti informazioni:

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B

Inquadramento territoriale:

- denominazione dei siti, desunta dalla toponomastica del luogo;
- ubicazione dei siti (comune, via, numero civico se presente);
- estremi cartografici da Carta Tecnica Regionale (CTR);
- corografia.

Inquadramento urbanistico:

- individuazione della destinazione d'uso urbanistica attuale.

Inquadramento geologico ed idrogeologico:

- descrizione del contesto geologico della zona, anche mediante l'utilizzo di informazioni derivanti da pregresse relazioni geologiche e geotecniche;
- descrizione del contesto idrogeologico della zona (presenza o meno di acquiferi e loro tipologia) anche mediante indagini pregresse;
- livelli piezometrici degli acquiferi principali, direzione di flusso, con eventuale ubicazione dei pozzi e piezometri se presenti (cartografia preferibilmente a scala 1:5.000).

Descrizione delle attività svolte sul sito:

- uso pregresso del sito e cronistoria delle attività antropiche svolte sul sito.

Il piano di campionamento e analisi contenente:

- la descrizione delle indagini svolte e delle modalità di esecuzione;
- la localizzazione dei punti mediante planimetrie;
- la elenco delle sostanze ricercate;
- la descrizione delle metodiche analitiche e dei relativi limiti di quantificazione.

*6.1.2 Modalità di deposito dei materiali di scavo*

I materiali di scavo destinati ad essere riutilizzati nell'ambito delle lavorazioni saranno temporaneamente allocati presso le aree di stoccaggio interne al cantiere (siti di deposito intermedio) ed eventualmente sottoposti ad operazioni di normale pratica industriale, per una durata pari a quella del Piano di Utilizzo descritta di seguito.

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B

Il deposito del materiale escavato avverrà in conformità al Piano di Utilizzo identificato, tramite apposita segnaletica posizionata in modo visibile, le informazioni relative al sito di produzione, le quantità del materiale depositato, nonché i dati amministrativi del Piano di Utilizzo.

In particolare, le aree che si prevede di utilizzare come siti di deposito intermedio per i materiali da riutilizzare nell'ambito delle lavorazioni sono quelle indicate nei paragrafi precedenti.

Si precisa che le aree di cui sopra saranno utilizzate anche per il deposito di quei materiali che verranno riutilizzati per le attività di rimodellamento morfologico di siti esterni descritte di seguito, assicurando comunque la rintracciabilità di tutti i materiali stoccati; particolare attenzione sarà posta nel caso in cui i sottoprodotti presentino una diversa conformità ai limiti normativi di riferimento in relazione alla specifica destinazione d'uso dei siti di utilizzo finale. Nel caso in cui in uno stesso sito di deposito intermedio in attesa di utilizzo siano stoccati sia i materiali di scavo da gestire in qualità di sottoprodotti (destinati ai riutilizzi interni o a siti di conferimento esterni) sia quelli da gestire in qualità di rifiuto, si provvederà ad assicurare la separazione fisica degli stessi

I materiali saranno suddivisi per WBS e sottoposti ad indagini di caratterizzazione ambientale, così come descritte nei paragrafi precedenti; nel caso in cui venga adottata la modalità di caratterizzazione in cumulo, la stessa avverrà all'interno delle aree di deposito intermedio o di opportune piazzole di caratterizzazione.

La movimentazione dei materiali avverrà in generale avvalendosi delle seguenti dotazioni: pale gommate, autocarri e pale meccaniche, pompe idrauliche per la captazione delle acque di ruscellamento, gruppi elettrogeni e impianto di illuminazione.

Ciascuna piazzola sarà preventivamente modellata in maniera da minimizzare le asperità naturali del terreno; sarà realizzato, su tre lati, un argine di protezione in terra a sezione trapezoidale.

Inoltre, verrà realizzata una idonea rete di raccolta e drenaggio delle acque meteoriche volta ad evitare il ruscellamento incontrollato delle acque venute a contatto con i rifiuti ivi depositi.

Da un punto di vista costruttivo si procederà quindi come segue:

- modellamento della superficie su cui sorgerà il modulo di deposito intermedio terre tramite limitate movimentazioni di materiale, allo scopo di regolarizzare la superficie e creare una pendenza omogenea dell'ordine dello 1% in direzione del lato privo di arginatura;
- predisposizione di una canaletta di sezione trapezoidale posta ai piedi della pendenza;
- impermeabilizzazione della canaletta con geotessile tessuto in polietilene ad alta densità (HDPE), rivestito con uno strato di polietilene a bassa densità (LDPE);

- realizzazione di un pozzetto di sicurezza posto lateralmente all'area di stoccaggio nel quale verranno convogliate le acque raccolte dalla canaletta di cui al punto precedente;
- impermeabilizzazione della superficie e degli argini in terra con telo di materiale polimerico (HDPE) previa stesura di tessuto non tessuto a protezione del telo stesso. Al di sopra della geomembrana impermeabilizzante sarà, quindi, posato uno strato di terreno compattato dello spessore di 10 – 15 cm per evitare danneggiamenti della struttura impermeabile realizzata dovuti al transito dei mezzi d'opera.

Per la preparazione delle aree di stoccaggio/cantiere, i primi 50 cm di terreno vegetale derivanti dallo scotico necessario alla preparazione delle aree di stoccaggio saranno mantenuti separati dal materiale sottostante e gestiti come previsto del Progetto di Monitoraggio Ambientale.

Qualora, durante la fase di deposito il livello dell'acqua nel pozzetto raggiungesse il franco di sicurezza, si procederà allo svuotamento tramite autobotte gestendo l'acqua come rifiuto e provvedendo al conferimento ad idoneo impianto autorizzato, sempre previa caratterizzazione analitica.

In funzione delle condizioni meteorologiche, al termine di ogni giornata di lavoro si provvederà a stendere sopra ciascun cumulo un telo impermeabile in PE, opportunamente ancorato, in modo da evitare fenomeni di dilavamento dei materiali ivi depositati da parte delle acque meteoriche.

Nel caso di aree di stoccaggio adibite sia ad ospitare i materiali da scavo da gestire in qualità di sottoprodotto, che i materiali da gestire in qualità di rifiuti, ogni piazzola presente sarà dedicata e distinta per tipologia di materiali stoccati. In tal modo all'interno del cantiere saranno sempre tenuti ben distinti i materiali terrigeni di scavo da gestire in regime di sottoprodotto dai materiali gestiti in qualità di rifiuto.

All'interno delle aree i materiali depositati da gestire in qualità di sottoprodotto saranno suddivisi in cumuli; la tracciabilità sarà assicurata avendo cura di utilizzare sistemi identificativi di ogni cumulo (cartellonistica), al fine di poterne rintracciare la tipologia e, inoltre, il sito e la lavorazione (WBS) di provenienza.

### 6.1.3 Modalità di Trasporto

Per l'utilizzo dei materiali di scavo nell'ambito del cantiere in qualità di sottoprodotti, si prevede il trasporto con automezzi dai siti di produzione a quelli di deposito (aree di stoccaggio) ed, infine, a quelli di utilizzo finali (WBS interne al progetto).

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B	<b>FOGLIO</b> 62 di 71
<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>						

Nel caso in cui si renda necessario impegnare la viabilità esterna al cantiere, il trasporto del materiale escavato sarà accompagnato dal Documento di Trasporto, di cui all'Allegato 7 del D.P.R. 120/17.

Il Documento di Trasporto conterrà le generalità della stazione appaltante, della ditta appaltatrice dei lavori di scavo, della ditta che trasporta il materiale, della ditta che riceve il materiale e/del luogo di destinazione, targa del mezzo utilizzato, sito di provenienza, data e ora del carico, quantità e tipologia del materiale trasportato.

In fase di corso d'opera, sarà comunque cura dell'Appaltatore in qualità di Esecutore del Piano di Utilizzo e di produttore dei materiali di scavo, garantire la corretta applicazione del Piano di Utilizzo approvato e conseguentemente assicurare la rintracciabilità dei materiali mediante la predisposizione di adeguata documentazione e installazione nei mezzi di trasporto di GPS.

Negli elaborati specialistici **IN1A10D69SHTA0000002B – PIANO DI UTILIZZO – SCHEDE TECNICHE DEI SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO** si riportano le corografie con l'indicazione dei percorsi utilizzabili per il conferimento dei materiali dal sito di produzione al sito di deposito in attesa di utilizzo.

## 6.2 CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE DI DEPOSITO INTERMEDIO

Nel corso delle attività di progettazione definitiva, in aggiunta a quanto sopra, ai sensi del D.P.R. 120/2017, sono stati caratterizzati 3 degli 8 siti di deposito in attesa di utilizzo intermedio mediante il prelievo ed analisi di campioni dello strato superficiale, conformemente ai criteri di caratterizzazione previsti dalla norma precedentemente citata. Il campionamento delle aree AS.03 e AS.04 (di proprietà di RFI) sarà rimandato all'Appaltatore in corso d'opera, una volta che saranno adibite ad aree di stoccaggio. L'area AS.05 è risultata asfaltata pertanto non è stato possibile procedere al prelievo dei campioni di terre. Nell'area AS.07 non è stato concesso l'accesso per via di una ri-destinazione d'uso dell'area da parte dell'intestatario della stessa, mentre non è stato possibile accedere all'area AS.08 per l'assenza di autorizzazione di accesso.

Le attività di campo hanno visto il prelievo di n. 12 campioni di terreno rappresentativi dei primi 100 cm sulle aree di deposito intermedio.

I campioni prelevati sono stati sottoposti a caratterizzazione ambientale secondo quanto previsto dalla Tabella 4.1 del D.P.R. 120/2017e confronto con i limiti della Tab. 1 All. 5 al Titolo V della Parte IV D.Lgs 152/06 e s.m.i. e con i limiti di cui al Decreto 1 marzo 2019 n. 46.

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo</b> <b>Relazione Generale</b>	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B

Si riporta di seguito la sintesi dei campioni prelevati.

<i>ID area</i>	<i>ID punto</i>				
AS.01	AS.01.1	AS.01.2	AS.01.3	AS.01.4	-
AS.02	AS.02.1	AS.02.2	AS.02.3	AS.02.4	AS.02.5
AS.06	AS.06.1	AS.06.2	AS.06.3	-	-

**Tabella 6-1 - Punti di prelievo campioni di terre e rocce da scavo mediante carotaggio manuale**

Sarà comunque cura dell'Appaltatore effettuare tutti gli accertamenti necessari per assicurare una completa e corretta gestione dei materiali di risulta ai fini di una piena assunzione di responsabilità da parte dell'Appaltatore sia in fase progettuale che realizzativa.

Nella data del 15 Febbraio 2022 sono stati prelevati n. 3 campioni di terreno in corrispondenza dei punti denominati da AS.06.1 ad AS.06.3. Nella data del 16 Febbraio 2022 sono stati campionati n. 9 campioni di terreno in corrispondenza dei punti da AS.01.1 ad AS.01.4 e da AS.02.1 ad AS.02.5 ai fini della caratterizzazione ambientale secondo quanto previsto dal D.Lgs. 152/06.

Nella tabella a seguire sono riportate la denominazione dei campioni prelevati e la tipologia di analisi eseguita.

<b>Accettazione</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Denominazione campione</b>
2148050-001	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.01.1 da 0 m a -1 m" - Aree AS - PD Nodo di Verona I lotto Ingresso est
2148050-002	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.01.2 da 0 m a -1 m" - Aree AS - PD Nodo di Verona I lotto Ingresso est
2148050-003	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.01.3 da 0 m a -1 m" - Aree AS - PD Nodo di Verona I lotto Ingresso est
2148050-004	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.01.4 da 0 m a -1 m" - Aree AS - PD Nodo di Verona I lotto Ingresso est
2148050-005	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.02.1 da 0 m a -1 m" - Aree AS - PD Nodo di Verona I lotto Ingresso est
2148050-006	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.02.2 da 0 m a -1 m" - Aree AS - PD Nodo di Verona I lotto Ingresso est
2148050-007	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.02.3 da 0 m a -1 m" - Aree AS - PD Nodo di Verona I lotto Ingresso est
2148050-008	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.02.4 da 0 m a -1 m" - Aree AS - PD Nodo di Verona I lotto Ingresso est
2148050-009	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.02.5 da 0 m a -1 m" - Aree AS - PD Nodo di Verona I lotto Ingresso est
2148050-027	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.06.1 da 0 m a -1 m" - Aree AS - PD Nodo di Verona I lotto Ingresso est
2148050-028	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.06.2 da 0 m a -1 m" - Aree AS - PD Nodo di Verona I lotto Ingresso est
2148050-029	Suoli Tab 1-A + Tab 1-B	Terre e rocce da scavo "Punto AS.06.3 da 0 m a -1 m" - Aree AS - PD Nodo di Verona I lotto Ingresso est

**Tabella 6-2 - Riepilogo dei campioni di terreno prelevati.**

Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IN1A	20 D 69	RG	TA0000002	B	64 di 71

I criteri di scelta dei campioni da prelevare, e successivamente da inviare al laboratorio, si sono basati oltre che sui criteri sopra riportati, anche sull'esame visivo, su eventuali cambi rilevanti di litologia riscontrati e sulla presenza di possibili evidenze di contaminazione. Infatti, qualora si fosse verificato anche uno solo dei casi sopra menzionati si sarebbe provveduto ad effettuare, in corrispondenza dell'anomalia riscontrata, ulteriori prelievi integrativi.

La formazione dei campioni è avvenuta al momento del prelievo del materiale, in modo da impedire la perdita di composti organici volatili e da assicurarne la significatività.

I campioni prelevati sono stati posti in barattoli di plastica, barattoli in vetro e vials, contraddistinti da opportuna etichetta indelebile riportante la localizzazione del sito, il numero del sondaggio/punto di prelievo, la profondità e la data del prelievo.

Il Laboratorio C.A.D.A. snc ha effettuato le prove analitiche in conformità alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 in quanto le stesse risultano accreditate da Accredia con il numero 0439 L.

Nella tabella seguente è riportato l'elenco dei parametri analizzati e l'indicazione del metodo di analisi utilizzato.

Descrizione	U. M.	Metodo	LOD
Campionamento per parametri chimici		Man UNICHIM 196/2 2004 - solo p.fo 5 e 6	
<b>PARAMETRI CHIMICI</b>		-	
<b>METALLI</b>		-	
Arsenico	mg/kg	UNI EN 13657:2004 + UNI EN 16170:2016	< 1
Cadmio	mg/kg	UNI EN 13657:2004 + UNI EN 16170:2016	< 0,2
Cobalto	mg/kg	UNI EN 13657:2004 + UNI EN 16170:2016	< 1
Nichel	mg/kg	UNI EN 13657:2004 + UNI EN 16170:2016	< 1
Piombo	mg/kg	UNI EN 13657:2004 + UNI EN 16170:2016	< 1
Rame	mg/kg	UNI EN 13657:2004 + UNI EN 16170:2016	< 5
Zinco	mg/kg	UNI EN 13657:2004 + UNI EN 16170:2016	< 5
Mercurio	mg/kg	UNI EN 13657:2004 + UNI EN 16170:2016	< 0,1
Cromo Totale	mg/kg	UNI EN 13657:2004 + UNI EN 16170:2016	< 1
Cromo esavalente (VI)	mg/kg	EPA 3060 A 1996 + EPA 7199:1996	< 0,2
<b>IDROCARBURI</b>		-	
Idrocarburi pesanti C >12 (C12-C40)	mg/kg	UNI EN ISO 16703:2011	< 1
<b>COMPOSTI ORGANICI AROMATICI</b>		-	
Benzene	mg/kg	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2018	< 0,01
Etilbenzene	mg/kg	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2018	< 0,01
Stirene	mg/kg	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2018	< 0,01
Toluene	mg/kg	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2018	< 0,01
Xileni	mg/kg	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2018	< 0,01
Sommatoria composti organici aromatici	mg/kg	EPA 5035A 2002 + EPA 8260D 2018	< 0,01
<b>IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI</b>		-	
Benzo(a)antracene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01





**PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO  
FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO  
AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST**

**Piano di utilizzo dei materiali di scavo  
Relazione Generale**


**COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IN1A 20 D 69 RG TA0000002 B 65 di 71**

Descrizione	U. M.	Metodo	LOD
Benzo(a)pirene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01
Benzo(b)fluorantene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01
Benzo(k)fluorantene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01
Benzo(g,h,i)perilene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01
Crisene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01
Dibenzo(a,e)pirene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01
Dibenzo(a,l)pirene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01
Dibenzo(a,i)pirene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01
Dibenzo(a,h)pirene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01
Dibenzo(a,h)antracene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01
Indenopirene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01
Pirene	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01
Sommatoria composti aromatici policiclici	mg/kg	EPA 3541 1994 + EPA 3630C 1996 + EPA 8270E 2018	< 0,01
<b>AMIANTO</b>		-	
Amianto SEM (Analisi Quantitativa) (*)	mg/kg	DM 06/09/1994 GU n 288 10/12/1994 All 1 Met B	< 100
Amianto SEM (Analisi Qualitativa)	Pres. - Ass./1kg	DM 06/09/1994 GU n 288 10/12/1994 All 1 Met B	-

**Tabella 6-3 - Set analitico caratterizzazione ambientale dei terreni- DPR 120/2017**

Nota (\*) Da attivare solo in caso di rilevata presenza Amianto SEM

Nel correlato elaborato **“IN1A20D69SHTA0000002B – PIANO DI UTILIZZO – SCHEDE TECNICHE DEI SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO”** si riportano la rappresentazione grafica dei punti di campionamento, le tabelle riepilogative e relativi rapporti di prova delle indagini di caratterizzazione ambientale svolte.

	<b>PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST</b>					
	<b>COMMESSA</b> IN1A	<b>LOTTO</b> 20 D 69	<b>CODIFICA</b> RG	<b>DOCUMENTO</b> TA0000002	<b>REV.</b> B	<b>FOGLIO</b> 66 di 71
<b>Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale</b>						

## 7 SITI DI DEPOSITO FINALE

La realizzazione delle opere previste determina la produzione complessiva di circa **645.730 mc** (in banco) di materiali di risulta.

In linea con i principi ambientali di favorire il riutilizzo dei materiali piuttosto che lo smaltimento, i materiali di risulta prodotti verranno, ove possibile, riutilizzati nell'ambito degli interventi in progetto mentre i materiali di risulta non riutilizzabili o in esubero rispetto ai fabbisogni del progetto verranno invece gestiti in regime di rifiuto e conferiti presso impianti esterni di recupero/smaltimento autorizzati. In particolare, in riferimento ai materiali terrigeni, sulla base dei risultati ottenuti a seguito delle indagini di caratterizzazione ambientale svolte in fase progettuale, delle caratteristiche geotecniche e dei fabbisogni di progetto che ammontano a **654.409 mc**, gli interventi necessari alla realizzazione delle opere saranno caratterizzati dai seguenti flussi di materiale:

- **materiali da scavo da riutilizzare nell'ambito dell'appalto**, che verranno trasportati dai siti di produzione ai siti di deposito terre in attesa di utilizzo, sottoposti a trattamenti di normale pratica industriale, ove necessario, ed infine conferiti ai siti di utilizzo interni al cantiere: tali materiali saranno gestiti ai sensi del D.P.R. 120/2017 ed ammontano a **126.270 mc** (in banco);
- **materiali di risulta in esubero** non riutilizzati nell'ambito delle lavorazioni come sottoprodotti ai sensi del D.P.R. 120/2017 e pertanto gestiti in regime rifiuti: tali materiali ammontano a **518.594 mc** (in banco) e saranno gestiti ai sensi della Parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei materiali movimentati nell'ambito del presente progetto con indicazione dei materiali di risulta prodotti, dei fabbisogni di materiali necessari per la realizzazione delle opere e dei materiali di risulta prodotti destinati a riutilizzo come sottoprodotto e/o rifiuto.



PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO  
 FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO  
 AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST

Piano di utilizzo dei materiali di scavo  
 Relazione Generale

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 IN1A 20 D 69 RG TA0000002 B 67 di 71

PD Verona Ingresso Est						
Produzione complessiva [m <sup>3</sup> ]	Utilizzo in qualità di sottoprodotti [m <sup>3</sup> ]		Utilizzo esterno in qualità di rifiuti [m <sup>3</sup> ]		Fabbisogno del progetto [m <sup>3</sup> ]	Approvvigionamento esterno [m <sup>3</sup> ]
	Utilizzo interno in qualità di sottoprodotti [m <sup>3</sup> ]	Utilizzo esterno in qualità di sottoprodotti [m <sup>3</sup> ]	BALLAST [m <sup>3</sup> ]	SCAVI/RIPORTI [m <sup>3</sup> ]		
645.730	126.270	-	141.210	378.250	440.627	314.357
	126.270		519.460			

Tabella 7-1: Tabella riassuntiva dei materiali movimentati

Il dettaglio sulle modalità di utilizzo dei materiali di scavo oggetto del Piano di Utilizzo (riutilizzi interni ed utilizzo esterno) è riportato nei paragrafi successivi, mentre in **Allegato 1** si riporta il bilancio dei materiali suddiviso per ciascuna WBS di progetto.

Appare evidente che il Programma Lavori potrà essere approfondito solo in fase di sviluppo della Progettazione Esecutiva ed in relazione alle specifiche esigenze operative di cantiere; pertanto, la distribuzione dei riutilizzi interni nella stessa WBS di produzione o in diversa WBS è da ritenersi calata sull'attuale fase progettuale.

## 7.1 RIUTILIZZO FINALE INTERNO AL PROGETTO

Come anticipato sopra, si prevede di allocare presso i siti di deposito in attesa di utilizzo all'interno delle aree di cantiere e poi riutilizzare nell'ambito delle lavorazioni in qualità di sottoprodotti **126.270 mc** (in banco) di materiali.

	PD LINEA AV/AC MILANO-VENEZIA - LOTTO FUNZIONALE TRATTA AV/AC VERONA-PADOVA - NODO AV/AC DI VERONA: INGRESSO EST					
Piano di utilizzo dei materiali di scavo Relazione Generale	COMMESSA IN1A	LOTTO 20 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO TA0000002	REV. B	FOGLIO 68 di 71

## 7.2 EFFICACIA DEL PIANO DI UTILIZZO

In riferimento alla tipologia di opere in progetto ed ai quantitativi dei materiali di scavo oggetto del presente Piano di Utilizzo il programma lavori è strettamente connesso alle tempistiche di produzione dei materiali e al loro utilizzo in siti interni e esterni al cantiere.

In **Allegato 2** si riporta il cronoprogramma completo delle attività secondo quanto previsto dal Progetto Definitivo.

Pertanto, si ritiene che la durata del Piano di Utilizzo, di cui all'art. 14 comma 1 del D.P.R. 120/2017, possa essere fissata pari a 2.248 giorni naturali e consecutivi (**6 anni circa**).

L'avvenuto utilizzo del materiale da scavo sarà attestato mediante apposita *Dichiarazione di avvenuto utilizzo (D.A.U.)*, redatta in conformità all'Allegato 8 del D.P.R. 120/2017 dall'Esecutore del PUT o dal Produttore delle terre e rocce da scavo a conclusione dei lavori di utilizzo.

# **ALLEGATO 1**

**Quantitativi di materiali di scavo prodotti e Tabella di  
Riutilizzo**

# **ALLEGATO 2**

## **Cronoprogramma lavori**

## **ALLEGATO 3**

**Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti  
per applicazioni di ingegneria civile**

# **ALLEGATO 1**

**Quantitativi di materiali di scavo prodotti e Tabella di  
Riutilizzo**



























Codice	Località	Superficie (m²)	Scavo	Inerti per calcestruzzi/anticapillare	Rilevati/supercompattato	Ritombamenti sottoposti ad azioni ferroviarie e/o stradali	Ritombamenti NON sottoposti ad azioni ferroviarie e/o stradali	Terreno vegetale	Totale		
									0	0	
TR15	Racordo S. Massimo - Verona Porta Nuova	5.418	Scavo	5.418	813	1.625	1.625	0	0	0	
			Perforazione per micropali						1.291	0	0
			Scotico						0	0	0
			Perforazione per pali con fanghi bentonitici						0	0	0
			Perforazioni per diaframmi con fanghi bentonitici						0	0	0
			Scavo per fossi di guardia e canalette						0	0	0
TR25	Stazione di Verona P.V. - Parco nord	3.929	Scavo	3.929	589	1.179	1.179	0	0	0	
			Perforazione per micropali						0	845	0
			Scotico						0	0	0
			Perforazione per pali con fanghi bentonitici						0	0	0
			Perforazioni per diaframmi con fanghi bentonitici						0	0	0
			Scavo per fossi di guardia e canalette						0	0	0
TR27	Stazione di Verona P.V. - Parco nord	10.157	Scavo	10.157	1.524	3.047	3.047	0	0	0	
			Perforazione per micropali						0	2.667	0
			Scotico						0	0	0
			Perforazione per pali con fanghi bentonitici						0	0	0
			Perforazioni per diaframmi con fanghi bentonitici						0	0	0
			Scavo per fossi di guardia e canalette						0	0	0
TR32	Stazione di Verona P.V. - Parco nord	21.414	Scavo	21.414	3.212	6.424	6.424	0	0	0	
			Perforazione per micropali						0	5.316	0
			Scotico						0	0	0
			Perforazione per pali con fanghi bentonitici						0	0	0









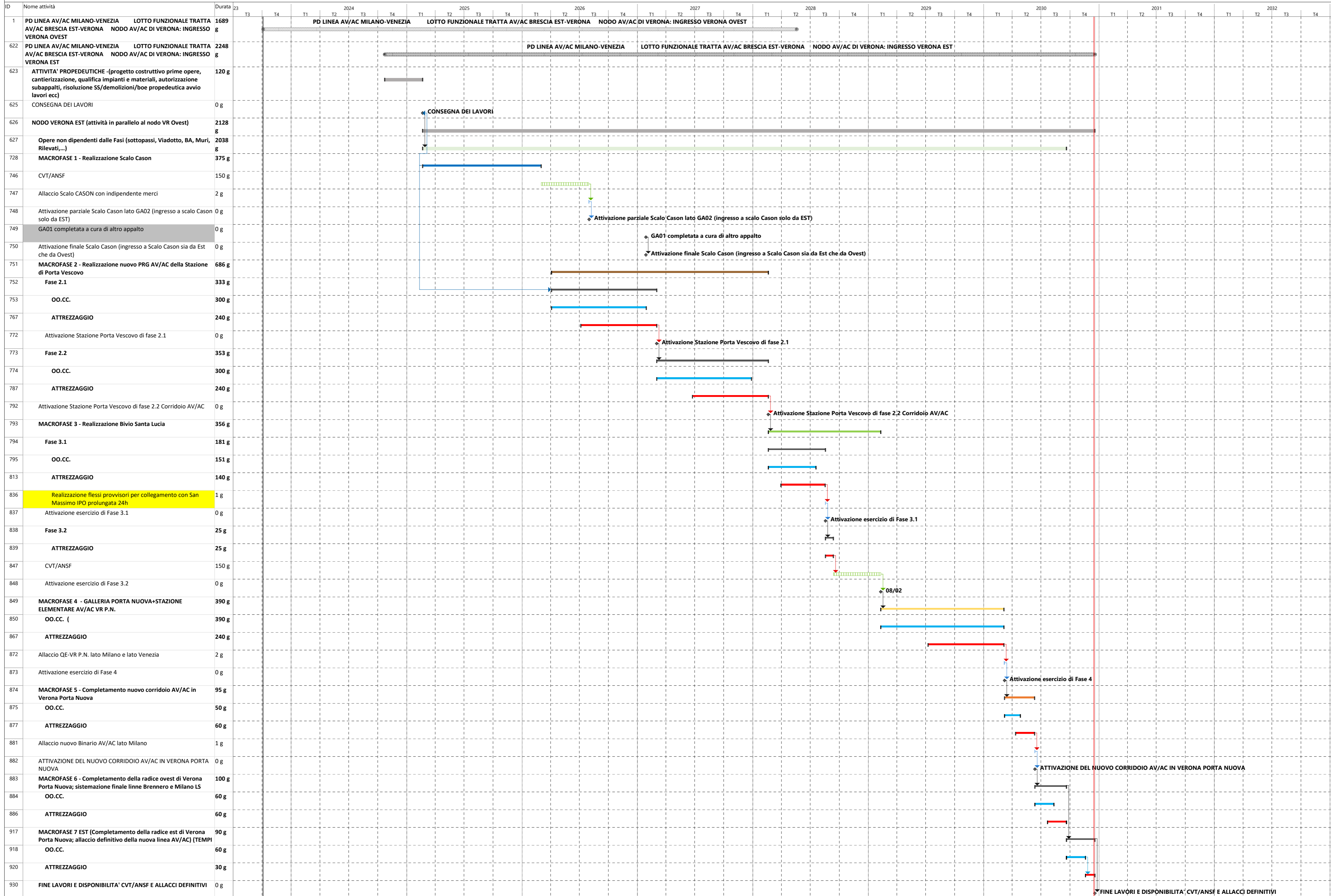






# **ALLEGATO 2**

## **Cronoprogramma lavori**



## **ALLEGATO 3**

**Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti  
per applicazioni di ingegneria civile**

### **ALLEGATO 3**

**Attività di ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile ("GEEG – Geotechnical & Environmental Engineering Group" startup di "Sapienza – Università di Roma")**



**GEEG**  
GEOTECHNICAL & ENVIRONMENTAL  
ENGINEERING GROUP

**Startup di**



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle  
bentoniti per applicazioni di ingegneria civile

*Report 1*

20 Ottobre 2020



*Diego Sebastian*

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

---

## INDICE

1	Introduzione .....	1
2	L'utilizzo dei fanghi bentonitici e dei fluidi polimerici .....	1
2.1.1	Sostegno del foro.....	2
2.1.2	Il trasporto dei detriti.....	3
2.1.3	L'azione lubrificante / la riduzione dell'attrito.....	3
2.1.4	La separazione .....	4
3	Bentoniti.....	4
3.1	Il materiale, i prodotti commerciali e la composizione mineralogica.....	4
3.2	Il processo produttivo .....	5
3.3	I prodotti commerciali.....	7
4	Aspetti ambientali legati all'utilizzo delle bentoniti.....	7
4.1	Indicazioni generali .....	7
4.2	Il riutilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotto.....	8
4.3	L'utilizzo di bentoniti nella realizzazione di pali e diaframmi .....	9
4.3.1	Densità .....	10
4.3.2	Viscosità Marsh.....	11
4.3.3	Fluid loss .....	12
4.3.4	pH .....	12
4.3.5	Spessore del filtercake .....	13
4.3.6	Commenti .....	13
5	Conclusioni .....	13
6	Bibliografia.....	16



Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

---

## 1 Introduzione

Nell'ambito delle attività di progettazione sviluppate da Italferr è emersa la necessità di rispondere a specifiche prescrizioni di approfondimenti in merito all'utilizzo dei fluidi bentonitici utilizzati durante la realizzazione di pali e diaframmi in relazione ai rischi per l'ambiente e per la salute umana.

Italferr ha affidato a GEEG, startup innovativa di "Sapienza" Università di Roma, lo sviluppo di una attività di Ricerca in supporto alla progettazione di opere in sotterraneo sviluppate da Italferr, finalizzata ad approfondire la composizione e l'impatto ambientale delle attività di realizzazione dei pali e dei diaframmi con particolare riferimento all'utilizzo di fluidi/fanghi bentonitici anche in relazione al potenziale utilizzo del materiale di smarino come sottoprodotto nell'ambito della normativa sulle terre e rocce da scavo.

L'attività di Ricerca, attualmente in corso, ha portato innanzitutto a definire in modo chiaro le informazioni, i dati e le evidenze disponibili in letteratura e acquisite da GEEG in anni di ricerca sperimentale sui prodotti commerciali (bentoniti) utilizzati per la preparazione dei fluidi di perforazione, sulle loro specifiche tecniche, sulle modalità di utilizzo e sugli eventuali rischi legati all'interazione con l'ambiente in fase di utilizzo, durante la vita utile delle opere realizzate e in relazione al riutilizzo, come sottoprodotto, delle terre e rocce da scavo poste a contatto con tali fluidi.

Inoltre, la stessa attività di Ricerca porterà alla messa a punto di specifici protocolli sperimentali finalizzati ad acquisire direttamente in laboratorio informazioni specifiche e aggiuntive rispetto a quanto disponibile in letteratura al fine di fornire un quadro completo ed esaustivo dell'interazione tra i fluidi/fanghi bentonitici e le terre e rocce da scavo.

Il presente documento contiene una descrizione dei principali elementi in merito ai materiali, alle modalità di utilizzo e all'interazione con l'ambiente utili a mettere a fuoco eventuali rischi, verificare le opportune contromisure, affinare gli strumenti di mitigazione e impostare le attività di controllo da eseguire in sito durante la realizzazione degli interventi previsti dal progetto.

Le informazioni inserite all'interno di questo documento saranno integrate durante le fasi successive dell'attività di ricerca sperimentale con dati e misure sperimentali eseguite su materiali effettivamente utilizzati nella realizzazione di pali e diaframmi.

## 2 L'utilizzo dei fanghi bentonitici e dei fluidi polimerici

La bentonite è un prodotto commerciale diffusamente impiegato nell'ingegneria civile che trova anche larghissimo impiego in molti altri ambiti quali il trattamento e la purificazione delle acque, come supporto nell'agricoltura e nel giardinaggio, nella produzione del vino, nell'industria dei cosmetici, in quella alimentare e in una lunga lista di processi di produzione tra i quali quelli dei mangimi, della carta e della ceramica.

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

---

Limitatamente alle applicazioni di ingegneria civile i due macro-settori in cui la bentonite è ampiamente utilizzata da decenni, in soluzione acquosa sottoforma di fluidi, sono la realizzazione di perforazioni (pali e diaframmi) e lo scavo di gallerie con TBM, Micro-TBM e altre tecnologie no-dig.

Nelle perforazioni l'utilizzo di sospensioni di bentonite permette la stabilizzazione del foro, sigillandone le pareti, impedendo il collasso durante le operazioni, e garantisce il trasporto fuori dallo scavo del residuo solido prodotto (smarino).

Nel caso del Tunnelling e del MicroTunnelling invece il ruolo della bentonite è duplice, da una parte serve come nel caso dei pali e dei diaframmi a stabilizzare il cavo prima dell'installazione del rivestimento definitivo e al trasporto dello smarino verso l'esterno, dall'altra serve come lubrificante evitando o riducendo l'usura degli utensili di scavo.

Un fluido di perforazione deve svolgere diverse funzioni:

- sostegno del foro;
- trasporto dei detriti in superficie;
- riduzione dell'attrito tra gli utensili di scavo e le pareti del foro;
- raffreddamento e pulizia degli utensili di scavo.

A tale scopo nel tempo ha preso piede e si è ampiamente diffuso l'utilizzo dei fluidi bentonitici ottenuti aggiungendo all'acqua poche unità percentuali in peso di bentonite (di norma tra il 4.5% e il 9%), miscelando e lasciando a riposo per garantire la dispersione e l'idratazione delle particelle.

### 2.1.1 Sostegno del foro

Il fango bentonitico possiede proprietà tixotropiche: con tixotropia si intende il comportamento di un fluido non newtoniano in cui la viscosità diminuisce all'aumentare del tempo di applicazione dello sforzo di taglio a parità di tutte le altre condizioni.

La tixotropia permette al fluido bentonitico di stabilizzare le pareti dello scavo per il tempo necessario a eseguire il getto grazie alla formazione sulle pareti del foro di un film di spessore millimetrico praticamente impermeabile denominato *cake*, *mudcake* o *filtercake*.

Affinché si formi tale membrana scarsamente permeabile è necessario che la pressione del fluido all'interno della perforazione sia sempre superiore alla pressione interstiziale, in questo modo il fango tende a penetrare di pochi millimetri nel terreno circostante; tale filtrazione porta a una riduzione della velocità del fluido e, per quanto detto precedentemente, a un aumento della propria viscosità, andando quindi a creare sul contorno del cavo realizzato mediante la perforazione una parete caratterizzata da coefficienti di permeabilità molto bassi (Figura 1). La bassissima permeabilità che caratterizza il *filtercake* consente di applicare sulla superficie del cavo una tensione efficace stabilizzante pari alla differenza tra la pressione del fango all'interno della perforazione e la pressione dell'acqua interstiziale del terreno.

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

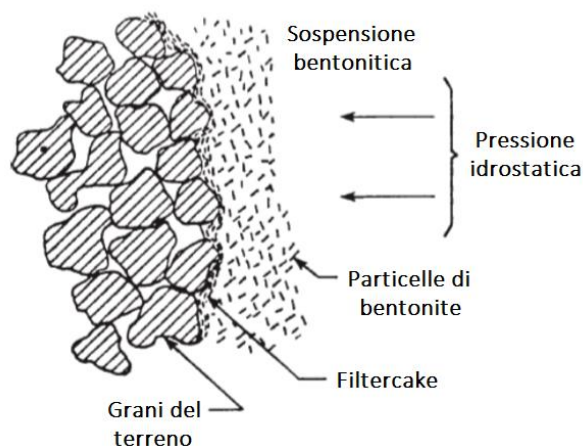


Figura 1: Formazione del filtercake.

Questo procedimento permette di sostenere la superficie scavata (le pareti del foro del palo o del diaframma) fino al momento del getto del calcestruzzo garantendo la possibilità di realizzare il palo o il diaframma con delle geometrie necessarie ad assolvere utilmente il proprio compito.

### 2.1.2 Il trasporto dei detriti

Oltre alla primaria necessità di garantire la stabilità del foro durante la realizzazione del palo o del diaframma (e, conseguentemente, la minimizzazione degli effetti di detensionamento nelle zone di terreno limitrofe), il fango bentonitico è utilizzato per trasportare verso la superficie e successivamente all'esterno del foro il materiale rimosso dalle attrezzature di scavo, detto smarino.

A seconda delle tecnologie di scavo utilizzate i flussi di fluido bentonitico in ingresso e di fango bentonitico (fluido bentonitico più smarino) in uscita sono gestiti in modo leggermente differenti; tuttavia in tutte le tecnologie un ruolo determinante è svolto dalla densità del fango bentonitico, necessaria a mantenere in sospensione lo smarino e la sua stabilità, intesa come capacità della bentonite di rimanere omogeneamente dispersa nell'acqua e non comportare fenomeni di separazione o sedimentazione.

### 2.1.3 L'azione lubrificante / la riduzione dell'attrito

Nell'ambito della realizzazione di opere in sotterraneo (gallerie idrauliche, ferroviarie o stradali) sono ampiamente utilizzate tecnologie trenchless quali microtunnelling, spingitubo o, nel caso di grandi diametri, Tunnel Boring Machines.

In questo tipo di applicazioni, le principali funzioni dei fanghi di perforazione sono sia il supporto del foro che l'impermeabilizzazione, per le quali è sufficiente un comportamento tixotropico già descritto, ma anche la lubrificazione per la quale spesso si fa ricorso all'aggiunta di polimeri o alle bentoniti definite "estese" di cui si parlerà approfonditamente nei capitoli seguenti.

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

---

L'azione lubrificante serve infatti laddove, a causa delle dimensioni del fronte di scavo e conseguentemente dell'entità degli attriti che si generano tra gli utensili di scavo e il terreno/roccia, è necessario ridurre l'usura degli utensili utilizzando lo stesso fango bentonitico anche come lubrificante.

**Nelle applicazioni ingegneristiche che prevedono l'utilizzo di microtunnelling e altre tecnologie no-dig, quindi, spesso si fa ricorso all'utilizzo di bentoniti estese o additivate in cantiere mediante l'aggiunta dei polimeri.**

Gli aspetti legati alla composizione delle bentoniti saranno approfonditamente trattati nel seguito di questo documento.

#### 2.1.4 La separazione

Come detto, nel caso di utilizzo dei fanghi bentonitici per la realizzazione di pali e diaframmi, la necessità è quella da una parte di sostenere il cavo durante il tempo necessario a completare la perforazione fino alla quota di progetto e a eseguire il getto di calcestruzzo, ma anche convogliare verso la bocca del foro il materiale scavato.

Durante la realizzazione del foro, infatti, il sistema di circolazione dei fanghi include una linea che convoglia il fluido di perforazione contenente i detriti di scavo in sospensione a un impianto di separazione.

**La separazione è essenzialmente descrivibile come una separazione meccanica delle particelle più grossolane (detriti) dal fluido (acqua) e dalle particelle più piccole (bentonite) e comporta una serie di passaggi consecutivi. Il processo è suddiviso in diverse fasi che prevedono una successione di vagli meccanici utili a separare i detriti più grossolani e una centrifuga, un sistema di filtropresse o delle semplici vasche di decantazione per separare le particelle più sottili dall'acqua con l'ausilio di idrocycloni.**

La separazione consente da una parte il recupero dello smarino sotto forma di solido privato della maggior parte del fango bentonitico e dall'altra il recupero della bentonite che viene reimpressa in circolo incrementando la velocità di perforazione e riducendo il consumo delle pompe e delle parti soggette a usura.

### 3 Bentoniti

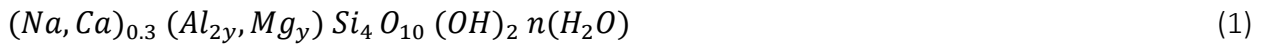
#### 3.1 Il materiale, i prodotti commerciali e la composizione mineralogica

Con bentonite (numero EC 215-108-5, numero CAS 1302-78-9) si intende il nome commerciale di una serie di prodotti a base di argille, principalmente montmorillonite sodica, calcica e potassica; in particolare le bentoniti comunemente in commercio non contengono meno del 60% di smectite e nella maggior parte dei casi superano il 70%. La montmorillonite, infatti, appartiene al gruppo delle smectiti ed è un fillosilicato di alluminio e magnesio la cui struttura cristallina è composta da strati

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

---

ottaedrici di allumina ( $Al_2O_3$ ) interposti tra due strati di tetraedri di silice ( $SiO_2$ ), la cui formula chimica (1) è di seguito espressa:



Ulteriori minerali che compongono la restante parte della bentonite possono essere altri minerali argillosi quali illite, caolinite etc. oltre che quarzo, cristobalite, zeolite, mica, feldspato e calcite.

La bentonite è originata dalla devetrificazione o decomposizione parziale di ceneri vulcaniche vetrose, di tufi vulcanici o colate laviche, o anche dalla decomposizione di intrusivi ipoabissali.

**La bentonite è di per sé una risorsa naturale non rinnovabile che si trova nel sottosuolo di particolari zone in Italia e nel mondo, estratta mediante procedimenti meccanici tipici della tradizione mineraria.**

A causa della sua composizione mineralogica di natura impura di fillosilicato di alluminio, le particelle di bentonite hanno una notevole capacità di assorbimento dell'acqua: consistono infatti in sottilissimi fogli cristallini di minerali argillosi con carica negativa raggruppati in pacchetti da ioni positivi di sodio, potassio, magnesio o calcio in uno strato di acqua assorbita. Gli ioni calcio forniscono un legame più forte rispetto agli ioni sodio, per cui la montmorillonite calcica, così come quella magnesiacca, è meno efficace nel trattenere molecole d'acqua rispetto a quella sodica. Gli ioni potassio stabiliscono legami ancora più forti tra i foglietti di argilla in quanto la loro dimensione è tale da non permettere che ci siano spazi tra questi. Dunque la sostituzione del sodio con calcio, magnesio o potassio nella montmorillonite riduce notevolmente la capacità di assorbimento dell'acqua.

Da quanto detto si evince che la tipologia di bentonite più efficace per gli scopi ingegneristici è quella sodica.

### 3.2 Il processo produttivo

Il processo produttivo prevede, a partire dal materiale estratto, una prima fase di purificazione al fine di ridurre la presenza di eventuali impurezze mineralogiche indesiderate. Successivamente può essere necessaria l'attivazione, qualora si tratti di bentonite calcica o magnesiacca: tramite l'aggiunta di carbonato di sodio ( $Na_2CO_3$ ) o soda ( $NaOH$ ) si favorisce la sostituzione tra i cationi  $Ca^{2+}$  ( $Mg^{2+}$ ) e  $Na^+$  nello spazio intra-lamellare al fine di ottenere una bentonite sodica con migliori prestazioni in termini di assorbimento d'acqua e potere rigonfiante (Figura 2, Figura 3).

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

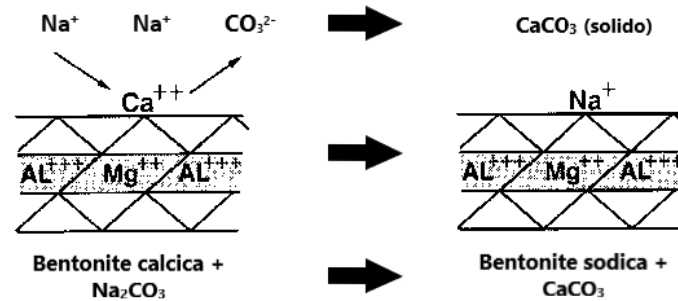


Figura 2: Schema di attivazione della bentonite calcica con carbonato di sodio.

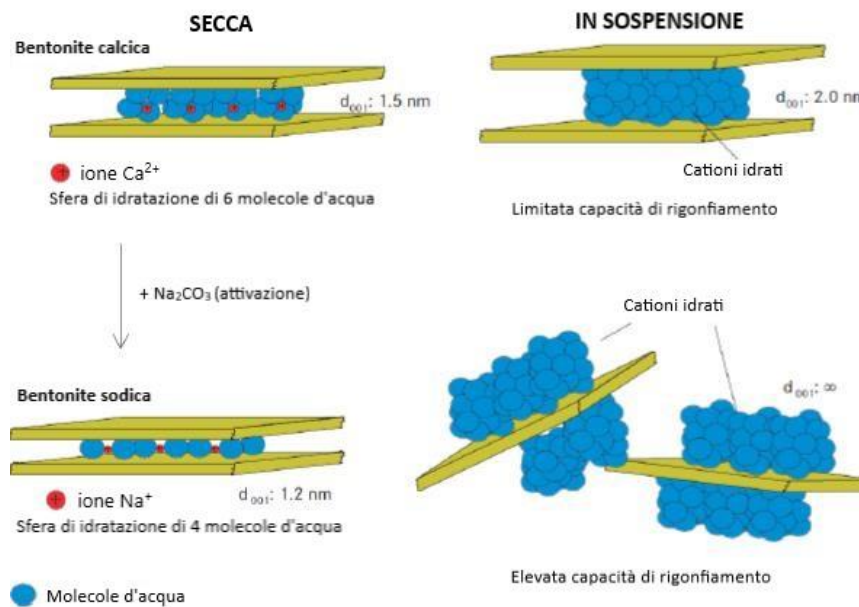


Figura 3: Confronto tra bentonite calcica e sodica.

Segue una fase di essiccazione a temperatura controllata (non oltre i 500°C) per ridurre l'umidità evitando la rimozione dell'acqua interstiziale che inertizzerebbe la bentonite. Infine viene eseguita la macinazione o il setacciamento a seconda del tipo di applicazione per conferire alla bentonite la granulometria desiderata.

Per alcune specifiche applicazioni la bentonite viene additivata, o più propriamente "estesa", con l'aggiunta di additivi a seconda della funzione da assolvere. In questa fase che caratterizza alcuni prodotti commerciali vengono introdotti polimeri naturali come amidi e cellulose, sintetici come i poliacrilati (PA), o ancora semi-sintetici come le carbossimetilcellulose (CMC) o le cellulose polianioniche (PAC). Gli additivi comunemente utilizzati nei fluidi di perforazione sono classificati in:

- viscosizzanti;
- fluidificanti;
- disperdenti;
- emulsionanti;

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

---

- inibitori di corrosione;
- flocculanti;
- controllori di pH;
- inibitori dell'attività delle argille;
- conservanti.

### **3.3 I prodotti commerciali**

In commercio esistono diversi prodotti che rispondono al nome di "bentonite". Questi prodotti commerciali includono bentoniti calciche e sodiche, naturali ed estese (mediante l'aggiunta di polimeri naturali o sintetici).

Questi prodotti devono essere accompagnati da una scheda tecnica che le identifichi nelle categorie sopra menzionate con specifico riferimento alla presenza di additivi. La dicitura "non estesa", "priva di additivi/polimeri" o "polymer free" è necessaria per escludere la presenza di additivi naturali o sintetici.

Nel caso di bentoniti estese, l'eventuale presenza di sostanze pericolose per l'uomo o per l'ambiente deve essere specificata mediante l'accompagnamento di schede di sicurezza del prodotto contenente tutte le classi di rischio e le informazioni necessarie a trattare il prodotto con le opportune precauzioni.

## **4 Aspetti ambientali legati all'utilizzo delle bentoniti**

### **4.1 Indicazioni generali**

Dal punto di vista ambientale e della salvaguardia della salute, la bentonite non è considerata pericolosa né per l'ambiente né per l'uomo secondo il Regolamento EC 1272/2008 e la Direttiva 67/548/EC attualmente in vigore.

La bentonite non è separatamente classificata dall'Occupation Health and Safety Administration (OSHA) e non è stata classificata come cancerogeno dall'OSHA, dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) e dal Programma Tossicologico Nazionale (NTP).

La bentonite è esente dalla Registrazione REACH secondo l'allegato V.7. Una valutazione del rischio è stata condotta con la supervisione della European Bentonite Association (EUBA) e il risultato è che la bentonite non è una sostanza pericolosa. Perciò, in assenza di rischi identificati, l'impiego della sostanza è considerato sicuro.

Nelle bentoniti estese la presenza di composti organici polimerici o monomerici nei prodotti commerciali impiegati per la preparazione dei fanghi bentonitici provoca l'instaurarsi di interazioni fra la miscela e il terreno con cui entra in contatto, in particolare con la microflora e/o la microfauna. L'interazione può causare effetti eco-tossici a seconda della tipologia di interazione che si instaura in

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

---

funzione delle condizioni ambientali e del terreno, della presenza o meno di ossigeno disciolto, delle caratteristiche intrinseche dei composti presenti nella miscela bentonitica e della compresenza di determinati composti nello stesso ambiente, in parte o del tutto provenienti dalla miscela bentonitica e in parte dal terreno.

Nonostante non siano tossici, i polimeri sintetici a base di poliacrilati degradano molto lentamente e di conseguenza permangono nel materiale di scavo. Materiali semi-sintetici come le carbossimetilcellulose (CMC) o le cellulose polianioniche (PAC) degradano molto più velocemente e non sono tossiche. Recentemente è stato registrato un incremento dell'utilizzo di polimeri naturali biodegradabili, i quali sono però spesso trattati con biocidi per controllare il tasso di decomposizione e rallentare i fenomeni di degradazione delle caratteristiche fisiche e reologiche dei fluidi. Agenti condizionanti particolarmente sicuri dal punto di vista ambientale sono quelli basati su materiali naturali come la gomma Guar, gli Xanthani o i gel di semi di carruba.

**In ogni caso, da questo punto di vista, non sembra ragionevole a priori estendere quanto inserito nei primi capoversi di questo paragrafo indistintamente a tutte le bentoniti intese come prodotti commerciali, includendo in questa categoria anche le bentoniti estese mediante l'aggiunta di polimeri sintetici o naturali.**

Esiste in questi casi la possibilità di eseguire studi sperimentali finalizzati a definire potenziali effetti eco-tossicologici in relazione a specifici prodotti, applicazioni e terreni interessati.

Lo studio per individuare il possibile impatto ambientale delle miscele bentonitiche deve quindi partire dallo studio del materiale solido commerciale, analizzandone in primis parametri aggregati caratterizzanti, quali pH e carico organico totale (TOC). Successivamente si deve individuare l'eventuale presenza di metalli pesanti, che potrebbero essere presenti come "by-products" durante il processo di lavorazione del materiale (in quanto vengono impiegati come catalizzatori nella produzione degli additivi organici). Infine, una volta preparata la miscela bentonitica, è bene studiare le caratteristiche della fase liquida, dopo aver eseguito il processo di separazione liquido/solido, così da individuare eventuali fenomeni di trasporto di materia dal materiale solido alla fase liquida in contatto.

Gli additivi organici, comunemente denominati "polimeri", possono essere aggiunti anche durante la miscelazione della bentonite commerciale con l'acqua di miscelazione, per i motivi già brevemente discussi. La caratterizzazione di questi additivi risulta essere simile a quella eseguita sulla fase liquida della miscela bentonitica, in quanto prevede sia una fase di caratterizzazione chimica che ecotossicologica.

#### **4.2 Il riutilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotto**

In base al DPR 120/2017 è possibile definire il terreno scavato quale sottoprodotto in funzione di determinate caratteristiche chimico-fisiche. Nel dettaglio, rispetto alla classe dei sottoprodotti, il DPR riporta quanto segue: il rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui all'articolo 184-bis, comma

---



Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

---

1, lettera d), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti, è garantito quando il contenuto di sostanze inquinanti all'interno delle terre e rocce da scavo, comprendenti anche gli additivi utilizzati per lo scavo, sia inferiore alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica, o ai valori di fondo naturali.

Qualora per consentire le operazioni di scavo sia previsto l'utilizzo di additivi che contengono sostanze inquinanti non comprese nella citata tabella, il soggetto proponente fornisce all'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e all'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) la documentazione tecnica necessaria a valutare il rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui all'articolo 4.

**Senza la pretesa di essere esaustivi in questo paragrafo si vuole sottolineare come, per quanto contenuto nel presente documento, nel caso delle bentoniti non estese, si può escludere la presenza di sostanze inquinanti e pertanto, ai fini della caratterizzazione come sottoprodotto, sarà sufficiente l'esecuzione dei test di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica, o ai valori di fondo naturali previsti in ogni caso.**

Nel caso in cui invece si volesse inserire la possibilità di utilizzo delle bentoniti estese, e in particolar modo per le bentoniti estese con polimeri di origine non naturale, in assenza di informazioni sul profilo eco-tossicologico dei citati polimeri, sembra più opportuno in via del tutto cautelativa riferirsi al caso in cui "sia previsto l'utilizzo di additivi che contengono sostanze inquinanti" e pertanto che il soggetto proponente fornisca all'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e all'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) la documentazione tecnica necessaria a valutare il rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui all'articolo 4.

### **4.3 L'utilizzo di bentoniti nella realizzazione di pali e diaframmi**

Nell'ambito della realizzazione di pali e diaframmi la bentonite è contenuta dal filter cake all'interno del foro scavato; lo strato di pochi millimetri di spessore (variabile a seconda della granulometria del terreno) infatti è proprio ciò che isola il foro e permette contestualmente la stabilizzazione dello stesso. **La tenuta del filter cake consente quindi di escludere anche fenomeni di interazione tra la bentonite e il terreno scavato all'interno del palo/diaframma con l'ambiente circostante.**

A questo proposito si deve ricordare come, nell'ingegneria ambientale, i pannelli di bentonite trovano una delle più apprezzate applicazioni proprio come sistemi di isolamento e contenimento degli inquinanti organici e inorganici.

Gli eventuali rischi legati all'utilizzo della bentonite si devono quindi andare a ricercare, non tanto durante le attività di realizzazione del palo o del diaframma, quanto nell'interazione con il terreno

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

---

scavato e nelle eventuali successive fasi di riutilizzo dello smarino e di smaltimento del fango bentonitico alla fine delle attività.

In questo senso l'unico elemento potenzialmente critico sembra legato all'utilizzo di bentoniti estese e, in particolare, ai prodotti estesi mediante polimeri di origine non naturale.

Nell'ambito della realizzazione dei pali e dei diaframmi, come specificato nei capitolati relativi a pali e micropali e relativi a paratie di pali, diaframmi e palancole di Italferr, le norme di riferimento riguardanti le proprietà dei fanghi stabilizzanti sono:

- UNI EN 1536:2015 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Pali trivellati";
- UNI EN 1538:2015 "Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Diaframmi".

Vengono riportate nella sottostante Tabella 1 le caratteristiche della sospensione di bentonite fresca indicate dalle normative.

Tabella 1: Caratteristiche della sospensione di bentonite fresca indicate dalle normative

Proprietà	Valore	Unità di misura
Densità	< 1.10	g/cm <sup>3</sup>
Viscosità Marsh	32 ÷ 50	s
Fluid loss	< 30	cm <sup>3</sup>
pH	7 ÷ 11	-
Spessore filtercake	<3	mm

Ai fini della valutazione dell'impatto ambientale delle bentoniti utilizzate per queste attività è dirimente riuscire a determinare se tali applicazioni possono essere eseguite secondo le prescrizioni dei capitolati precedentemente citati utilizzando bentoniti non estese.

In merito, nei seguenti paragrafi sono stati raccolti dati sperimentali di letteratura acquisiti nell'ambito da attività di Ricerca svolte alla Sapienza utili a dimostrare che esistano bentoniti commerciali non estese in grado di garantire il soddisfacimento di tali requisiti senza la necessità di aggiungere polimeri o altri additivi di qualsiasi natura.

I dati proposti fanno riferimento a prodotti commerciali (Laviosa Bentosund 120 E e Laviosa Bentosund 120 ET) disponibili sul mercato e attualmente utilizzati per la realizzazione di pali e diaframmi. L'utilizzo di prodotti commerciali è finalizzato a dimostrare concretamente la possibilità di realizzare pali e diaframmi senza fare ricorso a bentoniti estese. Le successive fasi sperimentali dell'attività di Ricerca in corso contemplerà l'utilizzo di più prodotti commerciali da diversi fornitori.

#### 4.3.1 Densità

In riferimento ad attività sperimentali condotte, sono riportati nella seguente Figura 4 i valori di densità ottenuti da prove eseguite su un fango costituito da bentonite sodica naturale (Laviosa Bentosund 120 ET) a diverse concentrazioni ed il limite imposto dalla normativa.

---

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

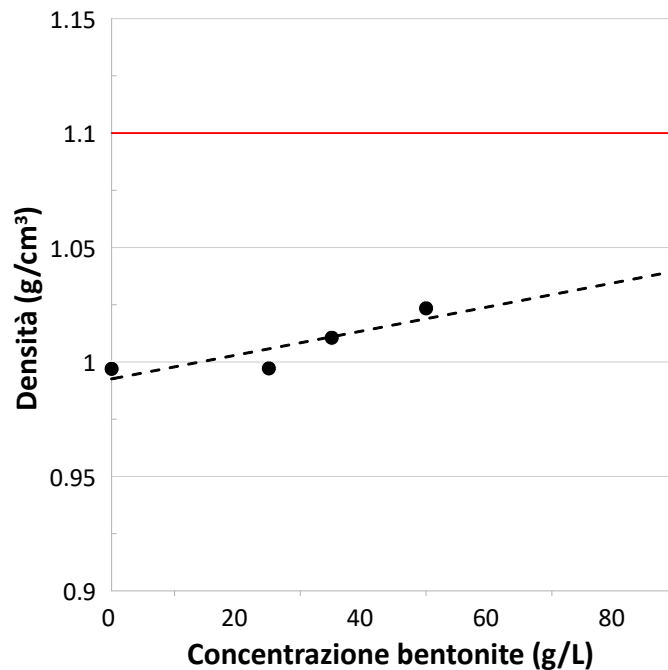


Figura 4: Valori di densità ottenuti a diverse concentrazioni di bentonite, interpolazione lineare di tali valori e limite imposto dalla normativa.

Dai risultati ottenuti e dall'interpolazione effettuata è possibile osservare come i limiti di normativa siano ampiamente rispettati per le concentrazioni di bentonite sodica naturale testate pari a 25 g/L, 35 g/L e 50 g/L, corrispondenti alle percentuali in peso di 2.5%, 3.5% e 5% e fino a circa il 9%.

#### 4.3.2 Viscosità Marsh

In riferimento ad attività sperimentali condotte, sono riportati nella seguente Figura 5 i valori di viscosità Marsh ottenuti da prove eseguite su un fango costituito da bentonite sodica naturale (Laviosa Bentosund 120 ET) a diverse concentrazioni e i limiti imposti dalla normativa.

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

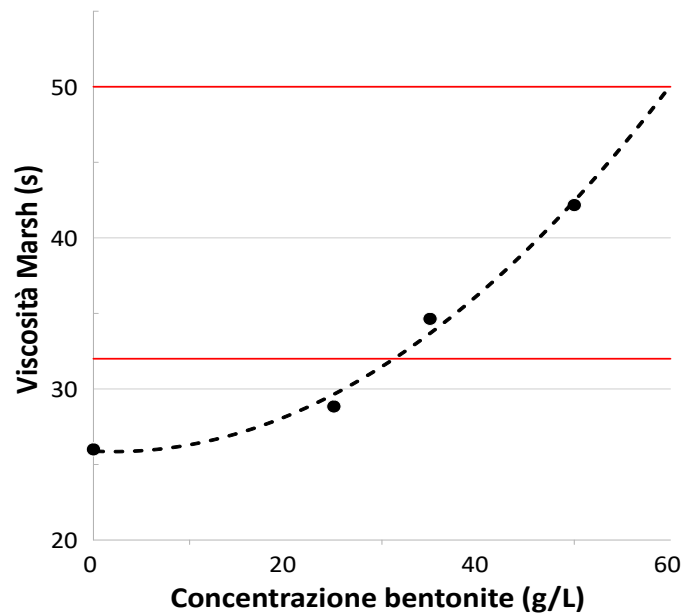


Figura 5: Valori di viscosità Marsh ottenuti a diverse concentrazioni di bentonite, interpolazione polinomiale di tali valori e limite imposto dalla normativa.

Dai risultati ottenuti e dall'interpolazione effettuata è possibile osservare come per concentrazioni di bentonite sodica naturale comprese tra 32 g/L e 60 g/L (ovvero 3.2% e 6%) i limiti di normativa siano rispettati.

#### 4.3.3 Fluid loss

Dalla scheda tecnica delle bentoniti sodiche naturali Laviosa Bentosund 120E ed ET, è possibile apprendere come, per una concentrazione pari al 5%, il fluid loss del fango bentonitico dopo 24 ore di maturazione sia rispettivamente compreso tra 20-25 e inferiore a 25 ml e dunque rispetti i limiti di normativa.

#### 4.3.4 pH

In riferimento ad attività sperimentali condotte, è possibile osservare come il valore di pH ottenuto analizzando il liquido derivante dalla centrifugazione del fango bentonitico costituito da bentonite sodica naturale (Laviosa Bentosund 120 ET) ad una concentrazione del 4.5% risulti essere pari a 9.6 e dunque rispetti i limiti imposti dalla normativa.

Inoltre, dalla scheda tecnica delle bentoniti sodiche naturali Laviosa Bentosund 120E ed ET è possibile apprendere come, per una concentrazione pari al 5%, il valore di pH ottenibile dal fango bentonitico dopo 24 ore di maturazione sia rispettivamente compreso tra 8.5-10.5 e 7- 11 e dunque rispetti i limiti di normativa.

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

---

#### 4.3.5 Spessore del filtercake

Dalla scheda tecnica delle bentoniti sodiche naturali Laviosa Bentosund 120E ed ET è **possibile apprendere come, per una concentrazione pari al 5%, lo spessore del filtercake ottenibile dal fango bentonitico dopo 24 ore di maturazione sia rispettivamente compreso tra 1-1.5 e inferiore a 3 mm e dunque rispetti i limiti di normativa.**

#### 4.3.6 Commenti

Appare quindi chiaro come sia appropriato, in questa fase progettuale fare riferimento alle bentoniti naturali in quanto è stata verificata l'esistenza di più di una bentonite naturale non estesa disponibile in commercio in grado di garantire il rispetto dei requisiti previsti dai capitolati e dalle normative di riferimento senza includere composti potenzialmente dannosi per l'ambiente. Questo rende non necessario l'utilizzo di bentoniti estese ai fini della realizzazione degli interventi previsti dal Progetto.

La possibilità di proporre, nelle successive fasi progettuali (Progettazione Esecutiva) l'utilizzo di bentoniti estese o di polimeri o additivi non è comunque da escludere ma si ritiene sia opportuno subordinare tale utilizzo, soprattutto nel caso di bentoniti estese con polimeri non naturali, allo svolgimento di studi di caratterizzazione chimica ed eco-tossicologica degli stessi finalizzata ad escludere effetti dannosi sull'ambiente.

## 5 Conclusioni

A conclusione della seguente trattazione, appare utile raccogliere alcuni dei punti più rilevanti raccolti nel presente documento.

- con bentonite si intende il nome commerciale di una serie di prodotti contenenti non meno del 60% e generalmente almeno il 70% di smectite (solitamente montmorillonite, fillosilicato di alluminio e magnesio) considerata, dal punto di vista geotecnico, ricadente nella categoria delle argille;
- per la restante parte le bentoniti naturali, o non estese, includono la presenza di altri minerali argillosi quali illite, caolinite, oltre che quarzo, cristobalite, zeolite, mica, feldspato e calcite, mentre nel caso delle bentoniti estese si trova inoltre l'aggiunta di additivi o polimeri naturali come amidi e cellulose, sintetici come i poliacrilati (PA), o ancora semi-sintetici come le carbossimetilcellulose (CMC) o le cellulose polianioniche (PAC);
- in commercio esistono diversi prodotti commerciali che rispondono al nome di "bentonite" tra i quali bentoniti calciche, magnesiache e sodiche, naturali ed estese (mediante l'aggiunta di polimeri naturali o sintetici);
- dal punto di vista dei rischi per la salute dell'uomo e dell'ambiente la bentonite:
  - o non è considerata pericolosa né per l'ambiente né per l'uomo secondo il Regolamento EC 1272/2008 e la Direttiva 67/548/EC attualmente in vigore;

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

---

- non è separatamente classificata dall'Occupation Health and Safety Administration (OSHA);
  - non è stata classificata come cancerogeno dall'OSHA, dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) e dal Programma Tossicologico Nazionale (NTP);
  - è esente dalla Registrazione REACH secondo l'allegato V.7;
  - è stata definita una sostanza non pericolosa a seguito di una valutazione del rischio condotta con la supervisione della European Bentonite Association (EUBA).
- nonostante non siano tossici, i polimeri sintetici presenti nelle bentoniti estese degradano molto lentamente e di conseguenza permangono nel materiale di scavo; i polimeri naturali basati su materiali naturali come gomma di Guar, Xanthani o gel di semi di carruba sono generalmente considerati particolarmente sicuri dal punto di vista ambientale;
  - la tenuta del filter cake che si crea al contorno del foro scavato necessaria alla corretta realizzazione di pali e diaframmi consente di escludere in ogni caso fenomeni di interazione tra la bentonite e il terreno scavato all'interno del palo/diaframma con l'ambiente circostante. Il meccanismo è concettualmente analogo a quello dei pannelli di bentonite che trovano una delle più apprezzate applicazioni proprio come sistemi di isolamento e contenimento degli inquinanti organici e inorganici;
  - nel caso delle bentoniti non estese, si può escludere la presenza di sostanze inquinanti e pertanto, ai fini della caratterizzazione come sottoprodotto, sarà sufficiente l'esecuzione dei test di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, con riferimento alla specifica destinazione d'uso urbanistica, o ai valori di fondo naturali;
  - nel caso invece delle bentoniti estese, e in particolar modo per le bentoniti estese con polimeri di origine sintetica o semi-sintetica, in assenza di informazioni sul profilo eco-tossicologico dei citati polimeri, sembra più opportuno in via del tutto cautelativa riferirsi al caso in cui "sia previsto l'utilizzo di additivi che contengono sostanze inquinanti" e pertanto che il soggetto proponente fornisca all'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e all'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) la documentazione tecnica necessaria a valutare il rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui all'articolo 4;
  - esistono bentoniti naturali non estese disponibili in commercio in grado di garantire il rispetto dei requisiti dai capitolati e dalle normative di riferimento per la realizzazione di pali e diaframmi senza includere composti potenzialmente dannosi per l'ambiente; questo rende non necessario l'utilizzo di bentoniti estese ai fini della realizzazione degli interventi descritti.
  - la possibilità di proporre, nelle fasi successive della progettazione (Progetto Esecutivo), l'utilizzo di bentoniti estese o di polimeri o additivi per la realizzazione di pali e diaframmi non è comunque da escludere ma si ritiene sia opportuno subordinare tale utilizzo, soprattutto nel caso di bentoniti

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

---

estese con polimeri non naturali, allo svolgimento di studi di caratterizzazione chimica ed ecotossicologica degli stessi finalizzata ad escludere effetti dannosi sull'ambiente.

Attività di Ricerca sull'impatto ambientale delle bentoniti per applicazioni di ingegneria civile.

---

## 6 Bibliografia

- Bohnoff G., Shackelford C., Malusius M., Scalia J., Benson C., Edil T., Di Emidio G., Katsumi T., Mazzieri F., "Novel bentonites for containment barrier applications", 2013.
- Decreto legislativo 3 aprile 2006 numero 152, "Norme in materia ambientale (DL 152/06)", 2006.
- Decreto del presidente della Repubblica 13 giugno 2017 numero 120, "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo (DPR 120/17)", 2017.
- Ente Italiano di Normazione, "Esecuzione dei lavori geotecnici speciali – Pali trivellati (UNI EN 1536:2015)", 2015.
- Ente Italiano di Normazione, "Esecuzione dei lavori geotecnici speciali – Diaframmi (UNI EN 1538:2015)", 2015.
- Ente Italiano di Normazione, "Industrie del petrolio e del gas naturale – Materiali per fluidi di perforazione – Specificazioni e prove (UNI EN ISO 13500:2011)", 2011.
- Inglethorpe S. D. J., Morgan D. J., Highley D. E., Bloodworth A. J., "Industrial Minerals Laboratory Manual: Bentonite", 1993.
- Karagüzel C., Çetinel T., Boylu F., Çinku K., Çelik M. S., "Activation of (Na, Ca)-bentonites with soda and MgO and their utilization as drilling mud", 2010.
- Laviosa Chimica Mineraria SpA, "Bentosund 120 E Technical Data Sheet".
- Laviosa Chimica Mineraria SpA, "Bentosund 120 ET Technical Data Sheet".
- Luckham P. F., Rossi S., "The colloidal and rheological properties of bentonite suspensions", 1999.
- Mewis J., Wagner N. J., "Thixotropy", 2009.
- Miliziano S., Mascarucci Y., Rotisciani G. M., Sacconi S., Marcellino P., "Pali trivellati", 2019.
- Milligan G., "Lubrication and soil conditioning in tunnelling, pipe jacking and microtunnelling", 2000.
- Singh Dhiman A., "Rheological properties and corrosion characteristics of drilling mud additives", 2012.