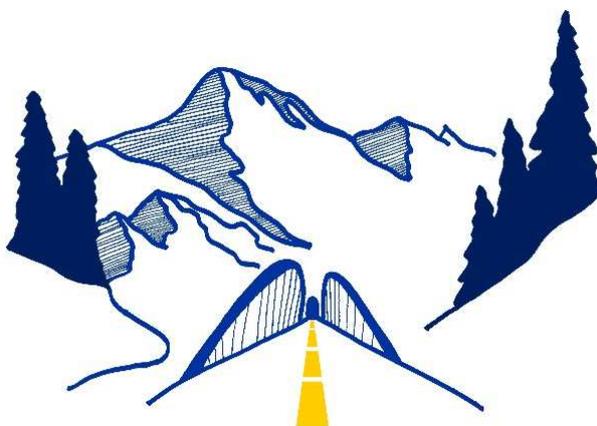


**S.S. 42 "DEL TONALE E DELLA MENDOLA"  
VARIANTE EST DI EDOLO**

**PROGETTO DEFINITIVO**



<p>VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</p>          <p>Ing. Giancarlo Luongo</p>	<p>RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE</p>          <p>Ing. Alessandro RODINO</p>	<p>PROGETTISTA SPECIALISTA</p>          <p>Ing. Francesco CARNEVALE</p>	<p>IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p>          <p>Dott. Domenico TRIMBOLI</p>
--	---	---	---

**PIANO DI UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO**

<p>CODICE PROGETTO</p> <p>PROGETTO      LIV. PROG.      N. PROG.</p> <p>COM I 2 1      D      1 8 1 0</p>	<p>NOME FILE T00GE00GETRE02_B</p> <p>CODICE ELAB      T 0 0 G E 0 0 G E T R E 0 2</p>	<p>REVISIONE</p> <p>B</p>	<p>SCALA:</p> <p>-</p>
---	---	---------------------------	------------------------

C					
B	REVISIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA ANAS E PER RICHIESTA MODIFICA TRACCIATO	30/08/2021	L. Salvi C. Montanelli	A. Nardi	F. Carnevale
A	PRIMA EMISSIONE	30/04/2021	L. Salvi C. Montanelli	A. Nardi	F. Carnevale
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

<b>INDICE</b>	<b>pag.</b>
1   PREMESSA .....	4
2   RIFERIMENTI.....	6
2.1   Elenco elaborati del progetto definitivo.....	6
2.2   Altri documenti di riferimento .....	6
2.3   Riferimenti Normativi.....	6
3   SITO DI PRODUZIONE: LOCALIZZAZIONE.....	8
3.1   Uso del suolo.....	10
3.2   Riferimenti cartografici.....	17
3.3   Destinazione d’uso urbanistica .....	18
4   DESCRIZIONE DEL SITO DI PRODUZIONE .....	21
4.1   Indagini ambientali .....	25
5   CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE DEL SITO .....	27
5.1   Caratteristiche Geologiche.....	27
5.2   Caratteristiche Idrogeologiche .....	27
5.3   Caratteristiche Sismiche.....	27
5.4   Caratteristiche geotecniche .....	28
5.4.1   Imbocco Sud.....	28
5.4.2   Galleria .....	30
5.4.3   Imbocco Nord.....	31
6   FASI DI PRODUZIONE DELLE TERRE .....	33
6.1   Accessi al sito .....	39
6.2   Riutilizzo delle terre provenienti dagli scavi .....	41
6.3   Demolizioni e possibilità di riutilizzo dei materiali di risulta.....	41
6.4   Impianti di conferimento.....	42
6.5   Cave di prestito nell’area di interesse .....	47
6.6   Impianti di trattamento inerti nell’area di interesse .....	48
6.7   Impianti per stoccaggio temporaneo .....	50
7   GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO.....	51
7.1   Premessa e inquadramento.....	51
7.2   Caratterizzazione ambientale .....	56

7.3	Omologa per terre e rocce da scavo da smaltire come rifiuto.....	57
7.4	Acque di falda .....	62
7.5	Piano di conferimento .....	63
7.5.1	Quantità e destinazione presunta dei materiali .....	63
7.5.2	Campionamento dei materiali.....	64
7.5.3	Ulteriori opzioni di campionamento.....	64
7.5.4	Caratteristiche area di accumulo temporaneo in attesa di conferimento .....	65
7.5.5	Caratteristiche area di accumulo temporaneo in attesa di riutilizzo.....	67
7.5.6	Trasporto agli impianti di conferimento.....	67
7.6	Analisi chimica e quantitativa dei campioni.....	68
7.6.1	Analisi del tal quale per la classificazione della pericolosità del rifiuto .....	68
7.6.2	Test di cessione.....	70
7.6.3	Metodi di analisi .....	70

## 1 PREMESSA

ANAS ha affidato al Raggruppamento Temporaneo di Imprese (Techint S.p.A. – CESI S.p.A. - IGEAS Engineering S.r.l.) la *progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento S.S. 42, Variante del tratto Berzo Demo–Edolo e Variante Est di Edolo.*

L'opera è geograficamente collocata nell'Alta Valle Camonica, ed interessa in particolare il settore sud-occidentale del Comune di Edolo, in provincia di Brescia. L'Alta Valle Camonica è attraversata dal Fiume Oglio ed è incuneata tra i massicci alpini dell'Adamello-Presanella ed Ortles-Cevedale, entrambi con altitudine superiore ai 3.500 metri.

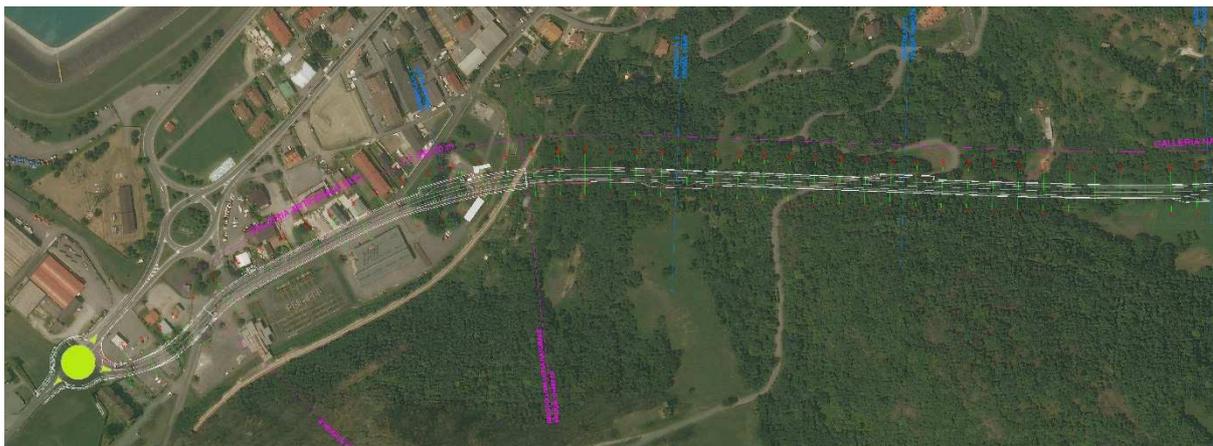
La S.S. 42, che collega il comprensorio dell'Alta Valle a Bergamo in direzione SW e a Bolzano in direzione NE, è l'asse portante della viabilità nella zona, che risulta densamente urbanizzata con insediamenti sia artigianali che legati al settore primario e al turismo. Essa si sviluppa nel fondo valle ed è stata interessata in passato da interventi di riqualificazione, al cui parziale completamento è rivolto il presente progetto. L'abitato di Edolo è attraversato, inoltre, dalla S.S. 39 che lo collega in direzione ovest con il Passo dell'Aprica.

Il tracciato di progetto si sviluppa ai margini Sud-Est e Nord dell'abitato di Edolo in direzione Edolo-Bolzano, interessando nella parte Sud-Est per un breve tratto anche l'estremità Ovest l'abitato di Sonico. La piattaforma adottata in progetto fa riferimento alla strada extraurbana secondaria di tipo “C1”, quindi a traffico sostenuto, ed è prevista a doppio senso di marcia con superficie pavimentata complessiva pari a 9,50 m.

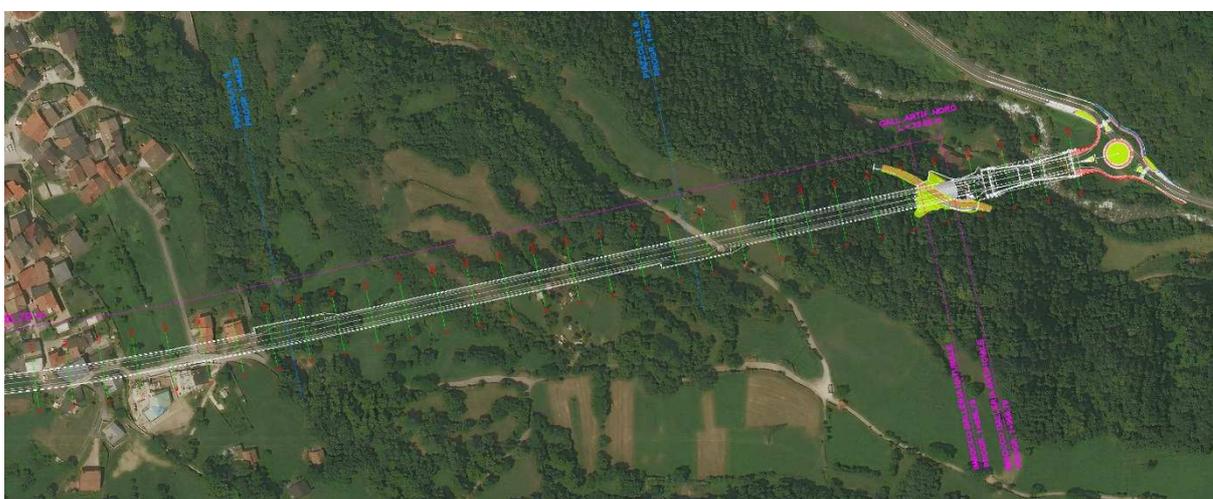
A partire dalla S.S. 42, il futuro tracciato stradale (lunghezza complessiva pari a circa 2048 m) ha inizio (lato Sud-Est) con una nuova rotatoria, dalla quale si immette, per un breve tratto, sulla sede della strada comunale Via Mù seguita da Via Valeriana, delle quali è previsto l'adeguamento alla tipologia C1, passando in affiancamento all'attuale impianto ENEL. Alla progressiva 0+150, in corrispondenza di uno degli ingressi della centrale ENEL, ha inizio la galleria, che, con una lunghezza complessiva di circa 1809 m, bypassa l'abitato di Edolo; l'intera galleria nei primi 342 m e negli ultimi 23 m si sviluppa in artificiale, mentre i rimanenti 1444 m circa costituiscono il tratto di galleria naturale. La galleria termina in sinistra del Fiume Oglio, per l'attraversamento del quale viene realizzato un ponte lungo 60 m ed il tracciato termina sul versante sinistro con uno svincolo a rotatoria per l'innesto sulla S.S. 42, in direzione del Passo della Mendola (si veda la figura seguente).

Il presente documento costituisce il Piano di Utilizzo delle terre e rocce da scavo redatto ai sensi del D.P.R n.120/2017.

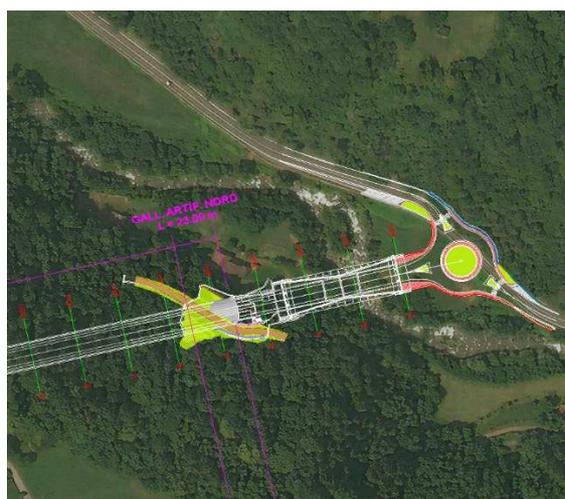
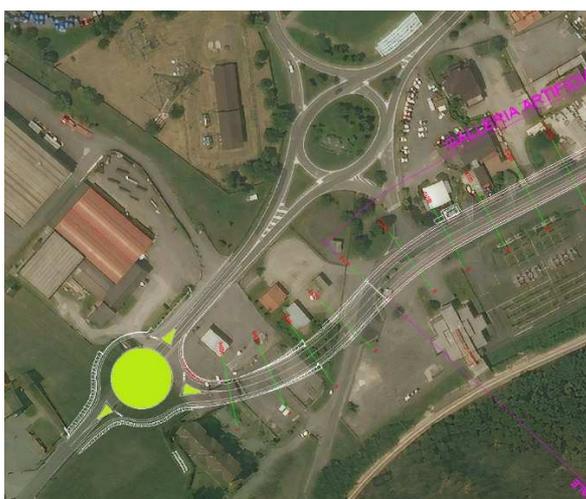
Lo sviluppo della variante sopra descritto è visibile nelle figure sottostanti:



**Figura 1-1 Schema planimetrico tracciato - Tratto Sud**



**Figura 1-2 Schema planimetrico tracciato - Nord**



**Figura 1-3 Schema planimetrico Rotatoria Sud (sinistra) e Schema planimetrico Rotatoria Nord (destra)**

## 2 RIFERIMENTI

Le opere sono descritte nei seguenti elaborati del progetto.

### 2.1 Elenco elaborati del progetto definitivo

L'elenco completo degli elaborati del progetto definitivo è riportato nell'Elaborato T00EG00GENEE01 “Elenco elaborati del progetto definitivo”

### 2.2 Altri documenti di riferimento

- I. ANAS S.p.A. - AMMODERNAMENTO DELLA SS.42 “DEL TONALE E DELLA MENDOLA” VARIANTE EST DI EDOLO - LOTTO II, Progetto Preliminare. “*Relazione del piano di gestione delle materie*” Documento P02SG02GENRE150A;
- II. ANAS S.p.A. - AMMODERNAMENTO DELLA SS.42 “DEL TONALE E DELLA MENDOLA” VARIANTE EST DI EDOLO - LOTTO II, Progetto Definitivo. “*Piano di indagine geognostico-ambientale*”, Ottobre 2019;
- III. ANAS S.p.A. - AMMODERNAMENTO DELLA SS.42 “DEL TONALE E DELLA MENDOLA” VARIANTE EST DI EDOLO - LOTTO II, Progetto Definitivo. “*Indagine geognostica integrativa e propedeutica alla progettazione definitiva - ubicazione delle indagini*”, Ottobre 2019;
- IV. TECNO IN Geosolutions - PROGETTAZIONE DEFINITIVA S.S. 42 – VARIANTE EST DI EDOLO “*Documentazione indagini ambientali*” Documento R.C. 044/20\_EDOLO\_ambientale.
- V. TECNO IN Geosolutions - PROGETTAZIONE DEFINITIVA S.S. 42 – VARIANTE EST DI EDOLO “*Indagini geognostiche, geofisiche e ambientali tavola 01 di 01*” Documento ED\_PU\_GEO\_Tav1.

### 2.3 Riferimenti Normativi

Il piano è stato redatto tenendo a riferimento i seguenti dispositivi di legge:

1. DPR n.120, 13 Giugno 2017 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.
2. D.M. n.186 del 5 aprile 2006 “Regolamento recante modifiche al decreto ministeriale 5 febbraio 1998 ‘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’.
3. DM 27 settembre 2010 “Criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica-in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio 3 agosto 2005 (GU 1° dicembre 2010 n.281).
4. Decreto 5 febbraio 1998 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

5. DM 12 giugno 2002 n. 161 Regolamento attuativo degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, relativo all'individuazione dei rifiuti pericolosi che è possibile ammettere alle procedure semplificate.
6. Decreto legislativo 3 Aprile 2006 n. 152 Norme in materia ambientale
7. UNI 10802 Rifiuti. Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi. Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati. Ottobre 2004
8. ARPA Lombardia, Linee guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo, Maggio 2019.

### 3 SITO DI PRODUZIONE: LOCALIZZAZIONE

L’opera è geograficamente collocata nell’Alta Valle Camonica, interessa in particolare il settore sud-occidentale del Comune di Edolo e per un breve tratto il Comune di Sonico, entrambi in provincia di Brescia. L’Alta Valle Camonica è attraversata dal Fiume Oglio ed è incuneata tra i massicci alpini dell’Adamello-Presanella ed Ortles-Cevedale.

Con riferimento alla Carta Tecnica Regionale, in scala 1: 10.000, l’area è ricompresa nelle sezioni D3c1 e D3c2 (cfr. Figura 3-1).

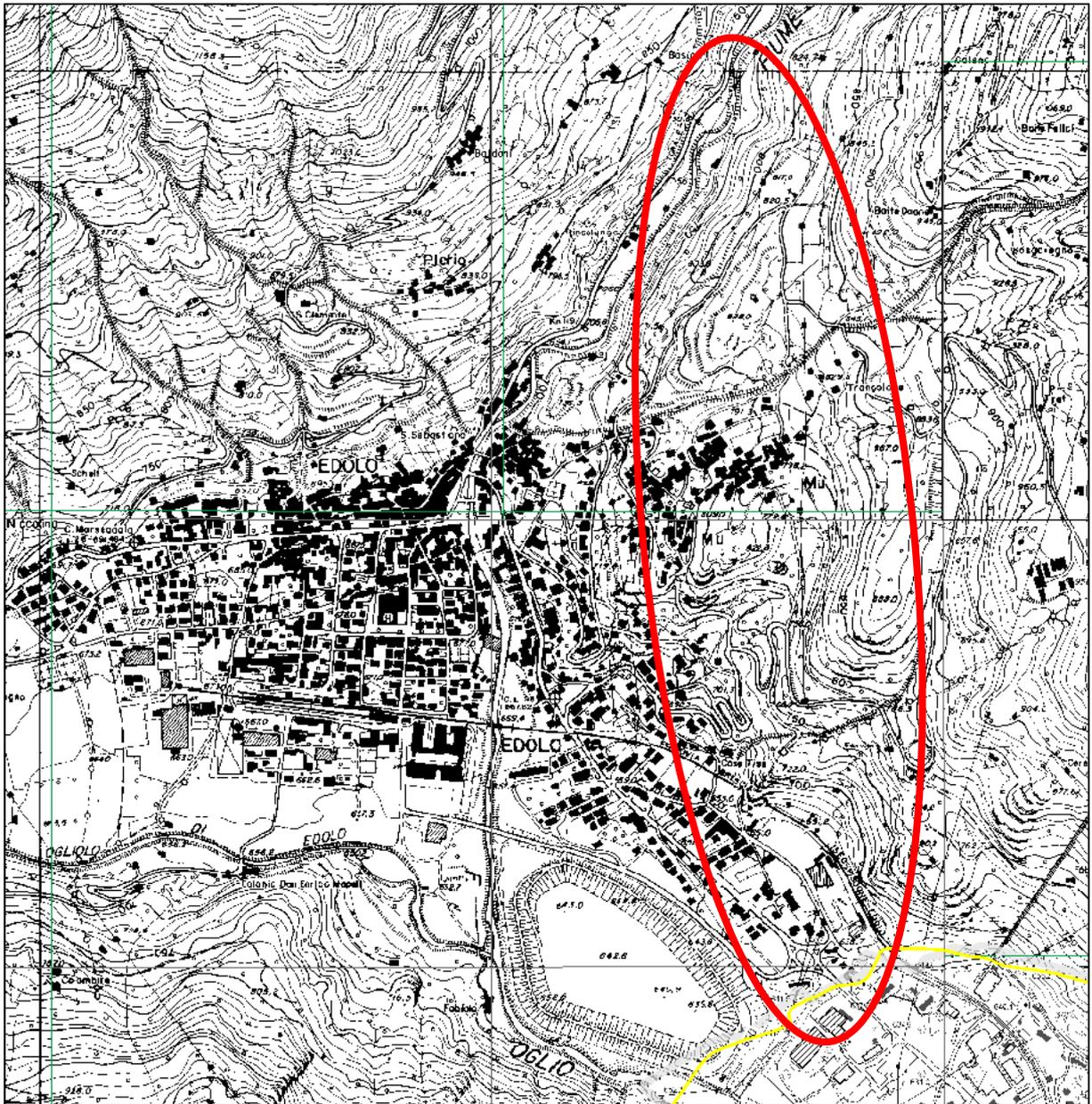


Figura 3-1 Stralcio sezione CTR D3c1 e D3c2 in cui è indicata in rosso l’area interessata dall’intervento

La S.S. 42 si sviluppa nel fondo valle e collega il comprensorio dell’Alta Valle a Bergamo in direzione SW a Bolzano in direzione NE, costituendo quindi l’asse portante della viabilità nella zona, che risulta densamente urbanizzata con insediamenti sia artigianali che legati al settore primario ed al turismo.

L’abitato di Edolo è attraversato, inoltre, dalla S.S. 39 che lo collega in direzione ovest con il Passo dell’Aprica.

Il tracciato di progetto si sviluppa ai margini Sud-Est e Nord dell’abitato di Edolo in direzione Edolo-Bolzano, e per un breve tratto il margine Ovest del Comune di Sonico.



**Figura 3-2 Inquadramento geografico: indicata in rosso l’area interessata dall’intervento**

### 3.1 Uso del suolo



**Figura 3-3 Sviluppo planimetrico della S.S.42 – Variante Est di Edolo**

La *Val Camonica* (BS), corrisponde al corso alpino e prealpino dell’Oglio ed è suddivisa in tre porzioni: la bassa, dall’orlo superiore del Sebino a Breno; la media, da Breno a Edolo e l’alta, da Edolo al Passo del Tonale. L’area d’interesse rientra nella porzione dell’alta valle che va da Edolo al Passo del Tonale e racchiude al suo interno la parte lombarda del Gruppo dell’Adamello e del Baitone.

L’abitato di Edolo, in particolare, ha una superficie di 89,40 km<sup>2</sup>, un’altimetria media del capoluogo di m 700 s.l.m., ed è localizzato in un luogo strategico dal punto di vista viabilistico, in quanto punto di confluenza tra la Valle Camonica e la Valle Corteno e dell’Aprica, essendo

un luogo di snodo del traffico da e verso il Trentino, la Valtellina e i capoluoghi di Brescia e Bergamo.

Il territorio comunale risulta delimitato e inciso da due importanti aste fluviali: quella del Fiume Oglio (con sviluppo nord-sud, localizzato nella porzione centro occidentale del territorio) e quella del torrente Ogliolo (con sviluppo est-ovest nel settore sudoccidentale e che confluisce con il Fiume Oglio in prossimità del confine comunale di Sonico). Idrograficamente il territorio è caratterizzato poi da numerosi altri alvei torrentizi che confluiscono nelle due aste fluviali principali.



**Figura 3-4 Vista verso nord del Fiume Oglio e dei versanti boscati**

I terreni attraversati dal fiume Oglio sono caratterizzati essenzialmente da depositi alluvionali, mentre l'alveo del fiume, nel tratto compreso entro l'abitato di Edolo sino alla confluenza con l'Ogliolo, presenta delle imponenti opere di arginatura, con opere di regimazione comprese tra la zona settentrionale dell'abitato e la vasca di accumulo della centrale idroelettrica che mantengono le acque di massima piena dentro l'alveo.

La variante in oggetto interseca il corso del Fiume Oglio solo nel tratto Nord compreso tra la rotondella e l’imbocco della galleria naturale, bypassandolo grazie ad un ponte della tipologia ad “arco a spinta eliminata” (vedi Figura 3-5).



**Figura 3-5 Vista della S.S.42 nel punto in cui verrà realizzata la nuova rotatoria di raccordo con la Variante e relativo fotoinserimento con il ponte in evidenza**

L’area che viene attraversata dall’opera appartiene ad un ambito di prevalente valore naturale, in particolare al sistema delle aree di rilevanza ambientale, che comprende nello specifico i

seguenti elementi:

- boschi di latifoglie, macchie, frange boscate e filari alberati, siepi e filari;
- prati permanenti con presenza di specie arboree e arbustive sparse.



**Figura 3-6 Vista della S.S.42 e delle aree prative circostanti**

La Variante in studio interferisce con le aree boscate e con le aree a prato e i pascoli permanenti, solamente nell’area a nord.

Nel primo caso in corrispondenza dello sbocco della galleria prima dell’immissione sulla nuova rotatoria e nelle aree ripariali interessate dal ponte sul Fiume Oglio (Figura 3-7); nel secondo caso proprio in corrispondenza della rotatoria che si immette sulla S.S. 42 (Figura 3-6).

Per quanto concerne l’uso del suolo, sul territorio comunale di Edolo si rileva la presenza di numerose superfici a castagneto da frutto in prossimità dell’abitato e la presenza di ambiti destinati all’attività agricola di interesse strategico; il tracciato non interferisce con tali aree agricole strategiche, poiché in corrispondenza delle stesse esso si sviluppa in galleria.



**Figura 3-7 Vista della S.S.42 e della vallata con versanti boscati e relativo fotoinserimento con ponte ed imbocco della galleria Nord in evidenza**

La rotonda posta a sud, che precederà di circa 150 m quella già presente, sarà localizzata in area urbana, così come il primo tratto che si svilupperà sulla sede della strada comunale *Via Mù* seguita da *Via Valeriana*, per le quali è previsto l’adeguamento alla tipologia C1.



**Figura 3-8 Vista della S.S.42 in prossimità della nuova rotonda posta a sud (provenendo da Bergamo in direzione Bolzano) e immissione su Via Mù**

Tra gli elementi del sistema della viabilità storica, oltre la S.S. 42, è presente anche la ferrovia, che passa nella zona Sud dell’abitato di Edolo, intersecando il tracciato della Variante Est seppur in un tratto già in galleria.

Infine, un elemento caratterizzante il paesaggio antropizzato nella zona a Sud che ha anche influenzato l’andamento del tracciato della Variante, è sicuramente la centrale Enel con il suo invaso artificiale, ben visibile all’interno della vallata (Figura 3-9 e Figura 3-10).



**Figura 3-9** Area urbanizzata a sud, nei pressi della centrale Enel



**Figura 3-10 Vista verso l’area urbanizzata e il lago artificiale, nei pressi dell’imbocco della galleria, a sud**

Si può concludere evidenziando che la Variante Est di Edolo viene segnalata, sia nella cartografia del PTCP di Brescia sia nella pianificazione a scala comunale come viabilità prevista in progetto. Rappresenta quindi un elemento già considerato all’interno degli strumenti di piano alle diverse scale come elemento di trasformazione del paesaggio nell’area di indagine.

### **3.2 Riferimenti cartografici**

L’area su cui sono distribuiti gli interventi che riguardano la variante in progettazione è posta tra le coordinate cartografiche UTM-WGS 19841, Zona 32 Nord, 603848-603326 E e 5113838-5116076 N.

### 3.3 Destinazione d’uso urbanistica

L’analisi della documentazione programmatica si riferisce al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) e al Piano di governo del territorio (P.G.T.) dei comuni di Edolo e Sonico, confrontandone le indicazioni con gli indirizzi degli strumenti programmatici comunali.

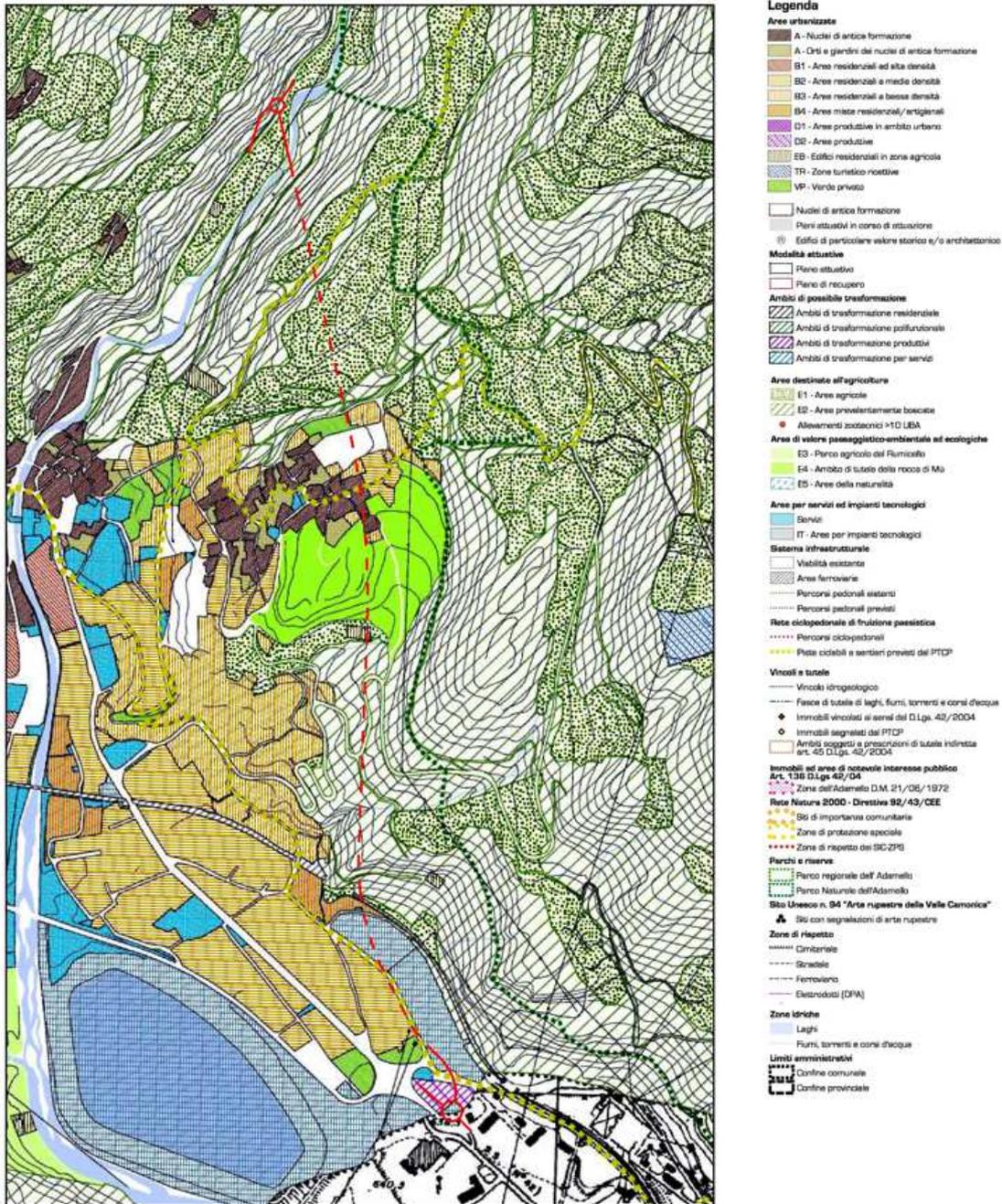


Figura 3-11 Estratto tavola PR P.02.1 Piano delle regole PGT di Edolo azzonamento di piano (immagine ricavata dal Doc. T00IA01AMBCT09)

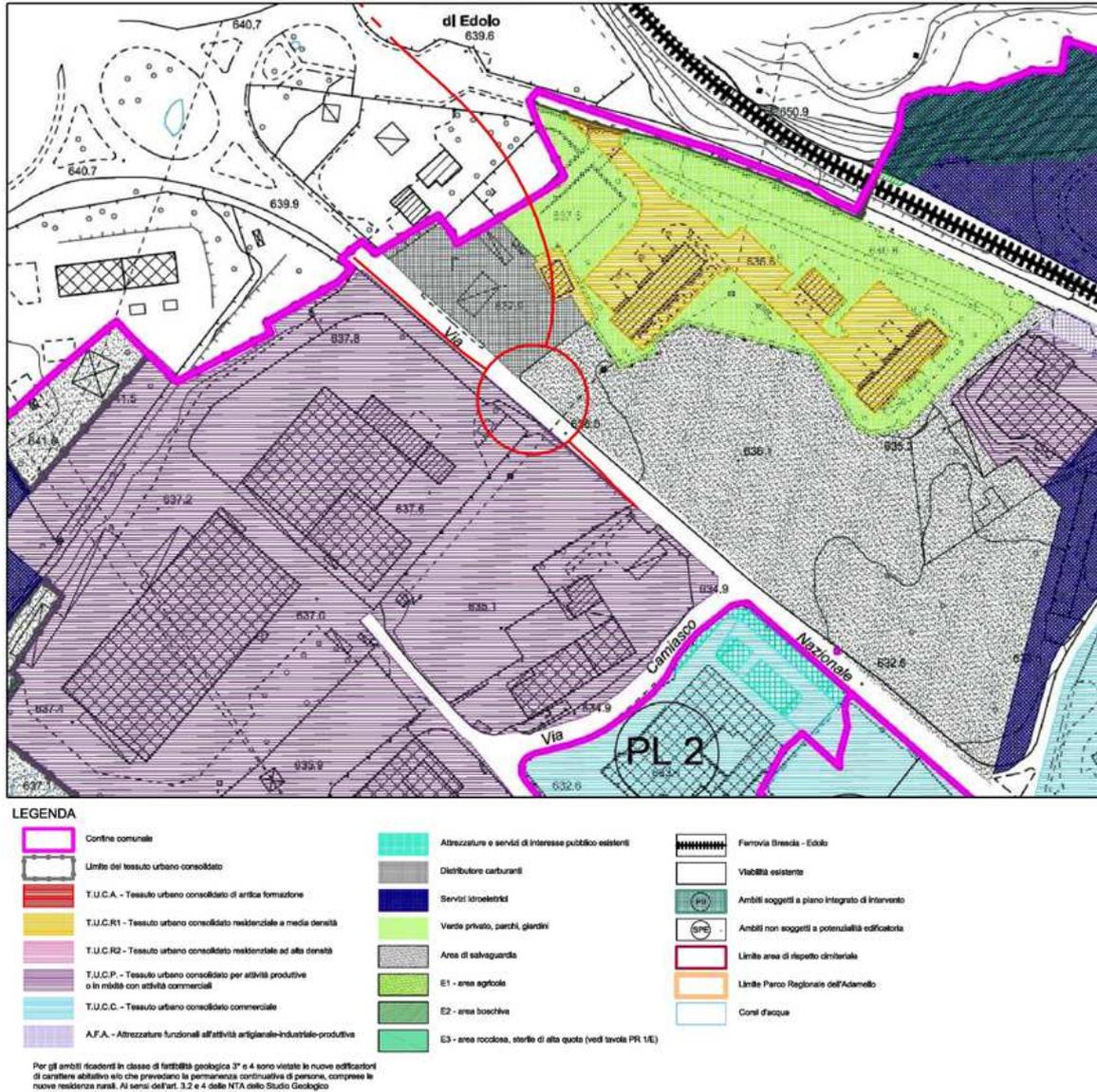


Figura 3-12 Estratto tavola V1\_PR\_1A Azzonamento di progetto – Documento di Piano PGT Sonico (immagine ricavata dal Doc. T00IA01AMBCT10)

La tabella successiva sintetizza le destinazioni d’uso interessate dal progetto, partendo da sud e procedendo verso nord, indicando le progressive esclusivamente inerenti i tratti a cielo aperto:

Destinazione d’uso	Tipologia tratto stradale	Progressiva
Distributore carburante – Aree di Salvaguardia – T.U.C.P. Tessuto Urbano consolidato per attività produttive	Rotonda al confine con il comune di Sonico	0 ÷ 0+25
Distributore carburanti - T.U.C.R1. Tessuto Urbano consolidato residenziale a media intensità	Rotonda al confine con il comune di	0+25 ÷ 0+50

Destinazione d'uso	Tipologia tratto stradale	Progressiva
	Sonico	
T.U.C.R1. Tessuto Urbano consolidato residenziale a media intensità – Verde privato, parchi, giardini	Tratto a cielo aperto Sud	0+50 ÷ 0+75
Aree per servizi ed impianti tecnologici	Tratto a cielo aperto Sud	0+75 ÷ 0+150
Aree per servizi ed impianti tecnologici	Tratto in galleria	
B2 - Aree residenziali a bassa densità	Tratto in galleria	
Aree per servizi ed impianti tecnologici	Tratto in galleria	
B4 - Aree miste residenziali/artigianali	Tratto in galleria	
Aree destinate all' agricoltura E1 - Aree agricole	Tratto in galleria	
Aree destinate all'agricoltura E2 - Aree prevalentemente boscate	Tratto in galleria	
B2 - Aree residenziali a bassa densità	Tratto in galleria	
Aree destinate all' agricoltura E1 - Aree agricole	Tratto in galleria	
Aree destinate all' agricoltura E4 – Ambito di tutela della Rocca di Mù	Tratto in galleria	
A - Nuclei di antica formazione	Tratto in galleria	
B3 - Aree residenziali a bassa densità	Tratto in galleria	
Nuclei di antica formazione	Tratto in galleria	
VP – Verde privato	Tratto in galleria	
Aree destinate all'agricoltura E2 - Aree prevalentemente boscate	Tratto in galleria	
Aree destinate all' agricoltura E1 - Aree agricole	Tratto in galleria	
Aree destinate all'agricoltura E2 - Aree prevalentemente boscate	Tratto in galleria	
Aree destinate all' agricoltura E1 - Aree agricole	Tratto in galleria	
Aree destinate all'agricoltura E2 - Aree prevalentemente boscate	Uscita dal tratto in galleria	1+950 ÷ 1+975
Fasce di rispetto Reticolo idrografico minore (RIM)	Viadotto sull'Oglio	1+975 ÷ 2+000
Aree destinate all'agricoltura E1 - Aree agricole	Viadotto sull'Oglio	2+000 ÷ 2+050
Area destinata alla viabilità	Rotonda di raccordo sulla strada statale	2+050 ÷ fine

**Tabella 3-1 Elenco completo delle destinazioni d'uso interessate dal progetto (tabella ricostruita basandosi sui Doc. T00IA01AMBCT09 e T00IA01AMBC10)**

#### 4 DESCRIZIONE DEL SITO DI PRODUZIONE

La produzione dei materiali di scavo avverrà per la maggior parte nei tratti di realizzazione della Galleria Naturale (da Sud e da Nord) e nel tratto Sud antecedente la Galleria. Di seguito viene riportata una breve descrizione di tutti i siti interessati.

**Tratto a cielo aperto Sud e Galleria artificiale Sud** – Nella presente fase progettuale, oltre alla completa messa a norma dell’intero tratto della Variante stradale e delle connessioni con le preesistenti viabilità, si è posta l’attenzione sulla necessità, nel rispetto del quadro normativo e sulla base delle raccomandazioni di ANAS, di prevedere, tra gli sbocchi della galleria e le sezioni di arresto sulle roatorie, un adeguato tratto a cielo aperto.

In una prima stesura del Progetto era stata presa come riferimento la soluzione prescelta nella precedente fase progettuale (Progetto Preliminare).



**Figura 4-1 Schema planimetrico Rotatoria Sud del Progetto precedentemente redatto**

In tale stesura progettuale, per quanto riguarda il primo tratto dell’asta principale della Variante, per raggiungere lo scopo sopra esposto e per rendere maggiormente sicura la percorrenza, a partire dalla rotatoria era stato necessario ridurre la pendenza longitudinale che, esclusi i tratti di raccordo altimetrico, presenta ora una pendenza del 4% ridotta rispetto a quella del 6,05% del Progetto Preliminare. Tale esigenza aveva portato ad allungare la porzione di tracciato in trincea nel tratto interferente con l’attuale strada comunale Via Valeriana (la distanza tra imbocco della galleria artificiale e la rotatoria era di circa 138 m).

Tale soluzione prevedeva necessariamente l’interruzione della viabilità interna alla Centrale ENEL e l’accesso al fabbricato di deposito/autorimessa, era previsto solamente da Nord (accesso esistente).

Successivamente a confronti con i tecnici di ENEL è stato concordato di mantenere la viabilità interna alla Centrale e altresì l’accesso diretto alla galleria di accesso alla Centrale elettrica in caverna, nella prima stesura previsto solamente come secondario.

Quanto sopra ha comportato la rivisitazione completa del Progetto con ricollocazione della rotatoria di inizio della Variante più a Sud e lasciando invariata la rotatoria ovoidale esistente. Questo ha consentito di anticipare significativamente l'imbocco della galleria artificiale consentendo, nella sistemazione definitiva, di ripristinare completamente la viabilità interna alla Centrale ENEL.

L'allungamento complessivo del tratto in sotterraneo ha richiesto, per Norma, di prevedere una nuova Piazzola di emergenza che verrà realizzata nel lungo tratto in artificiale; questa necessariamente è stata posta all'esterno della curva e pertanto tutte le successive piazzole sono state invertite, come posizione trasversale, e rimodulate come progressive. Da evidenziare che dovendo posizionare la successiva piazzola alla destra e dovendo comunque prevedere la prima piazzola nel tratto in artificiale, non risulta necessario realizzare la galleria di emergenza aggiuntiva esterna ma è previsto, per l'intero tratto in galleria naturale e per quello artificiale lato Sud dalla prima piazzola, il cunicolo di sicurezza sotto pavimentazione. Le uscite sono poste nella prima piazzola di sosta e presso lo sbocco della galleria lato Nord.

La nuova soluzione ha inoltre richiesto l'adozione per la prima curva in sotterraneo di un allargamento e pertanto si è dovuto adottare per il primo tratto della galleria naturale una sezione con profilo interno maggiorato.

Vista la dimensione del profilo della sezione della galleria del primo tratto (per la presenza dell'allargamento in curva nonché del cunicolo di emergenza) ed il nuovo profilo longitudinale, la copertura al di sotto della Linea ferroviaria (FerrovieNord S.p.A.) è risultato eccessivamente ridotto per la realizzazione in soluzione naturale e, pertanto, per il superamento di tale interferenza si è dovuto adottare una soluzione in galleria artificiale con fasi estremamente complesse che verranno descritte nel seguito.

Nella definizione del profilo longitudinale della Variante si è altresì dovuti tener presenza dell'esistenza delle gallerie/condotte delle centrali di Edolo/Edison, presenti nel tratto esaminato trasmesseci da ENEL.

Conseguentemente sono state modificate le tipologie delle opere necessarie alla realizzazione della galleria artificiale.

Per tutto quanto sopra il nuovo progetto prevede:

- adozione dalla sezione di imbocco della galleria artificiale a Progr. 0+150 km fino alla Progr. 0+441,17 km, di una nuova sezione di tipo scatolare e non più circolare. Questa potrà essere realizzata sempre con paratie laterali di pali di grande diametro come nel progetto precedente. Da notare che la sezione si è dovuta allargare per le note problematiche stradali dalla Progr. 0+364,83 km.
- Nel tratto successivo (tra le Progr. 0+388,83 Progr. 0+441,17) è prevista la realizzazione della piazzola di sosta con uscita di emergenza che viene posta in sinistra (esterno curva). Anche in tale tratto si è dovuto adottare una sezione scatolare. Per la realizzazione delle paratie laterali, vista la larghezza significativa dello scavo e necessità di carattere cantieristico, come descritto nel seguito, non potranno essere adottati in questo tratto puntoni di contrasto, ma tiranti attivi a trefoli (la cui adozione è possibile per la lontananza di edifici e manufatti).
- Riubicazione di tutte le piazzole di sosta della galleria naturale.

- Da evidenziare che dovendo posizionare la successiva piazzola alla destra, e comunque avendo dovuto prevedere di fatto la prima piazzola del tratto in artificiale, non ha più senso prevedere la galleria di emergenza aggiuntiva esterna, ma è necessario prevedere il cunicolo di sicurezza per l'intero tratto dall'imbocco Nord alla prima piazzola Sud.
- Successivamente alla piazzola di sosta, dalla Progr. 0+441,17, viene previsto invece un tratto di galleria artificiale a sezione circolare, necessario poi per la realizzazione della sezione di attacco della galleria naturale.
- Per quanto riguarda la realizzazione dell'imbocco della galleria naturale, non è più possibile adottare la paratia di imbocco a valle della linea ferroviaria ma bensì a monte, secondo quanto indicato nel seguito.

Per il superamento della linea ferroviaria, pertanto, non può più essere realizzato in soluzione di galleria naturale ma bensì artificiale, con una metodologia piuttosto complessa anche per limitare l'interruzione di traffico ad un periodo accettabile, come descritto nel seguito.

Il materiale scavato è complessivamente pari a 84629 mc, per il quale si prevede il riutilizzo di 10850 mc ed il conferimento a discarica di 72779 mc (per il dettaglio vedasi Tabella 7-6).

**La Galleria Naturale** – La galleria presenta profilo interno monocentrico con volta cilindrica circolare impostata su piedritti lievemente curvi sul lato di intradosso e verticali sul lato contro terra.

Il raggio interno della circonferenza di calotta è pari a 6.45 m.

Il tratto in naturale si estende tra la progressiva km 0+492,00 (imbocco SUD) e la progressiva 1+935,79 (imbocco NORD), per una lunghezza complessiva pari a 1.443,79 m.

Come è meglio evidenziato nel paragrafo successivo relativo alla rotatoria Nord, la pendenza longitudinale massima della galleria è stata leggermente aumentata, portandola dal 5,72% al 6,05%.

Trattandosi di galleria a unica canna con doppio senso di Marcia, di lunghezza superiore a 1000 m, in ottemperanza alle norme di sicurezza vigenti, la galleria è stata dotata di un cunicolo di sicurezza, collocato al di sotto della carreggiata, con le vie di fuga (di ingresso al cunicolo) ubicate ogni 300 m in corrispondenza delle piazzole di sosta.

Al fine di creare lo spazio per l'allocazione del cunicolo di sicurezza, è stata prevista una sezione con arco rovescio ribassato, avente raggio interno pari a 9.00 m (rispetto ai 12.0 m previsti per la sezione corrente).

Fa eccezione un breve tratto iniziale che si estende dalla Progr. 0+492 (imbocco sud) alla Progr. 0+556, della lunghezza di circa 64,0 m, ove la sezione della galleria è prevista leggermente allargata rispetto a quella corrente tipo, per la necessità di soddisfare le verifiche di visibilità in curva.

Il cunicolo è provvisto di due recapiti finali di uscita in prossimità sia dell'imbocco Sud (Prima Piazzola di sosta) e sia per quello Nord.

Il cunicolo si estende pertanto anche verso Nord fino allo sbocco della galleria, e non è interrotto, come indicato nel Progetto preliminare, a una distanza di circa 300 m dall'imbocco.

Le piazzole di sosta presentano, come da norma, una lunghezza pari a 45 m; la sezione “allargata” presenta un’estensione complessiva di 52,0 m per consentire la realizzazione dei collegamenti al cunicolo di sicurezza posto al di sotto della piattaforma stradale.

Dall’imbocco Sud in direzione Nord, dopo il tratto iniziale di interferenza con la Linea ferroviaria, le coperture aumentano rapidamente fino a raggiungere un massimo di circa 130 m in corrispondenza della dorsale, per poi decrescere altrettanto rapidamente verso l’imbocco Nord.

Da evidenziare che è previsto che l’inizio della galleria naturale da Nord verrà iniziato successivamente alla realizzazione del ponte sul Fiume Oglio, per difficoltà di accesso all’imbocco.

Il metodo di scavo previsto è quello “tradizionale”, con abbattimento mediante esplosivo e/o mezzi meccanici; lo scavo è previsto a piena sezione fino al piano di base delle murette con successivo scavo di ribasso per la realizzazione dell’arco rovescio.

Il materiale scavato è complessivamente pari a 242126 mc; non si prevede il riutilizzo di questo materiale che quindi sarà interamente conferito a discarica (per il dettaglio vedasi Tabella 7-6).

**Tratto a cielo aperto Nord e Galleria artificiale Nord** – Come già evidenziato per il primo tratto della variante dalla Rotatoria Sud, è stato necessario prevedere tra gli imbocchi della galleria e le sezioni di arresto sulle rotatorie un adeguato tratto a cielo aperto, pari a 106,7 m. Il tracciato è stato mantenuto al di fuori dell’attigua zona del Parco Adamello.

Lo sbocco della galleria interessa un versante di forte acclività dove è stata accertata la locale presenza di un accumulo di materiale detritico e colluviale di notevole potenza che ha reso necessaria l’adozione di paratie tipo berlinese di significativa altezza. La situazione ambientale è altresì aggravata dalla condizione di spiccata parietalità del fronte di attacco della galleria naturale.

Il tratto di galleria artificiale presenta un’estensione estremamente ridotta ed il portale presenta la conformazione a “becco di flauto rovescio”.

Si segnala che gli scavi preparatori interferiscono con una strada rurale il cui transito dovrà necessariamente essere interrotto durante i lavori. Tale viabilità sarà poi ripristinata ed il versante ripristinato anche con ausilio di massicci in terra rinforzata e opere di ingegneria naturalistica.

Il materiale scavato è complessivamente pari a 9020 mc, di cui 6089 mc provenienti dalla Galleria artificiale nord e 2931 mc dalla Rotatoria nord. Per la sistemazione Galleria artificiale nord si prevede il riutilizzo di 689 mc ed il conferimento a discarica di 5401 mc, invece per la sistemazione dalla Rotatoria nord si prevede il riutilizzo dell’intero scavo (2931 mc) ed in più vanno approvvigionati 3252 mc per una necessità complessiva di 6183 mc; il materiale da approvvigionare sarà reperito dall’esubero degli scavi in altre aree compatibilmente con i tempi di produzione (per il dettaglio vedasi Tabella 7-6).

**Ponte sul fiume Oglio** – L’opera rientra nel tratto Nord sopra descritto, ed è della tipologia ad “arco a spinta eliminata”, costituito da una campata unica, ad asse rettilineo, in semplice appoggio avente luce di calcolo pari a 60,00 m.

La sezione trasversale tipo presenta una larghezza complessiva di 19,50 m, di cui 10,50 m di carreggiata utile e due marciapiedi laterali di larghezza 4,50 m ciascuno, all'interno dei quali trovano alloggiamento le predisposizioni per il passaggio dei servizi a rete.

L'impalcato è formato da una struttura metallica costituita da un graticcio di travi longitudinali e trasversi in acciaio, e da un getto al di sopra di questi di una soletta in c.a. connessa mediante pioli tipo "Nelson" saldati alle piattabande superiori delle travi e dei trasversi.

Alle piattabande inferiori delle travi in acciaio sono collegati controventi così da costituire, insieme alle travi ed alla soletta, un "cassoncino torsiorigido".

La soletta di impalcato, dello spessore complessivo di 25 cm, sarà realizzata mediante la posa di predalles prefabbricate tralicciate, dello spessore di 5 cm, da utilizzare come cassero a perdere, e da un getto integrativo in opera di 20 cm.

L'impalcato è sorretto mediante tiranti ("pendini") di sospensione a due archi superiori in acciaio ad andamento circolare. Tali archi saranno connessi alla base alle travi longitudinali laterali che consentiranno, fungendo da tiranti, di assorbire le spinte degli archi con conseguente annullamento delle spinte sulle spalle.

Gli appoggi dell'impalcato saranno realizzati mediante adeguati apparecchi di appoggio, disposti su "baggioli" ricavati sull'elevazione delle spalle.

Il materiale scavato è complessivamente pari a 4507 mc, per il quale si prevede il riutilizzo di 965 mc ed il conferimento a discarica dei restanti 3543 mc (per il dettaglio vedasi Tabella 7-6).

#### 4.1 Indagini ambientali

Per approntare il piano di utilizzo delle materie è prima necessario condurre la caratterizzazione ambientale dei luoghi dell'intervento secondo la normativa vigente, ossia il “*Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo*” contenuto nel D.P.R. 13 Giugno 2017 n° 120 (Rif. 1) e le “*Norme in materia ambientale*” del Decreto legislativo 3 Aprile 2006 n. 152 (Rif. 6).

I requisiti minimi di numerosità indicati dal dispositivo di legge di riferimento si basano, per le opere infrastrutturali lineari e per scavi in galleria, sui metri lineari di sviluppo delle opere.

Lo sviluppo complessivo dell'opera era stimato, all'atto della redazione del documento “*Piano di indagine geognostico-ambientale – Cap. 5 Piano di caratterizzazione ambientale delle terre e rocce da scavo e acque di falda*” (Rif. [II]) redatto nell'Ottobre 2019, pari a 1856 m circa, comprensivo della nuova rotatoria di raccordo alla viabilità esistente, della strada in trincea che raccorda la rotatoria Sud con il tratto in galleria artificiale, della galleria naturale “Edolo”, del ponte ad arco sul Fiume Oglio ed in fine della rotatoria di innesto sulla SS42 del Tonale.

Considerando che secondo l'Allegato 2 del D.P.R. 13 Giugno 2017 n° 120, per opere infrastrutturali lineari il campionamento deve essere effettuato con almeno un sondaggio ogni 500 metri lineari di tracciato, e per scavi in galleria con almeno un sondaggio e, comunque, un

sondaggio indicativamente ogni 1000 metri lineari di tracciato, per le estensioni sopra riportate era previsto un numero minimo di punti di prelievo pari a 3.

Per ciascun prelievo sono state previste 3 profondità di campionamento secondo prescrizioni:

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

Il numero di punti di prelievo effettivamente richiesti era pari a 5; la numerazione, la posizione e la profondità di campionamento sono riportate nella seguente tabella:

Verticale di prelievo	Coordinate		Profondità campionamento (m p.c.)		
	Est	Nord	C1	C2	C3
S01	1603719	5114141	0.00 ÷ 1.00	4.50 ÷ 5.50	9.50 ÷ 10.00
S03	1603659	5114339	0.00 ÷ 1.00	6.50 ÷ 7.50	13.50 ÷ 14.50
S04	1603674	5114654	115.00 ÷ 116.00	121.00 ÷ 122.00	127.00 ÷ 128.00
S07	1603472	5115615	63.00 ÷ 64.00	67.50 ÷ 68.50	72.00 ÷ 73.00
S09	1603402	5115740	0.00 ÷ 1.00	15.00 ÷ 16.00	29.00 ÷ 30.00

**Tabella 4-1 Numerazione, ubicazione e profondità dei punti di campionamento previsti nel Piano indagini (Rif. [II])**

Nella seguente Figura 4-2 sono indicate le verticali di prelievo previste dal Piano indagini dell’Ottobre 2019.



**Figura 4-2 Ubicazione delle indagini (geognostiche, geofisiche e ambientali) prevista nel Piano indagini (Rif. [II])**

L’ubicazione dei punti di prelievo segue un criterio di campionamento ragionato, secondo Allegato 2 del D.P.R. 13 Giugno 2017 n° 120, ed è basato sulla profondità ed estensione degli interventi in progetto in tutte le fasi di realizzazione.

## 5 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE DEL SITO

### 5.1 Caratteristiche Geologiche

L'area prescelta per la realizzazione della variante del tratto *Berzo Demo–Edolo e Variante Est di Edolo* della S.S. 42 è geograficamente collocata nell'Alta Valle Camonica, ed interessa il settore sud-occidentale del Comune di Edolo (BS).

L'area interessata dall'opera ricade geologicamente nella porzione più settentrionale delle Alpi meridionali centrali, che costituiscono una delle porzioni sudvergenti della Catena Alpina, caratterizzata dalla presenza di un assetto a pieghe e sovrascorrimenti.

L'opera in progetto attraversa il basamento Sudalpino, costituito prevalentemente da rocce silicoclastiche pelitico-psammitiche, di supposta età paleozoica, interessate da un metamorfismo di età varisica, con intercalati ortogneiss granitoidi metamorfosati e deformati successivamente dagli eventi ercinici e alpini.

Convenzionalmente le metapeliti del basamento delle Alpi Meridionali vengono raggruppate all'interno di una stessa unità litostratigrafica, nota in letteratura come “*Scisti di Edolo*”.

Geomorfologicamente, il sito in esame è posto in corrispondenza del brusco cambio di direzione del ramo vallivo dell'alta Valle Camonica, di probabile controllo strutturale, vista la presenza sia di lineamenti tettonici d'importanza regionale (Linea Insubrica), sia di strutture deformative (pieghe, foliazioni) legate alle ultime fasi dell'orogenesi alpina.

All'intersezione tra i tratti vallivi a diversa orientazione e drenaggio si sviluppa l'ampio fondovalle di Edolo, costituito da un riempimento di sedimenti di natura e spessore non del tutto noti, suturato da sedimenti alluvionali olocenici.

I tratti morfologici salienti dell'area in esame sono determinati principalmente da processi fluviali, processi glacigenici e processi legati alla gravità. Relativamente a questi ultimi una DGPV è riportata nella cartografia allegata all'Inventario dei dissesti del Piano Territoriale Coordinamento Provinciale della Provincia di Brescia (2014) e nel “WP1 - Geodatabase delle grandi frane in roccia”. Sebbene da fotointerpretazione emergano indizi morfologici che potrebbero essere facilmente riferiti ad una DGPV, sia i rilievi in sito che i dati di perforazione non hanno consentito di rilevare elementi certi per confermarne tale genesi.

### 5.2 Caratteristiche Idrogeologiche

Idrogeologicamente si ritiene che l'ammasso roccioso attraversato dal cavo sia caratterizzato da una bassa permeabilità, in diminuzione con la profondità, per la presenza di uno stato di fratturazione caratterizzato da fratture generalmente poco aperte, chiuse o serrate, determinando, alla quota dell'opera di progetto, condizioni idrauliche umide, con alternanza di tratti asciutti e tratti con gocciolamenti. I tratti non in galleria, corrispondenti agli imbocchi sud e nord, interessano invece acquiferi contenuti nei depositi alluvionali e lacustri.

### 5.3 Caratteristiche Sismiche

Sismicamente il comune di Edolo è classificato in zona 3 contraddistinto da un parametro di accelerazione massima orizzontale  $a_g$  compreso nell'intervallo  $0,05-0,075 \cdot g$   $m/s^2$  (valore riferito ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni)

## 5.4 Caratteristiche geotecniche

Le indagini svolte hanno permesso di individuare tre zone stratigraficamente omogenee:

1. Lato imbocco sud: zona caratterizzata dai sondaggi SD01-PZ, SD02-PZ e SD03-PZ e riferita alle opere che vanno dalla progressiva 0 alla 0+325.50;
2. Galleria: zona caratterizzata dai sondaggi SD04, SD05, SD06 e SD07 e riferita al tratto in galleria naturale che va dalla progressiva 0+325.50 alla 1+793.00;
3. Lato imbocco nord: zona caratterizzata dal sondaggio SD08 e dagli stendimenti sismici L01, L02 e MW3; riferita al tratto che va dalla progressiva 1+793.00 alla fine dell'intervento.

Gli imbocchi sono sostanzialmente caratterizzati dalla presenza delle alluvioni che nell'imbocco sud vengono distinte in due diversi livelli deposizionali: un primo livello A più superficiale a granulometria più grossolana ed un secondo livello B a granulometria più fine.

In corrispondenza dell'imbocco nord, invece, è stato identificato il solo livello A essendo il livello B mancante.

Dai profili si può osservare come, in corrispondenza delle opere di imbocco, sia presente una coltre detritica di versante costituita prevalentemente da ghiaia e blocchi. Tale livello non è stato indagato dai sondaggi, ma considerando la morfologia dei versanti si considerano le seguenti caratteristiche geotecniche:

- Peso di volume,  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ ;
- Angolo di resistenza al taglio,  $\phi' = 38^\circ$ ;
- Modulo elastico,  $E = 80 \text{ MPa}$ .

In particolare, per la definizione del modulo elastico si è fatto riferimento alle prospezioni sismiche eseguite in corrispondenza dell'imbocco nord L03 e L04.

Di seguito si descrivono più in dettaglio le tre zone individuate come stratigraficamente omogenee:

### 5.4.1 Imbocco Sud

Nella Tabella 5-1 si riportano la stratigrafia di riferimento e i parametri geotecnici delle alluvioni presenti in corrispondenza dell'imbocco sud (pk. 0 ÷ 0+325.50).

Per quanto concerne il peso di volume per il primo orizzonte più grossolano è stato misurato un peso di volume che può essere assunto pari a  $19.5 \text{ kN/m}^3$ , mentre per il secondo orizzonte più fine il peso di volume è mediamente pari a  $18 \text{ kN/m}^3$ .

Il peso specifico dei grani è praticamente costante sull'intera verticale ed è omogeneo tra i vari sondaggi e viene assunto essere  $G_s = 2,7$ .

Per i valori di densità relativa e gli angoli di resistenza al taglio si fa riferimento sia alle prove SPT che alle prove triassiali. In particolare, le prove SPT sono spesso andate a rifiuto o, soprattutto nel livello A, hanno restituito un numero elevato di colpi.

È plausibile pensare che i valori ottenuti siano così alti a causa della presenza di ghiaia e ciottoli. In tal senso ad un elevato valore di NSPT può non corrispondere un elevato grado di addensamento, pertanto i valori di densità relativa sono stati ragionevolmente abbassati rispetto quanto ottenuto dalle SPT e di conseguenza anche gli angoli di attrito.

Per questi ultimi, in particolare, si è fatto riferimento a dati di letteratura in funzione della granulometria e del grado di addensamento dei terreni. I valori ricavati risultano all'interno dell'intervallo ottenuto interpretando le prove SPT e pertanto sono stati tenuti in considerazione nella definizione dell'angolo di resistenza al taglio operativo (intermedio tra le condizioni di picco e quelle a volume costante corrispondente al livello deformazionale atteso per le opere in progetto).

Per il livello B, più fine, sono stati anche traggurdati i risultati delle prove in cella triassiale.

I valori dei moduli elastici derivano dalle prove SPT, anche in questo caso risultano nell'intervallo inferiore dei valori restituiti dalle SPT in virtù di quanto detto in precedenza sulla correlazione tra l'elevato numero di SPT e l'effettivo grado di addensamento dei terreni.

I moduli di taglio alle piccole deformazioni derivano dalle prove MASW eseguite lungo il tracciato. Per i valori di permeabilità, invece, si fa riferimento principalmente ai risultati delle prove Lefranc.

Con riferimento all'imbocco Sud le prove sono state eseguite sia nel livello A che nel livello B, restituendo valori di permeabilità di  $10^{-4}$  m/s per il livello A e tra  $7 \times 10^{-6}$  e  $8.5 \times 10^{-6}$  m/s nel livello B.

LATO IMBOCCO SUD – SONDAGGI SD01, SD02 E SD03										
STRATIGRAFIA DI PROGETTO - VALORI MEDI										
Profondità (m p.c.)		Strato				Note				
0 ÷ 12		A				Sabbia ghiaiosa / ghiaia in matrice sabbiosa				
12 ÷ 35 (fondo foro)		B				Sabbia medio fine limosa				
-		C				Coltre detritica di versante in corrispondenza dell'imbocco della galleria				
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA										
Livello	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$G_s$ (-)	DR (%)	K (m/s)	C' kPa	$\phi'$ (°)	$E_{01}$ (MPa)	$G_{max}$ (Mpa)	$\nu$ (-)	$k_0$ (-)
A	19.5	2.70	80	1E-4	0	38	60	240	0.30	0.5
B	18	2.70	40	8E-6	0	33	20 ÷ 50 (*)	80 ÷ 200 (*)	0.35	0.5
C	20	-	-	-	0	38	80	320	0.30	0.5
(*)= linearmente crescente con la profondità										

**Tabella 5-1 Stratigrafia di riferimento e parametri geotecnici delle alluvioni presenti in corrispondenza dell'imbocco sud (Doc. T00GE00GETRE01 - Relazione geotecnica)**

### 5.4.2 Galleria

La caratterizzazione geotecnica dell’ammasso roccioso in corrispondenza della galleria naturale è stata condotta andando ad individuare i parametri dell’involuppo a rottura Mohr-Coulumb in funzione della copertura della galleria e del parametro GSI (Geological Strength Index) partendo dai parametri dell’involuppo a rottura della roccia intatta così come ottenuti dalle prove di laboratorio.

In particolare, sono stati considerati i risultati delle prove di laboratorio condotte sui provini di roccia prelevati dai sondaggi SD03, SD04, SD05, SD06 e SD07 e SD08. Il sondaggio SD03 ha indagato la roccia presente al di sotto dello strato di alluvioni in corrispondenza dell’imbocco sud della galleria, i sondaggi SD05, SD06 e SD07 hanno indagato la roccia in corrispondenza del cavo della galleria naturale, mentre il sondaggio SD08 si è riferito alla roccia presente al di sotto dello strato di alluvioni all’imbocco nord.

Altre prove sono state condotte nei fori di sondaggi sopra citati, nello specifico prove dilatometriche e prove Lugeon.

Per quanto concerne le prove dilatometriche, esse indagano la deformabilità dell’ammasso ad una scala leggermente più ampia delle prove di laboratorio eseguite sui provini di roccia intatta, in particolare nei tratti di prova dilatometrica possono essere presenti eventuali discontinuità dell’ammasso assenti nel singolo provino di laboratorio. Per questo motivo i moduli dilatometrici risultano sempre inferiori a quelli determinati in laboratorio ed in particolare si possono considerare, in funzione del litotipo considerato, i seguenti valori medi rappresentativi:

- Micascisti:  $E_y = 10 \text{ GPa}$ ;
- Quarziti e quarzoscisti:  $E_y = 7 \text{ GPa}$ ;
- Metabasiti:  $E_y = 7.5 \text{ GPa}$ .

Il litotipo più rappresentativo per la tratta di galleria sono risultati i micascisti.

Per quanto riguarda, invece, le prove Lugeon le prove nei sondaggi geognostici realizzati in asse alla galleria (SD04, SD05, SD06, SD07) hanno fornito valori del coefficiente di permeabilità  $K_e$  compresi tra  $10^{-8}$  e  $10^{-10}$  m/s, che stanno ad indicare che le porzioni d’ammasso investigate hanno una permeabilità molto bassa o sono praticamente impermeabili, anche nei tratti dove, sulla base dell’indice RQD, sono interessate da un discreto numero di discontinuità.

La sintesi di tutti i dati analizzati e delle considerazioni fatte sono riportati nella successiva Tabella 5-2 di caratterizzazione geotecnica delle rocce lungo la galleria, in cui la parametrizzazione viene differenziata in funzione delle progressive della galleria stessa.

Con riferimento alla caratterizzazione dell’ammasso all’interno del quale è stata realizzata la centrale in caverna di Edolo, presente in letteratura, si può rilevare come quella ottenuta in questo progetto sia più cautelativa. Già i parametri misurati sui provini di roccia in termini di resistenza a compressione risultano inferiori rispetto quelli indicati in letteratura.

Probabilmente questo risultato è legato al fatto che i provini su cui sono state eseguite le prove del progetto definitivo hanno subito una sovracarotatura al fine di poter essere inseriti all’interno della cella triassiale: tale operazione può certamente aver indotto un certo livello di disturbo nei provini e aver portato a misurare resistenze a compressione inferiori rispetto quelle che si sarebbero misurate su provini non sovracarotati.

Anche i valori di modulo elastico ricavati dalla presente parametrizzazione risultano inferiori rispetto quelli riportati per la centrale, probabilmente per la stessa motivazione.

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA										
Progressiva	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma_c$ (MPa)	mi	GSI (*)	C' piccolo kPa	$\phi_{\text{picco}}$ (°)	C' residuo kPa	$\phi_{\text{residuo}}$ (°)	E <sub>m,picco</sub> (GPa)	E <sub>m,residuo</sub> (Gpa)
Imbocco sud 0+325.50 ÷ 0+415.00	27	41	16	59	444	64	190	56	11	5
0+ 415.00 ÷ 0+ 600.00	27	41	16	59	614	57	317	47	11	5
0+ 600.00 ÷ 0+ 628.00	27	41	16	47	-	-	230	38	-	2.7
0+ 628.00 ÷ 1+ 343.00	27	41	16	57	600	56	312	45	9.5	4.8
1+ 343.00 ÷ 1+ 378.00	27	41	16	47	-	-	233	38	-	2.7
1+ 378.00 ÷ 1+685.00	27	41	16	66	854	58	468	50	16	8
Imbocco nord 1 + 685.00 ÷ 1+730.00	27	41	16	66	761	60	395	53	16	8
Imbocco nord 1+730.00 ÷ 1+793	27	41	16	66	667	64	331	59	16	8

(\*) = valore medio sulla tratta di riferimento

**Tabella 5-2 Stratigrafia di riferimento e parametri geotecnici in corrispondenza della Galleria naturale tra le pk. 0+325.50 e 1+793.00 (Doc. T00GE00GETRE01 - Relazione geotecnica)**

### 5.4.3 Imbocco Nord

Nella Tabella 5-3 si riportano la stratigrafia di riferimento e i parametri geotecnici delle alluvioni presenti in corrispondenza dell'imbocco nord (pk. 1+793.00 ÷ fine intervento).

Per quanto concerne il peso di volume non ci sono prove all'imbocco nord per il quel però si può considerare una situazione analoga a quella riscontrata per il primo orizzonte più grossolano dell'imbocco sud, con un peso di volume quindi pari a 19.5 kN/m<sup>3</sup>. I

Il peso specifico dei grani viene assunto pari a  $G_s = 2,7$ .

Per i valori di densità relativa e gli angoli di resistenza al taglio si fa riferimento sia alle prove SPT che alle prove triassiali. In particolare, le prove SPT sono spesso andate a rifiuto o, soprattutto nel livello A, hanno restituito un numero elevato di colpi.

È plausibile pensare che i valori ottenuti siano così alti a causa della presenza di ghiaia e ciottoli. In tal senso ad un elevato valore di NSPT può non corrispondere un elevato grado di addensamento, pertanto i valori di densità relativa sono stati ragionevolmente abbassati rispetto quanto ottenuto dalle SPT e di conseguenza anche gli angoli di attrito.

Per questi ultimi, in particolare, si è fatto riferimento a dati di letteratura in funzione della granulometria e del grado di addensamento dei terreni. I valori ricavati risultano all'interno dell'intervallo ottenuto interpretando le prove SPT e pertanto sono stati tenuti in considerazione nella definizione dell'angolo di resistenza al taglio operativo (intermedio tra le condizioni di

picco e quelle a volume costante corrispondente al livello deformazionale atteso per le opere in progetto).

I valori dei moduli elastici derivano dalle prove SPT, anche in questo caso i valori assunti risultano nell'intervallo inferiore dei valori restituiti dalle SPT in virtù di quanto detto in precedenza sulla correlazione tra l'elevato numero di SPT e l'effettivo grado di addensamento dei terreni.

I moduli di taglio alle piccole deformazioni derivano dalle prove MASW eseguite lungo il tracciato.

Per i valori di permeabilità, invece, si fa riferimento principalmente ai risultati delle prove Lefranc. Con riferimento all'imbocco Nord si hanno valori di permeabilità di  $10^{-4}$  m/s.

Le fondazioni del Ponte sul fiume Oglio, nel caso di pali di medio o grande diametro, interagiranno col substrato roccioso.

A tal proposito si considera un involucro a rottura con parametri  $m_i$ , GSI,  $\sigma_c$  uguali a quelli dell'ultimo tratto di galleria in cui però si adegua la linearizzazione dell'involucro Mohr-Coulomb ad una tensione di confinamento data dalla profondità del substrato al di sotto delle fondazioni (mediamente 15 metri).

In considerazione delle deformazioni che potranno essere mobilitate dai meccanismi di trasferimento dei carichi ai pali di fondazione si considera di caratterizzare l'ammasso con i parametri residui.

LATO IMBOCCO NORD – SONDAGGIO SD08										
STRATIGRAFIA DI PROGETTO - VALORI MEDI										
Profondità (m p.c.)		Strato				Note				
0 ÷ 30 (fondo foro)		A				Ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa				
-		C				Coltre detritica di versante in corrispondenza dell'imbocco della galleria				
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA										
Livello	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$G_s$ (-)	DR (%)	K (m/s)	C' kPa	$\phi'$ (°)	$E_{01}$ (MPa)	$G_{max}$ (Mpa)	$\nu$ (-)	$k_0$ (-)
A	19.5	2.70	80	1E-4	0	40	60	200÷500 (*)	0.30	0.5
C	20	-	-	-	0	38	80	320	0.30	0.5
Substrato roccioso	27	-	-	-	340	56	8000	-	-	-

(\*)= linearmente crescente con la profondità

**Tabella 5-3 Stratigrafia di riferimento e parametri geotecnici delle alluvioni presenti in corrispondenza dell'imbocco Nord tra pk. 1+793.00 e fine intervento (Doc. T00GE00GETRE01 - Relazione geotecnica)**

## 6 FASI DI PRODUZIONE DELLE TERRE

I cantieri operativi sono dislocati sui fronti di lavoro “Svincolo Nord” e “Svincolo Sud”, mentre il Cantiere Base è stato collocato in Via Caduti del lavoro.

Gli elaborati specifici che descrivono la cantierizzazione delle principali opere e le relative fasi di produzione delle terre, sono elencati nel seguito:

<b>Relazioni</b>	
<b>P00PS00TRARE01</b>	Progetto stradale – Relazione tecnica
<b>T00CA00CANRE01</b>	Cantierizzazione - Relazione descrittiva sulla cantierizzazione
<b>T00CT00TAMCR01</b>	Cronoprogramma lavori
<b>Disegni</b>	
<b>P00PS00TRAPL01</b>	Progetto stradale – Planimetria d'insieme
<b>T00CA00CANPL01</b>	Planimetria generale aree di cantiere e viabilità di cantiere
<b>V01CA00CANPL01</b>	Planimetria aree di cantiere - Svincolo nord
<b>V02CA00CANPL01</b>	Planimetria aree di cantiere - Svincolo sud
<b>T00CA00CANDI01</b>	Planimetria, profili e sezioni tipo piste di cantiere e viabilità provvisoria
<b>V01CA00CANSC01</b>	Schede aree di cantiere - Svincolo nord
<b>V02CA00CANSC01</b>	Schede aree di cantiere - Svincolo sud

Nel seguito si descrivono le lavorazioni previste indicando anche le fasi di produzione delle terre di scavo.

<i>Attività</i>	<i>Giorni</i>
<b>Tratto Sud - Imbocco galleria naturale</b>	<b>642</b>
<b>FASE 1-2 (Da Progr. 388.83 a Paratia imbocco Galleria Naturale Progr. 492,00)</b>	<b>642</b>
Installazione di cantiere presso imbocco Sud della galleria naturale (area compresa tra Via Valeriana, Linea ferroviaria e proprietà ENEL) con temporanea perimetrazione dell'accesso secondario Nord all'autorimessa della Centrale ENEL	30
Bonifica Bellica (su intero tratto da rotatoria Sud a Imbocco galleria naturale)	20
Rimozione/ricollocazione traliccio ENEL interferente	15
Realizzazione Pali di grande diametro $\varnothing 1000$ mm e colonne in jet-grouting tra la Progr. 388.83 a Progr. 468.43	42
Realizzazione trattamenti colonnari integrativi con jet-grouting tra la Progr. 441.17 e la Progr. 468.43	22
Realizzazione micropali della prima paratia frontale (Progr. 468.43)	16
Realizzazione trattamenti colonnari jet-grouting a tergo prima paratia frontale (Progr. 468.43)	12
Realizzazione tampone di fondo colonne in jet-grouting tra le paratie laterali (Progr. 388.83 a Progr. 468.43)	88

Realizzazione dei cordoli di testa pali e posa dei puntoni trasversali tra la Progr. 388.83 e la Progr. 441.17	27
Scavo di ribasso con realizzazione di tiranti delle paratie laterali dalla Progr. 398.83 alla Progr. 468.43 e della paratia frontale, operando con accesso dalla galleria artificiale.	93
Realizzazione della platea di fondazione previa posa di impermeabilizzazione operando da Sud nel tratto della Piazzola di sosta e del locale scale di emergenza (Progr. 398.83 e Progr. 441.17), nonché del successivo tratto di galleria artificiale circolare tra la Progr 441,17 e Progr. 465,43 (a 3.00 m da paratia frontale)	63
Realizzazione rampa provvisoria per accesso al fondo scavo da area di cantiere, posta a tergo paratia lato Ovest	5
Previa interruzione del traffico ferroviario e preparazione area di cantiere, realizzazione Pali di grande diametro $\varnothing 1000$ mm e colonne in jet-grouting tra la Progr. 468.43 e la Progr. 492.00 (tratto con contrasto tra le paratie laterali con puntoni metallici)	21
Realizzazione trattamenti colonnari integrativi con jet-grouting a tergo delle paratie laterali tra la Progr. 468.43 e la Progr. 492.00	19
Realizzazione micropali paratia frontale di imbocco della galleria naturale (Progr. 492.00)	16
Realizzazione trattamenti colonnari jet-grouting a tergo paratia frontale di imbocco (Progr. 492.00)	12
Scavo di ribasso con realizzazione di tiranti per la paratia frontale (completo fino alla Progr. 492,00)	46
Trattamenti di consolidamento e presostegno dalla paratia frontale, per primo campo della galleria naturale, realizzazione della Dima di imbocco	10
Realizzazione, previa posa di impermeabilizzazione, del tratto di galleria artificiale circolare dalla Progr. 441,17 a Progr. 465,43	25
Realizzazione, previa posa di impermeabilizzazione, del tratto di galleria artificiale circolare dalla Progr. 465,43 a Progr. 490.00 (sotto Dima)	30
Ritombamento del tratto di galleria artificiale tra la Progr. 441,17 e Progr. 492,00 (paratia frontale), ripristino linea ferroviaria e sistemazione definitiva terreni a monte di essa	30
Installazione cantiere per inizio scavo della Galleria Naturale	20
<b>Galleria Naturale - Da imbocco Sud</b>	<b>222</b>
<b>FASE GN1 Scavo Galleria naturale (da Progr. 0+492 a Progr. 0+891,29)</b>	<b>222</b>
Avanzamento realizzazione della galleria naturale come da progetto fino alla progressiva 1191,29 m (consolidamenti, scavi, impermeabilizzazioni, rivestimenti di prima fase e definitivi, sia per sezione corrente e sia per sezioni allargate per piazzole	222
<b>Tratto Sud - Da rotatoria a imbocco galleria naturale</b>	<b>1127</b>
<b>FASE 3-4 (Da Progr. 115.00 a Progr. 202.50)</b>	<b>254</b>
Installazione di cantiere.	15
Ricollocazione provvisoria della recinzione Ovest della Centrale ENEL (da Progr. 115.00 a Progr. 202.50) e nuovo accesso definitivo da Via Mù	25

Realizzazione Pali di grande diametro $\varnothing 1000$ mm e colonne in jet-grouting. delle paratie laterali (Da Progr. 115.00 a Progr. 202.50)	40
Realizzazione tampone di fondo colonne in jet-grouting tra le paratie laterali	43
Realizzazione dei cordoli di testa pali	18
Scavo e realizzazione della platea di fondazione previa posa di impermeabilizzazione fino alla Progr. 196.95 (avanzando in direzione Nord)	48
Armatura e getto delle pareti laterali e del solettone di copertura in c.a. della galleria artificiale scatolare, dalla Progr. 150.00 alla Progr. 196.95	23
Armatura e getto delle pareti laterali in c.a. da Progr. 115.00 a Progr. 150.00 (Tratto a cielo aperto)	18
Realizzazione nuova recinzione della Centrale ENEL, ripristino accesso alla Centrale ENEL su Via Valeriana con sistemazione definitiva delle aree interne. Sistemazione provvisoria di Via Valeriana e Via Mù e degli accessi carrai privati	25
<b>FASE 5-6 (Da Progr. 202.50 a Progr. 305.00 - Galleria artificiale fino a Progr. 297.50) Tratto interferenza con Tralicci TERNA e area impianti della Centrale ENEL)</b>	<b>365</b>
Installazione di cantiere. Realizzazione recinzione provvisoria Ovest della Centrale ENEL	15
Realizzazione Pali di grande diametro $\varnothing 1000$ mm e colonne in jet-grouting. delle paratie laterali e vasca raccolta acque	48
Realizzazione tampone di fondo colonne in jet-grouting tra le paratie laterali	92
Realizzazione dei cordoli di testa pali e posa dei puntoni trasversali fino a Progr. 305.00	29
Scavo e realizzazione della platea di fondazione previa posa di impermeabilizzazione operando da Sud fino a Progr. 297.50	44
Armatura e getto delle pareti laterali e del solettone di copertura in c.a. operando sia da Sud e sia da Nord fino a Progr. 297.50	48
Posa impermeabilizzazione superiore e ritombamento della galleria. Successiva realizzazione della nuova e definitiva recinzione della Centrale ENEL con sistemazione definitiva delle aree interne. Sistemazione provvisoria di Via Valeriana e degli accessi carrai privati.	30
Sistemazione definitiva di Via Valeriana (intero tratto) previo ripristino sottoservizi	60
<b>FASE 7 (Rotatoria Sud e tratto Variante fino a progr. 0+100,00)</b>	<b>115</b>
Presenza in possesso proprietà interferenti alla realizzazione della rotatoria iniziale (Sud) e della viabilità e installazione cantiere	5
Realizzazione rotatoria e viabilità connessa	35
Realizzazione della sistemazione superficiale definitiva (viabilità, recinzioni, percorsi pedonali, aree verdi, ecc.)	25
Smantellamento cantiere e realizzazione delle sistemazioni definitive in tutta l'area interessata dai lavori	10
Realizzazione impianti di illuminazione tratte a cielo aperto e limitrofe di competenza del progetto	40

<b>FASE 8-9 (Da Progr. 305.00 a Progr. 388.83 - Galleria artificiale già realizzata in fase precedente fino a Progr. 297.50)</b>	<b>234</b>
Modifica e ricollocazione della recinzione Ovest della Centrale ENEL (Da Progr. 277.50 a Progr. 388.83)	30
Realizzazione Pali di grande diametro $\varnothing 1000$ mm e colonne in jet-grouting delle paratie laterali da Progr. 305.00 a Progr. 388.83	41
Realizzazione tampone di fondo colonne in jet-grouting tra le paratie laterali.	76
Realizzazione dei cordoli di testa pali, posa dei puntoni trasversali e realizzazione rampa di accesso alla trincea (da Progr. 305.00 a Progr. 388.83) con getto di platea provvisoria di contrasto	21
Armatura e getto delle pareti laterali e del solettone di copertura in c.a. da Progr. 297.50 a Progr. 388.83	46
Posa impermeabilizzazione superiore e ritombamento della galleria. Successiva realizzazione della nuova e definitiva recinzione della Centrale ENEL con sistemazione definitiva delle aree interne. Sistemazione provvisoria di Via Valeriana e degli accessi carrai privati e realizzazione di accesso provvisorio all'autorimessa ENEL da Via Valeriana	20
<b>FASE 10 (Da Progr. 388.83 a Progr. 441.17 - Piazzola di sosta)</b>	<b>158</b>
Rimozione rampa provvisoria e realizzazione tiranti tratto piazzola di sosta tra (da Progr. Progr. 388.83 e Progr. 398.83)	20
Scavo e realizzazione della platea di fondazione della galleria artificiale scatolare, previa posa di impermeabilizzazione (compreso tratto Piazzola di sosta tra Progr.388.83 e Progr. 398.83)	36
Realizzazione della galleria artificiale scatolare, previa posa di impermeabilizzazione (tratto Piazzola di sosta tra Progr.388.83 e Progr. 441,17)	52
Posa impermeabilizzazione superiore e ritombamento della galleria. Successiva sistemazione provvisoria area di cantiere	20
Realizzazione cabine elettriche, vasca antincendio e manufatti per impianti strutture minori	30
<b>Tratto Nord - Da imbocco galleria naturale a rotatoria Nord</b>	<b>637</b>
<b>FASE 11 (da Progr. 1+935,79 a Progr. 2+105,27)</b>	<b>75</b>
Presenza in possesso terreni espropriati e da occupare	5
Bonifica Bellica	15
Installazione di cantiere in area in sponda destra Fiume Oglio (realizzazione rampa di accesso, guado provvisorio con tombinature metalliche e sistemazione area)	20
Installazione di cantiere in area in sponda sinistra Fiume Oglio	20
Demolizione fabbricato interferente	15
<b>FASE 12 Ponte sul Fiume Oglio</b>	
<b>Sponda Destra</b>	<b>85</b>
Realizzazione Palificata Spalla destra Ponte	20
Realizzazione struttura Spalla destra	25
Ampliamento tombinature	5

Realizzazione muri di sostegno rotatoria	30
Realizzazione rilevato rotatoria	5
<b>Sponda Sinistra</b>	<b>240</b>
Realizzazione Paratie berlinesi Spalla sinistra Ponte	30
Realizzazione Palificata Spalla sinistra Ponte	20
Realizzazione struttura Spalla sinistra	25
Realizzazione Muri andatori ponte	45
Realizzazione Paratie berlinesi Imbocco Nord della Galleria (micropali, cordoli, ancoraggi, rivestimenti di prima fase)	120
<b>FASE 13 Completamento ponte su Fiume Oglio</b>	<b>145</b>
Realizzazione impalcato	70
Realizzazione difese spondali (scogliere)	50
Opere di finitura stradale (impermeabilizzazione, pavimentazione, elementi laterali, barriere di sicurezza, verniciatura finale della struttura)	25
<b>FASE 14 Realizzazione rotatoria Nord</b>	<b>92</b>
Deviazione traffico su sedime rotatoria (parte di rilevato realizzato)	5
Riprofilatura versante (scavi, disgaggi, chiodature, reti di protezione, opere di regimazione idraulica)	30
Sistemazioni aree di cantiere zona Nord, ripristini e riconsegna aree	15
Opere di finitura stradale (sede carreggiate, elementi laterali, barriere di sicurezza, nucleo centrale rotatoria, segnaletica)	12
Realizzazione impianti di illuminazione tratte a cielo aperto fino a imbocco galleria e limitrofe di competenza del progetto	30
<b>Galleria Naturale - Da imbocco Nord</b>	<b>620</b>
<b>FASE GN 2 Galleria naturale da Imbocco Nord (da Progr. 1+935,79 a Progr. 1+191,29)</b>	<b>620</b>
Realizzazione consolidamenti da paratia frontale (consolidamenti, infilaggi, consolidamenti)	15
Realizzazione della Dima	10
Scavo Campo 1 (scavo e rivestimento di prima fase)	15
Realizzazione consolidamenti per Campo 2	5
Scavo e rivestimento Campo 2	10
Avanzamento realizzazione della galleria naturale come da progetto da Progr. 1+935,79 fino alla progressiva 891,29 m (consolidamenti, scavi, impermeabilizzazioni, rivestimenti di prima fase e definitivi, sia per sezione corrente e sia per sezioni allargate per piazzole)	475
Realizzazione galleria artificiale e portale imbocco Nord (becco di flauto rovescio)	30
Sistemazione definitiva versante con realizzazione placcaggi, terre armate, ripristino strada rurale, sistemazioni ambientali e finiture	60
<b>Galleria Naturale - Completamento</b>	<b>120</b>
<b>FASE 15 Completamento galleria</b>	<b>120</b>

Completamento galleria naturale con realizzazione di cunicolo di emergenza, scale di accesso, rete regimazione acque, profili ridirettivi, pavimentazioni, ecc.	120
<b>Galleria Naturale - Impianti</b>	<b>200</b>
<b>FASE 16 Impianti galleria</b>	<b>200</b>
Realizzazione impianti illuminazione, ventilazione, antincendio.	200
<b>Termine lavori</b>	<b>125</b>
<b>FASE 17 Consegna definitiva dell'infrastruttura</b>	<b>125</b>
Lavori residui di finitura e rimozione cantiere	30
Collaudi statici e tecnico-amministrativi	90
Termine lavori e consegna infrastruttura	5
<b>FINE LAVORI</b>	

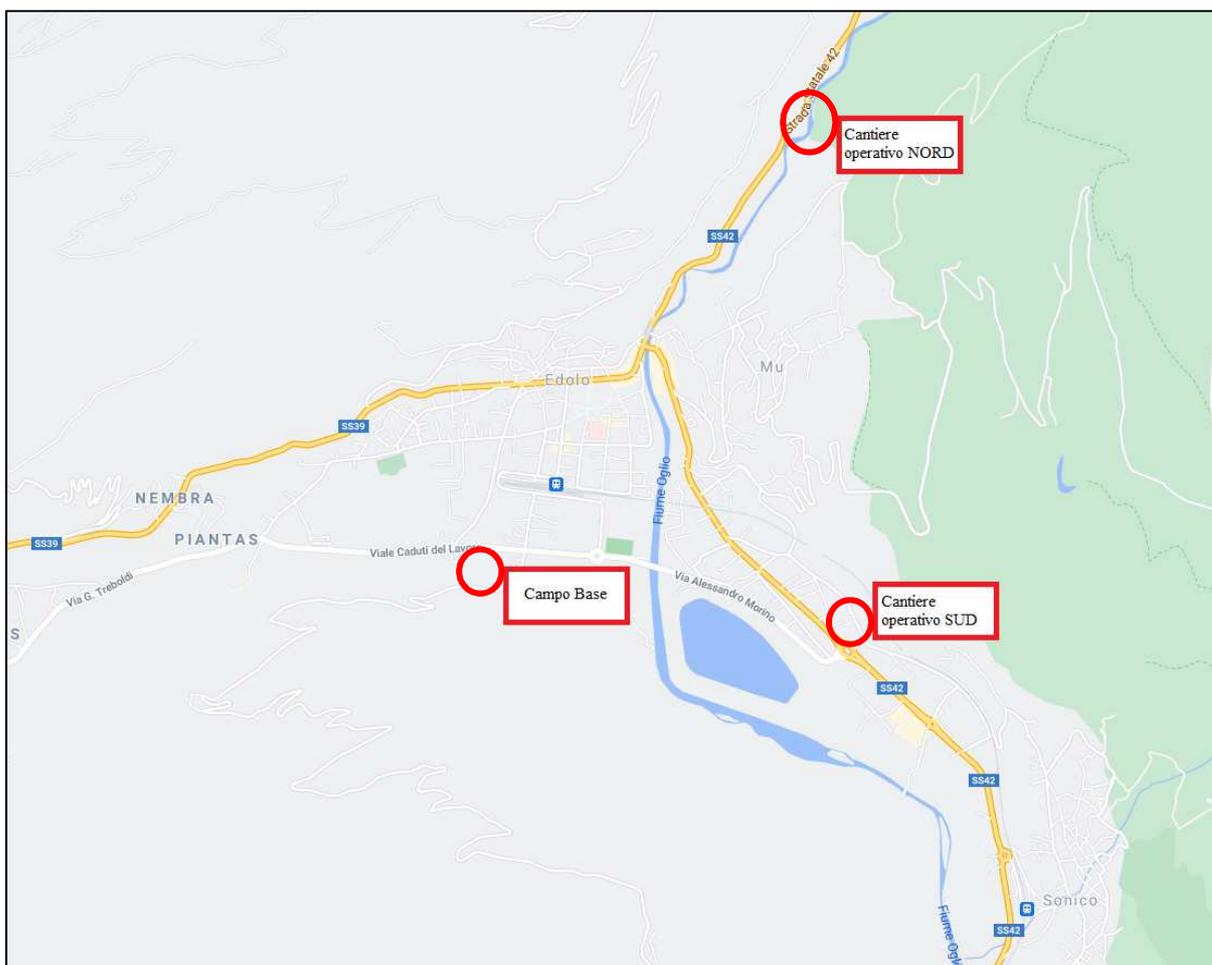
**Tabella 6-1 Elenco completo delle fasi di realizzazione della Variante (da T00CT00TAMCR01 – Cronoprogramma Lavori)**

Gli interventi sono raggruppati come indicato nel Cronoprogramma dei lavori riportato in ALLEGATO 1.

## 6.1 Accessi al sito

La viabilità ordinaria principale per raggiungere le aree dei due cantieri operativi Nord-CO2 (6250 mq) e Sud-CO1 (2500 mq) è rappresentata dalle due arterie che attraversano e servono la zona (la quale risulta densamente urbanizzata con insediamenti sia artigianali che legati al settore primario ed al turismo), ossia:

- La strada statale 42 del Tonale e della Mendola (SS 42), da Bergamo a Bolzano, o strada provinciale 42 del Tonale e della Mendola (SP ex SS 42), da Treviglio a Bergamo;
- La strada statale 39 del Passo di Aprica (SS 39), che collega la Valtellina alla Val Camonica tramite l'omonimo passo.



**Figura 6-1 Stralcio cartografia stradale delle vie principali di accesso alla variante**

Per raggiungere il Campo Base (di circa 6195 mq) posto lungo Via Caduti del lavoro:

Da Ovest si percorre la SS39 fino all'incrocio con via Rassiche, poi si percorre quest'ultima per circa 0,5 km fino a incrociare Via Caduti del lavoro;

Da Nord si percorre la SS42 in direzione Bergamo fino allo snodo con la SS39, poi si imbecca quest'ultima per circa 0,5 km fino all'incrocio con via Rassiche;

Da Sud si percorre la SS42 in direzione Bolzano fino alla rotonda situata all’ingresso del comune di Edolo e da lì si percorre Via Alessandro Morino per 1 km e poi Via Caduti del lavoro.

Per raggiungere il Cantiere Operativo SUD (CO1):

Da Ovest si percorre la SS39 fino allo snodo con la SS42, poi si imbecca quest’ultima per circa 1,4 km in direzione Bergamo;

Da Nord si percorre la SS42 in direzione Bergamo, attraversando l’abitato del comune di Edolo;

Da Sud si percorre la SS42 in direzione Bolzano.

In fine, per raggiungere il Cantiere Operativo NORD (CO2):

Da Ovest si percorre la SS39 fino allo snodo con la SS42, poi si imbecca quest’ultima per circa 1 km in direzione Bolzano;

Da Nord si percorre la SS42 in direzione Bergamo;

Da Sud si percorre la SS42 in direzione Bolzano, attraversando l’intero abitato del comune di Edolo.



**Figura 6-2 Identificazione Cantieri (Immagini ricavate dal Doc. T00CA00CANPL01)**

Gli accessi precedentemente indicati sono più diffusamente descritti negli elaborati di progetto:

<b>T00CA00CANRE01</b>	Cantierizzazione - Relazione descrittiva sulla cantierizzazione
<b>T00CA00CANPL01</b>	Planimetria generale aree di cantiere e viabilità di cantiere
<b>V01CA00CANPL01</b>	Planimetria aree di cantiere - Svincolo nord
<b>V02CA00CANPL01</b>	Planimetria aree di cantiere - Svincolo sud
<b>T00CA00CANDI01</b>	Planimetria, profili e sezioni tipo piste di cantiere e viabilità provvisoria

## 6.2 Riutilizzo delle terre provenienti dagli scavi

In riferimento agli strumenti di programmazione regionale e provinciale delle attività estrattive che raccomandano, ogni qualvolta sia possibile, il riutilizzo dei materiali di risulta piuttosto che l'approvvigionamento tramite cave di prestito o già in esercizio, si ritiene conformemente a tale indirizzo di conferire i volumi scavati ad impianti di trattamento o di smaltimento autorizzati.

Il terreno vegetale derivante dallo scotico superficiale verrà opportunamente accantonato in attesa di un eventuale riutilizzo per le opere di rinverdimento.

I volumi di materiali per rilevati e fondazione stradale verranno forniti da impianti di frantumazione e vagliatura di rifiuti di demolizioni e manutenzioni di opere edili ed infrastrutturali.

Gli inerti per calcestruzzo e gli inerti per la sovrastruttura stradale verranno forniti da impianti.

Si stima un possibile riutilizzo per riempimenti e/o ripristini per una parte del materiale scavato riferita principalmente a terreno sciolto.

## 6.3 Demolizioni e possibilità di riutilizzo dei materiali di risulta

Il progetto prevede la realizzazione del tronco della variante est all'abitato di Edolo, con interessamento di un breve tratto nell'abitato di Sonico, e comprende la tratta tra l'intersezione con l'attuale circolazione (interconnessione tra la S.S. 42) – caposaldo sud del tracciato - e la sezione di sbocco nord della galleria Edolo con la creazione di una intersezione a rotatoria sulla S.S. 42.

Ai sensi dell'art. 2 del D.Lgs n. 285 del 30/4/1992, esso è classificato di tipo “C”, con piattaforma di tipo C1.

Si prevedono le seguenti lavorazioni:

- demolizione del muro di sottoscampa nei pressi della Rotatoria Nord per complessivi 87,5 mc;
- demolizione di muretti, cordoli e marciapiedi nei pressi della Rotatoria Sud e della Galleria artificiale Sud per un volume complessivo stimato pari a 646,23 mc;
- rimozione spritz al fronte in corrispondenza della Galleria Naturale per un volume complessivo stimato pari a 2350,39 mc;
- asportazione asfalto per mezzo di scarifica per un volume complessivo stimato pari a 1728 mc;
- fresatura asfalto per un volume complessivo stimato pari a 81 mc;
- demolizione parziale di esistenti edifici nei pressi della Rotatoria Sud, per un volume di circa 121,5 mc.

In considerazione della natura dei lavori non si prevede il riutilizzo dei materiali di risulta.

I materiali da demolizione saranno conferiti ad impianti autorizzati come rifiuti:

- codice **CER 170904** “*rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione, diversi da*

quelli di cui alle voci 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03”

- codice **CER 170302** “miscele bituminose diverse da quelle 170301”

Altri rifiuti rinvenuti nelle aree di lavoro o emergenti nelle fasi di scavo, ad esempio condutture sotterranee, saranno identificati, sistemati in aree segregate e segnalate del cantiere, ed infine conferiti con operatori autorizzati, effettuando tutti i necessari accertamenti e passi di legge, agli impianti.

## 6.4 Impianti di conferimento

Per la localizzazione delle cave si è fatto riferimento al Piano Cave della Provincia di Brescia.

Dal Piano Cave del Geoportale della Provincia di Brescia per i settori sabbie e ghiaie, approvato con DCR della Lombardia n. VII/1114 il 25 novembre 2004, sono stati individuati nella zona due Ambiti Territoriali Estrattivi (ATE) i quali consentono una completa capacità ricettiva di materiale idoneo per il recupero ambientale, stimato in 390000 mc circa:

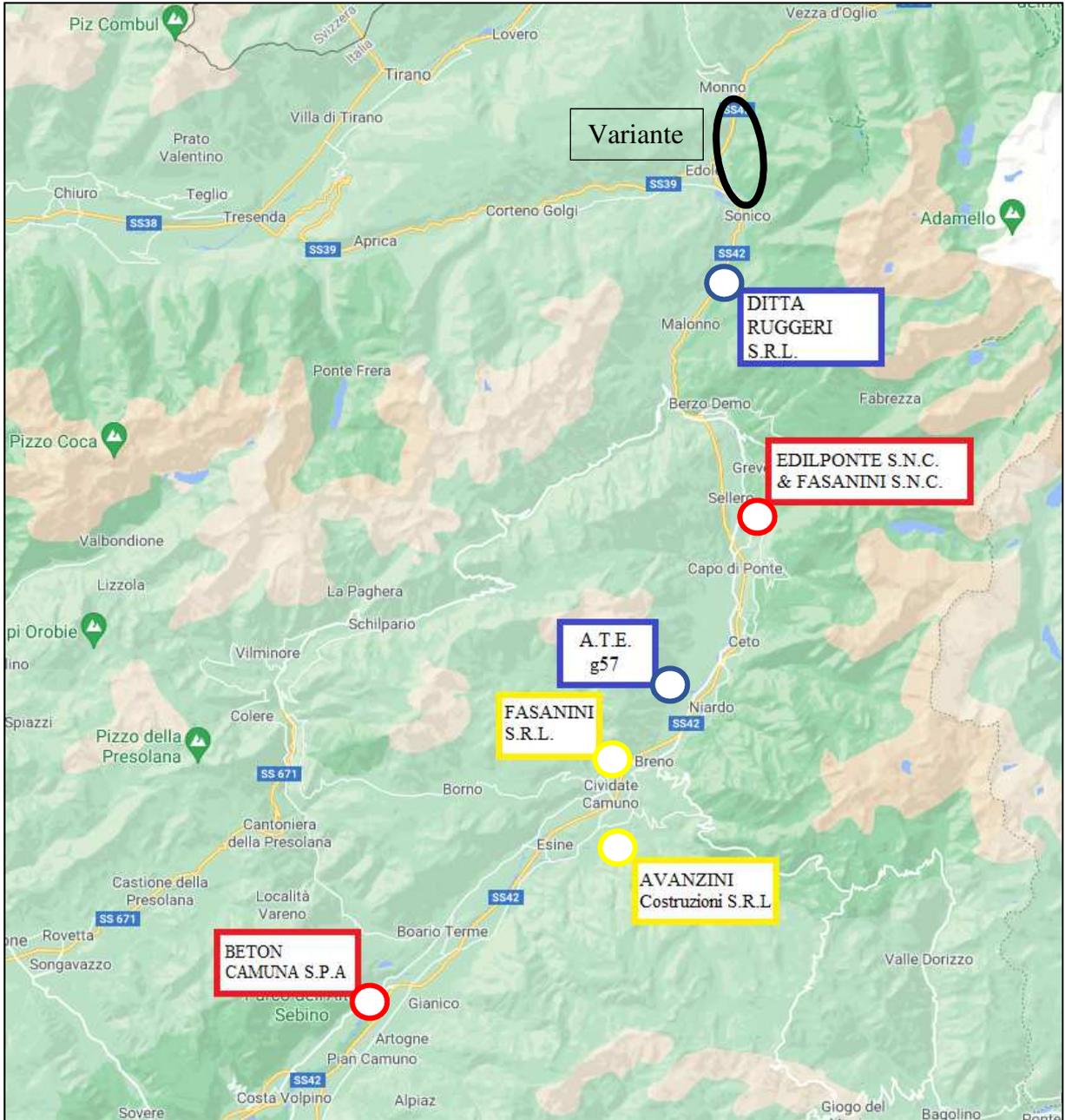
- ATE – g01 in comune di Capo di Ponte; DITTE - EDILPONTE S.N.C. & FASANINI S.N.C.
- ATE – g02 in comune di Darfo Boario Terme; DITTA - BETON CAMUNA S.P.A.

<b>DISPONIBILITA' RICETTIVA IMPIANTI DI CONFERIMENTO INDIVIDUATI</b>				
n°	Ditta	Comune	Distanza dal cantiere [Km]	Volume potenzialmente conferibile [mc]
ATE - g01	EDILPONTE S.N.C. & FASANINI S.N.C.	Capo di Ponte (BS)	18	150000
ATE - g02	BETON CAMUNA S.P.A.	Darfo Boario Terme (BS)	45	250000
<b>TOTALI</b>				400000

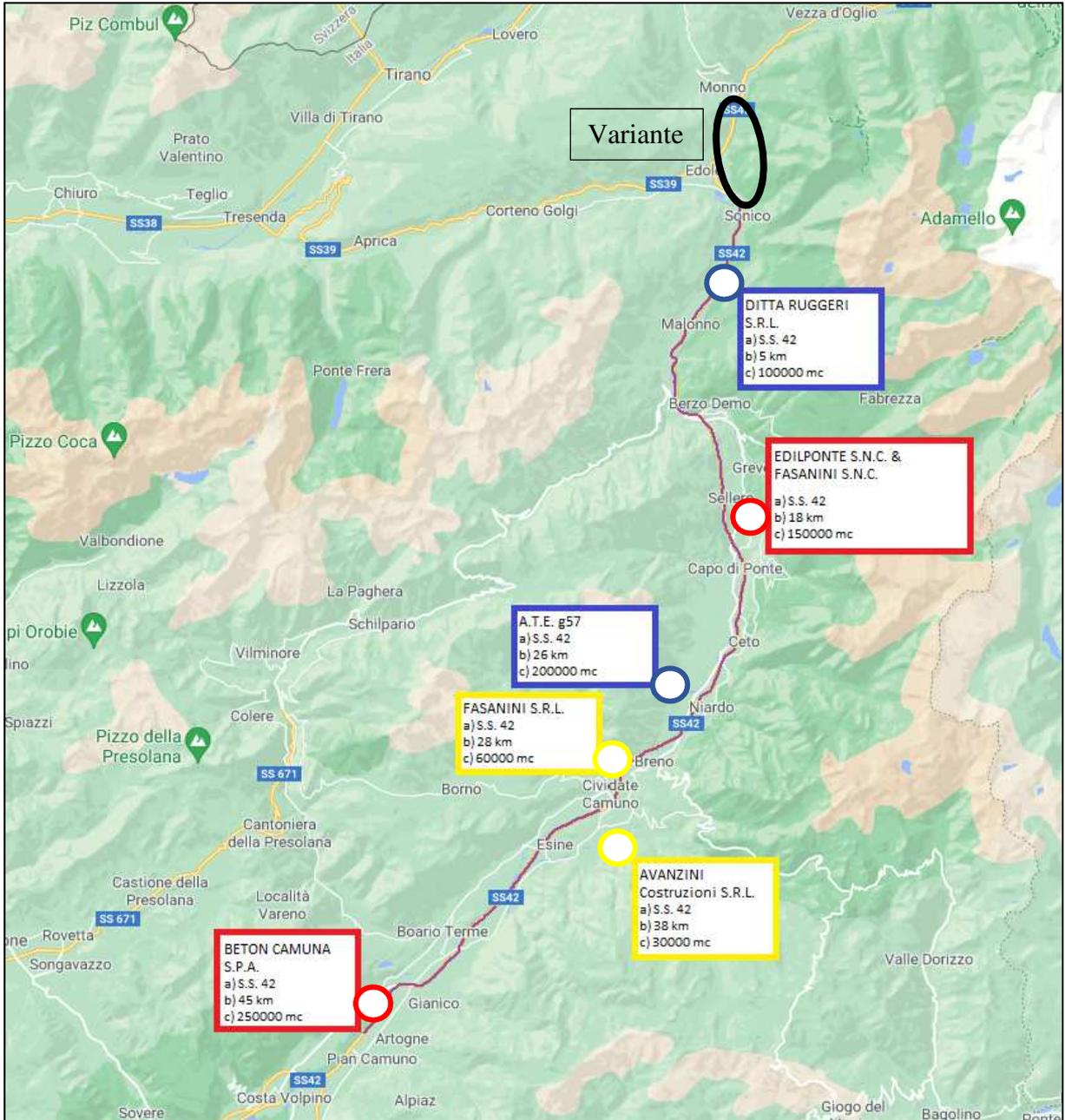
**Tabella 6-2 Identificazione Impianti di conferimento e relativi volumi potenzialmente ricettivi**

Nella Figura 6-3 seguente, viene raffigurata la mappa con la localizzazione dei due impianti individuati (riquadrati in rosso), mentre nella Figura 6-5 e Figura 6-6 il dettaglio di ciascuno.

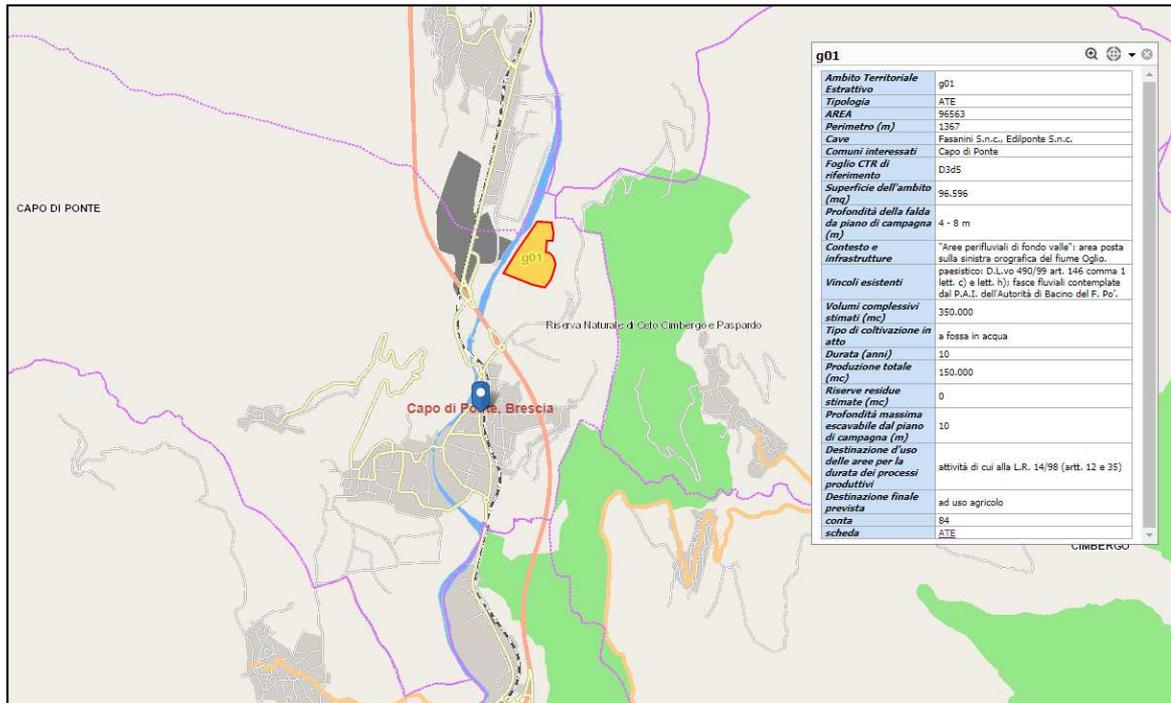
Si precisa che l’elenco sopra indicato è da ritenersi non esaustivo e non vincolante, ed è stato riportato esclusivamente nell’ottica di verificare che sul territorio fossero disponibili impianti idonei e verificare la distanza degli stessi dal sito di cantiere.



**Figura 6-3 Localizzazione su mappa di: Impianti di conferimento in rosso, Cave di prestito in blu e Impianti di trattamento inerti in giallo**



**Figura 6-4 Localizzazione su mappa, per ciascun Impianto o cava, di:**  
**a) viabilità interessata (evidenziata anche in viola la viabilità ordinaria principale per raggiungere le aree di cantiere)**  
**b) distanza dal cantiere**  
**c) volumetria disponibile**



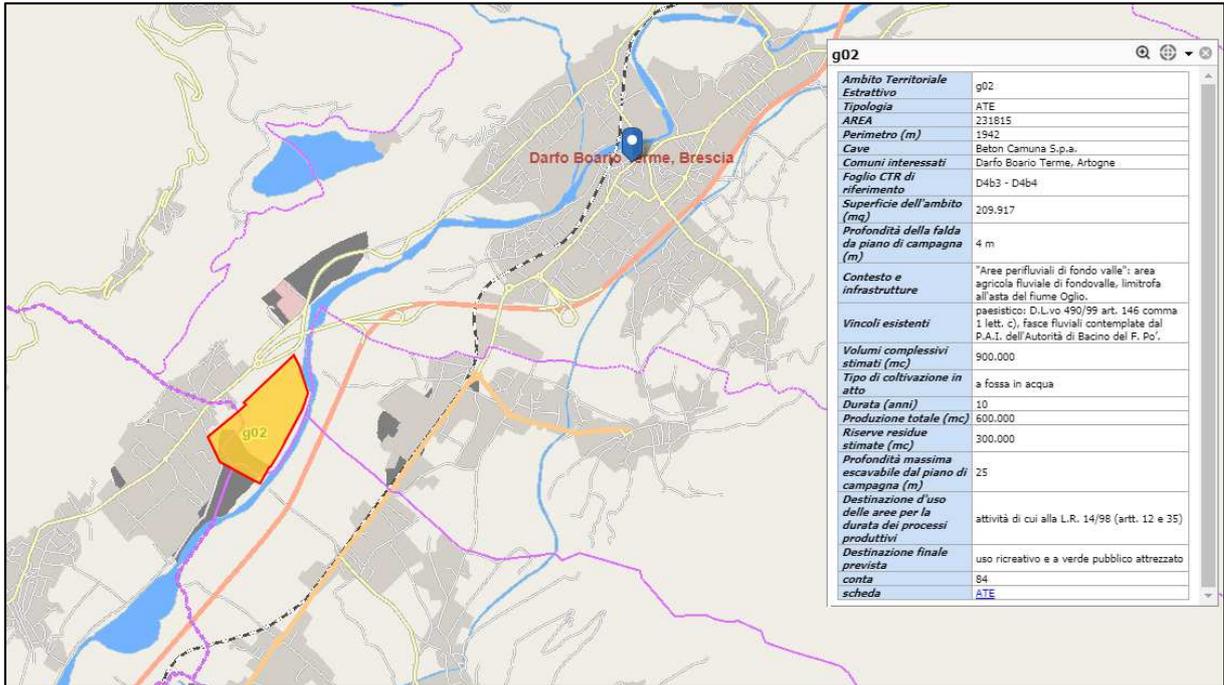
**Figura 6-5** Caratteristiche e localizzazione di dettaglio della ATE – g01 in comune di Capo di Ponte; DITTA - EDILPONTE S.N.C.

Prescrizioni di piano - da Piano Cave del Geoportale della Provincia di Brescia

Il progetto di gestione produttiva dell’ATE dovrà prevedere:

- la redazione preliminare di uno studio di compatibilità idraulico-ambientale (ai sensi dell’art. 41 delle N.T.A. del Piano stralcio per l’assetto idrogeologico del bacino del fiume Po con i contenuti di cui al punto 3.2 del documento “Criteri Generali per l’Elaborazione dei Piani delle Attività Estrattive”, trasmesso dall’Autorità di Bacino per il fiume Po con nota prot. n. 6810/FD del 24.01.2002);
- la previsione della conduzione dell’attività estrattiva per lotti continui aventi superficie inferiore a 4000 mq, di durata da specificarsi nell’atto autorizzativo e con opere di recupero ambientale eseguite contestualmente ai lavori di coltivazione; il progetto deve tendere a ridurre al minimo le aree denudate o comunque degradate, anche da attività pregressa;
- il recupero all’utilizzo agricolo con la ricostituzione del piano di campagna originario attraverso il ritombamento dello scavo risultante dall’attività estrattiva, mediante i materiali non pericolosi consentiti dalla legge, con priorità per il materiale eventualmente proveniente dallo scavo delle gallerie (c.d. smarino) della variante alla S.S. n. 42.
- la formazione di fasce vegetali (siepi) di protezione in lato est in corrispondenza delle abitazioni esistenti ed il potenziamento della vegetazione ripariale del fiume Oglio;
- la riproposizione delle sistemazioni agrarie preesistenti attraverso la ricostituzione della maglia poderale e dei filari alberati.

Modifiche apportate dalla Regione: Riduzione della produzione totale a 150000 mc; ricollocazione di 200000 mc in nuovo ATE – g57 in comune di Losine



**Figura 6-6** Caratteristiche e localizzazione di dettaglio della ATE – g02 in comune di Darfo Boario Terme; DITTA - BETON CAMUNA S.P.A.

Prescrizioni di piano - da Piano Cave del Geoportale della Provincia di Brescia

Il progetto di gestione produttiva dell'ATE dovrà prevedere:

- la redazione preliminare di uno studio di compatibilità idraulico-ambientale (ai sensi dell'art. 41 delle N.T.A. del Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po) con i contenuti di cui al punto 3.2 del documento "Criteri Generali per l'Elaborazione dei Piani delle Attività Estrattive", trasmesso dall'Autorità di Bacino per il fiume Po con nota prot. n. 6810/FD del 24.01.2002;
- la formazione della nuova strada d'argine di Bessimo in lato nord e l'edificazione, lungo il suo tracciato, di un'adeguata barriera vegetale (siepe) con funzioni di mascheramento e protezione dall'edificato in località Bessimo;
- la ricostituzione dell'ambiente fluviale tradizionale attraverso l'interconnessione ecologica di aree naturali ed il riequipaggiamento vegetazionale delle sponde, ricostruendo una fascia spondale di larghezza non inferiore ai 50 metri. Pertanto, l'attività estrattiva dovrà interessare esclusivamente l'area dell'ATE esterna alla "fascia B" del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (a meno della limitata porzione costituente l'attuale ciglio di cava in lato ovest finalizzata alla costituzione di un unico bacino lacustre), prevedendo una profondità massima di scavo non superiore alla quota del lago esistente: il progetto di ripristino dovrà essere volto al recupero ambientale dell'intero ambito estrattivo, ivi comprese le aree estrattive preesistenti, con la sistemazione finale che preveda la realizzazione di un unico bacino lacustre e la creazione di fitocenosi in grado di evolvere, con ridotto intervento nel tempo, verso un ecosistema in equilibrio con l'ambiente circostante.

### 6.5 Cave di prestito nell’area di interesse

Per quanto riguarda la disponibilità di Cave di Prestito, dal Censimento Impianti del Geoportale della Provincia di Brescia, sono stati individuati nella zona due siti dei quali i soggetti gestori di impianti di betonaggio hanno la disponibilità:

- ATE – g57 in comune di Losine;
- DITTA RUGGERI S.R.L. – in comune di Malonno.

CAVE DI PRESTITO NELL’AREA DI INTERESSE				
n°	Ditta	Comune	Distanza dal cantiere [Km]	Volume potenzialmente estraibile/conferibile [mc]
ATE – g57	-	Losine (BS)	26	200000
	RUGGERI S.R.L.	Malonno (BS)	5	100000
<b>TOTALI</b>				300000

Tabella 6-3 Identificazione Cave di prestito nell’area di interesse

Nella Figura 6-3, viene raffigurata la mappa con la localizzazione le due cave individuate (riquadrate in blu), mentre nella Figura 6-7 e Figura 6-8 il dettaglio di ciascuno.

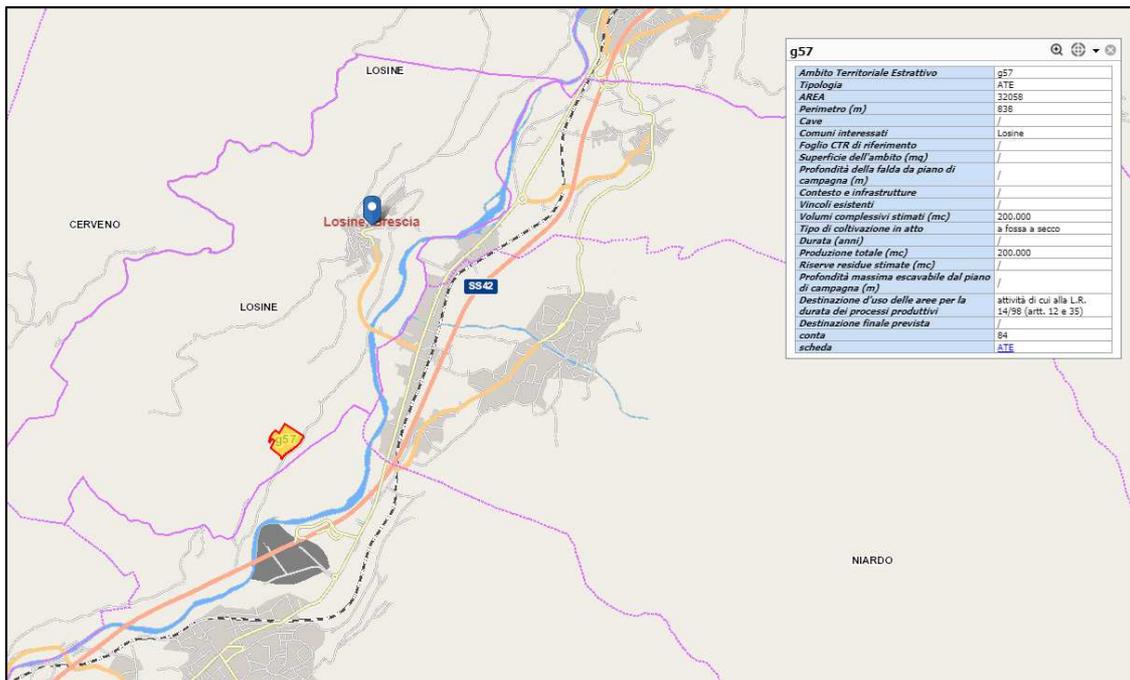
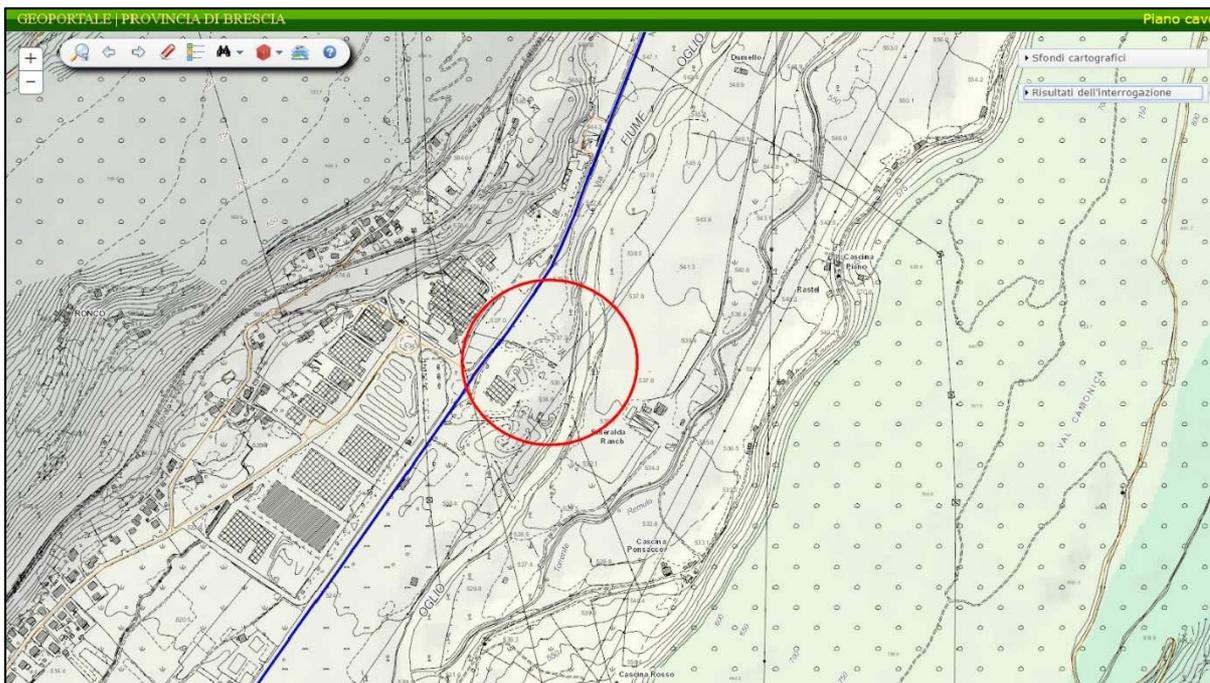


Figura 6-7 Caratteristiche e localizzazione di dettaglio della ATE – g57 in comune di Losine

Prescrizioni di piano - da Piano Cave del Geoportale della Provincia di Brescia

Modifiche apportate dalla Regione:

Ricollocazione dell’ATE – g51



**Figura 6-8** Caratteristiche e localizzazione di dettaglio della DITTA RUGGERI S.R.L. in comune di Malonno

### 6.6 Impianti di trattamento inerti nell’area di interesse

Oltre ai siti sopra descritti, sono presenti altri due impianti di trattamento e recupero di rocce da scavo, individuati dal Censimento Impianti del Geoportale della Provincia di Brescia:

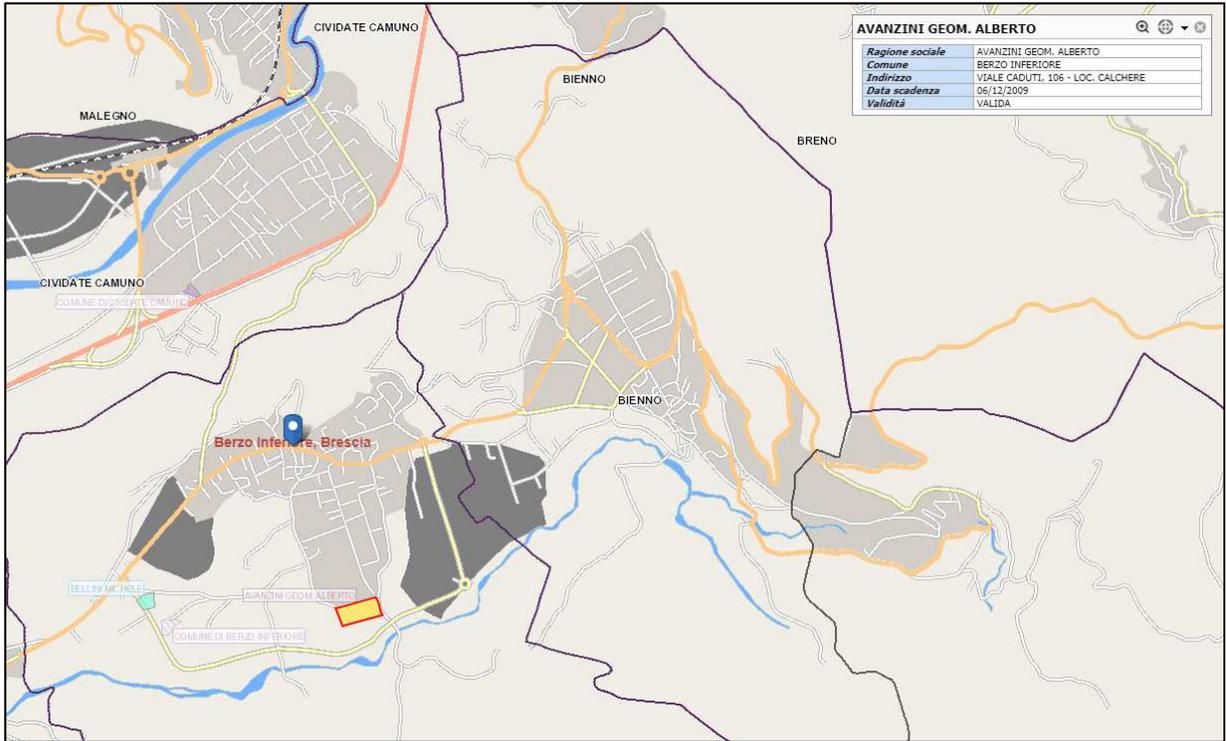
- DITTA AVANZINI COSTRUZIONI S.R.L. – in comune di Berzo Inferiore;
- DITTA FASANINI S.R.L. – in comune di Breno.

Il volume potenzialmente conferibile è riportato nella tabella riepilogativa seguente:

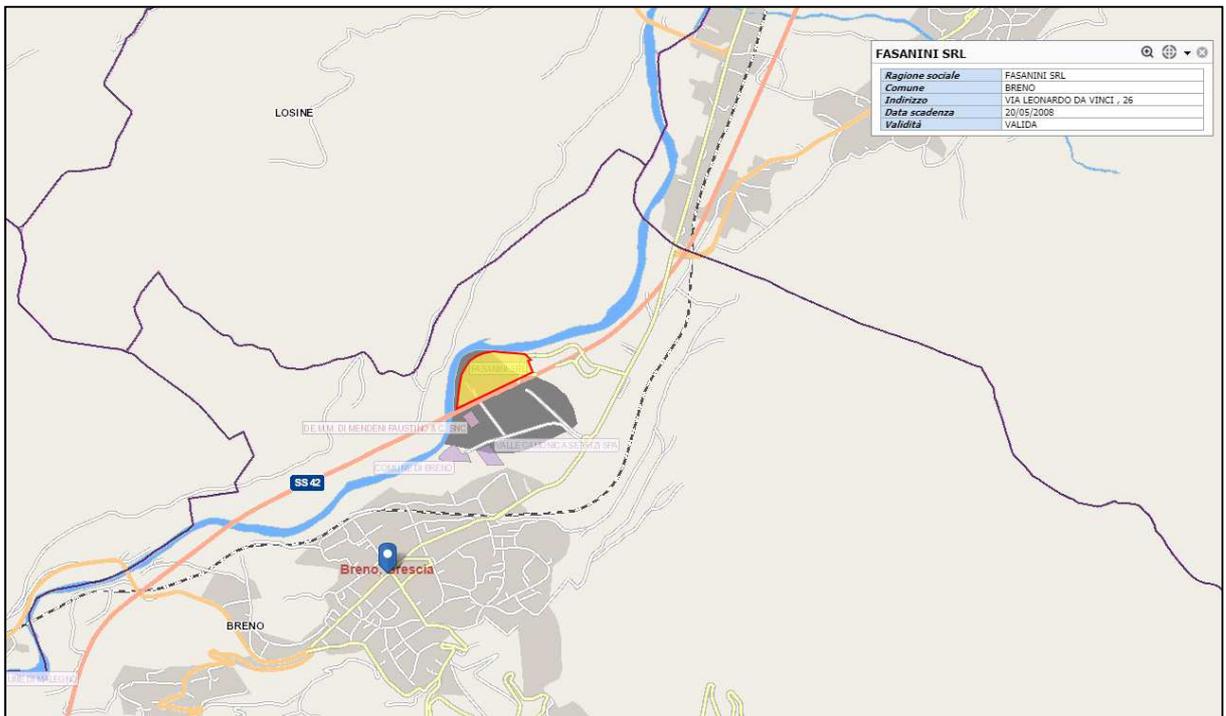
IMPIANTI DI TRATTAMENTO INERTI NELL’AREA DI INTERESSE			
Ditta	Comune	Distanza dal cantiere [Km]	Volume potenzialmente estraibile/conferibile [mc]
AVANZINI COSTRUZIONI S.R.L.	Berzo inferiore (BS)	38	30000
FASANINI S.R.L.	Breno (BS)	28	60000
<b>TOTALI</b>			90000

**Tabella 6-4** Identificazione Impianti di trattamento inerti nell’area di interesse

Nella Figura 6-3, viene raffigurata la mappa con la localizzazione dei due impianti individuati (riquadri in giallo), mentre nella Figura 6-9 e Figura 6-10 il dettaglio di ciascuno.



**Figura 6-9** Caratteristiche e localizzazione di dettaglio della DITTA AVANZINI COSTRUZIONI S.R.L. in comune di Berzo inferiore.



**Figura 6-10** Caratteristiche e localizzazione della DITTA FASANINI S.R.L. in comune di Breno

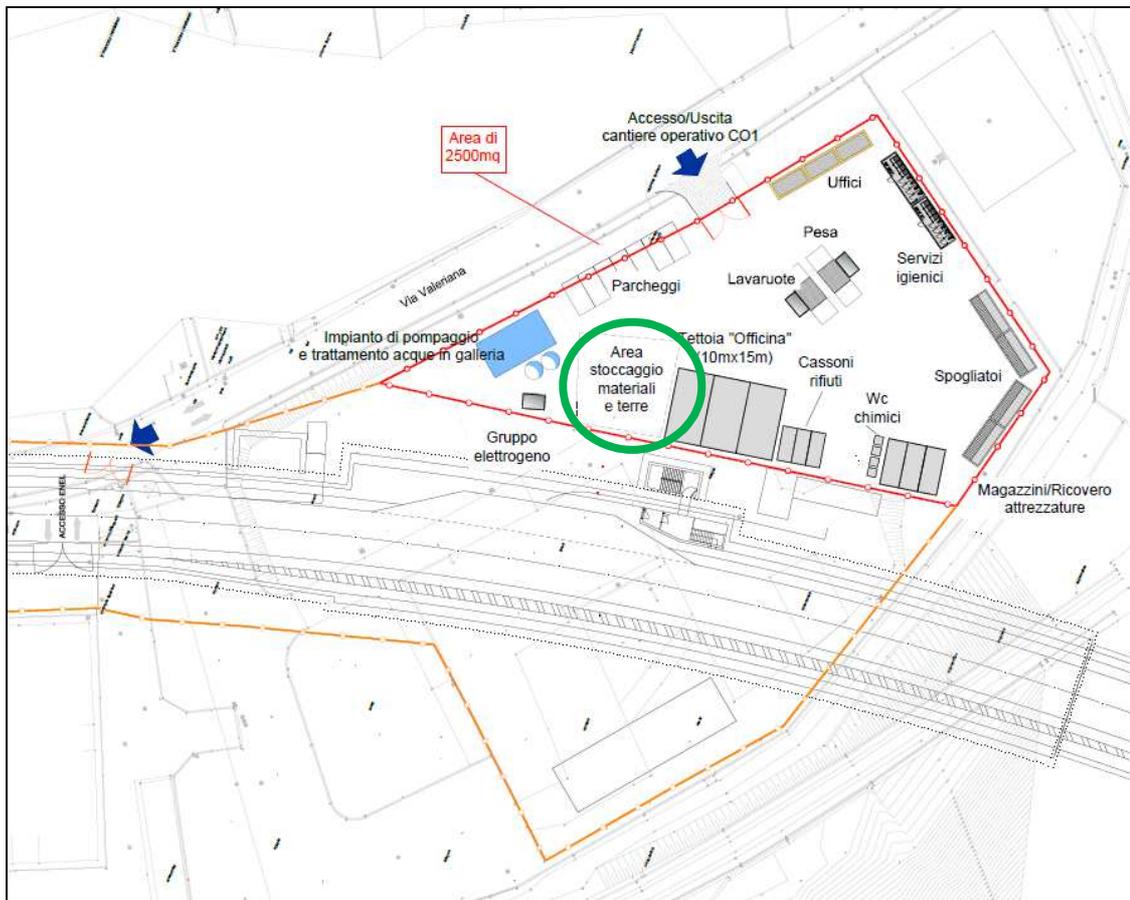
## 6.7 Impianti per stoccaggio temporaneo

Si prevede che il materiale venga conferito contemporaneamente alle operazioni di scavo.

Non si prevedono aree particolarmente estese per l'accantonamento di materiale; nel caso di puntuali picchi di produzione di scavo verranno predisposte limitate aree di accumulo temporaneo che verranno progressivamente trasportate in discarica.

Sono previste eventuali aree di piccole dimensioni per il deposito di cumuli, solo il tempo strettamente necessario alla caratterizzazione del materiale.

Si riporta di seguito lo stralcio delle planimetrie delle due aree di cantiere operativo con l'ubicazione degli spazi per l'eventuale caratterizzazione del materiale durante l'esecuzione dei lavori:



**Figura 6-11 Area di Cantiere Sud con indicata in colore verde l'eventuale area di stoccaggio temporaneo (Immagine ricavata dal Doc.V02CA00CANSC01)**

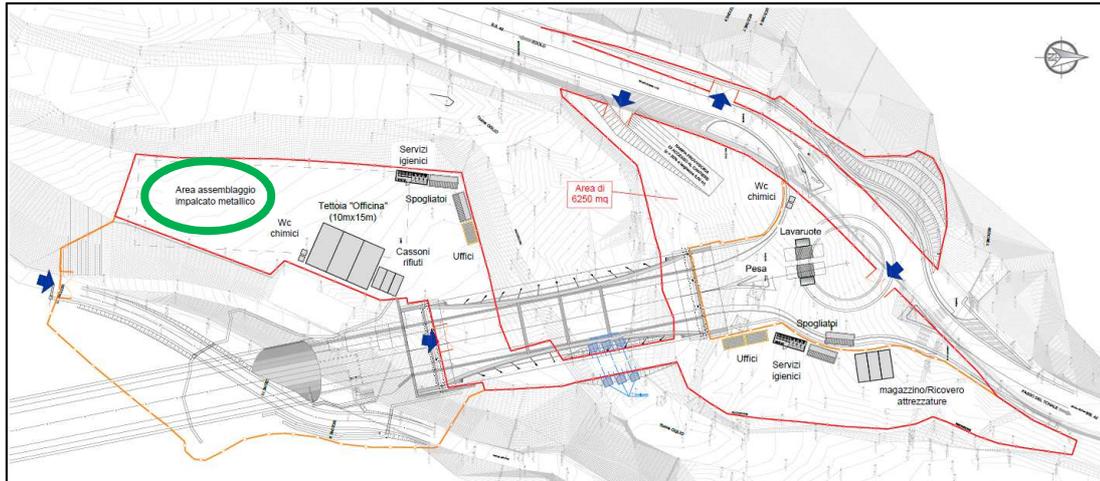


Figura 6-12 Area di Cantiere Nord con indicata l’eventuale area di stoccaggio temporaneo (Immagine ricavata dal Doc. V01CA00CANSC01)

## 7 GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO

### 7.1 Premessa e inquadramento

Facendo seguito a quanto previsto dai documenti di cui al Rif. [II] “Piano di indagine geognostico-ambientale”, ed al Rif. [III] “Indagine geognostica integrativa e propedeutica alla progettazione definitiva - ubicazione delle indagini”, tra Luglio e Dicembre 2020 è stata condotta da Tecno In Geosolutions<sup>1</sup> la campagna indagine e successiva caratterizzazione ambientale sui terreni prelevati (vedasi Rif. IV), secondo i criteri stabiliti dalla relativa normativa vigente.

I campioni raccolti sono descritti in Tabella 7-1 e identificati in Figura 7-1:

Sigla	Coordinata G.B. Est	Coordinata G.B. Nord	Quota assoluta p.c.	Quota assoluta t.t.
SD02-PZ	1603664,342	5114239,615	646,323	646,476
SD04	1603648,742	5114692,332	757,974	
SD07	1603555,636	5115626,317	803,656	

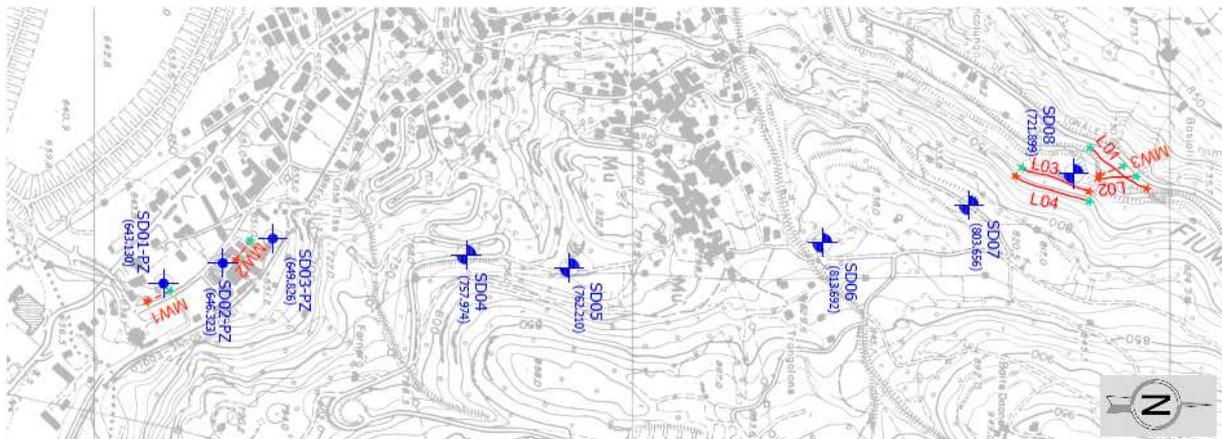
	AMBIENTALE						
	TERRE-ROCCIA					ACQUA	
	Ca1	Ca2	Ca3	Crif	CACLS	PA1	PACLS1
SD02_PZ	0,0-1,0	11,0- 12,0	20,0-21,0	3,50 – 19,50	9.50-34.50	x	x
SD04	113,30-126,50			113,30-126,50	113,30-126,50		
SD07	77.70-89.50						

Tabella 7-1 Numerazione, ubicazione e profondità dei punti di campionamento previsti nel Piano indagini (Rif. [IV])

<sup>1</sup> Tecno In Geosolutions ha realizzato le indagini geofisiche, geognostiche e ambientali propedeutiche al Progetto Definitivo, nonché le indagini di laboratorio, sotto supervisione e gestione di Anas S.p.A.

- I campioni Ca1, Ca2 e Ca3 rappresentano i campioni di terreno prelevati per la caratterizzazione delle terre e rocce da scavo ai sensi del D.P.R. 120/2017.
- I campioni CRIF sono stati sottoposti alle determinazioni sul tal quale e al test di cessione per la classificazione dei rifiuti solidi secondo la D.M. 27/09/2010 e per la possibilità di recupero secondo il D.M. n.186 del 05/04/06.
- I campioni PA1 rappresentano le acque sotterranee nelle quali sono stati ricercati i parametri da confrontare con le CSC di cui alla Tabella 2 dell'Allegato 5 al titolo V della parte Quarta del D.Lgs. 152/2006.
- I campioni PACLS e CLS, rispettivamente di acqua e terreno, sono stati sottoposti ad analisi al fine di valutare il grado di aggressività del terreno sulle strutture di calcestruzzo secondo UNI EN 206:2016.

Il set analitico ha fatto riferimento all’elenco delle sostanze di cui alla tabella 4.1 dell’Allegato 4 del DPR 120/2017, integrate secondo quanto indicato nel Documento di cui al Rif. [II] Cap. 5.4.



**Figura 7-1 Ubicazione delle indagini (geognostiche, geofisiche e ambientali) effettivamente realizzate (Rif. [II])**

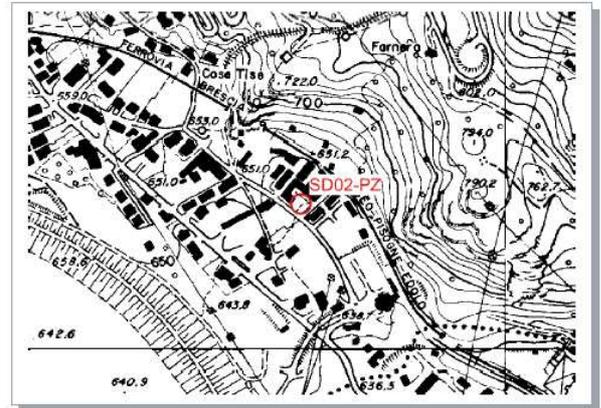
Il numero di punti effettivamente campionati nel corso della campagna è quindi stato pari a 3, inferiore a quanto previsto nel Piano di Indagine ma comunque sufficiente secondo prescrizioni normative.

Alcuni punti di prelievo hanno subito, in fase esecutiva, alcune deviazioni puntuali nate da esigenze di cantiere o da limitazioni nell’accesso alle aree.

Inquadramento



Stralcio Cartografico

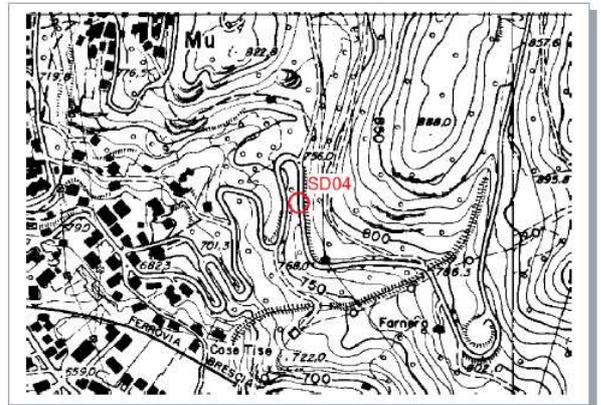


**Figura 7-2 Dettaglio dell'ubicazione del sondaggio SD02\_PZ (Rif. [IV])**

Inquadramento



Stralcio Cartografico

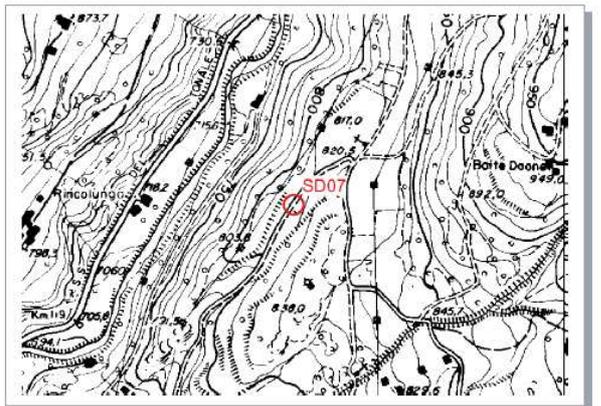


**Figura 7-3 Dettaglio dell'ubicazione del sondaggio SD04 (Rif. [IV])**

Inquadramento



Stralcio Cartografico



**Figura 7-4 Dettaglio dell'ubicazione del sondaggio SD07 (Rif. [IV])**

Il piano di caratterizzazione ambientale dei materiali da scavo che ha portato all'esecuzione dei sondaggi (riportati in Tabella 4-1 e Figura 4-2), come detto in precedenza, era stato elaborato nel 2019 (Rif. [II]) al fine di poter disporre dei risultati in tempo utile per lo sviluppo della

progettazione, considerando quindi i dati progettuali al tempo indicati. Nel corso della progettazione sono poi sopraggiunte un paio modifiche del tracciato dovute a:

1) Nuovi rilievi topografici di dettaglio:

Sulla base dei nuovi rilievi infatti, si è dovuto perfezionare il tracciato dell’asta principale a causa del fatto che in tale zona sono presenti innumerevoli vincoli ambientali per la presenza della Centrale elettrica ENEL e dei relativi impianti e manufatti, dei tralicci dell’alta tensione, di altri impianti, di numerosi sottoservizi e di accessi a proprietà private. Planimetricamente il tracciato è stato allontanato il più possibile dall’area impianti della centrale ENEL e dallo spigolo di Nord-Ovest dell’autorimessa/deposito sempre di ENEL.

2) Una nuova campagna di indagini geognostiche che ha permesso di sviluppare il modello geologico e geotecnico definitivo di riferimento.

Sulla base dei nuovi rilievi topografici di dettaglio si è infatti accertato che non fosse possibile realizzare la galleria artificiale nello spazio tra il predetto manufatto e il traliccio secondario, che pertanto è stato ricollocato.

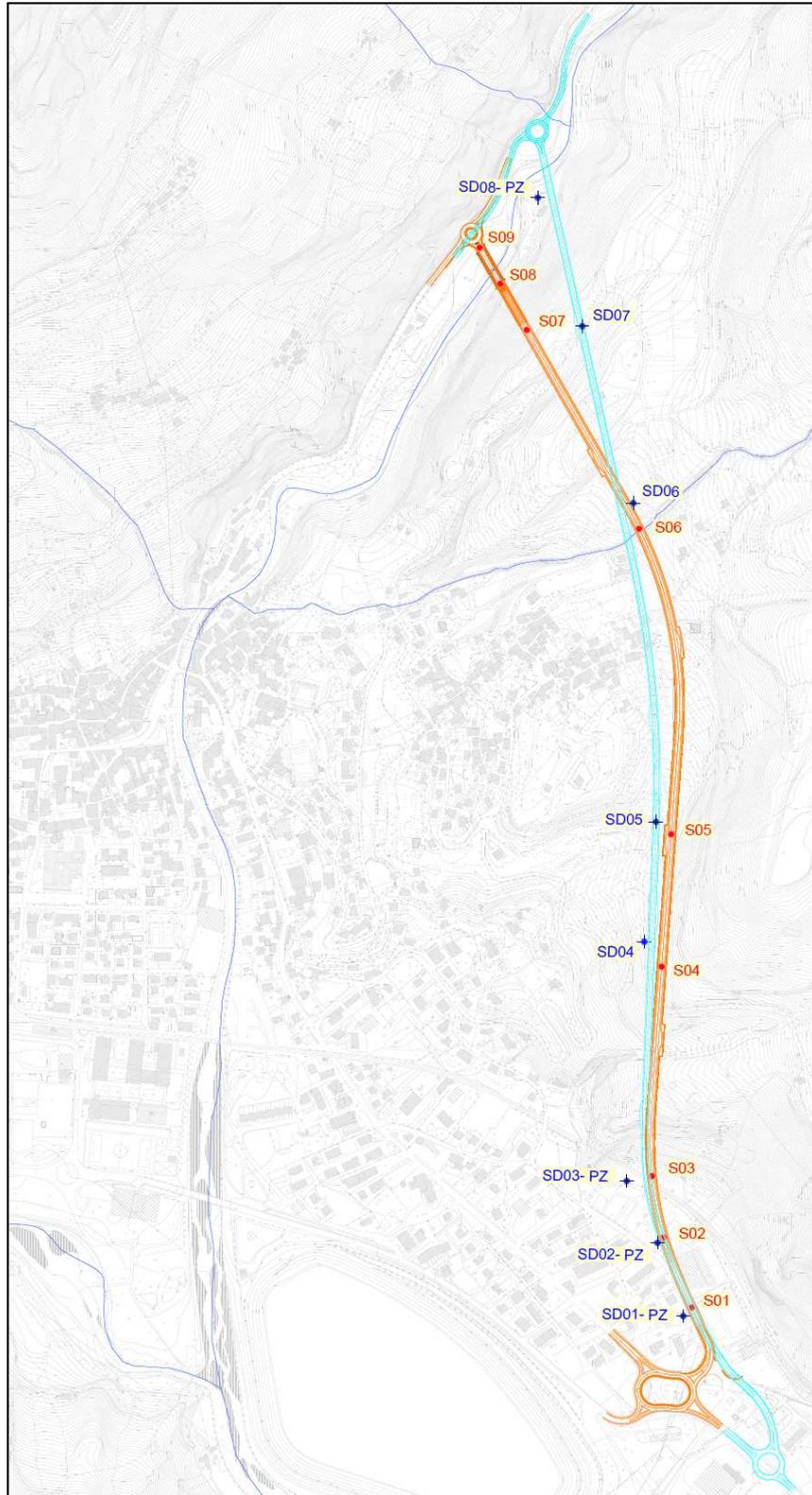
Anche dal punto di vista altimetrico il tratto tra la rotatoria Sud e l’imbocco della galleria naturale, ha dovuto essere riprogettato sempre tenendo conto dei risultati degli studi geologico-geotecnici effettuati sulla base della nuova campagna geognostica.

Si è proceduto quindi ad una verifica di congruenza.

Per un immediato raffronto, in Figura 7-5 è riportata la sovrapposizione tra il tracciato previsto dal Progetto preliminare (Rif. [II]) in color ocra, ed il tracciato definitivo in color ciano. Allo stesso tempo sono rappresentati i punti d’indagine previsti dal Progetto preliminare (Rif. [II]) in rosso e i punti d’indagine effettivamente campionati (Rif. [II]) in blu.

Come detto in precedenza il profilo del tracciato ha subito delle variazioni rispetto al Progetto preliminare, ma contemporaneamente anche i punti di effettiva esecuzione delle indagini sono stati ubicati in posizioni leggermente differenti.

Il tratto iniziale a Sud, essendo stato spostato nell’abitato di Sonico in una fase successiva alla definizione ed all’esecuzione delle indagini, non è stato caratterizzato; Si può comunque concludere che la modifica del tracciato non ha invalidato il criterio di raccolta dei campioni utilizzato in fase di definizione della campagna sperimentale.



**Figura 7-5 Confronto tra tracciati e punti di campionamento**

## 7.2 Caratterizzazione ambientale

Su tutti i campioni sono state eseguite analisi sul tal quale finalizzate a verificare l'eventuale presenza di sostanze in concentrazione capace di impartire al rifiuto carattere di pericolosità.

Le analisi hanno riguardato un ampio spettro di parametri inorganici fra quelli rappresentativi riportati nella Tab. 4.1 All. 4 del D. Lgs 120/2017, in particolare:

- Metalli [As, Cd, Co, Cr totale, CrVI, Hg, Ni, Pb, Cu, Zn]
- Idrocarburi [ C<12; C > 12]
- Aromatici organici [BTEX e Stirene]
- Aromatici policiclici [IPA]
- Amianto

Le concentrazioni ottenute sono state riferite alla totalità dei materiali secchi.

Il laboratorio ha applicato metodiche di preparazione e tecniche analitiche conformi ai protocolli nazionali e/o internazionali ufficialmente riconosciuti quali, ad esempio, le metodiche EPA, ISO, INI EN, IRSA-CNR, il Manuale Tecnico “*Metodologie analitiche di riferimento*” a cura dell'ICRAM, Ministero Ambiente e Tutela del Territorio (2001).

Riferendosi ai criteri elencati nel presente capitolo, è stato possibile ottenere dati confrontabili con le “concentrazioni soglia di contaminazione (CSC)” di cui alla Tabella 1, Colonna A e B dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del D.Lgs. 152/06, come previsto dal D.P.R. 120/2017.

Nella Tabella 7-2, riportata di seguito, sono riepilogati i risultati della caratterizzazione chimica sui campioni di terreno prelevati, rapportati alle “Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC)” dei siti ad uso verde pubblico privato e residenziale (colonna A) e di quelli ad uso commerciale ed industriale (colonna B) come da Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006.

PARAMETRO	U. M.	Limiti		SD02_PZ CA1 (0,00-1,00m)	SD02_PZ CA2 (11,0-12,0m)	SD02_PZ CA3 (20,0-21,0m)	SD04 CA1 (113,30-126,50m)	SD07 CA1 (77,70-89,50 m)
		D. Lgs. 152/06 All. 5 Tab. 1 Colonna A	Colonna B					
Arsenico	mg/Kg s.s.	20	50	12,6	8,4	3,39	0,35	4,46
Cadmio	mg/Kg s.s.	2	15	0,12	0,066	0,043	0,072	0,2
Cobalto	mg/Kg s.s.	20	250	9,75	6,20	6,64	15,7	17,5
Cromo totale	mg/Kg s.s.	150	800	25,5	15,9	18,8	15,5	63,45
Cromo esavalente	mg/Kg s.s.	2	15	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Mercurio	mg/Kg s.s.	1	5	0,11	0,065	0,04	0,08	0,003
Nichel	mg/Kg s.s.	120	500	22,7	16,8	16,2	35,6	48,66
Piombo	mg/Kg s.s.	100	1000	14,1	5,17	5,19	11,0	5,29
Rame	mg/Kg s.s.	120	600	25,3	14,9	20	39,3	70,73
Zinco	mg/Kg s.s.	150	1500	63,1	33,5	34,1	57,1	138,55
Benzene	mg/Kg s.s.	0,1	2	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05
Etilbenzene	mg/Kg s.s.	0,5	50	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05
Stirene	mg/Kg s.s.	0,5	50	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05
Toluene	mg/Kg s.s.	0,5	50	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05
Xilene	mg/Kg s.s.	0,5	50	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05
Sommatoria organici aromatici	mg/Kg s.s.	1	100	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05
Benzo(a)antracene	mg/Kg s.s.	0,5	10	<0,01	<0,01	<0,01		0,004
Benzo(a)pirene	mg/Kg s.s.	0,1	10	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01
Benzo(b)fluorantene	mg/Kg s.s.	0,5	10	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01
Benzo(k)fluorantene	mg/Kg s.s.	0,5	10	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01
Benzo(ghi)perilene	mg/Kg s.s.	0,1	10	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01
Crisene	mg/Kg s.s.	5,0	50	<0,01	<0,01	<0,01		0,009
Dibenzo(a,e)pirene	mg/Kg s.s.	0,1	10	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01
Dibenzo(a,l)pirene	mg/Kg s.s.	0,1	10	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01
Dibenzo(a,i)pirene	mg/Kg s.s.	0,1	10	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01
Dibenzo(a,h)pirene	mg/Kg s.s.	0,1	10	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01
Dibenzo(a,h)antracene	mg/Kg s.s.	0,1	10	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01
Indenopirene	mg/Kg s.s.	0,1	5	<0,01	<0,01	<0,01		<0,01
Pirene	mg/Kg s.s.	5	50	<0,01	<0,01	<0,01		0,009
Sommatoria policiclici aromatici	mg/Kg s.s.	10	100	<0,01	<0,01	<0,01		0,01
Idrocarburi leggeri (C<12)	mg/Kg s.s.	10	250	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<0,01
Idrocarburi pesanti (C>12)	mg/Kg s.s.	50	750	46,5	47,9	48,2	42,8	15,67
Amianto	mg/Kg	1000	1000	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000

**Tabella 7-2 Risultati della caratterizzazione chimica sui campioni di terreno prelevati (Rif. [IV])**

Dall'osservazione delle risultanze si evince che **non sussistono superamenti dei limiti normativi relativi al D.Lgs. 152/06 All.5 alla parte IV – Tab. 1 – Col. A “Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale” e Col.B “Siti ad uso commerciale ed industriale”**, quindi le concentrazioni sono inferiori indipendentemente dalla destinazione d'uso del suolo.

Si rimanda al documento di cui al Rif. [IV] Capitolo. 4.1 Tab. 1, per consultare, oltre l'elenco dei parametri ricercati, anche le unità di misura, i limiti di normativa D.lgs 152/06 All.5 Tab 1, metodiche analitiche.

### 7.3 Omologa per terre e rocce da scavo da smaltire come rifiuto

I campioni di terreno t.q. “compositi”, sono stati sottoposti ad analisi chimico-fisiche finalizzate alla verifica della conformità ai sensi del D.M. del 27.09.2010 «Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica», relativamente ai limiti di Ammissibilità in discarica per rifiuti inerti, non pericolosi e pericolosi) con particolare riferimento ai parametri di seguito specificati:

- Sul campione tal quale:

Stato fisico
Odore
Colore
Infiammabilità
pH
Residuo secco a 105 °C [Perdita di peso a 105 °C (da calcolo)]
Residuo a 550°C
Metalli
Amianto
BTEX
IPA
Idrocarburi pesanti e leggeri
PCB
Inquinanti organici persistenti
Solventi organici clorurati
Idrocarburi Policiclici Aromatici
Solventi Aromatici
Solventi organici non alogenati

- Test di cessione all'acqua:

Metalli (As, Sb, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Co, V)
Anioni (Cloruri, Fluoruri, Solfati, Cianuri totali, Nitrati)
Carbonio organico disciolto (DOC)
Solidi totali disciolti (TDS)
COD
Ph
Indice di Fenolo
Amianto

Le risultanze analitiche e le modalità di smaltimento ammesse per la tipologia di rifiuto risultante dalle analisi sono riepilogate nelle Tabelle seguenti.

PARAMETRO	U. M.	SD02_PZ CRIF(3,50-19,50 m)	S04 CRIF(113,30-126,50m)
STATO FISICO*		Solido	Solido
COLORE*	mg/kg	Marrone	Grigio
ODORE*		Terroso	Inodore
INFIAMMABILITA*		Non facilmente infiammabile	Non facilmente infiammabile
RESIDUO SECCO A 105° C*	%	98	99
RESIDUO A 550° C*	%	94	94
ANTIMONIO*	mg/Kg	0,2	1,21
ARSENICO*	mg/Kg	60,5	56,4
CADMIO*	mg/Kg	0,14	0,072
CROMO ESAVALENTE*	mg/Kg	<0,005	<0,005
CROMO TOTALE*	mg/Kg	27,3	15,5
MERCURIO*	mg/Kg	0,12	0,08
NICHEL*	mg/Kg	23,6	35,6
PIOMBO*	mg/Kg	16,2	11,0
RAME*	mg/Kg	26,6	39,3
ZINCO*	mg/Kg	65,7	57,1
AMIANTO*		Assente	Assente
IDROCARBURI C <12*	mg/Kg	<0,5	<0,5
IDROCARBURI C10 - C40*	mg/Kg	110	42,8
POLICLOROBIFENILI (PCB)	mg/Kg	<0,01	<0,01
PCB # 28	mg/Kg	<0,01	<0,01
PCB # 52	mg/Kg	<0,01	<0,01
PCB # 95	mg/Kg	<0,01	<0,01
PCB # 99	mg/Kg	<0,01	<0,01
PCB # 101	mg/Kg	<0,01	<0,01
PCB # 105	mg/Kg	<0,01	<0,01
PCB # 110	mg/Kg	<0,01	<0,01
PCB # 118	mg/Kg	<0,01	<0,01
PCB # 138	mg/Kg	<0,01	<0,01
PCB # 146	mg/Kg	<0,01	<0,01
PCB # 149	mg/Kg	<0,01	<0,01
PCB # 151	mg/Kg	<0,01	<0,01
PCB # 153	mg/Kg	<0,01	<0,01
PCB # 170	mg/Kg	<0,01	<0,01
PCB # 177	mg/Kg	<0,01	<0,01
PCB # 180	mg/Kg	<0,01	<0,01
PCB # 183	mg/Kg	<0,01	<0,01
PCB # 187	mg/Kg	<0,01	<0,01
Sommatoria PCB	mg/Kg	<0,01	<0,01
INQUINANTI ORGANICI PERSISTENTI POPs*			
Endosulfan	mg/Kg	<0,01	<0,01
Esaclorobutadiene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Naftaleni policlorurati	mg/Kg	<0,01	<0,01
Alcani, C10 -C13, Cloro	mg/Kg	<0,01	<0,01
Tetrabromodifenilietere (a)	mg/Kg	<0,01	<0,01
Pentabromodifenilietere (b)	mg/Kg	<0,01	<0,01
Esabromodifenilietere ©	mg/Kg	<0,01	<0,01
Naftaleni policlorurati	mg/Kg	<0,01	<0,01
Alcani, C10 -C13, Cloro	mg/Kg	<0,01	<0,01
Tetrabromodifenilietere (a)	mg/Kg	<0,01	<0,01
Pentabromodifenilietere (b)	mg/Kg	<0,01	<0,01
Esabromodifenilietere ©	mg/Kg	<0,01	<0,01
Eptabromodifenilietere (d)	mg/Kg	<0,01	<0,01
Decabromodifenilietere (E)	mg/Kg	<0,01	<0,01
Sommatoria (A,B,C,D,E)	mg/Kg	<0,01	<0,01
Ac. Perfluorottano sulfonato e derivati	mg/Kg	<0,01	<0,01
PCDD/PCDF	mg/Kg	non determinato	non determinato
DDT	mg/Kg	<0,01	<0,01
Clordano	mg/Kg	<0,01	<0,01
Esaclorocicloesani compreso il Lindano	mg/Kg	<0,01	<0,01
Dieldrin	mg/Kg	<0,01	<0,01
Endrin	mg/Kg	<0,01	<0,01
Eptacloro	mg/Kg	<0,01	<0,01
Esaclorobenzene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Clordecone	mg/Kg	<0,01	<0,01
Aldrin	mg/Kg	<0,01	<0,01
Pentaclorobenzene	mg/Kg	<0,01	<0,01
PCB	mg/Kg	<0,01	<0,01
Mirex	mg/Kg	<0,01	<0,01
Toxafene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Esabromobifenile	mg/Kg	<0,01	<0,01
Esabromociclododecano	mg/Kg	<0,01	<0,01
SOLVENTI ORGANICI CLORURATI*			
Cloroformio (Triclorometano)	mg/Kg	<1	<1
1,1 -Dicloroetano	mg/Kg	<5	<5
1,2-Dicloroetano	mg/Kg	<5	<5
Tetracloroetilene (Percloroetilene)	mg/Kg	<5	<5

Tetracloroetilene (Percloroetilene)	mg/Kg	<5	<5
1,2-Dicloropropano	mg/Kg	<5	<5
1,1,2-Tetracloroetano	mg/Kg	<5	<5
Tetracloruro di carbonio	mg/Kg	<5	<5
1,1,2-Tricloroetano	mg/Kg	<1	<1
1,1,1-Tricloroetano	mg/Kg	<1	<1
Tricloroetilene (Trielina)	mg/Kg	<1	<1
1,2,3-Tricloropropano	mg/Kg	<5	<5
<b>IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI</b>			
Naftalene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Acenaftilene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Acenaftene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Fluorene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Fenantrene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Antracene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Fluorantene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Pirene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Benzo(a)antracene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Crisene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Benzo(b)fluorantene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Benzo(k)fluorantene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Benzo(e)Pirene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Benzo(a)pirene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Perilene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Indeno(1,2,3-cd)pirene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Benzo(g,h,i)perilene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Dibenzo(a,h)antracene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Dibenzo(a,l)pirene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Dibenzo(a,e)pirene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Dibenzo(a,i)Pirene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Dibenzo(a,h)Pirene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Sommatoria IPA totali	mg/Kg	<0,01	<0,01
<b>SOLVENTI AROMATICI*</b>			
Cumene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Dipentene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Benzene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Toluene	mg/Kg	<0,01	<0,01
O-Xilene	mg/Kg	<0,01	<0,01
P-Xilene	mg/Kg	<0,01	<0,01
M-Xilene	mg/Kg	<0,01	<0,01
Etilbenzene	mg/Kg	<0,01	<0,01
1,3,5-Trimetilbenzene (Mesitilene)	mg/Kg	<0,01	<0,01
Stirene	mg/Kg	<0,01	<0,01
<b>SOLVENTI ORGANICI NON ALOGENATI*</b>			
Acetone	mg/Kg	<0,01	<0,01
Alcol Isobutilico	mg/Kg	<0,01	<0,01
n-Butanolo	mg/Kg	<0,01	<0,01
Etanolo	mg/Kg	<0,01	<0,01
Etile Acetato	mg/Kg	<0,01	<0,01
Metiletichetone	mg/Kg	<0,01	<0,01

**Tabella 7-3 Risultati delle prove sul tal quale (Rif. [IV])**

Si rimanda al documento di cui al Rif. [IV] Capitolo. 4.2 Tab. 1, per consultare, oltre l'elenco dei parametri ricercati, anche le unità di misura, i limiti di rilevabilità (L.R.) e le metodiche analitiche sulle prove del tal quale.

Inoltre, a seguito di Test di cessione è stato effettuato il giudizio sulla ammissibilità del rifiuto in discarica e/o impianto di recupero con individuazione della relativa tipologia (in particolare, per quanto riguarda il recupero si fa riferimento al Par. 7.31-bis.3 del D.M. 05/02/1998, recepito nel D.M. 186/06) che prevede la possibilità di recupero parziale nell'ambito di industria di ceramica e laterizio e recupero completo, subordinatamente all'esecuzione di test di cessione sul rifiuto tal quale, per recuperi ambientali e formazione di rilevati e sottofondi stradali.

Test di cessione per ammissibilità in discarica				Limiti DM 27/09/2010		
Parametro	U. M.	SD02_PZ CRIF(3,50-19,50 m)	S04CA1 (113,30-126,50m)	Tab.2 Rifiuti inerti	Tab.5 Rifiuti non pericolosi	Tab.6 Rifiuti pericolosi
Carbonio organico disciolto	mg/L	12	8	50	100	100
Solidi totali disciolti	mg/L	105	65	400	6000	10000
Indice di Fenolo	mg/L	<-0,05	<-0,05	0,1		
Cloruri	mg/L	7	4	80	2500	2500
Fluoruri	mg/L	0,1	0	1	15	50
Solfati	mg/L	43	52	100	5000	5000
Arsenico	µg/L	<10	10,6	50	200	2500
Bario	mg/L	0,063	<-0,004	2	10	30
Cadmio	µg/L	<-0,1	<-0,1	4	100	500
Cromo totale	µg/L	5,30	<-1	50	1000	7000
Rame	mg/L	0,008	0,004	0,2	5	10
Mercurio	µg/L	0,46	0,82	1	20	200
Molibdeno	µg/L	<-20	<-20	50	1000	3000
Nichel	µg/L	3,32	<-2	40	1000	4000
Piombo	µg/L	1,12	<-1	50	1000	5000
Antimonio	mg/L	<-0,03	<-0,03	0,006	0,07	0,5
Selenio	µg/L	<-2	<-2	10	50	700
Zinco	mg/L	<-0,07	0,061	0,4	5	20

Test di cessione per recupero				Limiti DM n.186 05/04/2006
Parametro	U. M.	SD02_PZ CRIF(3,50-19,50 m)	S04CA1 (113,30-126,50m)	
pH	unità pH	7,08	7,11	5,5 - 12,0
Richiesta chimica di ossigeno (COD)	mg/L	22,1	10,2	30
Cloruri	mg/L	7	4	100
Fluoruri	mg/L	0,1	0	1,5
Solfati	mg/L	43	52	250
Nitrico	mg/L	<-0,5	0,2	50
Cianuri	µg/L	<-30	<-30	50
Arsenico	µg/L	<-10	10,6	50
Bario	mg/L	0,063	<-0,004	1
Berillio	µg/L	<-5	<-5	10
Cadmio	µg/L	<-0,1	<-0,1	5
Cobalto	µg/L	<-1	<-1	250
Cromo totale	µg/L	5,30	<-1	50
Rame	mg/L	0,008	0,004	0,05
Mercurio	µg/L	0,46	0,82	1
Nichel	µg/L	3,32	<-2	10
Piombo	µg/L	1,12	<-1	50
Selenio	µg/L	<-2	<-2	10
Vanadio	µg/L	15,2	<-5	250
Zinco	mg/L	0,07	0,061	3
Amianto	mg/L	<-30		30

	SD02_PZ CRIF(3,50-19,50 m)	S04CA1 (113,30-126,50m)
Codice CER	17 05 04	17 05 04
CLASSIFICAZIONE		
Rifiuto speciale non pericoloso	si	si
SMALTIMENTO		
Discarica per rifiuti inerti	si	si
Discarica per rifiuti non pericolosi	si	si
Discarica per rifiuti pericolosi		
RECUPERO COMPLETO	si	si

- Smaltimento in discarica per inerti
- Smaltimento in discarica per rifiuti non pericolosi
- Smaltimento in discarica per rifiuti pericolosi
- Recupero

**Tabella 7-4 Risultati dei test di cessione per ammissibilità in discarica e recupero (Rif. [IV])**

Si rimanda al documento di cui al Rif. [IV] Capitolo. 4.2 Tab. 2 per consultare, oltre l'elenco dei parametri ricercati, anche le unità di misura, i limiti di rilevabilità (L.R.) e le metodiche analitiche ma relativamente ai test di cessione per ammissibilità in discarica e recupero.

Dalle determinazioni analitiche effettuate ai fini della classificazione dei materiali come rifiuti, **tutti i campioni di terreno sono rientrati nel Codice CER 17 05 04 che comprende «Terra e rocce da scavo, diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03\* - terra e rocce, contenenti sostanze pericolose»**, dal momento che non contengono sostanze pericolose.

Inoltre, l'esecuzione di test di cessione ha messo in evidenza che i terreni sono ammissibili in discariche per rifiuti non pericolosi e ammissibili in discariche per rifiuti inerti; i materiali risultano gestibili secondo procedure di recupero completo.

Il materiale scavato non riutilizzato, pari a presunti 323500 mc, verrà smaltito in impianti di recupero/trattamento o di smaltimento di categoria appropriata in ragione della caratterizzazione di omologa; la quale, potrà essere eventualmente ripetuta sul materiale scavato in fase di esecuzione dei lavori, per confermare l'attribuzione del codice CER.

## 7.4 Acque di falda

I campioni di acqua di falda e di acqua superficiale prelevati sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio per la ricerca dei seguenti analiti:

- Metalli [As, Cd, Co, Cr totale, CrVI, Hg, Ni, Pb, Cu, Zn]
- Composti organici aromatici
- Idrocarburi policiclici aromatici
- Idrocarburi Totali

Il laboratorio ha eseguito le suddette analisi nel rispetto delle metodiche di preparazione e tecniche analitiche più idonee per ottenere risultati confrontabili con le CSC di cui alla Tabella 2 dell'Allegato 5 al titolo V della parte Quarta del D.Lgs. 152/2006.

La ricerca dei metalli è stata eseguita dopo filtrazione (0,45 µm) del campione in laboratorio.

La tabella seguente mostra i risultati analitici determinati per i parametri ricercati.

PARAMETRO	U.M.	DLgs 152/06 All D parte IV	SD02-PZ
Arsenico	µg/L	≤10	3,74
Cadmio	µg/L	≤5	<0,1
Cobalto	µg/L	≤50	<1
Cromo totale	µg/L	≤50	<0,6
Cromo esavalente	µg/L	≤5	<0,001
Mercurio	µg/L	≤1	0,31
Nichel	µg/L	≤20	<1,1
Piombo	µg/L	≤10	<0,5
Rame	µg/L	≤1000	4,51
Zinco	µg/L	≤3000	22,7
Idrocarburi totali	µg/L	≤350	<100
Benzo(a)antracene	µg/L	≤0,1	<0,01
Benzo(a)pirene	µg/L	≤0,01	<0,005
Benzo(b)fluorantene(A)	µg/L	≤0,1	<0,01
Benzo(k)fluorantene (B)	µg/L	≤0,05	<0,005
Benzo(ghi)perilene( C)	µg/L	≤0,01	<0,01
Crisene	µg/L	≤5	<0,005
Indendol(1,2,3-cd)pirene(D)	µg/L	≤0,1	<0,01
Dibenzo(a,h)antracene	µg/L	≤0,01	<0,01
Prene	µg/L	≤50	<0,01
Sommatoria IPA (A,B,C,D)	µg/L	≤0,1	0
Benzene	µg/L	≤1	<0,01
Etilbenzene(A)	µg/L	≤50	<0,01
Stirene(B)	µg/L	≤25	<0,01
Toluene	µg/L	≤15	<0,01
Xilene(D)	µg/L	≤10	<0,01

**Tabella 7-5 Risultati concentrazione soglia di contaminazione nelle acque sotterranee (Rif. D.Lgs. 152/06 Parte IV, Titolo V, Allegato 5, Tab.2)**

Si può osservare che non sussistono superamenti dei limiti imposti dal D.Lgs. 152/06 Tab.2 All.5 alla Parte IV. Si rimanda al documento di cui al Rif. [IV] Capitolo. 4.3 Tab. 1, per consultare, oltre l'elenco degli analiti ricercati, le unità di misura, le relative metodiche e limiti sia di rilevabilità che di normativa.

## 7.5 Piano di conferimento

### 7.5.1 Quantità e destinazione presunta dei materiali

Nella seguente Tabella sono riassunti i bilanci delle terre di scavo interessate dalle opere:

Opere/Tratti Variante	Scavo [m <sup>3</sup> ]	Provenienza	Qualità	Quantità di riutilizzo in sito [m <sup>3</sup> ]	Conferimento a discarica [m <sup>3</sup> ]	Materiale da approvvigionare [m <sup>3</sup> ]												
<b>ROTATORIA SUD</b>																		
	2967	Realizzazione rotatoria Sud	Materiale sciolto	2600	367	-												
<b>GALLERIA ARTIFICIALE SUD</b>																		
	69947	Realizzazione Galleria artificiale Sud	Materiale sciolto	8250	72412	-												
	10575	Pali di grande diametro	Materiale sciolto															
	140	Micropali	Materiale sciolto															
<b>GALLERIA NATURALE</b>																		
	242126	Realizzazione Galleria naturale	Scisti di Edolo	0	242126	-												
<b>GALLERIA ARTIFICIALE NORD</b>																		
	5959	Realizzazione Galleria artificiale Nord	Materiale sciolto	689	5401	-												
	130	Micropali	Materiale sciolto															
<b>MURO ANDATORE SPALLA SX</b>																		
	212	Realizzazione Muro andatore spalla sx	Materiale sciolto	75	171	-												
	34	Micropali	Materiale sciolto															
<b>PONTE FIUME OGLIO</b>																		
	2334	Realizzazione Ponte Fiume Oglio	Materiale sciolto	297	2489	-												
	452	Pali di grande diametro	Materiale sciolto															
<b>MURI ANDATORI SPALLA DX</b>																		
	1367	Realizzazione Muro andatore spalla dx	Materiale sciolto	593	882	-												
	109	Pali di grande diametro	Materiale sciolto															
<b>ROTATORIA NORD</b>																		
	2931	Realizzazione rotatoria Nord	Materiale sciolto	6183	-	3252												
<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">TOTALI (arrotondati al 10)</td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><b>339280</b></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><b>18680</b></td> <td style="width: 15%; text-align: center;"><b>323480</b></td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><b>3252</b></td> </tr> <tr> <td>TOTALI amplificati del 20%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;"><b>388100</b></td> <td style="text-align: center;"><b>3900</b></td> </tr> </table>							TOTALI (arrotondati al 10)	<b>339280</b>		<b>18680</b>	<b>323480</b>	<b>3252</b>	TOTALI amplificati del 20%				<b>388100</b>	<b>3900</b>
TOTALI (arrotondati al 10)	<b>339280</b>		<b>18680</b>	<b>323480</b>	<b>3252</b>													
TOTALI amplificati del 20%				<b>388100</b>	<b>3900</b>													

Tabella 7-6 Tabella riassuntiva dei bilanci delle terre suddivise per Opere

I conferimenti di materiale sciolto, composto primariamente da Depositi Alluvionali e secondariamente da Depositi Lacustri a Sud e da Coltri detritiche di ghiaie e blocchi a Nord, corrispondono a 157500 t, adottando un peso proprio medio di 19 kN/m<sup>3</sup>; mentre i conferimenti di materiale ottenuto dallo scavo in galleria naturale, composto da Scisti di Edolo, corrispondono a 666400 t, adottando un peso proprio medio di 27 kN/m<sup>3</sup>.

Al fine della determinazione del volume di conferimento agli impianti, il volume teorico di scavo ricavato con il conteggio sopra esposto, pari a 323480 mc, è stato amplificato del 20% di modo da tenere conto dell'espansione volumetrica dello stesso; il volume da considerare per il conferimento agli impianti è quindi pari a circa 388100 mc.

### **7.5.2 Campionamento dei materiali**

L'accertamento sarà effettuato su base campionaria sui cumuli del materiale omogeneo scavato destinato a rifiuto, come di seguito illustrato, salvo diversa valutazione dell'Autorità Competente.

L'accertamento si riferisce al materiale destinato allo smaltimento o al trattamento e recupero, e sempre al materiale scavato qualora esso presenti caratteristiche fisiche ed organolettiche inattese.

Per quanto attiene il materiale destinato al riutilizzo, non ne è prevista ulteriore caratterizzazione. Resta obbligo dell'Impresa utilizzare tecniche di scavo non contaminanti ed attuare quanto previsto dalla legge in caso di rinvenimento di terreni con caratteristiche fisiche (colore, consistenza) oppure organolettiche inattese: disporre il riconoscimento e la caratterizzazione ambientale ai sensi di legge prima di procedere con il riutilizzo.

Riguardo le modalità di conduzione delle attività di caratterizzazione come rifiuto, il D.M. 27 settembre 2010 prevede che “la caratterizzazione del rifiuto è effettuata in corrispondenza del primo conferimento e ripetuta a ogni variazione significativa del processo che origina i rifiuti e, comunque, almeno una volta all'anno”.

In base a tale approccio si propone l'esecuzione delle analisi di caratterizzazione sui primi cumuli di terreno (cautelativamente 2-3), subordinando eventuali ulteriori analisi solo nell'eventualità di una modifica del processo.

La caratterizzazione analitica sarà compiuta sui terreni provenienti dagli scavi secondo le procedure di seguito descritte, salvo diversa valutazione dell'Autorità Competente.

### **7.5.3 Ulteriori opzioni di campionamento**

Sarà facoltà del Direttore dei Lavori verificare con le Autorità di controllo, oltre che con gli Operatori degli impianti di conferimento individuati, la possibilità di mettere in atto una diversa procedura di campionamento che preveda:

- all'inizio dello scavo del terreno (per un totale di due tipologie) la caratterizzazione di 2 cumuli da 1000 m<sup>3</sup> su piazzola con il set analitico completo descritto al paragrafo 7.6.1;
- successivamente, se i risultati ottenuti assicurano in merito ai valori dei parametri e alla loro variabilità, la caratterizzazione di campioni compositi ottenuti attraverso prelievi da camion, con la seguente procedura:

- prelievo di 1 campione elementare ogni 6 camion (1°, 7°, 13°, ecc.);
- integrazione di 8 campioni elementari al fine di ottenere un campione composto rappresentativo di circa 1000 m<sup>3</sup> di materiale scavato (considerando una capienza di 20 m<sup>3</sup> per camion), omogeneo per caratteristiche litotecniche e per destinazione prevista;
- quartatura del campione composto al fine di pervenire al campione da sottoporre ad analisi;
- esecuzione delle analisi, prevedendo un set analitico eventualmente ridotto in funzione delle specificità del conferimento.

Tutti i campioni composti saranno conservati con procedure appropriate in relazione alle analisi da eseguire e identificati con un’etichetta sulla quale devono essere indicati:

- codice del cumulo (o del settore di campionamento);
- codice del campione;
- data di prelievo.

L’area destinata ai cumuli di materiale destinato al conferimento sarà predisposta in area di cantiere ed allestita in modo che si mantenga sia isolata che protetta dalle matrici ambientali, come descritto al Capitolo 7.5.4. Essa sarà comunque separata rispetto a quella destinata al deposito intermedio dei materiali di riutilizzo.

I Cantieri operativi previsti sono:

- Cantiere Imbocco Nord (CO2) 6250 mq;
- Cantiere lato Sud (CO1) 2500 mq;

Mentre il Campo base, di 6195 mq, è situato in Via caduti del lavoro ed ospita i servizi logistici principali; l’area è stata scelta sulla base delle indicazioni del Progetto Preliminare e per la posizione defilata rispetto all’abitato oltre che per la facilità di collegamento con il campo operativo n.1 all’imbocco sud (via Morino).

Per il dettaglio vedasi i documenti:

<b>T00CA00CANPL01</b>	Planimetria generale aree di cantiere e viabilità di cantiere
<b>V01CA00CANPL01</b>	Planimetria aree di cantiere - Svincolo nord
<b>V02CA00CANPL01</b>	Planimetria aree di cantiere - Svincolo sud
<b>T00CA00CANDI01</b>	Planimetria, profili e sezioni tipo piste di cantiere e viabilità provvisoria

#### ***7.5.4 Caratteristiche area di accumulo temporaneo in attesa di conferimento***

L’area di accumulo temporaneo è destinata all’accumulo del materiale dagli scavi in attesa di caratterizzazione per il conferimento alla destinazione finale.

Per la caratterizzazione saranno predisposte nell’area dedicata dei Cantieri, delle piazzole carrabili, di dimensioni e caratteristiche adeguate al transito, allo stazionamento dei mezzi

d’opera ed alle relative operazioni di lavaggio.

Le piazzole sono dotate di installazioni che consentono le principali operazioni legate alla movimentazione dei materiali, in particolare:

- la conta degli automezzi e la pesatura del materiale ‘su camion’ in uscita verso la destinazione finale;
- il lavaggio dei mezzi di trasporto in movimento nel cantiere ed in uscita;
- la raccolta delle acque e dei residui per successiva caratterizzazione e smaltimento.

A tale fine si doterà tali piazzole di:

- collegamento ad un serbatoio d’acqua di capacità conveniente, completo dal punto di allaccio fino al punto di erogazione, per fornire l’acqua necessaria al lavaggio.
- collettamento delle acque di lavaggio, con condutture o canalette e loro collegamento a vasche /serbatoi, in numero e di capacità adeguata a poter garantire la raccolta delle acque di piazzola. L’acqua raccolta e i fanghi saranno soggetti a caratterizzazione e verranno smaltiti.

Le piazzole saranno sagomate per favorire il deflusso delle acque piovane e la raccolta di quelle di lavaggio dei mezzi.

Il quantitativo massimo di terra in attesa di conferimento che si potrà alloggiare nelle due piazzole è stimato in 2000 mc complessivi.

L’area sarà preliminarmente preparata con lo scotico e /o regolarizzazione del terreno e successiva costipazione mediante rullatura.

All’intorno dell’area di accumulo verranno modellati arginelli in terra di altezza sufficiente a consentire l’accumulo delle acque di pioggia per il tempo di permanenza dei cumuli, Figura 7-6.

Successivamente si provvederà alla stesura di tessuto non tessuto con funzione di separazione e filtrante, e alla stesura di telo di protezione in PVC pesante ad alta resistenza rimovibile.

Il telo di tessuto non tessuto ed il telo in PVC pesante, copriranno anche gli arginelli e costituiranno una vasca con caratteristiche di impermeabilità. I teli verranno accuratamente risvoltati e zavorrati alla base esterna degli arginelli e sul fondo vasca con sistemi che non generino rischi di lacerazione (ad esempio un letto di sabbia).

Le acque naturali espulse dal materiale accumulato costituiscono il riferimento per la progettazione del sistema di raccolta, intendendosi che il materiale accumulato sia protetto dalle acque piovane con la stesura di teli in materiale plastico ben assestati.

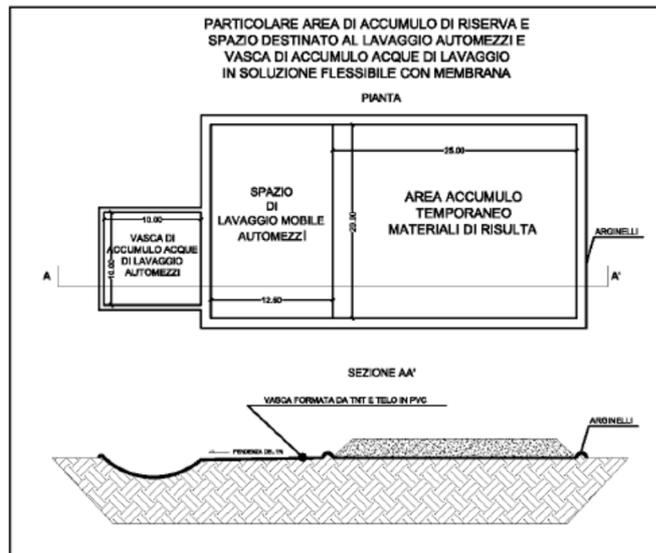
Le acque saranno regolarmente prelevate con pompa aspirante e raccolte in una vasca di accumulo.

I cumuli saranno realizzati mantenendo il più possibile un’omogeneità del materiale sia in termini litologici che in termini di eventuale contaminazione visiva, avranno una dimensione non superiore a complessivi 1000 m<sup>3</sup>.

La formazione dei cumuli avverrà all’interno delle aree di accumulo temporaneo e richiederà la movimentazione del materiale eseguita con mezzi meccanici: i cumuli avranno altezza

proporzionale alla quantità di materiale ed alla sua stabilità allo stato sciolto (tipicamente qualche metro). Per ottimizzare l’impiego dell’area aumentando lo stivaggio in altezza, si disporranno attorno a tre lati muri divisorii prefabbricati in c.a.v. amovibili alti 3m fuori terra.

I cumuli saranno bagnati con cadenza regolare nei periodi asciutti, e saranno protetti con teli impermeabili al termine di ogni giornata lavorativa o in corrispondenza di eventi meteorici, al fine di evitarne il dilavamento. Detti teli saranno adeguatamente risvoltati e fissati al terreno con agganci o zavorre.



**Figura 7-6 Schema di piazzola per cumulo da 1000 mc con area per lavaggio e sistema di raccolta**

### 7.5.5 Caratteristiche area di accumulo temporaneo in attesa di riutilizzo

Per le eventuali aree destinate all’accumulo temporaneo in attesa di conferimento, si prevedono gli accorgimenti tesi a garantire per il tempo previsto di sosta, la stabilità dei cumuli di terra con attente operazioni di posa e assestamento anche tramite leggere azioni di costipamento. I rilevati stessi e le aree che li perimetrano saranno dotati di fossi di scolo con recapito a vasche di raccolta al fine di favorire la decantazione dell’acqua di dilavamento per permetterne la riconsegna ai fossi.

Al termine del riutilizzo le aree saranno ripristinate nelle condizioni ante operam.

### 7.5.6 Trasporto agli impianti di conferimento

Le terre e rocce da scavo potranno essere trasportati allo stato sfuso e protetti nel cassone del mezzo di trasporto con copertura di un telone per evitare aerodispersione di polvere e/o interazione con gli agenti atmosferici.

I trasportatori saranno autorizzati ed iscritti in cat. 2-4 D.M. 406/98 dell’Albo Gestori Rifiuti.

## 7.6 Analisi chimica e quantitativa dei campioni

Su tutti i campioni compositi prelevati dai cumuli saranno eseguite:

- analisi del tal quale finalizzate a verificare l'eventuale presenza di sostanze capaci di impartire al rifiuto carattere di pericolosità ai sensi del D. Lgs. 152/2006;
- test di cessione per l'individuazione dell'impianto di destinazione.

I campioni dovranno essere privi della frazione maggiore di 2 cm (da scartare in campo) e le determinazioni analitiche in laboratorio dovranno essere condotte sull'aliquota di granulometria inferiore a 2 mm. La concentrazione del campione dovrà essere determinata riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro campionato (frazione compresa tra 2 cm e 2 mm).

### 7.6.1 Analisi del tal quale per la classificazione della pericolosità del rifiuto

Il set analitico per la classificazione dei rifiuti è riportato nella tabella seguente.

Determinazione
Argento
Antimonio
Arsenico
Bario
Berillio
Cadmio
Cobalto
Cromo VI
Rame
Mercurio
Nickel
Piombo
Selenio
Stagno
Tellurio
Tallio
Vanadio
Zinco
Organici Aromatici
Aromatici Policiclici
Alifatici Clorurati Cancerogeni
Alifatici Clorurati non Cancerogeni
Alifatici Alogenati Cancerogeni
Idrocarburi Totali (C<12 + C>12)
Oli minerali
PCB

<b>Determinazione</b>
Amianto
TOC
Umidità a 105 °C
pH

### 7.6.2 Test di cessione

Per l'individuazione della discarica di destinazione su tutti i campioni sarà eseguito un test di cessione con preparazione dell'eluato a 24 ore secondo DM 27/10/2010 e ss.mm.ii., e analisi dei seguenti parametri:

<b>Determinazione</b>
Arsenico
Bario
Cadmio
Cromo totale
Rame
Mercurio
Molibdeno
Nickel
Piombo
Antimonio
Selenio
Vanadio
Zinco
Cloruri
Fluoruri
Cianuri
Solfati
Indice Fenolo
Solventi aromatici
Solventi clorurati
DOC (Carbonio Organico Disciolto)
pH

### 7.6.3 Metodi di analisi

Le determinazioni analitiche saranno eseguite con metodi analitici ufficiali riconosciuti a livello nazionale e/o internazionale UNICHIM, CNR-IRSA e EPA. In particolare, le prove di eluizione e l'analisi degli eluati saranno effettuate con i metodi analitici EVN12457/1-4, ENV 12506 e ENV 13370.

I risultati analitici delle analisi del tal quale devono essere espressi come sostanza umida riferita al peso totale del campione. I risultati analitici dei test di cessione devono essere espressi come concentrazione nell'eluato (mg/l).

**ALLEGATO 1**  
**CRONORPOGRAMMA DEI LAVORI RIF. T00CT00TAMCR01**

