



# S.S. 51 "di Alemagna" Provincia di Belluno

## Piano straordinario per l'accessibilità a Cortina 2021

Attraversamento dell'abitato di Valle di Cadore

### PROGETTO ESECUTIVO

COD. VE 14

**RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:**

Dott. Ing. Paolo Cucino  
 Ord. Ingg. Prov. di Trento n° 2216

**CAPOGRUPPO MANDATARIA:**

SWS Engineering Spa



**IL GEOLOGO:**

Dott. Geol. Andrea Oss  
 Ord. Geologi Trentino / Alto Adige n° 300

**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:**

Dott. Ing. Paolo Cucino  
 Ord. Ingg. Prov. di Trento n° 2216

**MANDANTE:**

Coding Srl



**VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:**

Dott. Ing. Ettore De la Grennelais

### ELABORATI GENERALI GENERALE

Relazione tecnica generale

CODICE PROGETTO		NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO N. PROG.	T00_EG00_GEN_RE01_C		
MSVE14	E 2101	CODICE ELAB. T00EG00GENRE01	C	-
C	Revisione Istruttoria	11.2021	D.CLAUSER	D.NAVE P.CUCINO
B	Revisione Istruttoria	10.2021	D.CLAUSER	D.NAVE P.CUCINO
A	Emissione	07.2021	D.CLAUSER	D.NAVE P.CUCINO
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO APPROVATO

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>7</b>
1.1	GENERALITA'	7
1.2	OGGETTO SPECIFICO DEL DOCUMENTO	8
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI PROGETTUALI DI BASE</b>	<b>11</b>
2.1	PROGETTO PD ANAS 2020	11
2.2	PRESCRIZIONI DEGLI ENTI	11
2.2.1	PRESCRIZIONI AL PROGETTO DEFINITIVO – CONFERENZA DEI SERVIZI	11
2.2.2	PRESCRIZIONI AL PROGETTO DEFINITIVO – V.I.A.	12
<b>3</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	<b>13</b>
3.1	NORMATIVE NAZIONALI	13
3.2	LINEE GUIDA ANAS	13
<b>4</b>	<b>INDAGINI E STUDI</b>	<b>14</b>
4.1	RILIEVO TOPOGRAFICO	14
4.1.1	Inquadramento	14
4.1.2	Rilievi aerofotogrammetrici	15
4.1.3	Rilievi celerimetrici	15
4.2	INDAGINI GEOGNOSTICHE	15
4.2.1	Indagini disponibili dal Progetto definitivo 2018	15
4.2.2	Campagna geognostica integrativa 2021 – Indagini dirette	16

4.2.3	Campagna geognostica integrativa 2021 – Indagini Geofisiche	18
<b>4.3</b>	<b>PIANO DI GESTIONE TERRE</b>	<b>19</b>
4.3.1	Campagna indagini ambientali 2021	19
4.3.2	BILANCIO TERRE E RIUTILIZZI	22
<b>4.4</b>	<b>STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO</b>	<b>27</b>
4.4.1	Rischio idraulico	27
4.4.2	Interferenze idrauliche	28
4.4.3	Smaltimento acque di piattaforma	29
<b>4.5</b>	<b>INTERFERENZE E SOTTOSERVIZI</b>	<b>31</b>
4.5.1	Individuazione	31
<b>5</b>	<b>PROGETTO STRADALE</b>	<b>32</b>
<b>5.1</b>	<b>TRACCIATO ASSE PRINCIPALE</b>	<b>32</b>
5.1.1	tracciato planimetrico	32
5.1.2	tracciato Altimetrico	32
5.1.3	Coordinamento Plano-Altimetrico	34
<b>5.2</b>	<b>VERIFICHE DI VISIBILITA' E VELOCITA'</b>	<b>34</b>
5.2.1	diagramma delle velocità	34
5.2.2	verifiche di visibilità	36
<b>5.3</b>	<b>SEZIONI TIPOLOGICHE</b>	<b>37</b>
<b>5.4</b>	<b>INTERSEZIONI</b>	<b>38</b>
5.4.1	Svincolo Valle Est	38
5.4.2	Svincolo Valle Ovest	39

<b>5.5</b>	<b>SEGNALETICA</b>	<b>41</b>
<b>5.6</b>	<b>BARRIERE DI SICUREZZA</b>	<b>41</b>
<b>5.7</b>	<b>PAVIMENTAZIONE</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>GALLERIA NATURALE</b>	<b>44</b>
<b>6.1</b>	<b>GALLERIA NATURALE "VALLE DI CADORE"</b>	<b>44</b>
<b>6.2</b>	<b>SEZIONI TIPOLOGICHE DI SCAVO</b>	<b>45</b>
6.2.1	criteri di progetto della galleria	45
6.2.2	Importanza del fronte di scavo per la stabilità dell'opera	46
6.2.3	Specifiche tecniche per l'esecuzione degli scavi	47
6.2.4	Descrizione delle sezioni tipo previste per l'avanzamento degli scavi	48
6.2.5	Sezione B1V	48
6.2.6	Sezione B2V	49
6.2.7	Sezione C1V	50
6.2.8	Sezione C2JTG	52
6.2.9	Sezione C3JTG	53
<b>6.3</b>	<b>OPERE DI IMBOCCO LATO EST</b>	<b>55</b>
6.3.1	GALLERIA ARTIFICIALE	56
6.3.2	OPERE PROVVISORIE	58
6.3.3	OPERE DEFINITIVE	60
<b>6.4</b>	<b>OPERE DI IMBOCCO LATO OVEST</b>	<b>62</b>
6.4.1	GALLERIA ARTIFICIALE	62
6.4.2	OPERE PROVVISORIE	63

6.4.3	OPERE DEFINITIVE	65
<b>6.5</b>	<b>ANALISI EFFETTI INDOTTI</b>	<b>67</b>
6.5.1	MODALITA' DI ANALISI E CATEGORIE DI DANNEGGIAMENTO	67
6.5.2	EFFETTI SULLE PREESISTENZE	73
<b>6.6</b>	<b>MONITORAGGIO</b>	<b>74</b>
6.6.1	MONITORAGGIO INTERNO GALLERIA	74
6.6.2	Monitoraggio esterno	77
<b>7</b>	<b>OPERE D'ARTE MINORI</b>	<b>83</b>
<b>7.1</b>	<b>TERRE RINFORZATE LATO OVEST</b>	<b>83</b>
7.1.1	Elementi di rinforzo – Tipo Terramesh Verde Light	84
7.1.2	Elementi di rinforzo – tipo Paragrid	85
7.1.3	Requisiti richiesti per il rilevato strutturale	85
<b>7.2</b>	<b>FABBRICATO TECNOLOGICO E VASCHE INTERRATE</b>	<b>86</b>
7.2.1	Edificio Tecnologico	86
7.2.2	Vasche interrato	87
<b>8</b>	<b>COMPONENTI AMBIENTALI</b>	<b>89</b>
<b>8.1</b>	<b>OPERE A VERDE</b>	<b>89</b>
8.1.1	Ubicazione degli interventi	89
8.1.2	Inerbimenti	90
8.1.1	Elementi lineari arboreo arbustivi (Tipologia ELAA)	91
<b>8.2</b>	<b>RUMORE</b>	<b>91</b>
8.2.1	Campagna di monitoraggio strumentale	91

8.2.2	Modellazione dell'area di Studio	91
8.2.3	Identificazione dei ricettori	93
8.2.4	Interventi di mitigazione	94
<b>9</b>	<b>IMPIANTI SPECIALI</b>	<b>95</b>
9.1	TIPOLOGIA IMPIANTI INSTALLATI	95
9.2	IMPIANTO CHIMATA SOS	95
9.3	IMPIANTO RILEVAZIONE INCENDIO	96
9.4	IMPIANTO TVCC E CONTROLLO TRAFFICO	97
9.5	IMPIANTO SUPERVISIONE	98
9.6	IMPIANTO SEGNALETICA E PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE (PMV)	99
9.7	IMPIANTO ANTI-INTRUSIONE EDIFICIO TECNOLOGICO	100
<b>10</b>	<b>SMART ROAD</b>	<b>101</b>
10.1	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	101
10.2	ELENCO TECNOLOGIE SMART	102
<b>11</b>	<b>CANTIERIZZAZIONE E FASI LAVORATIVE</b>	<b>104</b>
11.1	ORGANIZZAZIONE DELLE AREE DI CANTIERE	104
11.2	FASI LAVORATIVE	106
11.3	TEMPI DI ESECUZIONE	110
<b>12</b>	<b>QUADRO ECONOMICO</b>	<b>112</b>



## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 GENERALITA'

Il presente documento costituisce parte integrante del Progetto Esecutivo dell'infrastruttura "**S51 "di Alemagna" Attraversamento dell'abitato di Valle di Cadore"** con codice ANAS VE014, con riferimento alla fase di Progettazione Esecutiva.

L'infrastruttura in oggetto sarà costituita da un asse stradale tipo C2, in variante all'attuale SS 51 "di Alemagna" che consentirà di by-passare un tratto particolarmente critico dell'attraversamento dell'abitato di Valle di Cadore (BL), per una lunghezza complessiva di circa 800 m.

Il progetto di attraversamento dell'abitato di Valle di Cadore si inserisce nel contesto del Piano straordinario per l'accessibilità a Cortina 2021.

In particolare l'intervento si propone di realizzare una galleria e relativi raccordi di estremità per il superamento un nodo critico lungo l'attraversamento dell'abitato di Valle di Cadore, oggi di fatto regolato da senso unico alternato per effetto della sezione ristretta e della prossimità di fabbricati vincolati alla sede stradale.

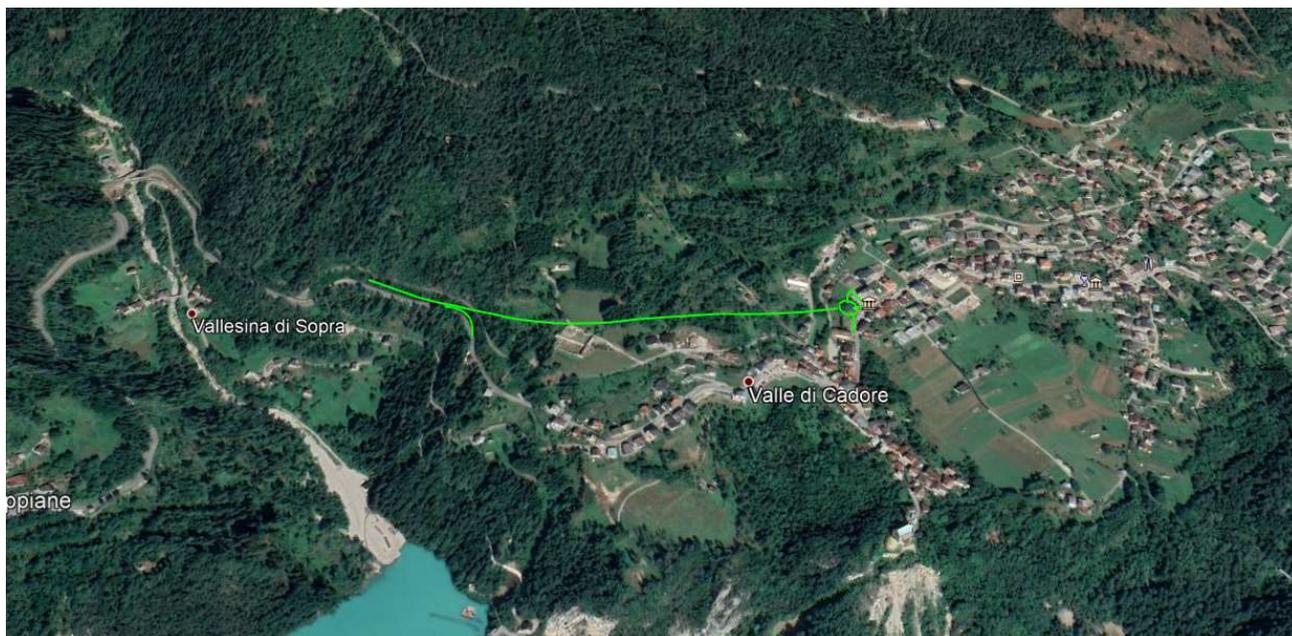


Figura 1 – Ubicazione del tracciato di progetto su vista Google Earth

Il progetto di variante all'abitato non interessa nodi rilevanti di viabilità extraurbana; in tratto sotteso interessa in sostanza alcune intersezioni a raso con viabilità comunale urbana che rimane utilmente collegata al tratto declassato che diventerà, ad opere ultimate, parte integrante della rete urbana comunale di Valle di Cadore.

L'itinerario in esame non è compreso nel sistema delle reti transeuropee dei trasporti (TEN).

Il nuovo tracciato stradale è caratterizzato per una parte considerevole da opere in sotterraneo, ed in particolare da una Galleria Naturale di lunghezza circa 620 m, comprendendo anche i tratti di imbocchi in artificiale.

In direzione Ovest, lato Cortina, la nuova infrastruttura sarà connessa all'attuale SS 51, con un'intersezione che consentirà l'uscita a raso dalla direttrice principale verso l'attuale tracciato della strada statale, prima dell'imbocco della galleria.

L'infrastruttura di progetto è completata da un innesto lato Belluno (direzione Est) costituito da una rotonda di innesto sulla SS.51 di collegamento con l'attuale tratto della stessa SS 51 in direzione Cortina, e con una viabilità locale, situata appena in uscita al tratto in galleria naturale.

Oltre alla galleria artificiale e relativi brevi tratti in artificiale, sono previste alcune opere in corrispondenza dei due svincoli / imbocchi:

- Paratia di sostegno definitiva lato monte e opera in terre rinforzate a valle, in corrispondenza dell'innesto lato Cortina;
- Paratia di sostegno definitiva lato monte e fabbricato tecnologico a servizio della galleria, in corrispondenza dell'innesto lato Belluno.

L'opera sarà completata dalle dotazioni impiantistiche ed idrauliche a supporto del tracciato stradale.

## **1.2 OGGETTO SPECIFICO DEL DOCUMENTO**

In particolare, il presente documento ha la finalità di illustrare in modo generale le scelte progettuali operate nella presente fase di Progetto Esecutivo, cui fanno riferimento gli elaborati specifici costituenti il PE stesso, a conferma o integrazione / modifica, della precedente fase progettuale di PD.

L'asse principale ha uno sviluppo complessivo di 780 m, a partire dalla progressiva 0+000 costituita dall'allaccio lato Ovest sulla attuale SS.51 (lato Cortina)

I primi 160 m di tracciato si sviluppano all'aperto, in allargamento in sede rispetto all'esistente, fino alla progressiva 0+140 circa dove l'asse principale di progetto si stacca per l'ingresso in galleria alla progressiva 0+160.



**Figura 2 – Planimetria di progetto del tracciato stradale**

L'adeguamento in sede prevede la realizzazione di un tratto di paratia definitiva in micropali, a monte del tracciato, che sarà connessa all'imbocco della galleria, ed un allargamento verso valle, dell'ordine dei 3 m massimo, per alloggiare il tratto di scambio con la corsia di uscita e decelerazione verso il tratto della attuale S.S: 51, che verrà declassato a viabilità ad uso locale-

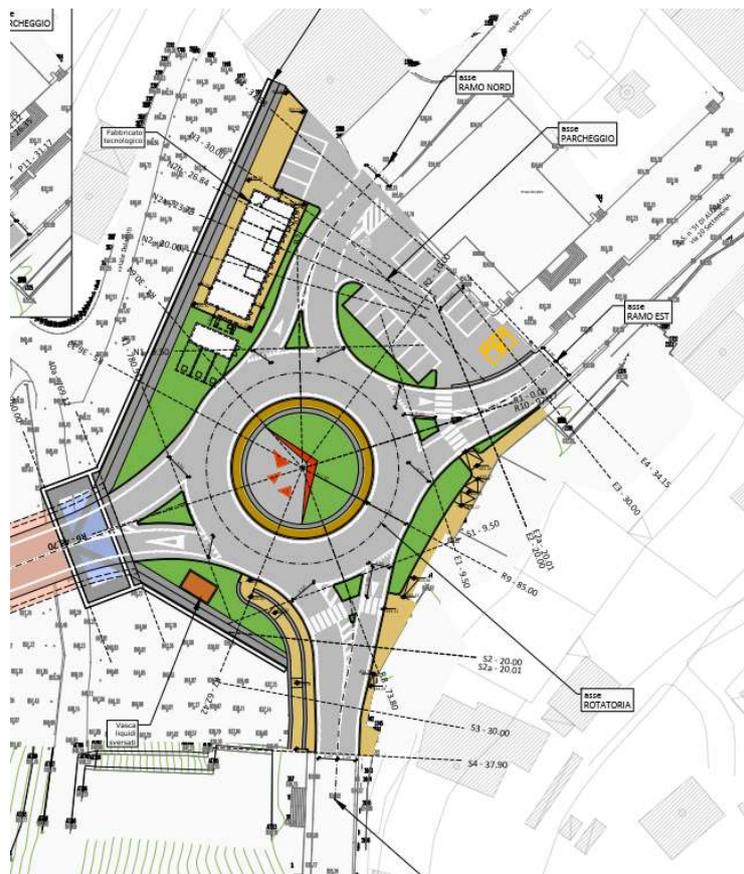


**Figura 3 – Planimetria di progetto – Imbocco Ovest**

Dopo un primo tratto in artificiale di lunghezza ridotta (17 m), l'asse principale si sviluppa completamente in galleria naturale per 589,5 m, al di sotto del versante, con basse coperture, dell'ordine dei 2 – 4 diametri.

Alcuni edifici, oltre al cimitero di Valle di Cadore, ed una galleria stradale esistente, ricadono nel bacino di subsidenza che sarà interessato dallo scavo della galleria.

In uscita alla galleria, con un breve tratto in artificiale di lunghezza 8 m, l'asse principale si innesta su una rotonda di diametro esterno pari a 38 m, che verrà realizzata per la connessione della nuova variante con la prosecuzione verso Belluno della S.S.51, e con le due direttrici ad uso locale, costituite dalla attuale S.S.51 a Sud e dal viale Dolomiti in direzione Nord – Est.



**Figura 4 – Planimetria di progetto – Imbocco Est**

L'intersezione stradale comporterà la realizzazione di alcune opere di imbocco di carattere definitivo (paratia con pali di grande diametro tirantati), e di un fabbricato tecnologico sul lato Nord dell'area di svincolo.

La posizione e le dimensioni del fabbricato sono state ridefinite ottimizzandole, allo scopo di limitare, l'impatto visivo dello stesso sull'ambiente circostante, nello spirito delle prescrizioni pendenti sul Progetto Definitivo.

## 2 RIFERIMENTI PROGETTUALI DI BASE

### 2.1 PROGETTO PD ANAS 2020

Punto di partenza del presente Progetto Esecutivo, è il Progetto Definitivo sviluppato da ANAS nel 2020, con l'assistenza alla progettazione di professionisti esterni.

Rispetto al Progetto Definitivo ANAS sono state operate alcune modifiche locali al tracciato planimetrico, nel seguito brevemente descritte:

- Leggero spostamento lato monte (direzione Nord) dell'asse del tracciato, fino ad un massimo di 7 m circa, per motivazioni di tipo geotecnico e di miglior collocazione della rotatoria di innesto lato Belluno;
- Adeguamento delle dimensioni della rotatoria di innesto lato Belluno, con leggero aumento del raggio interno ed esterno e collocazione spostata in direzione Nord;
- Ricollocazione e ridimensionamento del Fabbricato Tecnologico di imbocco in corrispondenza della rotatoria;
- Adeguamento delle dimensioni e della geometria del tratto di scambio e della corsia di decelerazione sull'innesto lato Cortina.

Dal punto di vista del progetto geotecnico, sono state modificate ottimizzandole, le sezioni di scavo della galleria naturale, le sezioni delle paratie in corrispondenza degli imbocchi e dell'opera di sostegno di valle dell'imbocco lato Cortina.

### 2.2 PRESCRIZIONI DEGLI ENTI

#### 2.2.1 PRESCRIZIONI AL PROGETTO DEFINITIVO – CONFERENZA DEI SERVIZI

In fase di valutazione del Progetto Definitivo, si sono espressi con pareri **favorevoli con prescrizioni pendenti sulla corrente fase di Progetto Esecutivo**, i seguenti enti competenti:

- *BIM Belluno Infrastrutture (Gestione Servizi Pubblici SpA)*: prescrizioni su Interferenze
- *Provincia di Belluno – Settore Urbanistica e mobilità*: Compatibilità Ambientale dell'Opera; Compatibilità Urbanistica dell'opera; Trasporto Pubblico Locale Extraurbano;
- *MIBACT Ministero per i beni e le attività culturali e per il turismo*: Prescrizioni di carattere ambientale e archeologico;
- *Regione Veneto - Unità Organizzativa Genio Civile Belluno - Unità Organizzativa Forestale Belluno*;

- *Regione Veneto – Deliberazione della Giunta Provinciale: Aspetti Progettuali vari.*
- *Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali – Sede di Venezia: Prescrizione su aspetti geologici e idraulici.*

Hanno espresso parere favorevole senza prescrizione altri enti, che non hanno rilevato interferenze di quanto in propria gestione con la nuova infrastruttura.

---

### 2.2.2 PRESCRIZIONI AL PROGETTO DEFINITIVO – V.I.A.

In fase di valutazione del Progetto Definitivo, la procedura di Valutazione Impatto Ambientale ha prodotto i seguenti pareri con prescrizioni, espressi dalla Commissione Tecnica di V.I.A.

- *Aspetti Progettuali – da recepire in Fase di Progettazione Esecutiva: Aspetti infrastrutturali e Idraulici;*
- *Aspetti Gestionali – da recepire nella fase precedente la Cantierizzazione: Aspetti Ambientali (fauna, flora, ecosistemi, monitoraggi, mitigazioni);*
- *Mitigazioni – da recepire in Fase di Progettazione Esecutiva e in Fase di Cantiere;*
- *Aspetti Ambientali – fase di Esercizio: rumore, vibrazioni, monitoraggio.*
- *Aspetti Gestionali – da recepire nella fase di*

## 3 RIFERIMENTI NORMATIVI

### 3.1 **NORMATIVE NAZIONALI**

- Legge 109/94, La nuova legge quadro in materia di lavori pubblici - Legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modifiche ed integrazioni.
- D.P.R. 34 - 25/01/00 Regolamento recante istituzione del sistema di qualificazione per gli esecutori di lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 8 della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni.
- D.M. 145 - 19/04/00 Regolamento recante il Capitolato generale d'appalto dei lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 3, comma 5, della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni.
- DM 17-01-2018 - Norme Tecniche Costruzioni (NTC)
- Nuovo Codice della Strada – DL 30 Aprile 1992 e successive modifiche e integrazioni;
- Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada – DPR 16 Dicembre 1992 e successive modifiche e integrazioni;
- Norme Funzionali e Geometriche per la costruzione delle strade – DM 5 Novembre 2001 e successive modifiche e integrazioni (D.M. 22/04/2004).
- Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali – D.M. 19 aprile 2006;
- Norme sulle caratteristiche geometriche e di traffico delle intersezioni stradali urbane – Norme Tecniche CNR 15 Aprile 1983 N. 90;
- Norme sulle caratteristiche funzionali e geometriche delle intersezioni stradali (bozza 2001) – a cura della Commissione di studio per le Norme relative ai materiali stradali e progettazione, costruzione e manutenzione strade del CNR.

### 3.2 **LINEE GUIDA ANAS**

- Linee Guida per la progettazione della Sicurezza nelle Gallerie Stradali secondo la normativa vigente (ANAS 2009).
- Caratteristiche Geometriche Funzionali delle Gallerie.

## 4 INDAGINI E STUDI

Nella presente fase di progettazione esecutiva sono stati condotti tutti gli studi previsti dalle vigenti normative in materia di opere pubbliche, supportati dalle indagini topografiche e geotecniche necessarie ad individuare lo stato dei luoghi e le caratteristiche geomeccaniche dei terreni interessati dagli scavi.

### 4.1 RILIEVO TOPOGRAFICO

Le attività di rilievo topografico, per la progettazione delle opere di attraversamento del centro abitato di Valle di Cadore sulla SS51 "di Alemagna", sono state realizzate attraverso:

- l'istituzione dei punti d'inquadramento geodetico;
- esecuzione rilievi aerofotogrammetrici;
- rilievi celerimetrici di dettaglio.

Le operazioni in sito, svolte in più momenti, sono fondamentalmente riconducibili a due momenti distinti quali:

- un primo rilievo, svolto a maggio 2021, avente come oggetto le aree di prima necessità poste in prossimità degli imbocchi della galleria;
- un'estensione eseguita a giugno 2021;

#### 4.1.1 INQUADRAMENTO

Prima del posizionamento dei capisaldi d'inquadramento è stato effettuato il sopralluogo delle zone da rilevare, riscontrando che su queste non sono presenti vertici noti ed affidabili. È stato, quindi, deciso di realizzare un rilievo dei capisaldi in modalità GPS Fast-Static, stazionando circa 8 minuti su ciascuno. Istituito 6 vertici, distribuiti lungo la SS51, in modo da contenere tutte le aree di rilievo.

Tali punti sono stati iper-determinati in post-processing elaborando le osservazioni sopraccitate con i dati RINEX di due stazioni permanenti della rete GPS della Regione Veneto diametralmente opposte rispetto all'area d'interesse, situate una a Borca di Cadore e l'altra a Pieve di Cadore.

L'altimetria è stata ricondotta ortometricamente determinando ed affinando il geoide locale attraverso il rilievo di due capisaldi della livellazione altimetrica IGM presente in zona, distribuendo equamente il residuo baricentrico di 1,6 cm sui 2 capisaldi.

#### 4.1.2 RILIEVI AEROFOTOGRAMMETRICI

L'area è stata coperta da rilievi aerofotogrammetrici eseguiti in più riprese e divisi per praticità dettata anche dalla morfologia dei luoghi in 4 aree come indicato nell'immagine a seguire. Tutti i voli sono stati vincolati a terra con una distribuzione omogenea di GCP intervallati tra loro da una distanza di circa 150 m. Le riprese sono state eseguite con drone DJI MAVIC 2 PRO con sensore fotografico da 1/2" pollice da 20mpx.

#### 4.1.3 RILIEVI CELERIMETRICI

Nelle aree d'imbocco della galleria in prossimità del centro abitato e in quello verso Cortina, sono state realizzate delle scansioni con LST con un sistema FARO X130 utilizzando target, sfere e GCP rilevati con GPS e/o stazione totale per la mosaicatura e la referenziazione delle singole scansioni.

In fase di restituzione i dati sono stati ricostruiti codificandoli seguendo una struttura a codici, restituendo planimetrie 2D con vestizione simbolica e planimetria 3D.

## 4.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

#### 4.2.1 INDAGINI DISPONIBILI DAL PROGETTO DEFINITIVO 2018

Nella fase progettuale precedente, per caratterizzare dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico, sismico e geologico-tecnico il settore interessato dal progetto sono state realizzate accurate ricerche bibliografiche in merito agli studi specifici riguardanti il settore in esame, e sono stati eseguiti opportuni rilevamenti geologici e geomeccanici sul terreno ed una campagna di indagini geognostiche.

La specifica campagna di indagini, in sito e in laboratorio, è consistita in:

- 4 sondaggi a carotaggio continuo della profondità di 20m (SV1), 35m (SV2), 40m (SV3) e 20m (SV4) per un totale di 115 ml di carotaggio;
- 26 prove SPT in foro;
- prelievo di 24 campioni rimaneggiati;
- installazione di piezometri a tubo aperto nei sondaggi SV2 e SV3;
- esecuzione di prove di laboratorio, nello specifico:
  - analisi granulometriche e limiti di plasticità (ove misurabili) su 11 campioni rimaneggiati prelevati dai sondaggi;

- 3 stendimenti sismici a rifrazione con misura delle onde di compressione e di taglio, della lunghezza di 161m ognuno, per un totale di 483m, con elaborazione tomografica.

Il programma di indagine prevedeva l'esecuzione anche di prove pressiometriche in foro, ma non erano state eseguite per problemi di instabilità delle pareti del foro che impedivano la formazione della "tasca" di prova.

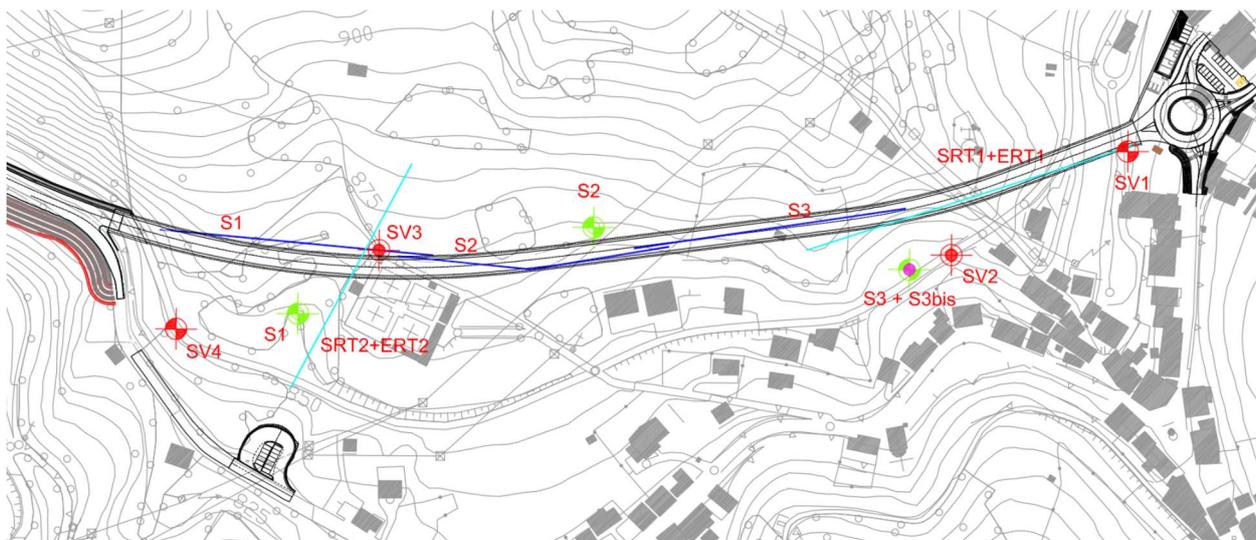
Sulla base della modellazione geologica riportata nella specifica relazione, sono state distinte le seguenti unità di tipo geotecnico che interessano direttamente le opere in progetto:

1. Detrito di falda a grana grossa e blocchi (Unità Geotecnica DT);
2. Formazione del substrato prevalentemente calcareo-marnosa (Unità Geotecnica K).

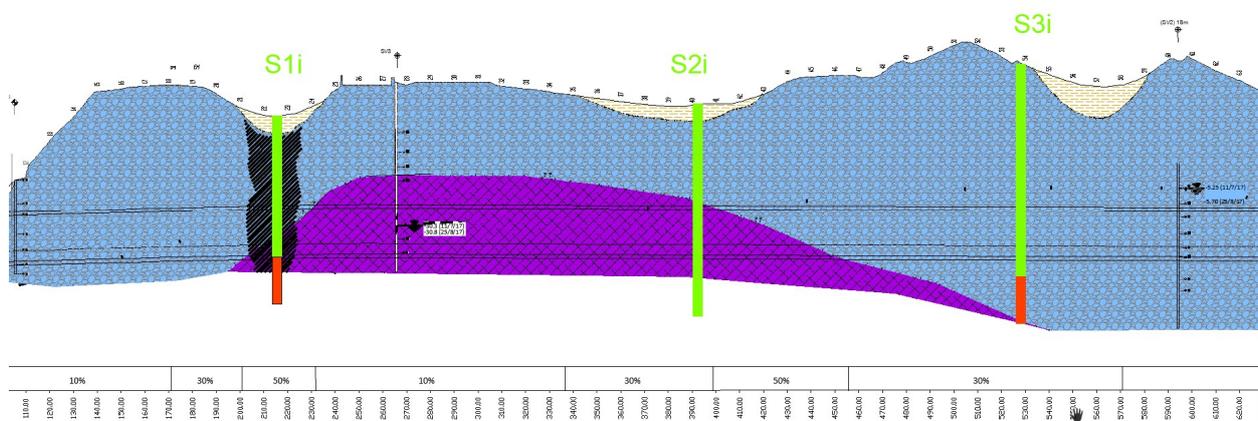
#### 4.2.2 CAMPAGNA GEOGNOSTICA INTEGRATIVA 2021 – INDAGINI DIRETTE

La campagna integrativa proposta in fase di Progettazione Esecutiva ha previsto un'apposita indagine con n.4 sondaggi in corrispondenza dello scavo sotterraneo, cui sono state associate delle indagini geofisiche. Ricerche bigliografiche riguardanti il settore in esame e l'esecuzione di rilievi geologici e geomeccanici in sito hanno completato la campagna e consentito di approfondire ed affinare i modelli geologici e geotecnici rispetto alle risultanze emerse in sede di progettazione definitiva.

Le indagini dirette sono state finalizzate all'acquisizione delle necessarie informazioni di carattere stratigrafico e geotecnico di dettaglio per il sottosuolo dell'area interessata alla realizzazione della nuova galleria stradale. In Figura 5 ed nella tavola di riferimento sono riportate le indagini geognostiche eseguite.



**Figura 5 - Ubicazione indagini geognostiche lungo il tracciato della galleria**



**Figura 6 – Collocazione dei sondaggi su profilo stratigrafico**

Nell'area di realizzazione del nuovo accesso stradale, in corrispondenza dell'asse principale della galleria sono stati realizzati n. 3 nuovi sondaggi meccanici a carotaggio continuo con esecuzione di prove SPT, prove di permeabilità Lefranc e installazione di due piezometri 2" e un tubo in PVC per prove geofisiche in foro (Tabella 2). Alla campagna è stato aggiunto successivamente n.1 sondaggio a distruzione di nucleo strumentato con piezometro 2". I report stratigrafici dei sondaggi sono riportati nella tavola delle indagini dirette.

Prova N.	Quota prova indicativa [m s.l.m.]	Profondità [m]	Completamento	Prove di permeabilità - Lefranc		SPT N.
				variabile	costante	
S1(2021) – v.- c.c.	855.00	35.0	Piezometro 2"	-	-	9
S2 (2021) – v.- c.c.	870.00	45.0	Piezometro 2"	1	-	4
S3 (2021) – v – c.c.	857.00	40.0	Tubazione PVC 3"	2	-	4
S3bis (2021) – v – d.n.	857.00	30.0	Piezometro 2"	-	-	-

v = verticale; i = inclinato; c.c. = carotaggio continuo; d.n. = distruzione di nucleo;

**Tabella 1: Quadro riassuntivo indagini geognostiche - Campagna 2021.**

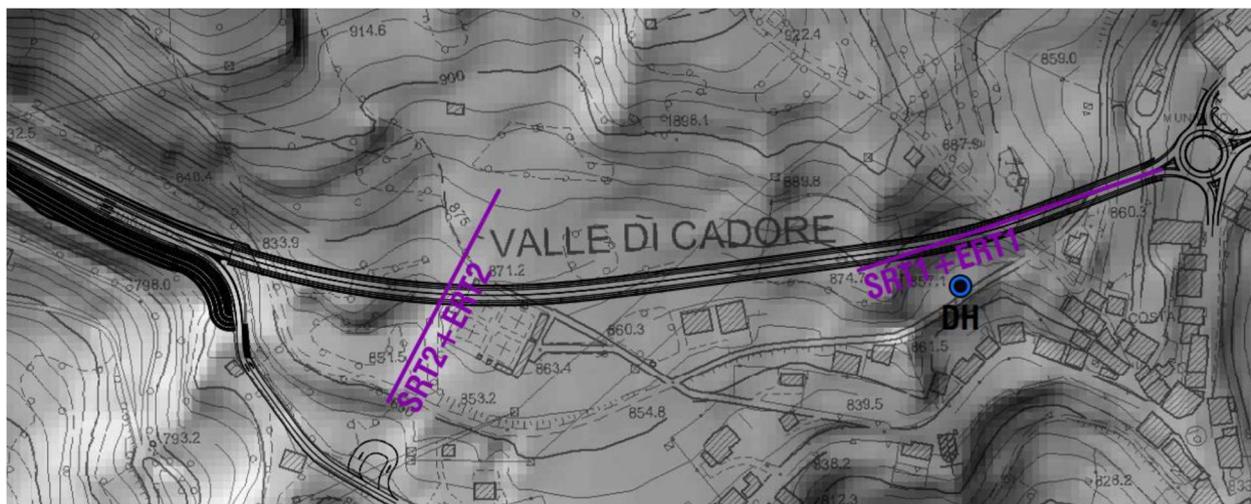
Come si evince dai profili stratigrafici il sottosuolo è caratterizzato da depositi glaciali e fluvioglaciali che nella porzione superficiale (entro i primi 10 metri) risultano rimaneggiati a formare una coltre colluviale prevalentemente grano sostenuta che poggia su materiale glaciale e fluvioglaciale sovraconsolidato (localmente parzialmente cementato) a sostegno di matrice limo - sabbiosa. Localmente, come sarà mostrato nelle sezioni interpretative del capitolo 10 e nella tavola delle indagini dirette, è stato intercettato il bedrock (Formazione a Bellerophon) che risulta molto alterato e fratturato (l'area di studio si colloca in una zona a forte controllo strutturale) e che andrà ad interferire con l'opera di progetto.

Per quanto riguarda la caratterizzazione dell'area interessata dalla realizzazione della terra armata, ubicata all'imbocco ovest in direzione Cortina, tale settore è stato descritto sulla base dei dati di rilievo geologico – strutturale e da successive interpretazioni.

Come si evince dai profili stratigrafici il sottosuolo è caratterizzato da depositi glaciali e fluvioglaciali che nella porzione superficiale (entro i primi 10 metri) risultano rimaneggiati a formare una coltre colluviale prevalentemente grano sostenuta che poggia su materiale glaciale e fluvioglaciale sovraconsolidato (localmente parzialmente cementato) a sostegno di matrice limo - sabbiosa. Localmente, come sarà mostrato nelle sezioni interpretative del capitolo 10 e nella tavola delle indagini dirette, è stato intercettato il *bedrock* (Formazione a Bellerophon) che risulta molto alterato e fratturato (l'area di studio si colloca in una zona a forte controllo strutturale) e che andrà ad interferire con l'opera di progetto.

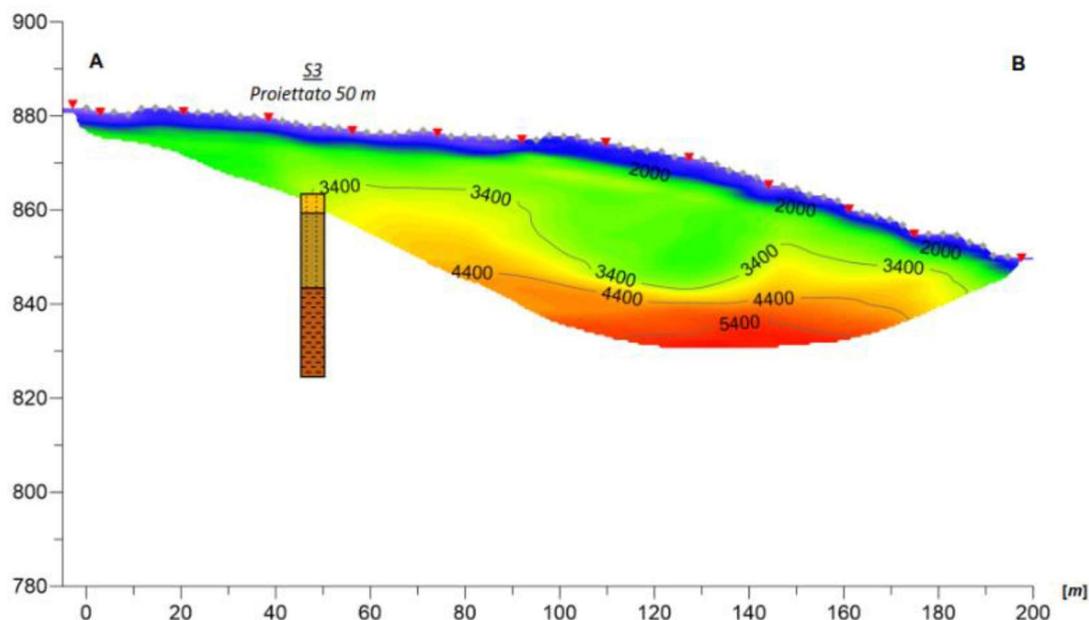
#### 4.2.3 CAMPAGNA GEOGNOSTICA INTEGRATIVA 2021 – INDAGINI GEOFISICHE

Ai fini dell'implementazione del modello geologico interpretativo, l'indagine geofisica integrativa è stata principalmente rivolta a fornire elementi di chiarimento dei rapporti coperture/substrato lungo il profilo della galleria, a causa delle scarse informazioni ottenute dalle indagini dirette e da precedenti stendimenti sismici di bassa risoluzione (S1, S2, S3 con spaziatura 7 m 24 canali, vedi figura 2). Sono stati previsti due stendimenti da 150m e 200m, uno in asse alla galleria e uno trasversale utilizzando la tecnica della tomografia elettrica e tomografia sismica ( $V_pV_s$ ) (figura 3) e una prova down-hole nel sondaggio S3.



**Figura 7 - Ubicazione indagini geofisiche**

Sono stati ottenuti mediamente valori di  $V_s$  variabili tra 300 – 800 ms/s per gli strati più superficiali di ricoprimento della galleria (fino a 10 m di profondità), per arrivare a valori massimi di 1500 m/s alle profondità di scavo.



**Figura 8 - Sezione longitudinale tomografia sismica in onde S e in onde P**

In data 19/07/2021 è stata eseguita infine una prova down-hole in foro (S3) con l'obiettivo di integrare le informazioni relative alle velocità delle onde sismiche. Andando a confrontare i valori ottenuti con quanto descritto nella tomografia sismica della sezione longitudinale si osservano alcune discrepanze. In particolare, nei 40 metri di indagine le velocità delle onde s non superano i 1100 m/s e a fondo foro sono state misurati valori pari a 950 m/s. Nella tomografia sismica, tenendo conto della differenza di quota e la distanza rispetto al sondaggio S3, sono state riscontrate velocità decisamente maggiori, superiori a 1400 m/s. Pertanto, a fini interpretativi, il confronto tra le due prove non fornisce informazioni coerenti e utili ad una la definizione corretta del profilo sismico del sottosuolo.

### **4.3 PIANO DI GESTIONE TERRE**

#### **4.3.1 CAMPAGNA INDAGINI AMBIENTALI 2021**

La normativa vigente in merito alle terre e rocce da scavo (DPR 120/2017) all'allegato 2 riporta le "Procedure di campionamento in fase di progettazione":

*"Nel caso di **opere infrastrutturali lineari**, il campionamento è effettuato **almeno ogni 500 metri lineari di tracciato** ovvero ogni 2.000 metri lineari in caso di studio di fattibilità o di progetto di fattibilità tecnica ed economica, salva diversa previsione del piano di utilizzo, determinata da particolari situazioni locali, quali, la tipologia di attività antropiche svolte nel sito; in ogni caso è effettuato un campionamento ad ogni variazione significativa di litologia.*

*Nel caso di **scavi in galleria**, la caratterizzazione è effettuata prevedendo almeno un sondaggio e, comunque, **un sondaggio indicativamente ogni 1.000 metri lineari di tracciato ovvero ogni 5.000 metri lineari in caso di studio di fattibilità o di progetto di fattibilità tecnica ed economica, con prelievo, alla quota di scavo, di tre incrementi per sondaggio, a formare il campione rappresentativo; in ogni caso è effettuato un campionamento ad ogni variazione significativa di litologia**".*

La zona all'aperto è stata adeguatamente indagata grazie ai sondaggi effettuati nel settembre 2018. In particolare, si sono analizzati i punti P1 e P2 in corrispondenza dei due imbocchi.



**Figura 9 – Punti di campionamento a est (foto a destra) e a ovest (foto a sinistra) della galleria – settembre 2018**

Le analisi effettuate hanno evidenziato concentrazioni di contaminanti compatibili con la Tabella 1, Allegato 5 al Titolo V della Parte IV del D.L. 152/2006 "Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale", ossia la concentrazione di inquinanti rientra nei limiti di cui alla colonna A.

La galleria era stata indagata nel marzo 2018, tuttavia l'esposizione prolungata dei campioni non ha permesso di definire il livello di contaminazione da idrocarburi a causa della volatilità di tali sostanze.

Pertanto nel mese di ottobre 2021 si sono indagati i terreni lungo lo sviluppo della galleria. In particolare, sono stati eseguiti due sondaggi a carotaggio, denominati S1 ed S2.

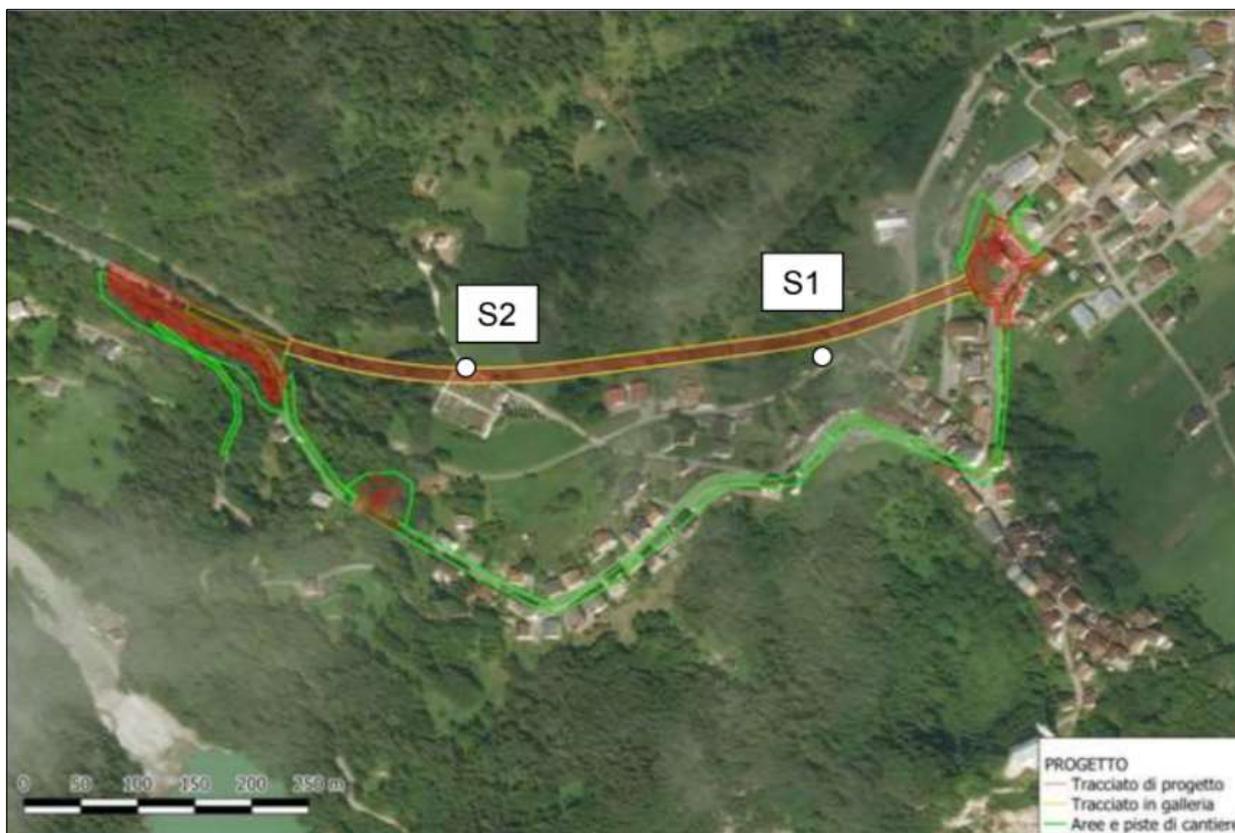


Figura 10 – Punti di campionamento S1 e S2 – ottobre 2021

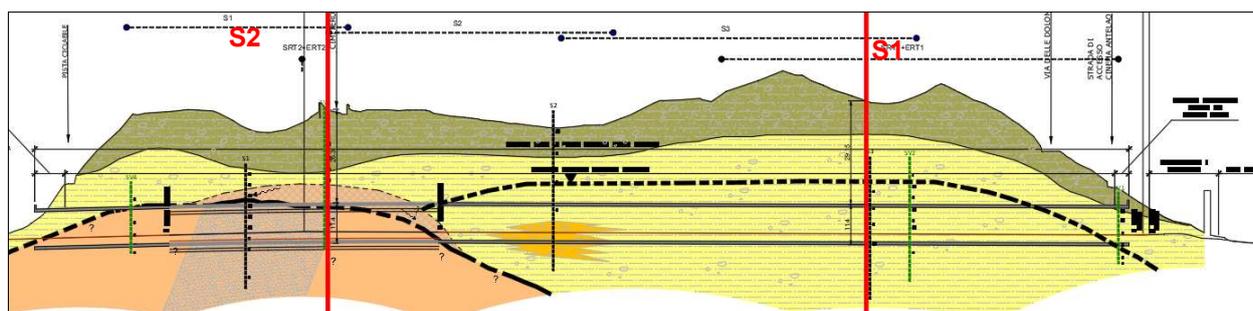


Figura 11 – Profilo geologico galleria e punti di campionamento S1 e S2 – ottobre 2021

I sondaggi sono stati spinti fino alla profondità della base della galleria prevista da progetto.

Facendo riferimento all'allegato 2 del DPR 120/2017, per ogni sondaggio è stato formato un campione rappresentativo come somma di tre incrementi prelevati all'interno dell'intervallo di interesse.

Sondaggio	Coord. Est	Coord. Nord	Intervallo di riferimento	Intervallo di campionamento dei tre incrementi
S1	294466.30 m E	5143732.87 m N	15 – 27 m da p.c.	16 – 18 m da p.c. 20 – 22 m da p.c. 25 – 27 m da p.c.
S2	294153.93 m E	5143763.89 m N	27 – 38 m da pc	28 – 30 m da p.c. 32 – 34 m da p.c. 36 – 38 m da p.c.

Gli analiti ricercati sono quelli della tabella 4.1 del DPR 120/2017 a meno di IPA e BTEX vista l'assenza nel raggio di 20 m di infrastrutture viarie di grande comunicazione o insediamenti produttivi, oltreché vista la profondità dal p.c. del materiale campionato:

- Metalli pesanti (Arsenico, Cadmio, Cobalto, Cromo totale, Cromo VI, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Zinco);
- Idrocarburi pesanti C>12 (come sommatoria da C13 a C40);
- Amianto.

Anche in questo caso in tutti i campioni di terreno si è riscontrato il rispetto delle CSC per i siti ad uso residenziale, verde pubblico e privato (colonna A, tabella 1, allegato 5, parte quarta, titolo V del D.lgs. 152/06) per tutti gli analiti ricercati.

In conclusione dalle campagne di indagine effettuate emerge che il materiale analizzato (compatibile con colonna A, tabella 1, allegato 5, parte quarta, titolo V del D.lgs. 152/06), presenta le caratteristiche chimiche per poter essere riutilizzato in situ ovvero gestito come sottoprodotto nel rispetto delle procedure definite dal DPR 120/2017.

#### 4.3.2 BILANCIO TERRE E RIUTILIZZI

Per la realizzazione dell'infrastruttura in progetto, sono previsti 119.000 mc (in mucchio) di materiali di scavo complessivi.

Nel presente paragrafo viene illustrato il dettaglio quantitativo di tutti gli scavi, fabbisogni ed esuberi previsti dal progetto, rimandando al Piano di Utilizzo Terre per i dettagli.

La caratterizzazione dei terreni da un punto vista granulometrico e merceologico dei materiali di scavo, attraverso un'opportuna classificazione delle terre, ha permesso agli scriventi di definire le possibilità di riutilizzo degli stessi in base al seguente schema:

- terreno di scotico superficiale da riutilizzare come terreno vegetale;
- terreno da utilizzare tal quale o previa esecuzione di operazioni di normale pratica industriale come

materiale per rinterri o riempimenti; a questo scopo sono stati destinati terreni classificabili come A4, A6, A2-6, A2-7.

I materiali di scavo prodotti dal cantiere sono complessivamente pari a circa 89.300 m<sup>3</sup> in banco (corrispondenti a 119.000 m<sup>3</sup> in mucchio), di cui:

- circa 81.500 m<sup>3</sup> provenienti dallo scavo della galleria naturale;
- circa 7.800 m<sup>3</sup> provenienti dallo scavo delle due aree di imbocco (comprese gallerie artificiali) e relativi collegamenti.

I materiali di scavo disponibili sono quindi stati confrontati con i fabbisogni per verificare eventuali deficit o esuberi dei materiali di scavo, in modo da orientare il possibile destino all'interno del sito per un possibile riutilizzo oppure all'esterno come sottoprodotto oppure come rifiuto.

In particolare, i fabbisogni necessari per la realizzazione dell'infrastruttura in progetto, che possono essere bilanciati dal riutilizzo di materiali di scavo, sono rappresentati da:

**7.100 m<sup>3</sup>**

di terreno idoneo per rilevati, per la realizzazione del corpo stradale, compresa la sostituzione dello scotico e della gradonatura per l'ammorsamento dei nuovi rilevati e delle terre rinforzate e in genere per la realizzazione di riempimenti, rinterri e rimodellamenti morfologici. Nel caso specifico la maggior parte del riutilizzo avverrà per la realizzazione del riempimento definitivo in arco – rovescio sulla sezione della galleria.

**11.250 m<sup>3</sup>**

Terreno da utilizzare per la realizzazione del rilevato in terre rinforzate

Dal confronto tra il volume dei materiali di scavo, pari a circa 119.000 m<sup>3</sup>, e il volume dei possibili riutilizzi nell'ambito del progetto, pari a circa 21.100 m<sup>3</sup>, risulta un esubero di circa 98.250 m<sup>3</sup>, sciolti di materiali di scavo dai quali vanno sottratti i volumi corrispondenti ai terreni destinati a rifiuto derivanti dalle lavorazioni quali perforazioni, trivellazioni, palificazioni e consolidamenti. Di seguito si riporta una tabella in cui sono suddivise e quantificate tali tipologie di terreno.

WBS	Descrizione	SCAVO	FABBISOGNO	ESUBERO (mc)			
		Tot	Tot	T.Riporto	Copertura	Bedrock	Scotico
	Svincolo/Imbocco Ovest	477	13.349				
	Galleria Artificiale Ovest	24.595	0				
	<b>Galleria Naturale</b>	86.803	7.773				
	Galleria Artificiale Est	1.950	0				
	Svincolo/Imbocco Est	5.220					
	<b>TOTALE</b>	<b>119.045</b>	<b>21.121</b>	<b>2.036</b>	<b>73.827</b>	<b>22.060</b>	<b>329</b>
							<b>98.252</b>

**Tabella 2: Bilancio terre complessive (in mucchio)**

I coefficienti utilizzati per il passaggio da volumi in banco a volumi in mucchio sono i seguenti:

- Coefficiente 1,30 per i materiali di scavo in terreni sciolti o di riporto;
- Coefficiente 1,30 per i materiali di scavo in terreni rocciosi e lapidei;
- Coefficiente 1,15 per la compattazione nella messa a rilevato.

Si considerino infine i quantitativi di materiale di scavo che andranno gestiti come rifiuto in quanto contenenti derivanti da trivellazioni e consolidamenti.

RIFIUTO	
Volume pali imbocco est	1233.39 m <sup>3</sup>
Volume micropali imbocco ovest	380.38 m <sup>3</sup>
Volume consolidamenti GN	287.14 m <sup>3</sup>
Volume totale rifiuto	1900.91≅ <b>1901 m<sup>3</sup></b>

**Tabella 3: Quantificazione del materiale destinato a rifiuto**

E' stata individuata la Cava di gesso denominata Damos come sito più vicino all'area di produzione dei materiali di scavo.

La cava di gesso individuata e denominata Damos è stata autorizzata in origine con DGRV n. 5795 del 16.10.1989 di seguito si riporta una sintesi dell'iter amministrativo:

- Con DGRV n. 1953 del 28.10.2013 la Ditta ha ottenuto l'autorizzazione all'ampliamento della cava stessa.
- In data 19.09.2016 con decreto n. 119 la Direzione Difesa del Suolo della Regione Veneto ha concesso il Nulla Osta al subentro della ditta COOL GESSI S.r.l. alla coltivazione della cava di gesso.
- Il 18 gennaio 2017 la Giunta Comunale di Pieve di Cadore autorizza la volturazione a favore della Ditta COOL GESSI S.r.l. della convenzione stipulata con la precedente ditta intestataria la Damos Srl.
- Il 18.01.2017 con decreto n. 7 la Giunta Regionale del Veneto aveva approvato la variante non sostanziale riguardante la modifica della conformazione finale di parte della cava previo apporto di terre e rocce da scavi.
- **DGRV n. 68 del 6.03.2018** autorizzazione variante non sostanziale riguardante la modifica della conformazione finale di parte della cava previo **apporto di terre e rocce da scavi provenienti dai cantieri sulla SS 51 per migliorare la viabilità di accesso a cortina per i campionati mondiali di sci del 2021. Il quantitativo di terre e rocce da scavo previste è stato stimato in ulteriori 218.000 mc circa da apportare in cava in un periodo di 2 anni dall'inizio dei lavori dei cantieri stradali**

Il volume complessivo autorizzato, comprensivo di autorizzazione originaria e ampliamento, è di 540.000 mc.

Non essendo ancora nota la data di inizio dei lavori, il quantitativo da conferire sarà subordinato all'effettiva disponibilità del sito in ragione delle eventuali sopravvenute commesse non conosciute alla data odierna. Nella presente fase di Progetto Esecutivo, viene confermata da ANAS la strategia di gestione complessiva integrata di tre interventi sul medesimo asse stradale della SS.51bis, per i seguenti cantieri le cui opere sono previste in realizzazione entro l'anno 2025:

- Valle di Cadore;
- San Vito di Cadore;
- Tai di Cadore.

Nell'attuale fase di Progettazione Esecutiva si sono analizzati i dati disponibili, ossia quelli relativi ai Progetti Esecutivi di Valle di Cadore e di San Vito di Cadore, entrambi in corso di completamento. Il Progetto Esecutivo di Tai di Cadore invece risulta ancora in corso di definizione, per cui al momento sono disponibili soltanto le ipotesi quantitative del Progetto Definitivo.

Il primo intervento produce un esubero di materiale che a livello geomeccanico risulta riutilizzabile anche per la realizzazione di rilevati, mentre per il secondo si è stimato un fabbisogno di materiale, per la realizzazione di rilevati, pari a circa 64.000 mc. Dal momento che tale fabbisogno può essere completamente soddisfatto dai materiali provenienti dalla realizzazione delle opere di Valle di Cadore e poiché la fase di cantierizzazione dei due interventi potrebbe non avvenire contemporaneamente, si è verificata la possibilità di stoccare temporaneamente il materiale proveniente dall'intervento previsto a Valle di Cadore presso la cava Damos per riutilizzarlo successivamente per la realizzazione dell'intervento a San Vito. Da primi contatti con i proprietari risulta individuata all'interno del sito un'area potenzialmente adatta allo scopo. Tale ipotesi è attualmente in corso di miglior definizione.

Si conferma pertanto l'obiettivo di ANAS per quanto riguarda la gestione integrata delle Terre e Rocce; si provvederà quindi all'aggiornamento di un documento di gestione complessiva, che potrà essere finalizzato al termine degli iter di progettazione Esecutiva degli interventi di San Vito e Tai, ancora in corso, al momento della chiusura del PE in oggetto (Valle di Cadore).

In accordo con gli Uffici della Provincia e della Regione Veneto, eventuali esuberanti di materiale idoneo potranno essere utilizzati in altri cantieri stradali e ferroviari o nell'ambito dei lavori di ripristino idrogeologico, ambientale e forestale localizzati nella Provincia di Belluno.

Relativamente alla gestione integrata delle terre per i tre cantieri ANAS facenti parte del *Piano Straordinario di accessibilità Cortina 2021*, che comprendono oltre a quello in oggetto, anche i cantieri di Tai di Cadore e di San Vito di Cadore, sono stati individuati da ANAS i seguenti siti alternativi di conferimento con relative capacità di accoglimento, oltre al citato sito della Cava Damos.

TIPOLOGIA e DENOMINAZIONE	DENOMINAZIONE LOCALIZZAZIONE SOGGETTO TITOLARE	QUANTITA'	TEMPI PREVISTI
<b>Cava di gesso denominata Damos</b>	Loc. Damos in Comune di Pieve di Cadore <b>COOL GESSI SRL</b>	540.000 mc (volume complessivo autorizzato comprensivo di autorizzazione originaria e ampliamento)	<b>Fine lavori di coltivazione 31.12.2023</b>
<b>Cava di calcare per l'industria denominata Fiorane</b>	Comune di Ponte nelle Alpi <b>W &amp; P CEMENTI SPA</b>	autorizzazione originaria 3.018.750 mc	<b>Fine lavori di coltivazione 31.12.2024</b>
<b>Cava di detrito denominata Col delle Vi</b>	Comune di Alpago <b>CONSORZIO FARRA SVILUPPO S.C.AR.L.</b>	1 10.700.000 mc (volume complessivo autorizzato)	<b>Fine lavori di coltivazione 31.12.2024</b>

**Tabella 4: Tabella Riepilogo disponibilità siti di conferimento**

Allo stato attuale del quadro conoscitivo tempistico, in base ai tre scenari in precedenza descritti, le quantità di materiale da conferire presso la cava Damos potranno assumere le seguenti proporzioni:

- Scenario 1: verranno conferiti definitivamente circa 26.350 m<sup>3</sup>. Nessun deposito temporaneo;
- Scenario 2: verranno conferiti definitivamente circa 26.350 m<sup>3</sup>. Necessario il deposito temporaneo di circa 64.000 m<sup>3</sup> per riutilizzo sul cantiere di San Vito di Cadore;
- Scenario 3: verranno conferiti definitivamente tutti i 96.350 m<sup>3</sup> prodotti dal Cantiere di Valle di Cadore.

Nell'ottica di prevedere il massimo riutilizzo in loco dei materiali proveniente dal cantiere si è valutata l'opportunità di allestire impianti mobili di trattamento. In base alla tipologia dei terreni si ritiene che gli scavi non producano materiale di grosse dimensioni da dover prevedere un impianto di frantumazione, come precisato nella Relazione di Cantierizzazione.

## 4.4 STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO

### 4.4.1 RISCHIO IDRAULICO

Relativamente agli aspetti connessi alla difesa del suolo, l'area interessata dalle opere in progetto ricade nell'ambito territoriale di competenza del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali.

La normativa di riferimento in materia di valutazione e gestione del rischio di alluvioni è la Direttiva europea 2007/60/CE conosciuta anche come "Direttiva Alluvioni".

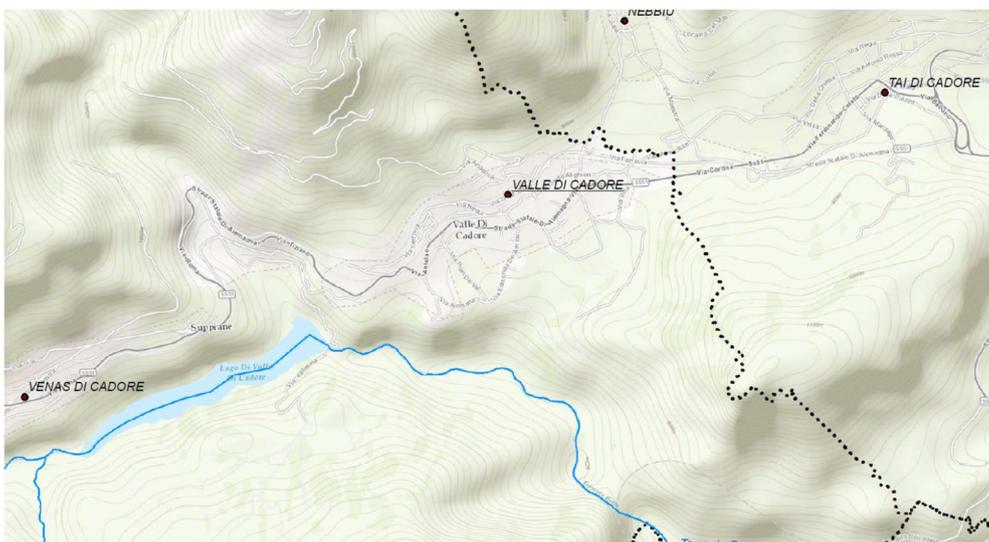


Figura 12: Planimetria dell'area con Rischio Idraulico del PGRA

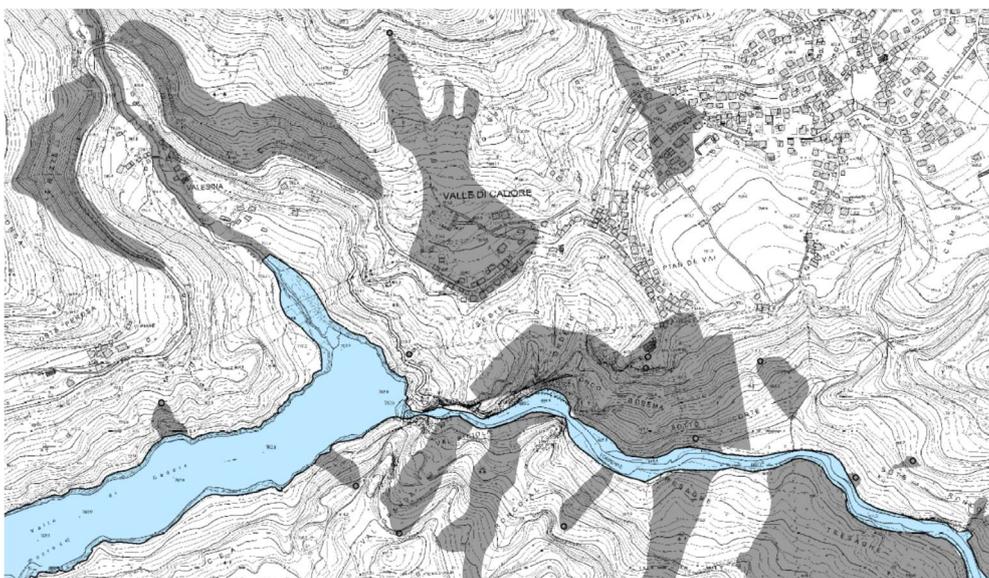
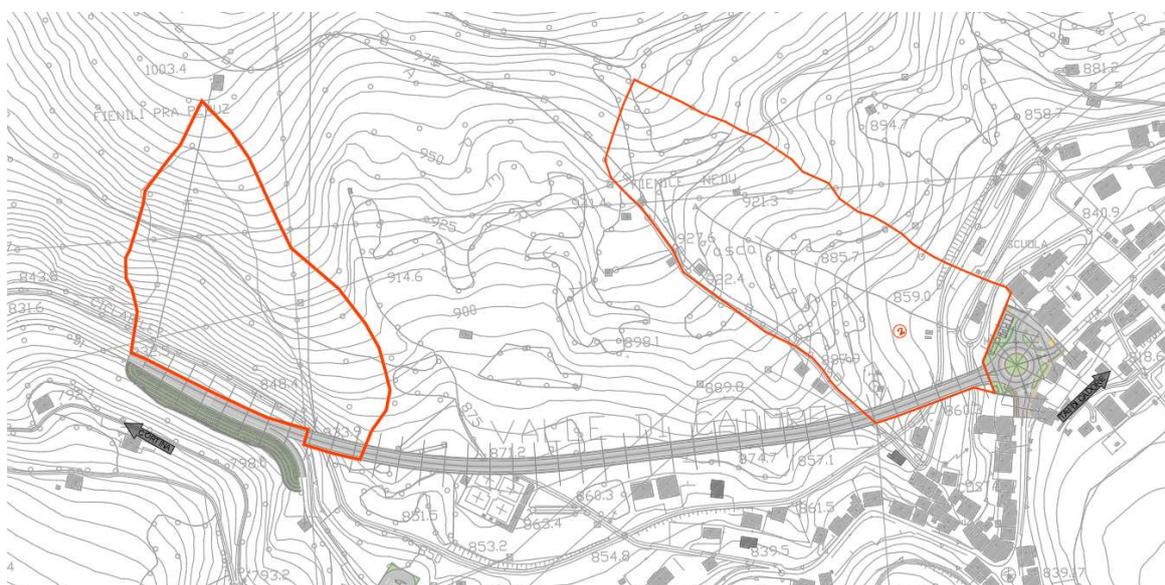


Figura 13: aree con Pericolosità Idraulica secondo il PAI

Dall'analisi delle planimetrie del rischio idraulico allegate al PGRA, nell'area di Valle non sono segnalate aree aventi Rischio Idraulico, pertanto il progetto è pienamente compatibile con il PGRA. Analogamente, non si segnalano interferenze del tracciato con aree aventi pericolosità idraulica secondo le perimetrazioni del PAI dell'Autorità di Bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione.

#### 4.4.2 INTERFERENZE IDRAULICHE

Essendo il tracciato di progetto in larga parte in galleria, non sussistono interferenze idrauliche con corpi idrici di rilievo. Presso gli imbocchi si determina interferenza con le acque provenienti dal versante.



**Figura 14: bacini interferiti dal tracciato di progetto**

Le portate di progetto per i tempi di ritorno previsti, risultano di entità modesta, come riportato nella sottostante tabella, dell'ordine dei 200 l/sec per eventi di piena centenari.

Corso d'acqua	Tempo di Corrivazione	pioggia netta			Portate di progetto			cx udometrico		
		tc	$h_{n50}$	$h_{n100}$	$h_{n200}$	$Q_{50}$	$Q_{100}$	$Q_{200}$	$u_{50}$	$u_{100}$
Codice	ore	(mm)	(mm)	(mm)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s/kmq)	(m <sup>3</sup> /s/kmq)	(m <sup>3</sup> /s/kmq)
1	0.25	29	33	36	0.09	0.14	0.21	24	37	51
2	0.25	29	33	36	0.15	0.22	0.27	32	46	56

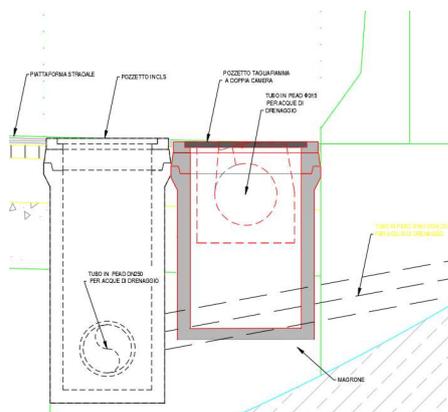
**Tabella 5: portate di progetto – bacini di versante**

#### 4.4.3 SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA

La rete di drenaggio si pone gli obiettivi di ripristinare la continuità del deflusso superficiale naturale preesistente, drenare i volumi che cadono direttamente sulla superficie stradale e trasferirli alla rete di drenaggio per l'allontanamento verso i rispettivi ricettori finali.

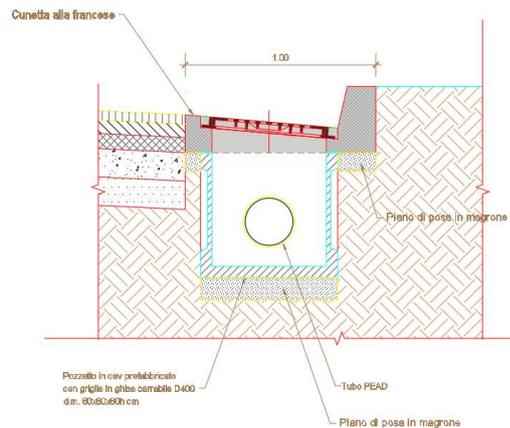
Le acque di piattaforma relative al tracciato vengono captate tramite caditoie disposte lateralmente alla piattaforma stradale e convogliate, in parte verso l'imbocco Ovest e in parte verso l'imbocco Est, mediante un sistema di collettori con ricettori di scarico riceventi anche le acque meteoriche dei versanti drenati, ovvero scarico verso scoli superficiali per quanto riguarda la piattaforma Ovest; scarico nella rete fognaria mista esistente per quanto riguarda la piattaforma Est. Sono inoltre previste vasche di accumulo per dissabbiatura e disoleazione mediante filtri a coalescenza, provviste di sensori per la chiusura automatica delle valvole e progettate per trattenere liquidi provenienti da eventuali sversamenti accidentali sulle superfici stradali.

Collettori e vasche sono stati dimensionati per consentire la raccolta e il drenaggio degli sversamenti accidentali e per gestire correttamente le portate meteoriche. In merito allo sversamento accidentale avendo gli attuali mezzi di trasporto carburante una capacità massima pari a 39'000 l, sono state previste due vasche, una in corrispondenza di ciascun imbocco, di volume pari a 40 m<sup>3</sup>. La captazione delle acque avviene tramite tre tipologie principali a seconda delle caratteristiche delle sezioni stradali:



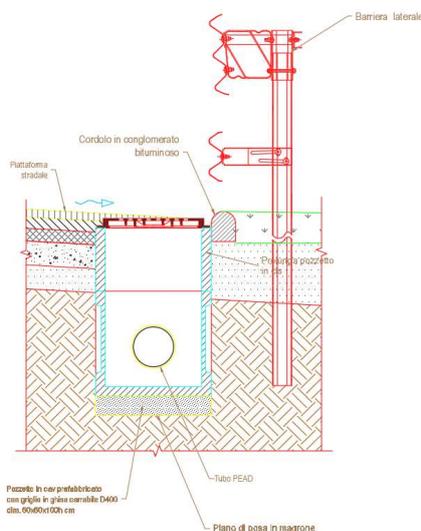
**Figura 15: Particolare elementi di raccolta acque in galleria**

- **Sezioni in galleria:** mediante canaletta a fessura prefabbricata per raccolta acque di piattaforma con pozzetti tagliafiamma a doppia camera e condotta parallela in PeAD di diametro DN250 per le acque di drenaggio convogliate mediante tratti di tubazioni DN160 ogni 25 m.



**Figura 16: Particolare elementi di raccolta acque all'aperto con cunetta alla francese**

- **Sezioni lato tracciato:** cunetta triangolare del tipo alla francese in grado di convogliare le portate meteoriche nei pozzetti prefabbricati attraverso apposite griglie e quindi nei collettori in PeAD.



**Figura 17: Particolare elementi di raccolta acque all'aperto con caditoia e tubazione**

- **Sezioni in rilevato:** pozzetti di linea prefabbricati, posti mediamente ad interasse pari a 25m, del tipo in cemento ad elementi sovrapposti, delle dimensioni interne in pianta di 1x1 m ed altezza variabile fino al raggiungimento del piano stradale.

## **4.5 INTERFERENZE E SOTTOSERVIZI**

### **4.5.1 INDIVIDUAZIONE**

E' stata condotta una verifica volta ad accertare eventuali interferenze delle opere in progetto con le reti esistenti, individuando altresì le possibili soluzioni di risoluzione delle interferenze stesse.

Per identificare le interferenze presenti nella zona soggetta ad intervento sono state utilizzate le cartografie relative alle reti tecnologiche presenti sul sito del BIM Piave. Utilizzando queste cartografie sono state quindi identificate le seguenti reti, come visibile in figura 1:

- Fognatura bianca – Svincolo Est (rotatoria)
- Fognatura mista – Svincolo Est (rotatoria)
- Fognatura nera – Svincolo Est (rotatoria)
- Metano a bassa pressione – Svincolo Est (rotatoria)
- Metano ad alta pressione – Svincolo Est (rotatoria)
- Reti Idriche – Svincolo Est (rotatoria)

Le reti elettriche e telefoniche presenti nel territorio saranno indicate nel proseguo dell'iter autorizzativo a seguito di formale richiesta ai rispettivi enti gestori.

Nella zona di intervento ad ovest è presente anche una sovrapposizione con la pista ciclabile.

Le reti dei servizi pubblici esistenti della società *Bim Gestione Servizi Pubblici S.p.a.*, per quanto possibile, sono state individuate e gli enti gestori di tali reti sono stati convocati nella Conferenza dei Servizi tenutasi il giorno 30 novembre 2017 presso la sede ANAS di Mestre (VE).

Le interferenze con il progetto stradale, come già detto, sono quelle con il metanodotto e le reti fognarie/acquedottistiche.

Per alcune di queste è necessario intervenire prima dell'inizio dei lavori, al fine di poter attuare quelle misure che consentano di introdurre un livello più elevato di protezione e di condizioni di sicurezza oltre a garantire la continuità del servizio durante le operazioni di costruzione della nuova strada.

Nei tratti di svincolo, specie nelle zone di raccordo con la viabilità esistente, le lavorazioni superficiali non interferiscono con i servizi sottostanti, ma vengono evidenziati e messi a conoscenza dell'Impresa, che in ogni modo mantiene l'obbligo della verifica attraverso i vari gestori, dell'esatta posizione dei sottoservizi.

A seguito di un incontro tra i progettisti e i professionisti della società *Bim* con sede in Via Tiziano Vecellio, 27/29 Belluno (BL), sono state definite con maggiore dettaglio le interferenze e le problematiche ad esse connesse.

## 5 PROGETTO STRADALE

### 5.1 TRACCIATO ASSE PRINCIPALE

#### 5.1.1 TRACCIATO PLANIMETRICO

Il tracciato della nuova infrastruttura in variante si stacca dalla attuale SS 51, all'altezza del km. 77+300 circa, poco ad Ovest dell'abitato di Valle di Cadore, in un tratto in cui il tracciato attuale si colloca a mezza-costa rispetto al pendio della valle del t. Boite.

Già in corrispondenza della progressiva iniziale del nuovo intervento (0+000), si stacca sul lato di valle la corsia di decelerazione in uscita dalla Strada Statale, verso l'attuale tracciato (via Tiziano), fino alla progressiva 0+140, dove avviene lo stacco completo.

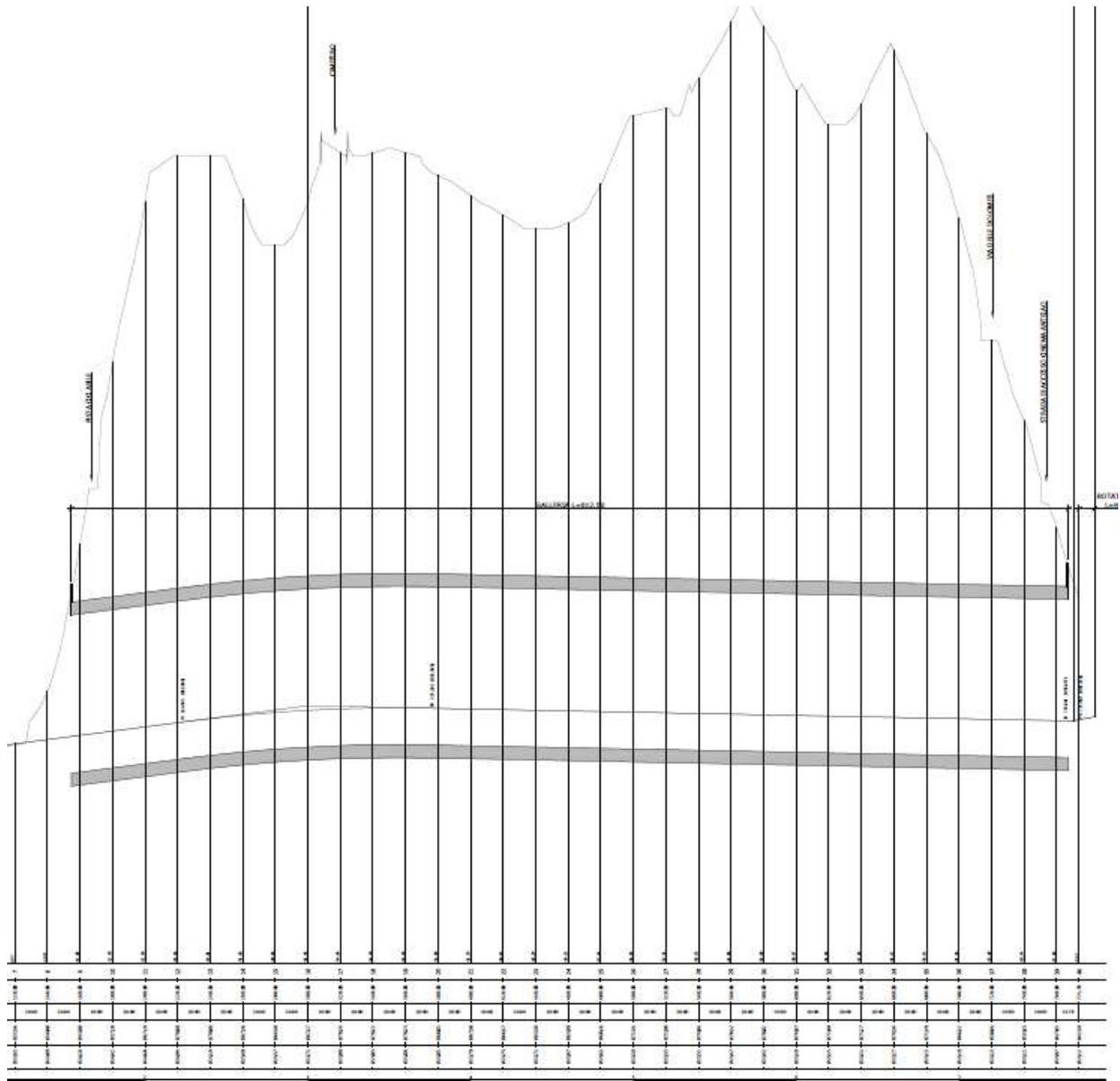
In corrispondenza della progressiva 0+155 avviene l'ingresso in galleria del tracciato principale, fino alla progressiva 0+769.



**Figura 18 – Planimetria di progetto del tracciato stradale**

#### 5.1.2 TRACCIATO ALTIMETRICO

Da un punto di vista altimetrico sono previste due livellette, a pendenza limitata, con direzione verso i due imbocchi della galleria, su entrambi i lati.



**Figura 19 – Profilo di progetto del tracciato stradale**

In corrispondenza dell'innesto lato Belluno invece, si prevede la realizzazione di una rotonda avente raggio esterno pari a 19.50 m, per lo smistamento del traffico dalla SS 51 alla viabilità locale.

### 5.1.3 COORDINAMENTO PLANO-ALTIMETRICO

Al fine di garantire una percezione chiara delle caratteristiche del tracciato stradale ed evitare variazioni brusche delle linee che lo definiscono nel quadro prospettico, occorre coordinare opportunamente l'andamento plano-altimetrico dell'asse con il profilo longitudinale.

Il DM 05/11/2001, al paragrafo 5.5.2, elenca i difetti di coordinamento plano-altimetrico che occorre evitare nella progettazione:

- Occorre evitare che il punto di inizio di una curva planimetrica coincida o sia prossimo con la sommità di un raccordo verticale convesso.
- Occorre evitare che un raccordo planimetrico inizi immediatamente dopo un raccordo concavo.
- Occorre evitare l'inserimento di raccordi verticali concavi di piccolo sviluppo all'interno di curve planimetriche di grande sviluppo.
- Occorre evitare il posizionamento di un raccordo concavo immediatamente dopo la fine di una curva planimetrica.
- Occorre evitare che il vertice di un raccordo concavo coincida o sia prossimo ad un punto di flesso della linea planimetrica.

Nel progetto non sono presenti i citati difetti di coordinamento plano-altimetrico.

## 5.2 VERIFICHE DI VISIBILITA' E VELOCITA'

### 5.2.1 DIAGRAMMA DELLE VELOCITÀ

Il diagramma delle velocità è la rappresentazione grafica dell'andamento della velocità di progetto in funzione della progressiva dell'asse stradale. Si costruisce, sulla base del solo tracciato planimetrico, calcolando per ogni elemento di esso l'andamento della velocità di progetto.

Di seguito si riporta il diagramma delle velocità dal quale si sono desunti i valori puntuali per la redazione di tutte le verifiche svolte sugli elementi compositivi del tracciato plano-altimetrico. Il diagramma è caratterizzato da un valore iniziale di velocità di progetto, pari a 80 Km/h, che è determinato dalla presenza, sul tratto di SS 51 esistente, del limite di velocità pari a 70 Km/h. Il valore finale è invece dovuto alla presenza, al termine dell'asse principale, della rotatoria dello Svincolo Est. Il valore di 30 Km/h corrisponde infatti alla velocità di progetto della rotatoria.

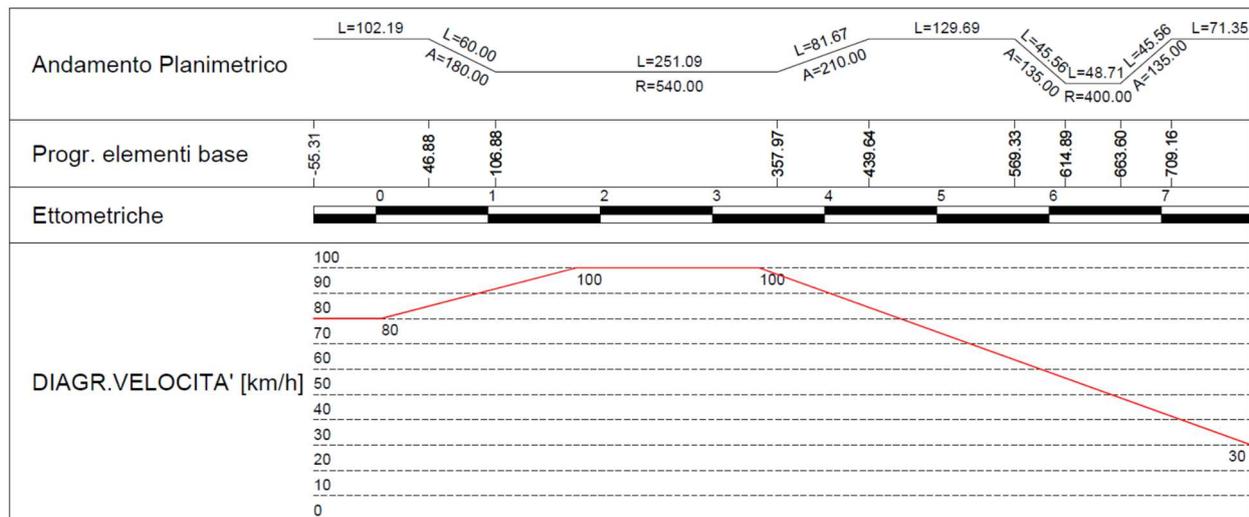


Figura 20 – Diagramma delle velocità – asse principale

In considerazione dei seguenti fatti:

- sulla SS 51 esistente vige il limite di velocità di 70 Km/h,
- il tratto in variante ha uno sviluppo relativamente ridotto (circa 800m),
- il tratto in variante termina in ambito urbano, in corrispondenza di un'intersezione a rotatoria caratterizzata da velocità di progetto pari a 30 Km/h,

il gestore Anas prevede di mantenere il limite di velocità di 70 Km/h anche sull'asse principale in progetto.

Di conseguenza il diagramma di velocità seguente, adottato per la redazione delle verifiche di visibilità sull'asse principale, considera come valore massimo di velocità di progetto 80 Km/h.

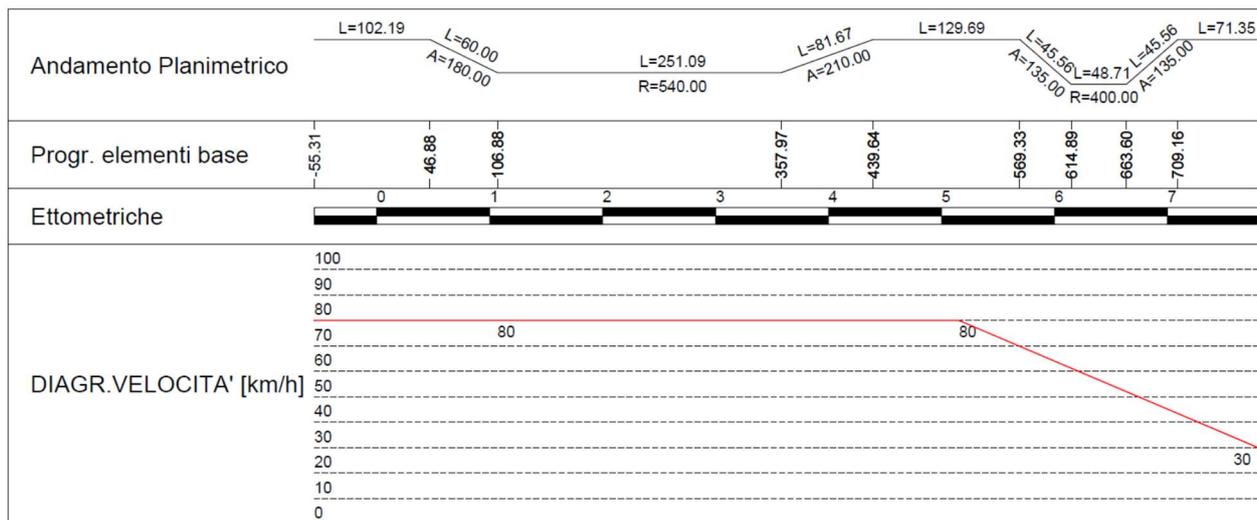


Figura 21 – Diagramma delle velocità – asse principale

### 5.2.2 VERIFICHE DI VISIBILITÀ

Le distanze di visibilità da verificare dipendono dal tipo di strada in progetto e dall'elemento di tracciato considerato. Indipendentemente però dal tipo di strada e dall'ambito (extraurbano o urbano), lungo tutto il tracciato deve essere assicurata la distanza di visibilità per l'arresto.

La distanza di visibilità per l'arresto è pari allo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizione di sicurezza davanti ad un ostacolo imprevisto.

Per distanza di visuale libera si intende la lunghezza del tratto di strada che il conducente riesce a vedere davanti a sé senza considerare l'influenza del traffico, delle condizioni atmosferiche e di illuminazione della strada.

Sull'asse principale, come si può notare dall'elaborato grafico specifico allegato al progetto, la verifica di visibilità per l'arresto è sempre soddisfatta, ovvero la distanza di visibilità per l'arresto è sempre inferiore alla distanza di visuale libera, per entrambi i sensi di marcia.

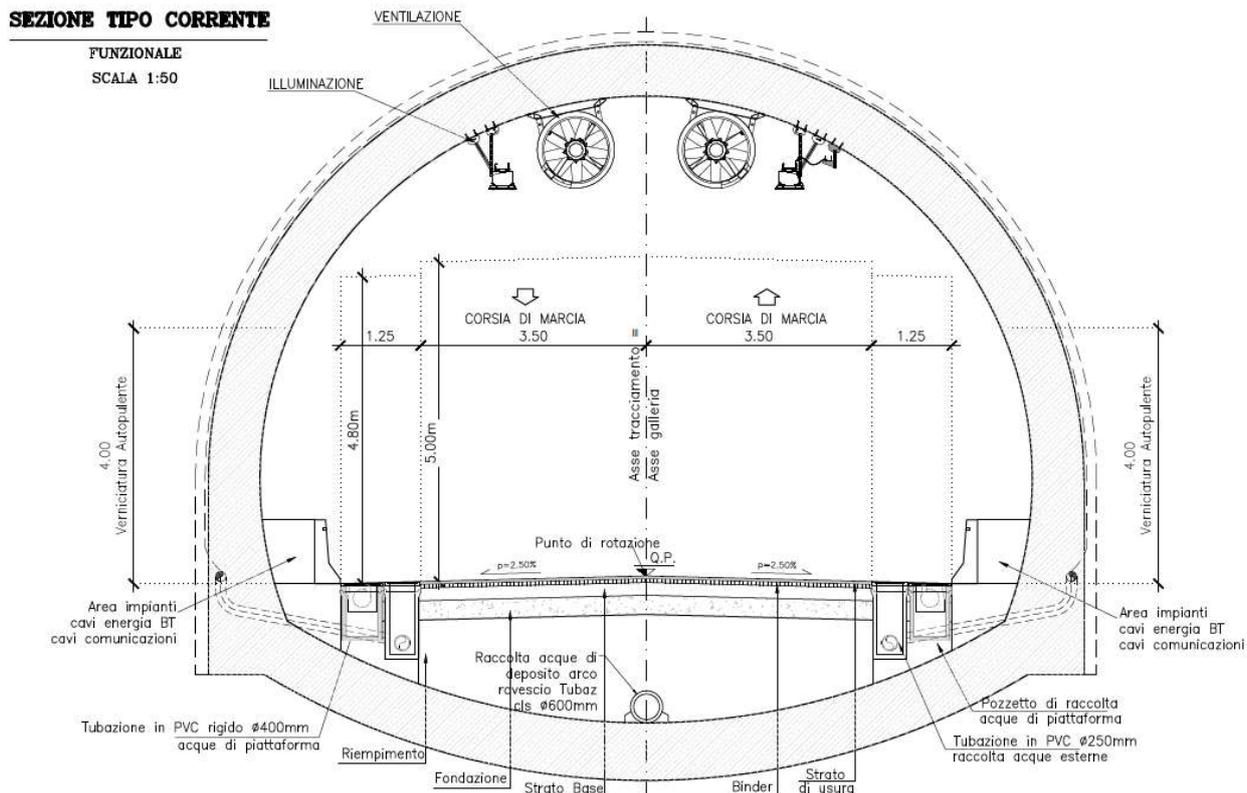
Distanza di visibilità per il sorpasso è invece pari alla lunghezza del tratto di strada occorrente per compiere una manovra di completo sorpasso in sicurezza, quando non si possa escludere l'arrivo di un veicolo in senso opposto.

Come si può notare dall'elaborato grafico specifico allegato al progetto, la verifica di visibilità per il sorpasso non è soddisfatta per circa l'80% dell'asse principale, ovvero la distanza di visibilità per il sorpasso non è inferiore alla distanza di visuale libera.

Considerando che il tracciato si sviluppa, prima in adiacenza alla corsia di diversione dello Svincolo Ovest, poi in galleria, il progetto prevede che la manovra di sorpasso sia interdetta, con l'apposita segnaletica, per entrambi i sensi di marcia di tutto l'asse principale.

### 5.3 SEZIONI TIPOLOGICHE

La sezione tipologica prevalente, è quella in galleria, rappresentata in Figura 22, senza allargamenti per visibilità, che non sono stati ritenuti necessari, durante le valutazioni progettuali effettuate.



**Figura 22 – Sezione tipologica prevalente in galleria**

Nel presente documento si riportano tutte le verifiche condotte durante la progettazione plano-altimetrica del tracciato stradale e delle intersezioni, oltre ad una sintesi descrittiva delle principali scelte progettuali operate.

## 5.4 INTERSEZIONI

### 5.4.1 SVINCOLO VALLE EST

Lo Svincolo Est è costituito dall'intersezione a circolazione rotatoria prevista allo sbocco della galleria, nel centro urbano di Valle di Cadore. La rotatoria in progetto è dotata di quattro rami per l'innesto delle seguenti viabilità:

- SS 51 in variante, ovvero l'asse PRINCIPALE,
- Viale Dolomiti, ovvero l'asse RAMO NORD,
- Via XX Settembre verso Tai di Cadore, ovvero l'asse RAMO EST,
- Via XX Settembre verso Cortina, ovvero l'asse RAMO SUD.

L'intersezione in progetto è una rotatoria di tipo "compatta" (vedi DM 19/04/2006), avendo un diametro esterno pari a 39.00m.

L'area oggetto dell'intervento attualmente è occupata da un edificio di cui è prevista la demolizione e dall'incrocio di Via XX Settembre con Viale Dolomiti. Il nuovo nodo stradale si configura quindi come un intervento di adeguamento di intersezione esistente, per il quale il D.M. 19-04-06 all'art. 2 comma 3 riporta quanto segue: *"Nel caso di interventi di adeguamento di intersezioni esistenti le norme allegate costituiscono il riferimento cui la progettazione deve tendere"*.



Figura 23 – Svincolo Valle Est

Il profilo longitudinale della rotatoria è stato studiato in modo che la stessa possa raccordare al meglio le viabilità esistenti, che hanno andamenti altimetrici diversi. Allo scopo si è definito un piano inclinato sul quale far giacere l'asse della rotatoria, che di conseguenza presenta andamento sinusoidale. Questo piano presenta quote inferiori verso il Ramo Est, quote intermedie a nord e sud e quote superiori in corrispondenza del ramo dell'Asse Principale.

Il parcheggio, in progetto tra la rotatoria e l'edificio del Municipio, è costituito da due file di stalli a pettine, stalli di dimensioni 2.50m x 5.00m, per una capacità totale di 14 posti auto, più uno riservato ai diversamente abili.

Ulteriori 4 stalli auto sono collocati a fianco del fabbricato tecnologico a servizio della galleria.

---

#### 5.4.2 SVINCOLO VALLE OVEST

Lo Svincolo Ovest è costituito dalle due seguenti opere stradali:

- Corsia di Uscita,
- Corsia di Ritorno.

La prima è la corsia specializzata per la diversione dalla SS 51, per i veicoli proveniente da Cortina, verso Via Tiziano, all'ingresso del centro urbano di Valle di Cadore.

La Corsia di Ritorno recepisce invece la richiesta, ricevuta dalla conferenza dei servizi, di predisporre in Via Tiziano, nei pressi dell'imbocco ovest della galleria, un parcheggio e lo spazio necessario per l'inversione di marcia dei veicoli che provengono dal centro abitato di Valle di Cadore. Per questo flusso di traffico, infatti, il tratto di Via Tiziano compreso tra l'incrocio con Via Vallesina e la Corsia di Uscita, nel progetto si configura come strada senza uscita.

La Corsia di Uscita per Via Tiziano, come definito dal DM 19/04/2006, è una corsia di diversione di tipo parallela, destinata ai veicoli che si accingono ad effettuare la manovra di svolta a destra e che consente di non arrecare eccessivo disturbo alla corrente di traffico principale, che sulla SS 51 prosegue verso l'imbocco della galleria in progetto.

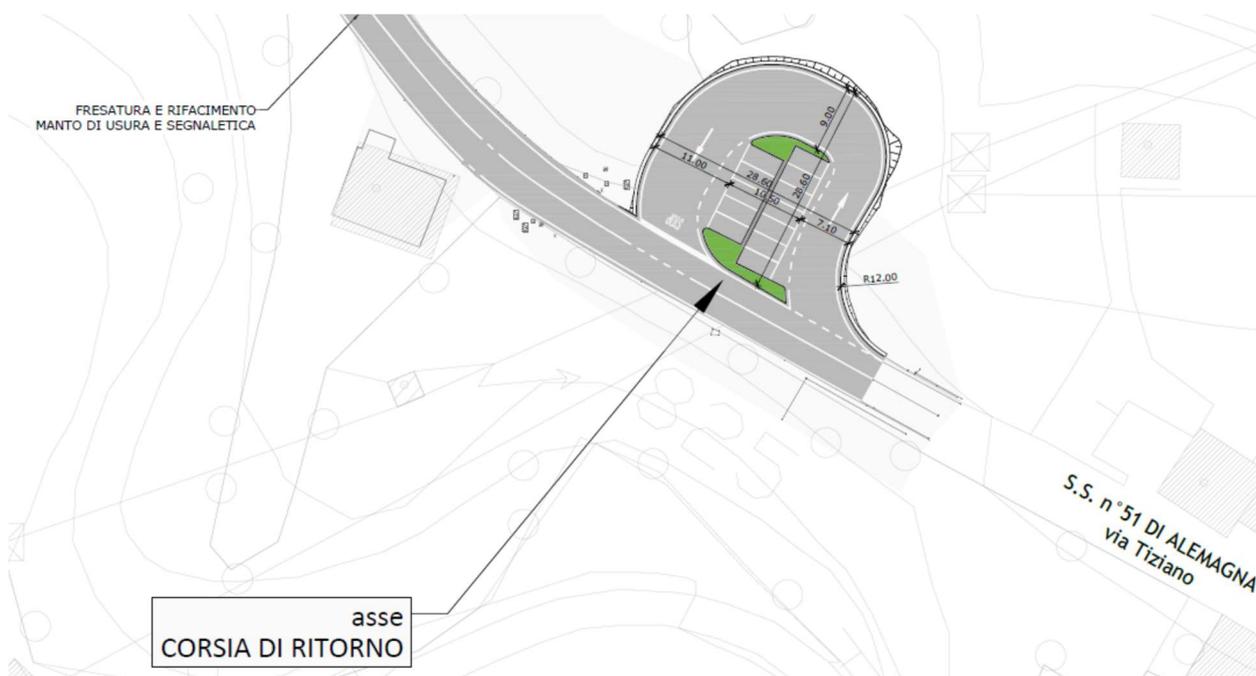
La corsia prevede un tratto di manovra e un tratto di decelerazione che si sviluppa per la sua intera lunghezza in parallelo all'asse principale, per una lunghezza non inferiore a quella minima calcolata secondo le indicazioni della normativa di riferimento.

Al tratto parallelo segue una curva destrorsa con cui il tracciato della Corsia di Uscita si stacca da quello dell'asse principale, per raccordarsi alla viabilità esistente di Vai Tiziano. La curva ha raggio 45 m e clotoidi in ingresso e uscita con parametro di scala rispettivamente pari a 31.76 e 32.93.

In corrispondenza della banchina interna della curva si è reso necessario apportare un allargamento per garantire la distanza di visibilità per l'arresto. L'allargamento ha inizio alla distanza progressiva di 27.54m, ha ampiezza massima di 1.73m alla progr. 51.16m e termina alla progr. 80.00m.

Alla Corsia di Uscita segue un tratto della SS 51 esistente a doppio senso di marcia, di lunghezza pari a circa 160m, che si collega all'intervento della Corsia di Ritorno. Lungo questo tratto stradale si prevede una fresatura superficiale della pavimentazione esistente, in modo da posare un nuovo manto di usura in conglomerato bituminoso da 3 cm e poi realizzare la segnaletica orizzontale e verticale di progetto.

La Corsia di Ritorno è la parte d'opera prevista sulla lato nord di Via Tiziano, nei pressi dell'imbocco ovest della galleria, costituita da una corsia monosenso necessaria per l'inversione di marcia dei veicoli che provengono dal centro abitato di Valle di Cadore e da un parcheggio ricavato all'interno dell'area creata dal tracciato curvilineo della corsia stessa.



**Figura 24 – Spazio di inversione di marcia dei veicoli**

La pavimentazione stradale della Corsia di Ritorno ha larghezza variabile da 7.10 a 11.00 m, in funzione dello spazio di manovra di svolta occupato da un autobus per il trasporto pubblico locale.

Il parcheggio è costituito da due file di stalli a pettine, stalli di dimensione 2.50m x 5.00m, per una capacità totale di 12 posti auto. Le due file di stalli sono separate tra loro da un cordolo non sormontabile largo 0.50m e da isole di traffico sugli estremi nord e sud.

Le dimensioni totali dell'area di progetto sono di circa 26.60m x 28.60m.

## 5.5 SEGNALETICA

Il progetto della segnaletica stradale orizzontale e verticale è stato condotto in osservanza del "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada" (D.P.R. 16 Dicembre 1992, n°495, aggiornato e integrato dal D.P.R. 16 Settembre 1996, n°610).

Prescrizioni tecniche della segnaletica verticale: i pannelli si intendono in lamiera di alluminio dello spessore di mm 25/10 sciolata e rinforzata ed interamente rivestita nella parte anteriore con pellicola retroriflettente di classe 2<sup>^</sup>.

I sostegni per i segnali ordinari si intendono con forma tubolare in metallo zincato a caldo con diametro pari a 90 mm.

Prescrizioni tecniche della segnaletica orizzontale: la segnaletica orizzontale si intende eseguita con vernice rifrangente di colore bianco.

## 5.6 BARRIERE DI SICUREZZA

La tipologia dei dispositivi da adottare è stata individuata secondo quanto previsto dal DM 18 febbraio 1992, n.223 e s.m.i. In particolare, si è fatto riferimento all'ultimo aggiornamento del 21 giugno 2004 e, partendo dai criteri di scelta dei dispositivi in esso contenuti, si sono individuate le zone da proteggere e le tipologie da adottare. Si è altresì tenuto conto delle norme EN 1317 recepite dallo stesso DM 21 giugno 2004, per definire le caratteristiche prestazionali delle barriere.

Lo studio del traffico è consistito nel fare una media dei TGM derivanti dai dati ANAS della postazione di Valle di Cadore, relativi agli anni 2017-2018-2019; questo dato è stato attualizzato (con incremento annuo del 1.5%) alla presunta data di apertura della strada e poi incrementato tenendo conto di una vita utile della pavimentazione di 20 anni. La percentuale di veicoli pesanti è stata calcolata sempre con riferimento alla media degli anni 2017-2018-2019, con riferimento ai dati ANAS sopra citati. Il risultato dello studio permette di definire, per il tratto in progetto, un TGM di 7300 veicoli, con una percentuale di mezzi pesanti di 7%.

Per il dimensionamento dei dispositivi di ritenuta si è quindi considerato il traffico di tipo II, caratterizzato da una percentuale di veicoli pesanti superiore a 5% e al massimo pari al 15%.

Tipo di traffico	TGM	% Veicoli con massa >3,5 t
I	≤1000	Qualsiasi
I	>1000	≤ 5
II	>1000	5 < n ≤ 15
III	>1000	> 15

Per il TGM si intende il Traffico Giornaliero Medio annuale nei due sensi.

**Tabella 6: valori di TGM dell'infrastruttura in oggetto**

In riferimento alla categoria di strada in oggetto, strada extraurbana secondaria (tipo C) ed al tipo II di traffico, ai sensi dell'art.6 del citato D.M. le caratteristiche prestazionali minime da adottare sono la classe H1 bordo laterale e la classe H2 bordo ponte, come riporta la relativa tabella A:

Tabella A – Barriere longitudinali

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte <sup>(1)</sup>
Autostrade (A) e strade extraurbane principali(B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4 <sup>(2)</sup>	H2-H3 <sup>(2)</sup>	H3-H4 <sup>(2)</sup>
Strade extraurbane	I	H1	N2	H2
secondarie(C) e Strade urbane di scorrimento (D)	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3
Strade urbane di quartiere (E) e strade locali(F).	I	N2	N1	H2
	II	H1	N2	H2
	III	H1	H1	H2

**Tabella 7: barriere stradali di progetto**

Per quanto concerne le zone di svincolo, si ipotizza la stessa composizione di traffico dell'asse principale e, conseguentemente, le stesse tipologie di barriere, anche in relazione al fatto che, essendo le rampe dotate di corsie di decelerazione, è opportuno avere la continuità della barriera adottata sul tratto parallelo che si sviluppa sull'asse principale.

L'installazione della barriera di classe H1, non essendo disponibile la tipologia Anas relativa, avrebbe comportato la discontinuità del profilo salva motociclisti presente in tutte le tipologie Anas, con specifico riferimento ad alcuni tratti in esterno curva come desumibile dagli elaborati planimetrici; l'ipotesi di prevedere un dispositivo da reperire sul mercato dotato di un DSM compatibile con quello della barriera Anas avrebbe comportato una forte incertezza, stante l'attuale assai modesto parco barriere dotate di tale accortezza. Per tale motivo è parso opportuno prevedere l'adozione della barriera bordo laterale H2 tipo Anas, sia per i motivi sopra descritti, sia in linea con quanto disposto dalla normativa che prevede l'innalzamento della classe minima, da effettuarsi sulle base di considerazioni progettuali.

Secondo quanto previsto dall'art.2 del DM 28/06/2011 riguardo l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradali, essi dovranno essere muniti di marcatura CE in conformità alla norma europea.

Nei punti di inizio e fine barriera sarà previsto l'utilizzo di idonei dispositivi terminali semplici.

Di seguito si riporta la tipologia di barriere di sicurezza utilizzate, sia per l'asse della statale che per le zone di svincolo, all'aperto:

- codifica: BLH2 (ANAS)
- destinazione: Bordo Laterale
- livello di contenimento: H2
- tipo di vincolo: infisso
- materiale: acciaio
- larghezza operativa: W5

Per il tratto in galleria invece, sono previsti dispositivi di sicurezza costituiti da profili redirettivi costituiti da elementi prefabbricati in calcestruzzo armato.

## **5.7 PAVIMENTAZIONE**

Il pacchetto di pavimentazione adottato per l'asse principale e gli svincoli è costituito dalla seguente stratificazione:

- tappeto d'usura in conglomerato bituminoso, di spessore pari a cm 4;
- strato di collegamento in conglomerato bituminoso (binder), di spessore pari a cm 6;
- strato di base in conglomerato bituminoso, di spessore pari a cm 12;
- strato di fondazione di misto granulare stabilizzato, di spessore pari a cm 30.

Per il dimensionamento degli spessori degli strati componenti la sovrastruttura e la fondazione stradale si veda la relazione specialistica.

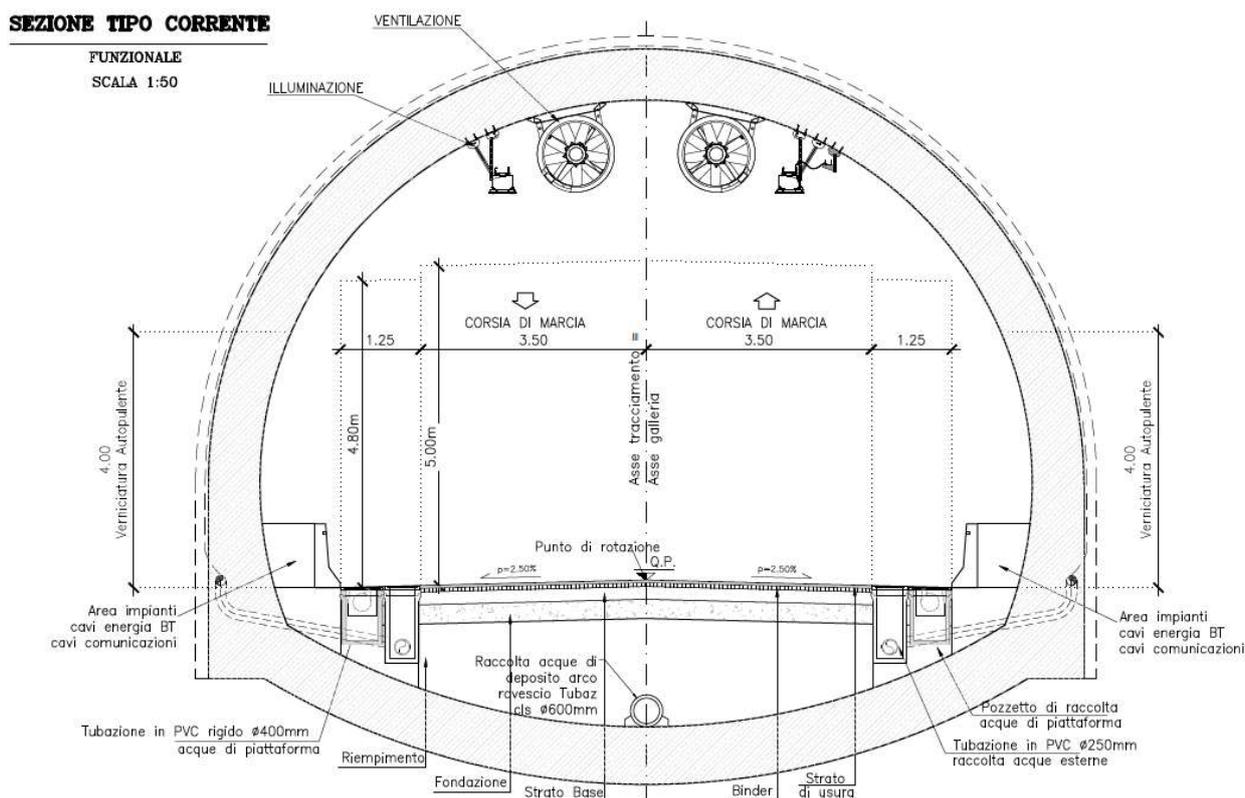
## 6 GALLERIA NATURALE

### 6.1 GALLERIA NATURALE "VALLE DI CADORE"

L'opera d'arte prevalente che verrà realizzata lungo il tracciato sarà costituita dalla Galleria "Valle di Cadore", che andrà a congiungere le due zone di svincolo e allaccio sulla S.S.51, assieme alle quali andrà a costituire la nuova infrastruttura di progetto.

La galleria è costituita da un singolo fornice bidirezionale in grado di accogliere una piattaforma stradale composta da due corsie da 3.5m più due banchine laterali di 1.25m, la presenza di un profilo re direttivo di margine permette anche di separare la sede stradale da un camminamento laterale.

La sezione tipo funzionale in galleria, per il tratto in naturale è indicata nella seguente Figura 25.



**Figura 25 - Sezione corrente della galleria tipo C2 Anas – Progetto definitivo**

La sezione di intradosso delle galleria ha raggio unico pari a circa 5.50m, e si stende per una sviluppo di circa 615m di cui 588m, circa la lunghezza del tratto in naturale, mentre i restati 27 m corrispondo ai tratti complessivi in artificiali. Nella figura di seguito si ripota la sezione funzionale della galleria

Nei paragrafi se seguito si descriveranno in dettaglio le varie parti d'opera e le relative lavorazioni

## 6.2 SEZIONI TIPOLOGICHE DI SCAVO

A valle dell'analisi dei dati risultanti dalla campagna indagini integrative 2021, associata ad una rilettura critica del materiale di base del Progetto Definitivo, sono state apportate una serie di ottimizzazioni e revisioni delle sezioni tipo di scavo previste nel PD

### 6.2.1 CRITERI DI PROGETTO DELLA GALLERIA

Nel presente paragrafo si forniscono delle indicazioni generali in merito alla metodologia progettuale utilizzata per la definizione degli interventi di consolidamento e sostegno degli scavi. In generale le modalità di avanzamento degli scavi è prevista a piena sezione secondo le tecniche dello scavo in "tradizionale": la tipologia e l'intensità dei trattamenti da applicare sul nucleo di avanzamento sono stati calibrati sulla base dell'analisi tenso - deformativa del fronte stesso secondo i criteri dell'approccio A.DE.CO.RS. .

L'apertura di una cavità in un materiale caratterizzato da un campo di tensioni naturali preesistente indisturbato, dovuto essenzialmente a carichi litostatici e a sforzi tettonici, porta ad una generale ridistribuzione degli sforzi, sia in direzione trasversale che longitudinale, con conseguente incremento delle tensioni al contorno della galleria e già oltre il fronte di scavo.

Si genera così un nuovo campo tensionale che tende a far evolvere l'ammasso intorno al cavo verso una nuova situazione di equilibrio diversa da quella naturale, dando luogo a fenomeni deformativi.

Sulla base delle conoscenze dei terreni interessati dalle gallerie, è possibile, elaborando anche le esperienze maturate in lavori analoghi, svolgere delle previsioni sul comportamento dei terreni allo scavo, necessarie alla definizione degli interventi di stabilizzazione e degli schemi di avanzamento.

Queste previsioni sono strettamente connesse con lo studio dello stato tenso-deformativo instauratosi nell'ammasso al contorno della galleria e indotto dalle operazioni di scavo.

La sequenza delle varie fasi progettuali può essere di seguito riassunta nelle quattro seguenti tappe fondamentali:

**Fase conoscitiva** che consente, attraverso un'analisi dettagliata ed un esame critico dei dati disponibili, una preliminare caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso interessato dallo scavo;

**Fase di diagnosi** nella quale analizzando i differenti gruppi geo-meccanici individuati nella fase conoscitiva ed in base ai differenti valori di copertura, si individuano delle classi di comportamento, considerando quale elemento centrale per l'analisi, la stabilità del fronte di scavo (approccio ADECO-RS):

- caso "A", fronte stabile,
- caso "B" fronte stabile a breve termine,
- caso "C" fronte instabile;

**Fase di terapia** che consente, successivamente all'individuazione delle categorie di comportamento, la definizione degli interventi progettuali più idonei da mettere in atto per garantire la stabilità globale della cavità nel breve e nel lungo termine. In questa fase sono svolte, per la verifica del comportamento del

terreno allo scavo a seguito degli interventi di consolidamento e supporto previsti e per la determinazione degli stati tenso-deformativi indotti nelle strutture, analisi sia mediante il metodo delle "linee caratteristiche", sia utilizzando modelli numerici agli elementi finiti per le sezioni di scavo ritenute maggiormente significative;

**Fase di controllo** ove sono forniti, per ciascuna sezione tipo, dei valori limite di deformazione e dei Criteri per la gestione dello scavo in galleria per l'applicazione delle stesse sezioni.

---

### 6.2.2 *IMPORTANZA DEL FRONTE DI SCAVO PER LA STABILITÀ DELL'OPERA*

La valutazione di come si evolve lo stato tensionale a seguito dell'apertura di una galleria è possibile solo attraverso l'attenta analisi dei fenomeni deformativi in quanto essi ci possono dare indicazioni sul comportamento della cavità nei riguardi della stabilità a breve e a lungo termine.

In particolare, l'elemento centrale per l'analisi dell'evoluzione dei fenomeni deformativi al contorno del cavo, attraverso la quale è possibile valutare la stabilità della galleria, è il comportamento del fronte di scavo.

Tale comportamento è condizionato da:

- le caratteristiche di resistenza e deformabilità dell'ammasso connesse con le varie strutture geologiche che interessano le gallerie;
- i carichi litostatici corrispondenti alle coperture in gioco;
- la forma e le dimensioni della sezione di scavo;
- lo schema di avanzamento.

Il comportamento del fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente di tre tipi: stabile, stabile a breve termine e instabile.

#### Gallerie a fronte stabile (CASO A)

Se il fronte di scavo è stabile, ciò significa che lo stato tensionale al contorno della cavità si mantiene in campo elastico e i fenomeni deformativi osservabili sono di piccola entità e tendono ad esaurirsi rapidamente.

In questo caso anche il comportamento del cavo sarà stabile (rimanendo in campo elastico) e quindi non si rendono necessari interventi preventivi di consolidamento, se non localizzati e in misura molto ridotta; il rivestimento definitivo costituirà allora il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

#### Gallerie a fronte stabile a breve termine (CASO B)

Questa condizione si verifica quando lo stato tensionale indotto dall'apertura della cavità supera le caratteristiche di resistenza meccanica del materiale al fronte, che in tal modo non può più avere un comportamento di tipo elastico, ed assume un comportamento di tipo elasto-plastico.

I fenomeni deformativi connessi con tale ridistribuzione delle tensioni sono più accentuati che nel caso precedente e producono nell'ammasso roccioso al fronte una decompressione che porta ad una riduzione della resistenza interna causata dal fatto che localmente viene superata la resistenza di picco.

Questa decompressione può essere opportunamente controllata e regimata con adeguati interventi di preconsolidamento al fronte e/o di consolidamento al contorno del cavo. In tal caso verrà fornito l'opportuno contenimento all'ammasso che potrà così essere condotto verso la stabilità, ed il rivestimento definitivo costituirà il margine di sicurezza a lungo termine.

In caso contrario lo stato tenso-deformativo potrà evolvere verso situazioni d'instabilità del cavo.

#### Gallerie a fronte instabile (CASO C)

L'instabilità progressiva del fronte di scavo è attribuibile ad una accentuazione dei fenomeni deformativi nel campo plastico, che risultano immediati e più rilevanti manifestandosi già prima ancora che avvenga lo scavo, oltre il fronte stesso. Di conseguenza tali deformazioni producono una decompressione più spinta nell'ammasso roccioso al fronte e portano ad un decadimento rapido e progressivo delle caratteristiche meccaniche d'ammasso, provocando in tal modo la mobilitazione della resistenza di fasce di terreno concentriche alla galleria e sempre più esterne, a scapito di ulteriori deformazioni inducendo quindi forme di instabilità irreversibili fino a causare il crollo della galleria.

Questo tipo di decompressione più accentuata deve essere contenuta prima dell'arrivo del fronte di scavo e richiede pertanto interventi di preconsolidamento sistematici in avanzamento che consentiranno di creare artificialmente quell'effetto arco capace di evolvere la situazione verso configurazioni di equilibrio stabile.

Per la determinazione delle categorie di comportamento, occorre prendere in esame le seguenti caratteristiche:

- resistenza e deformabilità dell'ammasso connesse con le varie strutture geologiche che interessano le gallerie;
- i carichi litostatici corrispondenti alle coperture in gioco;
- la forma e le dimensioni della sezione di scavo;

---

#### **6.2.3 SPECIFICHE TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEGLI SCAVI**

Per quanto riguarda l'esecuzione degli scavi, sono state definite le specifiche tecniche per l'esecuzione degli stessi, per il dettaglio delle quali si rimanda alla visione della Relazione Tecnica e di Calcolo della Galleria Naturale T00GN01STRRE01.

Le principali fasi individuate sono le seguenti:

- Abbattimento del fronte di scavo
- Rivestimento di prima fase con spritz-beton e centine metalliche
- Interventi di pre-consolidamento
- Interventi di pre-contenimento

#### 6.2.4 DESCRIZIONE DELLE SEZIONI TIPO PREVISTE PER L'AVANZAMENTO DEGLI SCAVI

A valle dell'analisi dei dati risultanti dalla campagna indagini integrative 2021, associata ad una rilettura critica del materiale di base del Progetto Definitivo, sono state apportate una serie di ottimizzazioni e revisioni delle sezioni tipo di scavo previste nel PD secondo indicazioni previste dall'approccio progettuale utilizzato. Di seguito si fornisce una breve descrizione delle sezioni tipo, per maggiori dettagli si rimanda agli specifici elaborati di riferimento.

#### 6.2.5 SEZIONE B1V

La sezione di scavo B1V, è prevista in contesti geomeccanici caratterizzati dalla presenza di materiale litoide con uno strato di fratturazione che interessa la porzione del cervello della calotta, mentre il fronte di presente con strutture beanti tali da non generare instabilità locali del nucleo di scavo.

A tale scopo si è previsto solo il pre- sostegno della calotta mediante infilaggi metalli con acciaio del diametro 108mm ( sp=12mm), lunghezza 18 m, per un numero complessivo di 27.

A seguito di ciascuno sfondo, si eseguirà uno strato di spritz-beton di spessore pari a 5 cm. Lo spritz beton a fine scavo oltre che a un presidio per la sicurezza delle maestranze una condizione per garantire la stabilità del fronte durante l'esecuzione dei consolidamenti.

Le centine metalliche previste a sostegno degli scavi saranno disposte a contatto con infilaggi metallici e ricoperte da uno strato di spritz beton rinforzato. Il rivestimento definitivo in cls armato sarà caratterizzato da uno spessore di calotta variabile tra 60 e 115 cm, mentre l'arco rovescio da uno spessore pari a 70cm. Il getto del rivestimento definitivo sarà regolato in funzione del comportamento deformativo del cavo. In dettaglio la distanza di getto arco rovescio-murette / fronte di scavo dovrà essere al minimo variabile tra 12 e 15 m qualora le deformazioni rilevate risultino maggiori del 30% rispetto a quelle attese.

Il getto del rivestimento definitivo di calotta, anch'esso regolato dalle misure di monitoraggio, dovrà essere realizzato ad una distanza non maggiore di 24 m e qualora le deformazioni rilevate risultino maggiori del 30% rispetto a quelle attese.

L'impermeabilizzazione sarà costituita da uno strato di TNT e PVC, sarà interposta tra rivestimento di prima fase e getto del rivestimento definitivo limitatamente alla porzione di calotta così come descritto negli specifici elaborati di progetto.

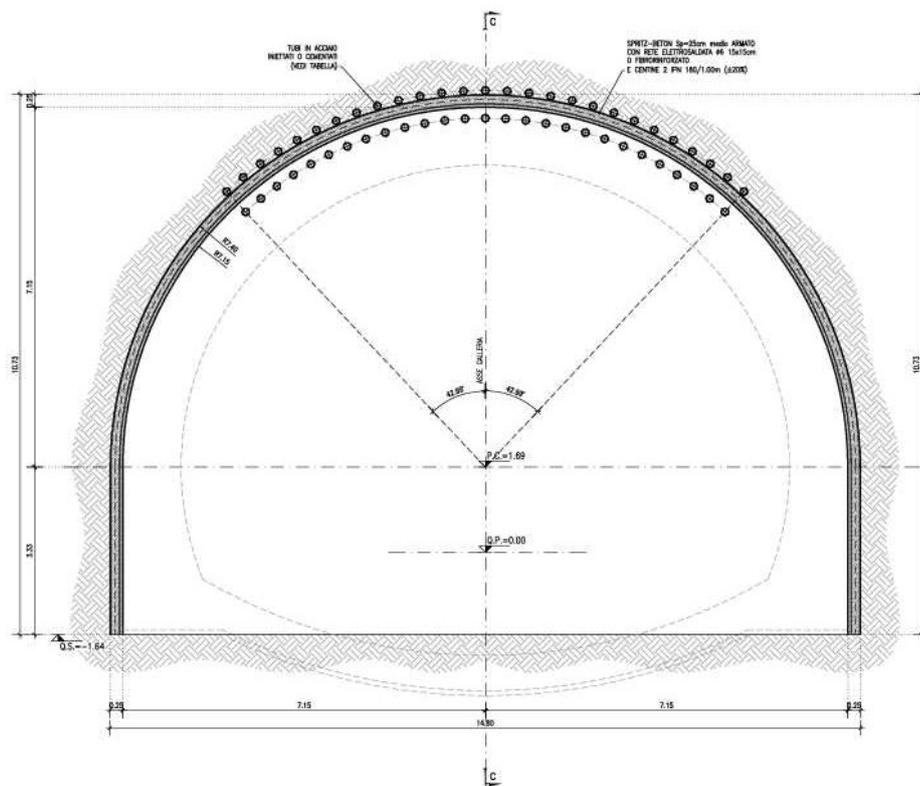


Figura 26 - Sezione di scavo tipo B1V – Sezione trasversale

### 6.2.6 SEZIONE B2V

La sezione di scavo B2V, è prevista in contesti geomeccanici caratterizzati dalla presenza di materiale litoide alterato o/e fortemente fratturato intercalato da frazioni di natura argillosa o limo/sabbiosa.

A tale scopo si è previsto solo il pre- sostegno della calotta mediante infilaggi metalli con acciaio del diametro 108mm ( sp=12mm), lunghezza 18 m, per un numero complessivo di 34, invece in corrispondenza del nucleo di avanzamento è previsto un consolidamento mediante tubi in VTR (d=40-60mm) della lunghezza di 18m per un totale di 45 elementi.

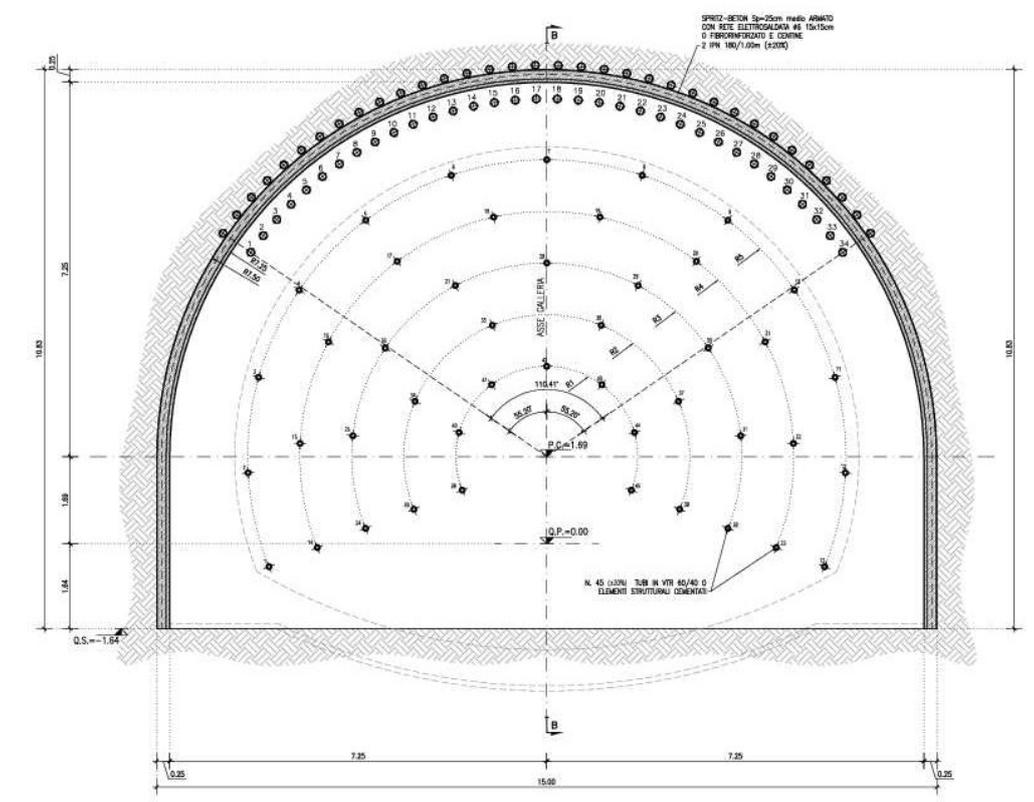
A seguito di ciascuno sfondo, si eseguirà uno strato di spritz-beton di spessore pari a 5 cm. Lo spritz beton a fine scavo oltre che a un presidio per la sicurezza delle maestranze una condizione per garantire la stabilità del fronte durante l'esecuzione dei consolidamenti.

Le centine metalliche previste a sostegno degli scavi saranno disposte a contatto con infilaggi metallici e ricoperte da uno strato di spritz beton rinforzato per un totale teorico di circa 25 cm. Il rivestimento definitivo in cls armato sarà caratterizzato da uno spessore di calotta variabile tra 60 e 125 cm, mentre l'arco rovescio da uno spessore pari a 70cm. Il getto del rivestimento definitivo sarà regolato in funzione del comportamento deformativo del cavo. In dettaglio la distanza di getto arco rovescio-murette / fronte di

scavo dovrà essere al minimo variabile tra 12 e 15 m qualora le deformazioni rilevate risultino maggiori del 30% rispetto a quelle attese.

Il getto del rivestimento definitivo di calotta, anch'esso regolato dalle misure di monitoraggio, dovrà essere realizzato ad una distanza non maggiore di 24/36 m e qualora le deformazioni rilevate risultino maggiori del 30% rispetto a quelle attese.

L'impermeabilizzazione sarà costituita da uno strato di TNT e PVC, sarà interposta tra rivestimento di prima fase e getto del rivestimento definitivo limitatamente alla porzione di calotta così come descritto negli specifici elaborati di progetto.



**Figura 27 - Sezione di scavo tipo B2V – Sezione trasversale**

### 6.2.7 SEZIONE C1V

La sezione di scavo C1V, è prevista in contesti geomeccanici caratterizzati dalla presenza di materiale costituito da un'alternanza di argille limose, con presenza di eventuali sacche di materiale sabbioso, ed intercalazione di elementi litoidi di dimensioni decimetriche.

A tale scopo si è previsto solo il pre- sostegno della calotta mediante infilaggi metalli con acciaio del diametro 108mm ( sp=12mm), lunghezza 18 m, per un numero complessivo di 38, intergati con preconsolidamento al contorno mediante 50 nuove tubi in VTR (d=40-60mm) valvolati (2vlv/m).

Sul nucleo di avanzamento è previsto un consolidamento mediante tubi in VTR (d=40-60mm) della lunghezza di 18m per un totale di 55 elementi.

A seguito di ciascuno sfondo, si eseguirà uno strato di spritz-beton di spessore pari a 5 cm. Lo spritz beton a fine scavo oltre che a un presidio per la sicurezza delle maestranze una condizione per garantire la stabilità del fronte durante l'esecuzione dei consolidamenti.

Le centine metalliche previste a sostegno degli scavi saranno disposte a contatto con infilaggi metallici e ricoperte da uno strato di spritz beton rinforzato per un totale teorico di circa 25 cm. Il rivestimento definitivo in cls armato sarà caratterizzato da uno spessore di calotta variabile tra 60 e 125 cm, mentre l'arco rovescio da uno spessore pari a 70cm. Il getto del rivestimento definitivo sarà regolato in funzione del comportamento deformativo del cavo. In dettaglio la distanza di getto arco rovescio-murette / fronte di scavo dovrà essere al minimo variabile tra 12 e 15 m qualora le deformazioni rilevate risultino maggiori del 30% rispetto a quelle attese.

Il getto del rivestimento definitivo di calotta, anch'esso regolato dalle misure di monitoraggio, dovrà essere realizzato ad una distanza non maggiore di 24/36 m e qualora le deformazioni rilevate risultino maggiori del 30% rispetto a quelle attese.

L'impermeabilizzazione sarà costituita da uno strato di TNT e PVC, sarà interposta tra rivestimento di prima fase e getto del rivestimento definitivo limitatamente alla porzione di calotta così come descritto negli specifici elaborati di progetto.

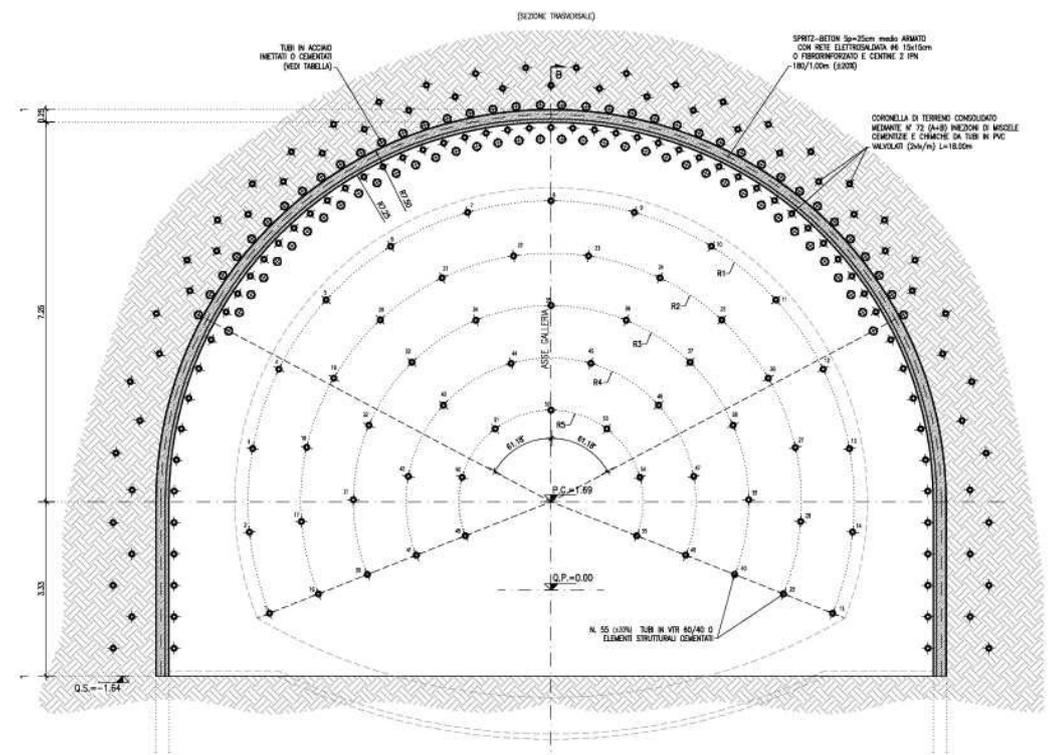


Figura 28 - Sezione di scavo tipo C1V – Sezione trasversale

### 6.2.8 SEZIONE C2JTG

La sezione di scavo C2JTG, è prevista in contesti geomeccanici caratterizzati in prevalenza da materiale sciolto (quali sabbie limose e ghiaie) e in presenza di eventuali intercalazione con materiale coesivo limo/argilloso.

A tale scopo si è previsto il pre- sostegno della calotta mediante 61 colonne in jet grouting di diametro 600mm tra loro compenstrate per una distanza non minore di 20cm. Tra le colonne in calotta è prevista l'esecuzione di tubi in acciaio interposti tra due colonne contigue al fine di garantire la tenuta della colonna durante le fasi di abbastimento del fronte di scavo, per i dettagli in merito agli elementi metallici si rimanda agli specifici elaborati. Al fine di garantire la stabilità del piano di appoggio delle centine si sono previsti ulteriori trattamenti con colonne in jet grouting di diametro 600mm da realizzarsi nella parte bassa del piano di scavo al di sotto del futuro piano di appoggio del piede centina. La tenuta del nucleo di avanzamento è garantita per mezzo di un consolidamento realizzato mediante microcolonne in jet grouting di diametro 300mm armate con tubi in VTR (d=60/40mm).

A seguito di ciascuno sfondo, si eseguirà uno strato di spritz-beton di spessore pari a 5 cm. Lo spritz beton a fine scavo oltre che a un presidio per la sicurezza delle maestranze una condizione per garantire la stabilità del fronte durante l'esecuzione dei consolidamenti.

Le centine metalliche previste a sostegno degli scavi saranno disposte a contatto con infilaggi metallici e ricoperte da uno strato di spritz beton rinforzato per un totale teorico di circa 25 cm. Il rivestimento definitivo in cls armato sarà caratterizzato da uno spessore di calotta variabile tra 60 e 125 cm, mentre l'arco rovescio da una spessore pari a 90cm. Il getto del rivestimento definitivo sarà regolato in funzione del comportamento deformativo del cavo. In dettaglio la distanza di getto arco rovescio-murette / fronte di scavo dovrà essere al minimo variabile tra 12 e 15 m qualora le deformazioni rilevate risultino maggiori del 30% rispetto a quelle attese.

Il getto del rivestimento definitivo di calotta, anch'esso regolato dalle misure di monitoraggio, dovrà essere realizzato ad una distanza non maggiore di 24 m e qualora le deformazioni rilevate risultino maggiori del 30% rispetto a quelle attese.

L'impermeabilizzazione sarà costituita da uno strato di TNT e PVC, sarà interposta tra rivestimento di prima fase e getto del rivestimento definitivo limitatamente alla porzione di calotta così come descritto negli specifici elaborati di progetto.

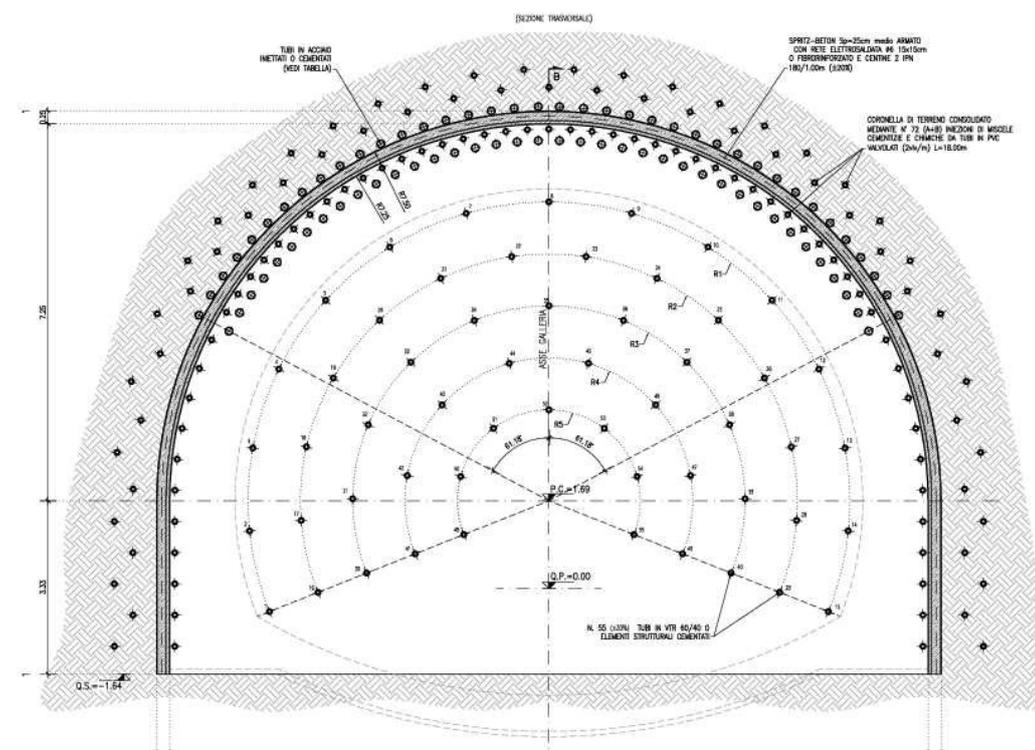


Figura 29 - Sezione di scavo tipo C2JTG – Sezione trasversale

### 6.2.9 SEZIONE C3JTG

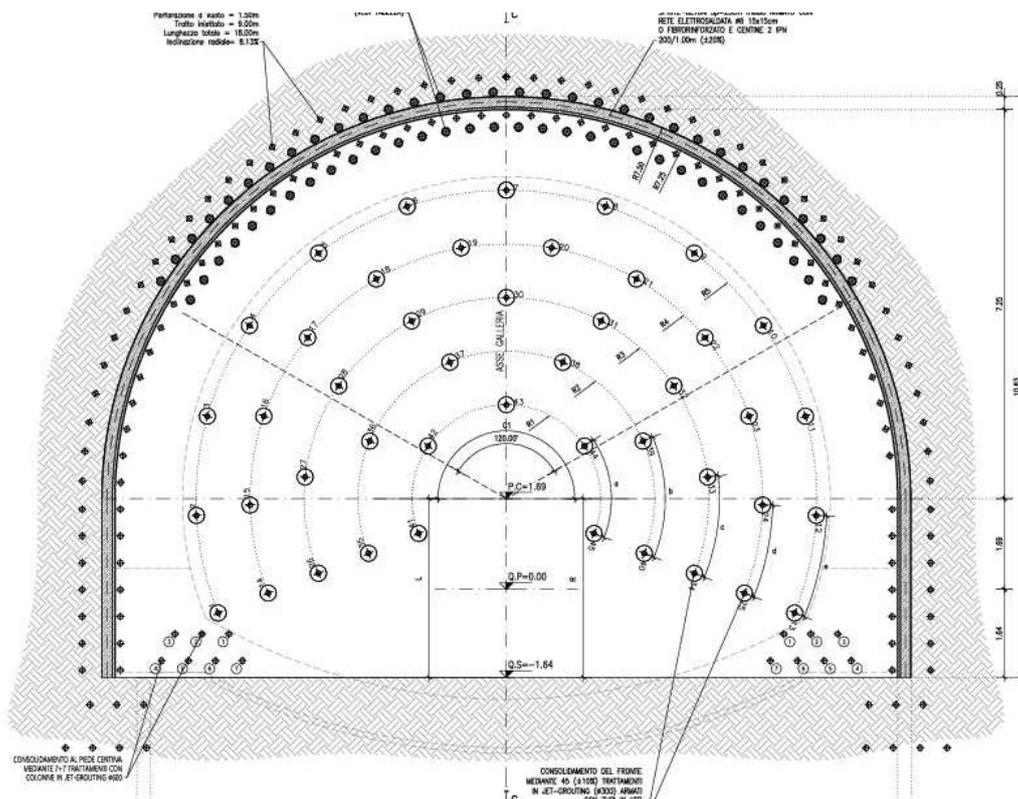
La sezione di scavo C3JTG, è prevista in contesti geomeccanici caratterizzati in prevalenza da materiale sciolto (quali sabbie limose e ghiaie) e in presenza di eventuali intercalazione con materiale coesivo limo/argilloso.

Rispetto alla sezione C2JTG i campi di scavo sono stati rimodulati in modo tale da garantire una doppia sovrapposizione del preconsolidamento realizzato al contorno dello scavo. Tale sezione sarà prevista per tanto anche in passaggi caratterizzati da preesistenze superficiali per le quali è necessario mitigare gli effetti indotti dallo scavo in superficie.

A tale scopo si è previsto il pre- sostegno della calotta mediante 61 colonne in jet grouting di diametro 600mm tra loro compenstrate per una distanza non minore di 20cm. Tra le colonne in calotta è prevista l'esecuzione di tubi in acciaio interposti tra due colonne contigue al fine di garantire la tenuta della colonna durante le fasi di abbastimento del fronte di scavo, per i dettagli in merito agli elementi metallici si rimanda agli specifici elaborati. Al fine di garantire la stabilità del piano di appoggio delle centine si sono previsti ulteriori trattamenti con colonne in jet grouting di diametro 600mm da realizzarsi nella parte bassa del piano di scavo al di sotto del futuro piano di appoggio del piede centina. La tenuta del nucleo di avanzamento è

garantita per mezzo di un consolidamento realizzato mediante microcolonne in jet grouting di diametro 300mm armate con tubi in VTR (d=60/40mm).

A seguito di ciascuno sfondo, si eseguirà uno strato di spritz-beton di spessore pari a 5 cm. Lo spritz beton a fine scavo oltre che a un presidio per la sicurezza delle maestranze una condizione per garantire la stabilità del fronte durante l'esecuzione dei consolidamenti.



**Figura 30 - Sezione di scavo tipo C3JTG – Sezione trasversale**

Le centine metalliche previste a sostegno degli scavi saranno disposte a contatto con infilaggi metallici e ricoperte da uno strato di spritz beton rinforzato per un totale teorico di circa 25 cm. Il rivestimento definitivo in cls armato sarà caratterizzato da uno spessore di calotta variabile tra 60 e 125 cm, mentre l'arco rovescio da una spessore pari a 90cm. Il getto del rivestimento definitivo sarà regolato in funzione del comportamento deformativo del cavo. In dettaglio la distanza di getto arco rovescio-murette / fronte di scavo dovrà essere al minimo variabile tra 12 e 15 m qualora le deformazioni rilevate risultino maggiori del 30% rispetto a quelle attese.

Il getto del rivestimento definitivo di calotta, anch'esso regolato dalle misure di monitoraggio, dovrà essere realizzato ad una distanza non maggiore di 24 m e qualora le deformazioni rilevate risultino maggiori del 30% rispetto a quelle attese.

L'impermeabilizzazione sarà costituita da uno strato di TNT e PVC, sarà interposta tra rivestimento di prima fase e getto del rivestimento definitivo limitatamente alla porzione di calotta così come descritto negli specifici elaborati di progetto.

### **6.3 OPERE DI IMBOCCO LATO EST**

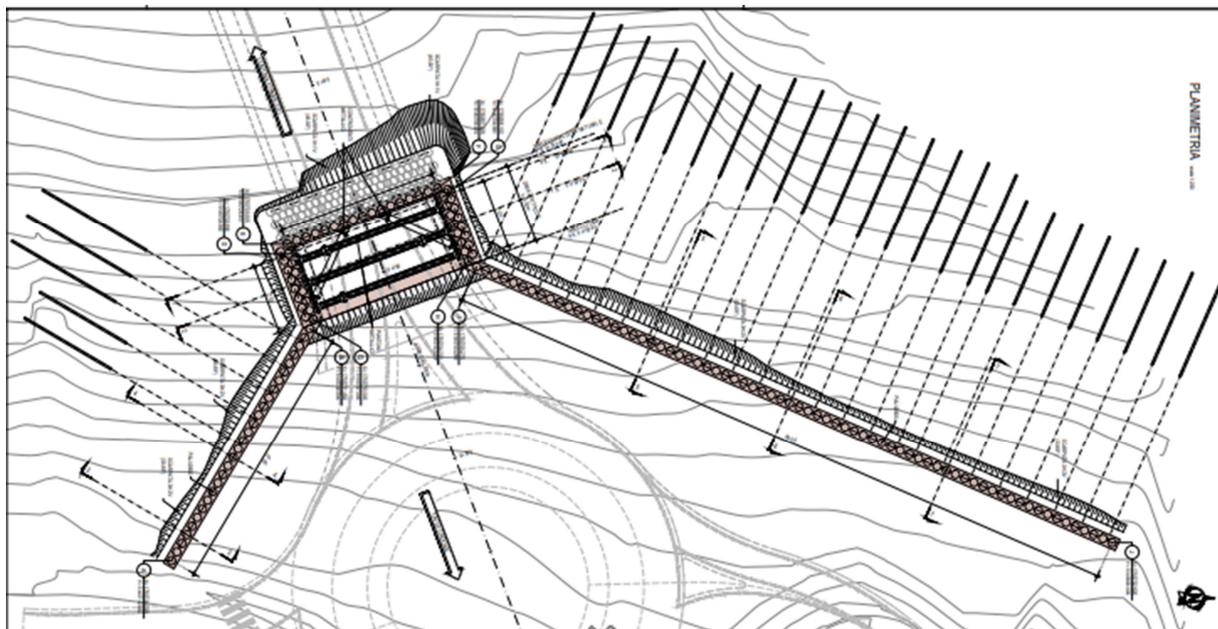
Le soluzioni progettuali sviluppate per le opere d'imbocco del presente progetto coniugano due aspetti:

- Limitare, quanto più possibile, scavi di importanti dimensioni sui versanti esistenti interessati da una modesta antropizzazione, ciò a salvaguardia sia le condizioni di stabilità originaria degli stessi sia per l'aspetto della rinaturalizzazione a lavorazioni terminate;
- Mitigare gli effetti indotti dall'esecuzione delle opere di imbocco sulle preesistenze superficiali mediante la realizzazione di una paratia "rigida" in grado di limitare i volumi di terreno interessati dalle spinte laterali.

Pertanto, in generale, la realizzazione dell'imbocco prevede l'esecuzione di una paratia di pali di medio diametro multi tirantata realizzata secondo le fasi di seguito descritte, per maggiori dettagli si rimanda agli specifici elaborati di progetto:

1. Realizzazione della piazzola di lavoro necessaria all'esecuzione della palificata e parte di trattamenti colonnari previsti a tergo delle paratie d'imbocco (pali plastici  $\phi 800$ );
2. Realizzazione dei pali  $\phi 800$  interasse 1.00m e della trave di testata e delle prime quattro file di pali plastici secondo gli schemi di progetto il ramo della paratia di imbocco sarà costituito da un tratto a forma C le cui parti laterali saranno realizzate mediante una doppia fila di pali armati in ca. Tale struttura sarà irrigidita per mezzo di contrasti in cls ed elementi diagonali realizzati con tubi metallici di diametro 600mm;
3. Realizzazione dei pali  $\phi 800$  interasse sui tratti laterali a margine della paratia frontale di imbocco;
4. Scavo parziale di ribasso per step massimi di 2m per la realizzazione degli ancoraggi con trianti a trefolo. Tale attività proseguirà fino al raggiungimento del piano di scavo previsto per la realizzazione del piazzale di imbocco. Nella porzione di paratia che accoglie in getto dell'artificiale quali elementi di sostegno dei puntoni metallici realizzati a circa 2,5m dalla trave di testata, in questa zona lo scavo procederà fino a raggiungere la quota prevista per il getto della galleria artificiale;
5. Completate le operazioni di scavo e sostegno delle paratie di imbocco si procederà alla realizzazione della DIMA prevista per una lunghezza di circa 8m che consentirà l'attacco degli scavi della galleria naturale. La DIMA, unitamente ai pali plastici realizzati in precedenza a tergo della paratia, costituisce un elemento di stabilizzazione dell'opera durante la delicata fase di inizio scavi;
6. Mentre procedono gli scavi in realazione alle indicazioni progettuali previste per il getto dell'arco rovescio e calotta, si procederà al getto della galleria in artificiale per la quale la DIMA fungerà da controcassero per la sua forma esterna;
7. Ritombamento degli scavi realizzati a tergo della paratia frontale di imbocco ed esecuzione dei pannelli di finitura sui rami di paratia laterali.

Nella figura di seguito si riporta la planimetria dell'opera di imbocco sia in fase costruttiva sia in fase definitiva



**Figura 31 – Planimetria opera di imbocco**

Di seguito si riporta una breve descrizione delle opere previste in progetto durante le diverse fasi costruttive.

### 6.3.1 GALLERIA ARTIFICIALE

Il tratto di galleria artificiale risulta essere compreso tra la pk 754,40 e 762,40 per una lunghezza complessiva di circa 8m. La galleria ha una forma policentrica con raggio di intradosso di 5,50m congruente con quello della galleria in naturale, al fine di consentire l'inserimento della piattaforma stradale che risulta allargata rispetto al tratto in naturale, per via dell'innesto in rotonda, le dimensioni eometriche sono state aumentate inserendo un tratto rettilineo in asse calotta della lunghezza di circa 1,5m. La struttura risulta essere compresa entro il tratto di paratia che include la DIMA come mostrato nella figura allegata. In giallo è indicata la carpenteria della DIMA.

Per quanto concerne gli spessori della struttura, il tratto di calotta e piedritto risulta essere variabile tra 95 cm(asse calotta) ed 80cm in corrispondenza dei paramenti reni e piedritto. L'arco rovescio invece ha uno spessore di 90cm. La struttura sarà completamente ricoperta da uno strato di terreno per un'altezza pari a circa 6m al fine di contenere il ritombamento della struttura, in corrispondenza della pk 763,40 è previsto il getto di una veletta con spessore 40cm che si innesta tra la calotta dell'artificiale e la trave di contrasto delle paratie laterali.

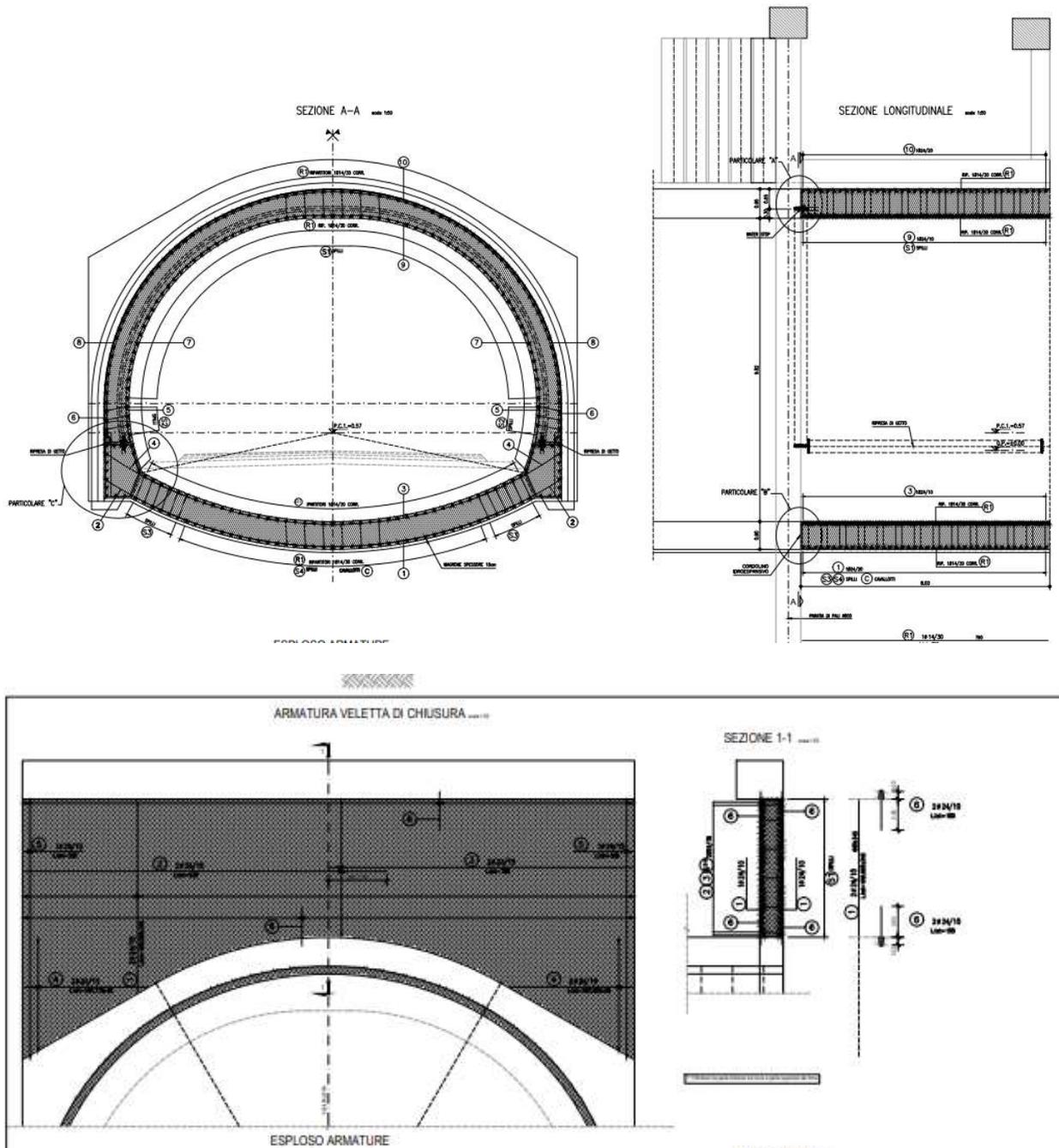


Figura 32 – Carpenteria tipologica galleria artificiale e planimetria

### 6.3.2 OPERE PROVVISORIE

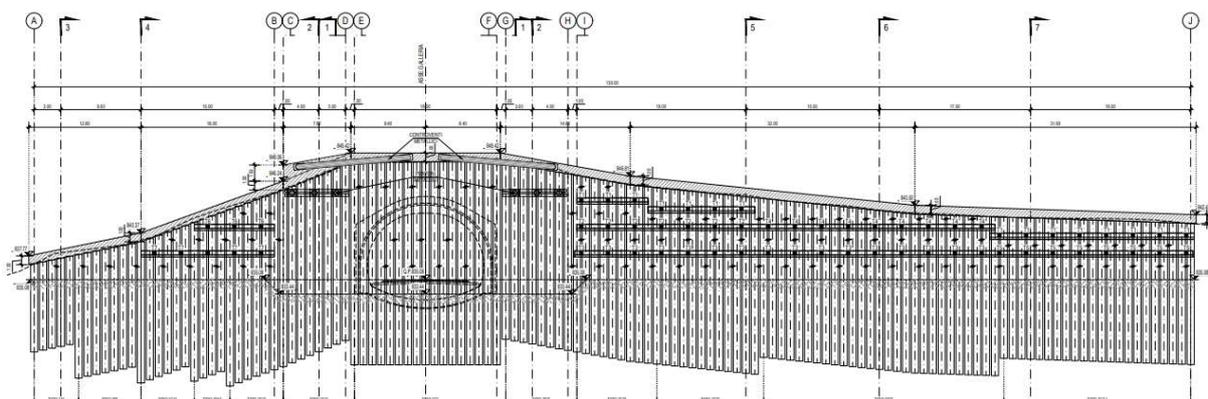
Quale opera di contenimento degli scavi è stata prevista la realizzazione di una paratia di pali, trivellati, di grande diametro ( $\phi$  800) posti a interasse 1.00m, con una altezza massima fuori terra dei pali di 14.0m circa.

Per la realizzazione della paratia si prevedono le seguenti fasi operative:

1. Realizzazione dei pali ed esecuzione della trave di testata;
2. Esecuzione dei consolidamenti della sezione di attacco a tergo della paratia mediante pali plastici secondo gli schemi di progetto;
3. Esecuzione degli scavi di ribasso per la realizzazione degli interventi di sostegno dei pali e contemporanea posa dei sistemi di ancoraggio. Tali operazioni procederanno fino al raggiungimento della quota prevista per il piazzale di imbocco;
4. Realizzazione della DIMA di attacco.

Nei tratti laterali della paratia d'imbocco il sistema di contrasto è realizzato mediante tiranti a trefoli, la sequenza operativa di scavo sarà la seguente:

1. Ribasso fino a quota -0.50m dalla quota del primo ordine di tiranti;
2. Posa in opera di uno strato di spritz beton dello spessore di 10cm, armato con rete elettrosaldata  $\phi$  6/ 15 x15cm;
3. Realizzazione del primo ordine di tiranti;
4. Realizzazione degli ordini di tiranti successivi al primo secondo le modalità descritte nelle fasi 1,2,3 sopra descritte;
5. Scavo fino al raggiungimento della quota prevista per il piazzale d'imposta delle protesi in c.a.



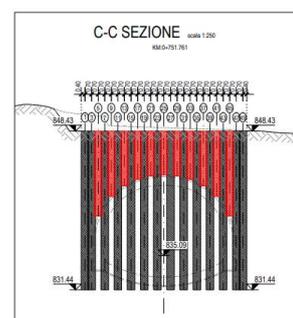
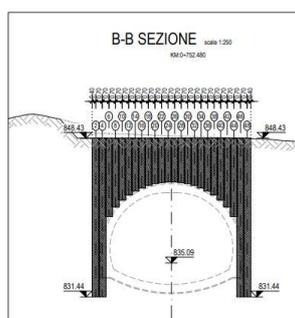
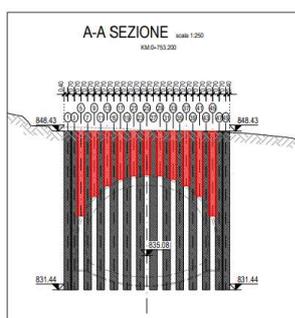
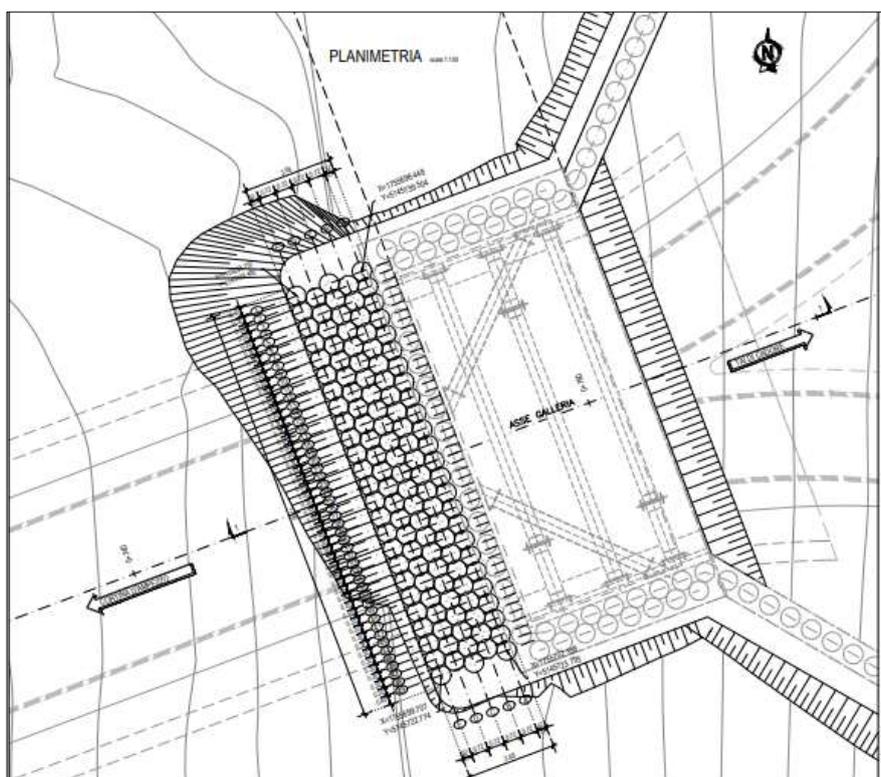
**Figura 33 – Sviluppata paratia Lato Est**

A tergo delle paratia d'imbocco è prevista l'esecuzione di trattamenti colonnari realizzati mediante pali plastici, di diametro 800 mm, disposti ad interasse 1.00m in senso longitudinale e 1.00m in senso trasversale.

Il trattamento proposto ha una duplice funzione:

- Contrasto per la paratia d'imbocco in fase di ribasso, in sostituzione dei classici sistemi con tiranti attivi, in grado di ridurre le spinte del terreno a monte dell'opera;
- Consolidamento della sezione d'attacco; il trattamento colonnare dall'alto, eseguito al contorno della futura sagoma di scavo, garantisce una maggiore efficacia di riuscita dell'intervento riducendo, altresì, la possibilità di sotto spessori nel getto del concio d'attacco.

Il trattamento previsto va a consolidare una porzione di terreno al contorno della futura sagoma di scavo per uno spessore, minimo, di circa 3.00m; nella prima e quarta fila i pali plastici arrivano, alternativamente, sino al disotto della sagoma di scavo garantendo una maggiore sicurezza delle maestranze nel momento delicato dell'attacco in naturale.



**Figura 34 – Schema trattamenti colonnari - Tipologico**

L'esecuzione dei tiranti provvisori dovrà avvenire secondo le fasi di seguito descritte:

1. Perforazione secondo la geometria di progetto;
2. Posa in opera del tirante, dotato di distanziatori e canne per la successiva iniezione del bulbo di ancoraggio;
3. Iniezione per la formazione della guaina;
4. Iniezione per la formazione del bulbo di ancoraggio secondo la lunghezza prevista in progetto;
5. Iniezione secondaria nella parte libera del tirante, tra guaina liscia e parete del foro;
6. Tesatura del tirante: prima di procedere al fissaggio della testa sarà necessario attendere la completa maturazione della miscela iniettata per il bulbo di ancoraggio, per un tempo dell'ordine di almeno 72 ore.

L'iniezione dovrà essere eseguita ad alta pressione e ripetuta con l'utilizzo di miscela cementizia C20/25. Eventualmente, in fase di scavo dell'imbocco e a valle dell'esito delle prove di accettazione, i tiranti potranno essere dotati di sacco otturatore e valvole a manchettes quando la loro inclinazione è diretta verso il basso e quando il bulbo di ancoraggio interessa una formazione di natura prevalentemente litoide.

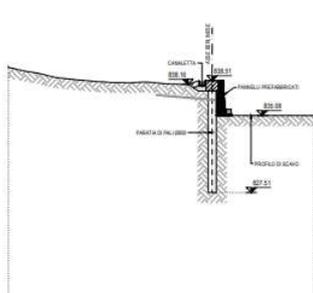
---

### 6.3.3 OPERE DEFINITIVE

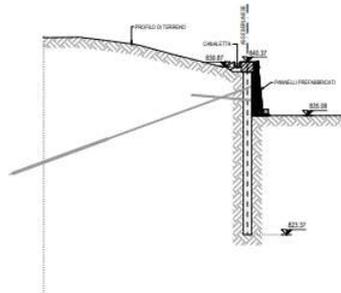
L'opera di imbocco è stata progettata in modo tale che solo il tratto di paratia in cui è alloggiata la galleria artificiale abbia un carattere provvisorio in quanto sarà completamente ritombata per ricoprire il tratto in artificiale. Il ritombamento interesserà anche la porzione degli scavi a tergo del tratto di imbocco prevedendo una conformazione tale da ricostruire la morfologia del versante. A tal proposito sarà trattato con l'idrosemina al fine di favorire l'inverdimento del terreno. I tratti laterali della paratia, non avendo spazi sufficienti per via della presenza di impianti e fabbricati tecnologici, saranno delle strutture a carattere definitivo dimensionate per un sisma con tempi di ritorno compatibili con una vita nominale di 100 anni per cui tutti gli ancoraggi a trefoli previsti nel tratto libero saranno protetti con guaina corrugata. I suddetti tratti delle paratie saranno rivestiti con pannelli prefabbricati nei quali saranno predisposti opportuni fori che consentiranno la ritesatura dei tiranti nel corso della vita utile dell'opera stessa. Nella figura di seguito si riporta un tipologico delle strutture definitive.



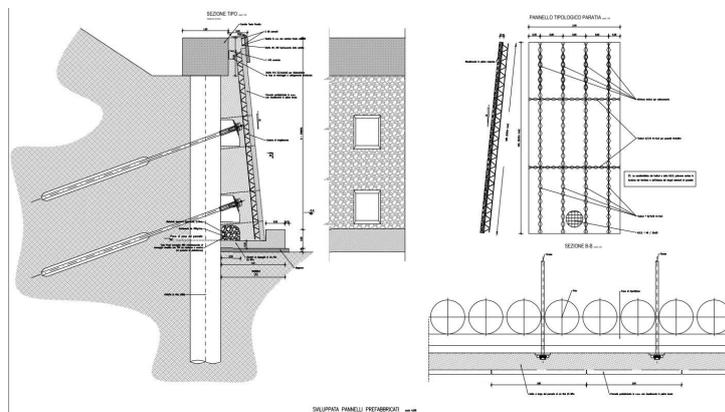
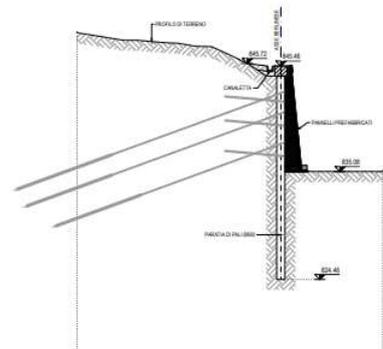
SEZIONE 3-3 anno 1/20



SEZIONE 4-4 anno 1/20



SEZIONE 5-5 anno 1/20



**Figura 35 – Sistemazione definitiva dell'imbocco**

## 6.4 OPERE DI IMBOCCO LATO OVEST

### 6.4.1 GALLERIA ARTIFICIALE

Vista la morfologia dei versanti al fine di ridurre gli scavi le opere di imbocco quali DIMA e concio di attacco sono state studiate in modo tale da realizzare in parte un tratto in artificiale che presenta una lunghezza pari a circa 8m. L'adiacente tratto terminale di galleria artificiale avente lunghezza 9m è stato studiato al fine di poter consentire il completo tombamento dei tratti di galleria suddetti e delle relative opere di imbocco. L'intradosso dei tratti in artificiali risulta essere una galleria policentrica con raggio XXX caratterizzata da uno spessore di calotte di circa 90cm, sia in calotta che in arco rovescio. Le strutture avranno un carattere definitivo dimensionate per un sisma con tempi di ritorno compatibili con una vita nominale di 100 anni. Nella figura di seguito una sezione tipologica della galleria in artificiale del concio di attacco.

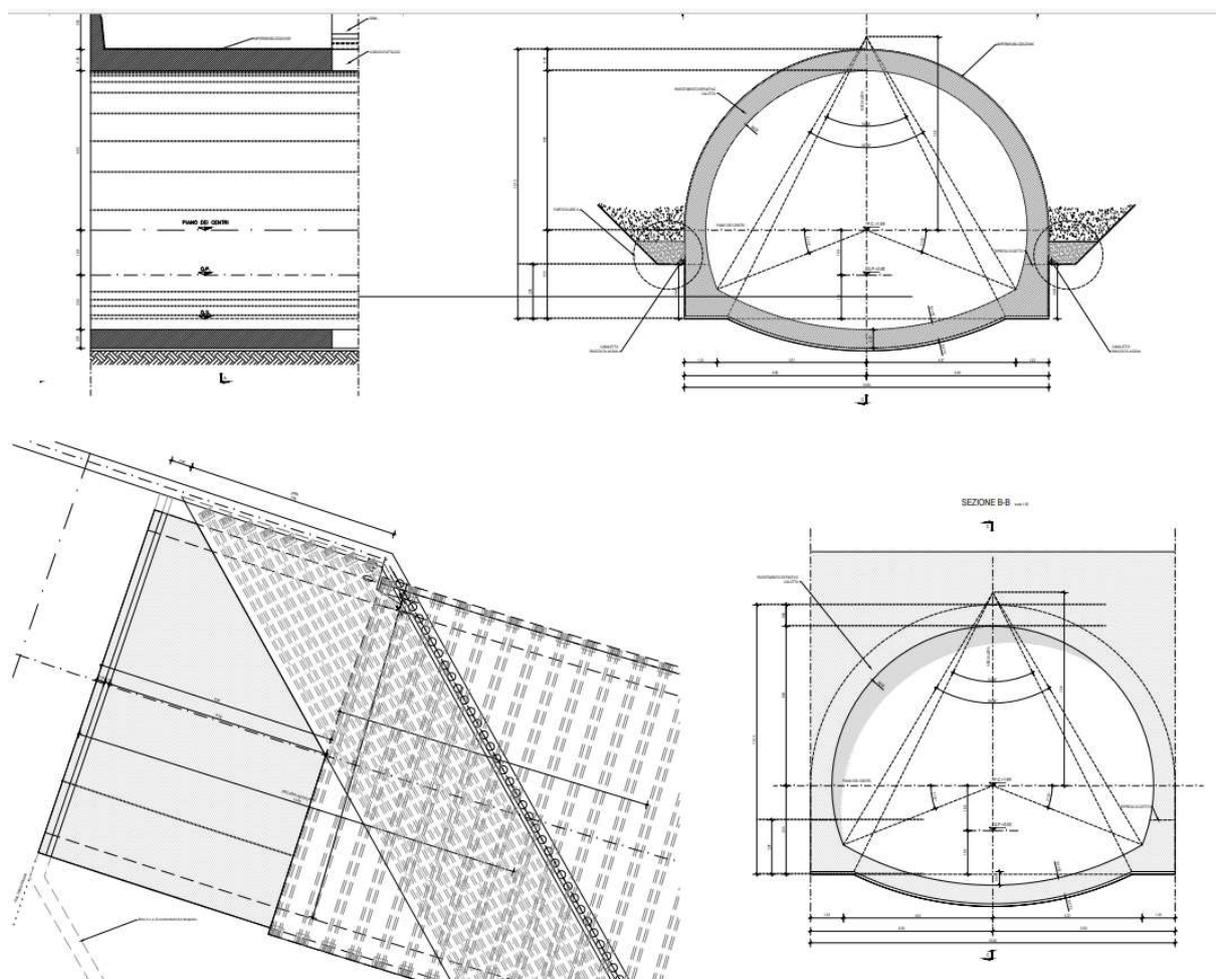


Figura 36 – Sezione tipologica galleria artificiale e concio d'attacco

#### 6.4.2 OPERE PROVVISORIE

Quale opera provvisoria per l'attacco degli scavi della galleria è stata prevista una paratia berlinese multitirantata costituita da micropali di diametro 300mm armati con un tubo in acciaio diametro 193,7mm spessore 12,5mm. Vista la morfologia del versante, molta acclive è sfruttata l'esistente viabilità per impostare la geometria degli allineamenti della paratia. In particolare l'imbocco è stato posizionato parallelamente alle curve di livello al fine di ridurre sia l'altezza della paratia e sia gli scavi necessari per la sua realizzazione. In tal modo la massima altezza fuori terra è stata ridotta rispetto al progetto originario fino ad un massimo di 14m circa. Il tratto laterale della paratia si estende per una lunghezza di circa 180m per poter accogliere la sede stradale che dalla galleria artificiale procede verso l'esterno. Nella figura allegata si riporta uno stralcio della planimetria di imbocco.

Gli scavi a tergo del tratto laterale della paratia saranno protetti da un sistema costituito da rete corticale e geostuoia ancorata per mezzo di bulloni autoperforanti da 38mm e lunghezza 9m aventi una maglia 2x2m. In una prima fase è previsto solo lo scavo della parte dell'imbocco utile alla realizzazione della DIMA e sezione di attacco degli scavi. Di fatto si prevede che in tale zona avverrà l'abbattimento dei fronti ipotizzando gli avanzamenti degli scavi dall'imbocco est verso l'Ovest. A tale scopo il completamento delle tirantature sulla porzione di paratia laterale avverrà successivamente e contestualmente alle lavorazioni previste per la realizzazione della nuova piattaforma stradale.

Per la realizzazione della paratia si prevedono le seguenti fasi operative:

1. Realizzazione dei pali ed esecuzione della trave di testata;
2. Esecuzione dei consolidamenti della sezione di attacco ;
3. Esecuzione degli scavi di ribasso per la realizzazione degli interventi di sostegno dei micropali e contemporanea posa dei sistemi di ancoraggio. Tali operazioni procederanno fino al raggiungimento della quota prevista per il piazzale di imbocco;
4. Realizzazione della DIMA di attacco;
5. Realizzazione del concio di attacco mediante la posa di centine a raggio ridotto che si intestano al di sotto della DIMA realizzata parallelamente al tratto di paratia frontale di attacco scavi.

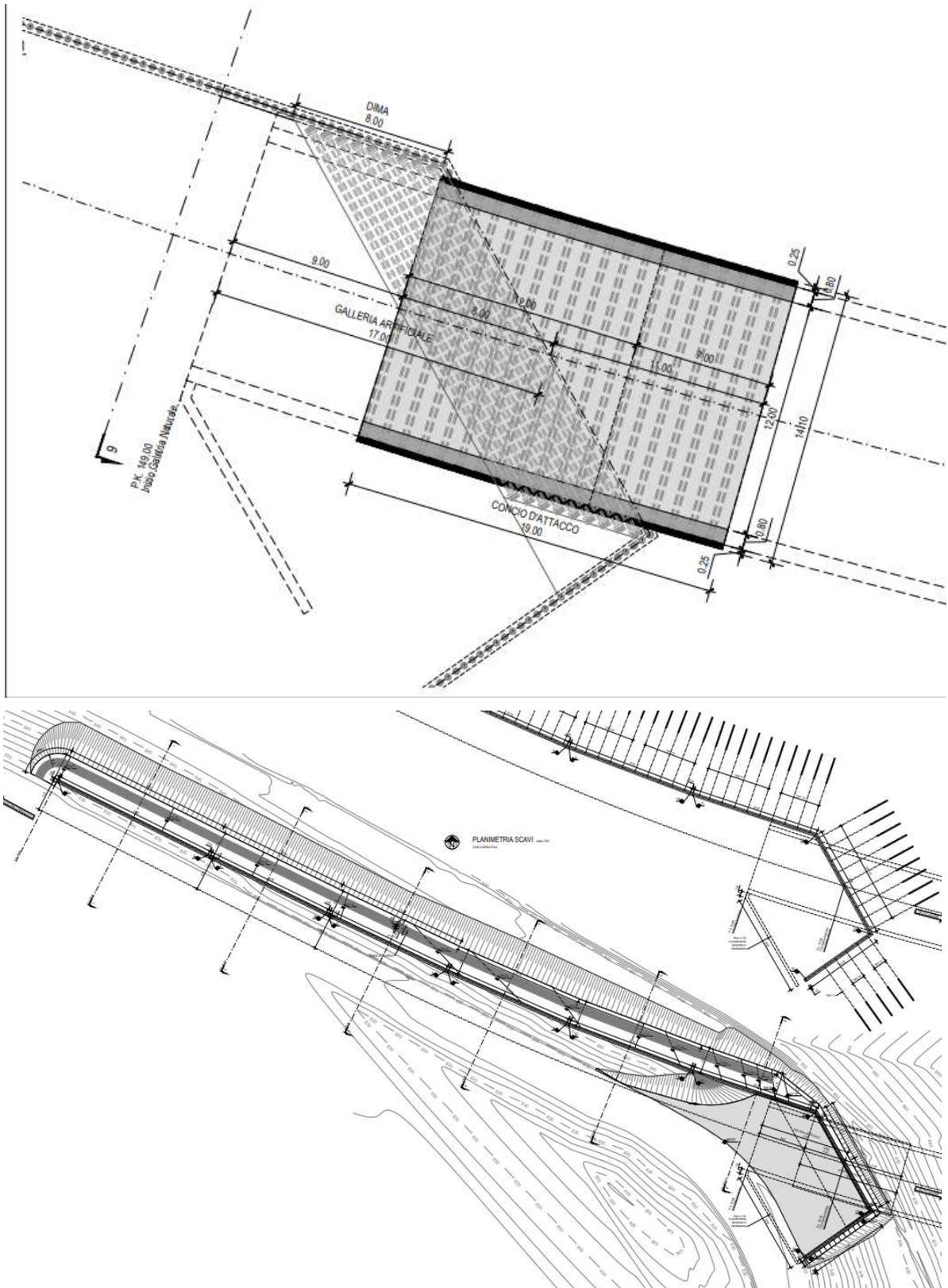


Figura 37 – Planimetria paratia lato Ovest

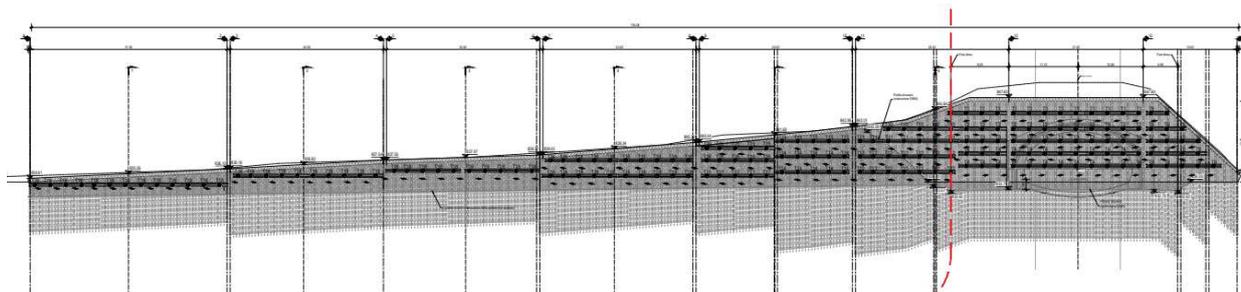
La sequenza operativa per la realizzazione degli ancoraggi avverrà secondo le seguenti fasi esecutive:

1. Ribasso fino a quota -0.50m dalla quota del primo ordine di tiranti;
2. Posa in opera di uno strato di spritz beton dello spessore di 10cm, armato con rete elettrosaldada  $\phi$  6/ 15 x15cm;
3. Realizzazione del primo ordine di tiranti;
4. Realizzazione degli ordini di tiranti successivi al primo secondo le modalità descritte nelle fasi 1,2,3 sopra descritte;
5. Scavo fino al raggiungimento della quota prevista per il piazzale d'imposta delle protesi in c.a.

L'esecuzione dei tiranti dovrà avvenire secondo le fasi di seguito descritte:

1. Perforazione secondo la geometria di progetto;
2. Posa in opera del tirante, dotato di distanziatori e canne per la successiva iniezione del bulbo di ancoraggio;
3. Iniezione per la formazione della guaina;
4. Iniezione per la formazione del bulbo di ancoraggio secondo la lunghezza prevista in progetto;
5. Iniezione secondaria nella parte libera del tirante, tra guaina liscia e parete del foro;
6. Tesatura del tirante: prima di procedere al fissaggio della testa sarà necessario attendere la completa maturazione della miscela iniettata per il bulbo di ancoraggio, per un tempo dell'ordine di almeno 72 ore.

L'iniezione dovrà essere eseguita ad alta pressione e ripetuta con l'utilizzo di miscela cementizia C20/25. Eventualmente, in fase di scavo dell'imbocco e a valle dell'esito delle prove di accettazione, i tiranti potranno essere dotati di sacco otturatore e valvole a manchettes quando la loro inclinazione è diretta verso il basso e quando il bulbo di ancoraggio interessa una formazione di natura prevalentemente litoide.

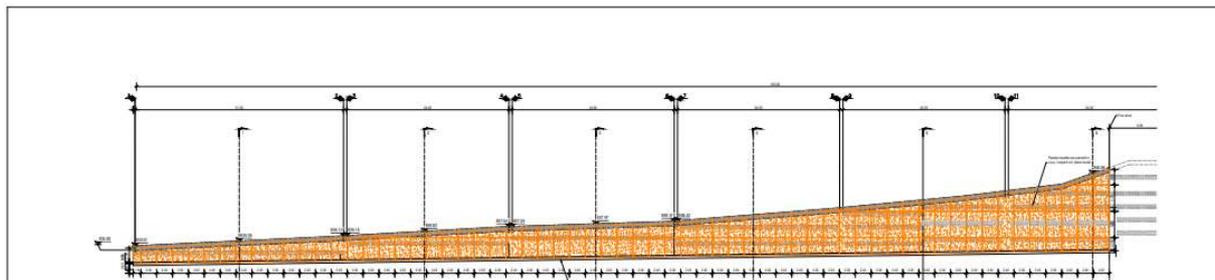
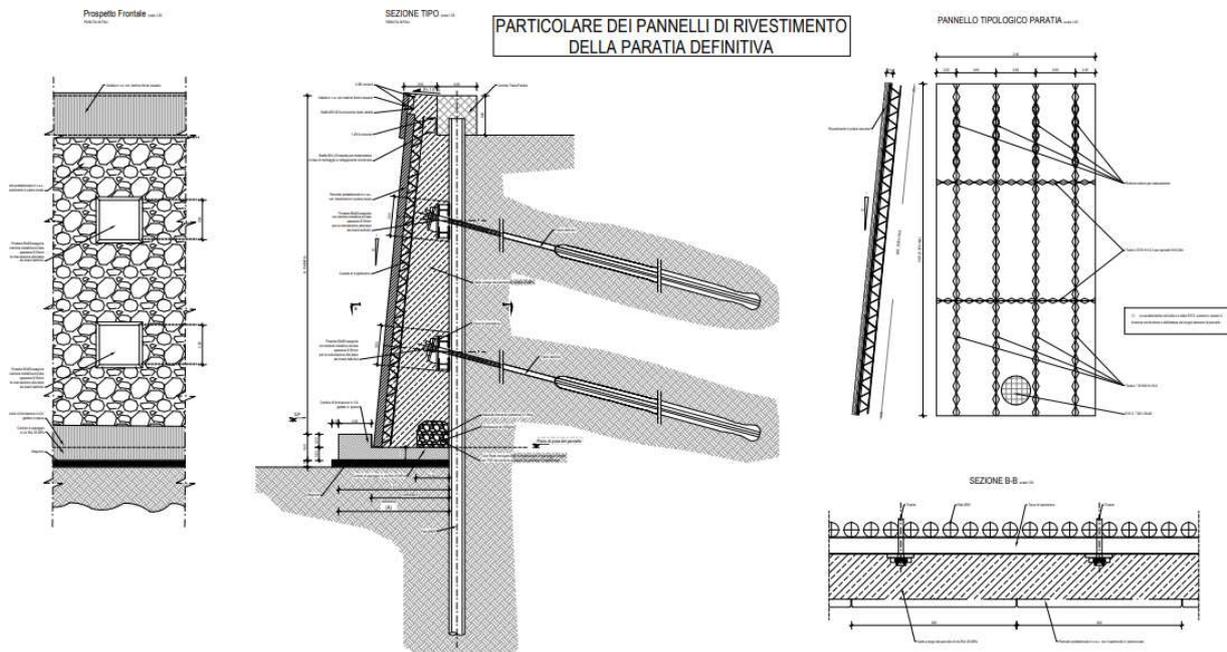


**Figura 38 – Sviluppata paratia lato Ovest**

### 6.4.3 OPERE DEFINITIVE

Come sopra ricordato il tratto in artificiale verrà completamente realizzato in modo tale da poter essere completamente tombato insieme alle pertinenti parti di paratia a tale scopo si prevede di realizzare in adiacenza al paramento sinistro dell'opera in artificiale un'opera di sostegno con lo scopo di contenere i tombamenti previsti sui tratti in artificiale. Il terreno tombato sarà trattato in superficie con idrosemina al fine





**Figura 40 – Opere definitive Imbocco Ovest**

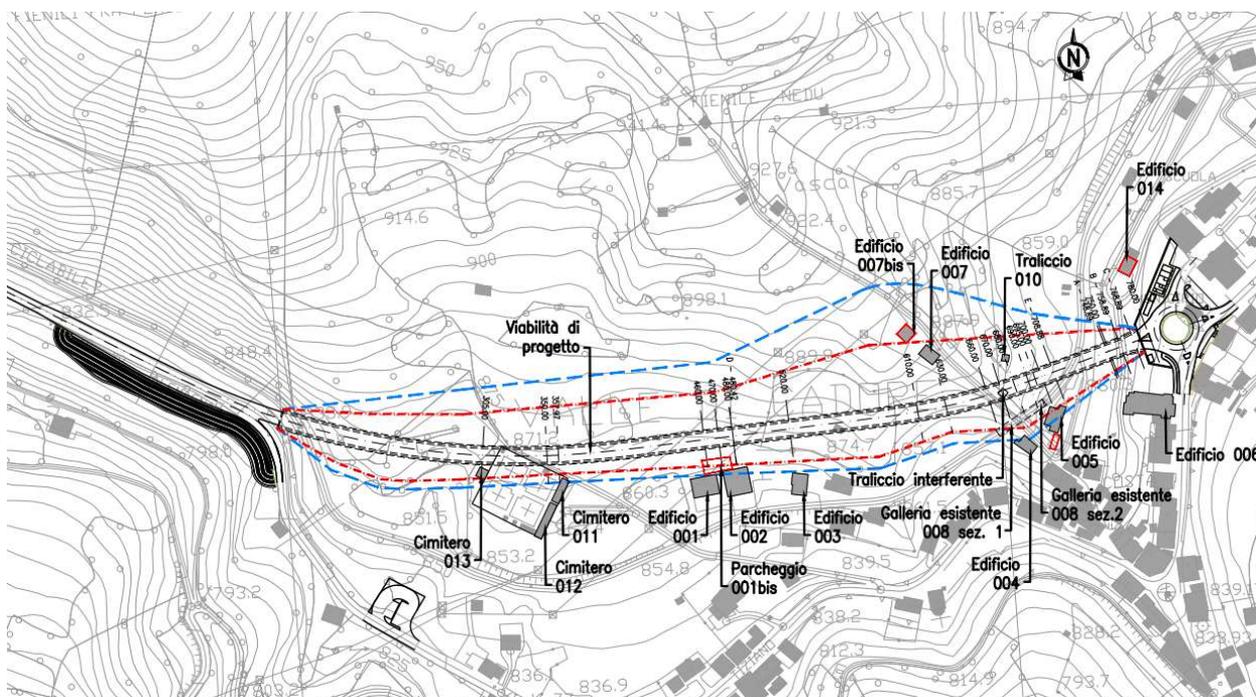
## 6.5 ANALISI EFFETTI INDOTTI

### 6.5.1 MODALITA' DI ANALISI E CATEGORIE DI DANNEGGIAMENTO

Sono state svolte le analisi degli effetti indotti sugli edifici e delle infrastrutture interferenti con le opere. Sono stati individuate le seguenti strutture, ricadenti nelle zone sottoposte a cedimento:

- Dieci edifici posti in vicinanza alla galleria naturale e contenuti nel bacino di subsidenza (Ed. 1, 1bis, 2, 3, 4, 5, 5bis, 6, 7, 7bis);
- Tre fabbricati facenti parte del cimitero di Valle di Cadore, compresi nel bacino di subsidenza della galleria Naturale (Ed. 11, 12, 13);
- Un edificio posto nella zona d'influenza degli scavi della paratia d'imbocco Est (Ed.14);
- Una galleria stradale posta nel bacino di subsidenza della galleria naturale (Id 008);
- Un traliccio delle telecomunicazioni posto nel bacino di subsidenza della galleria naturale (Id 010);

- Tre tralci della distribuzione elettrica posti nel bacino di subsidenza della galleria naturale (Id 015, 016 e 017);

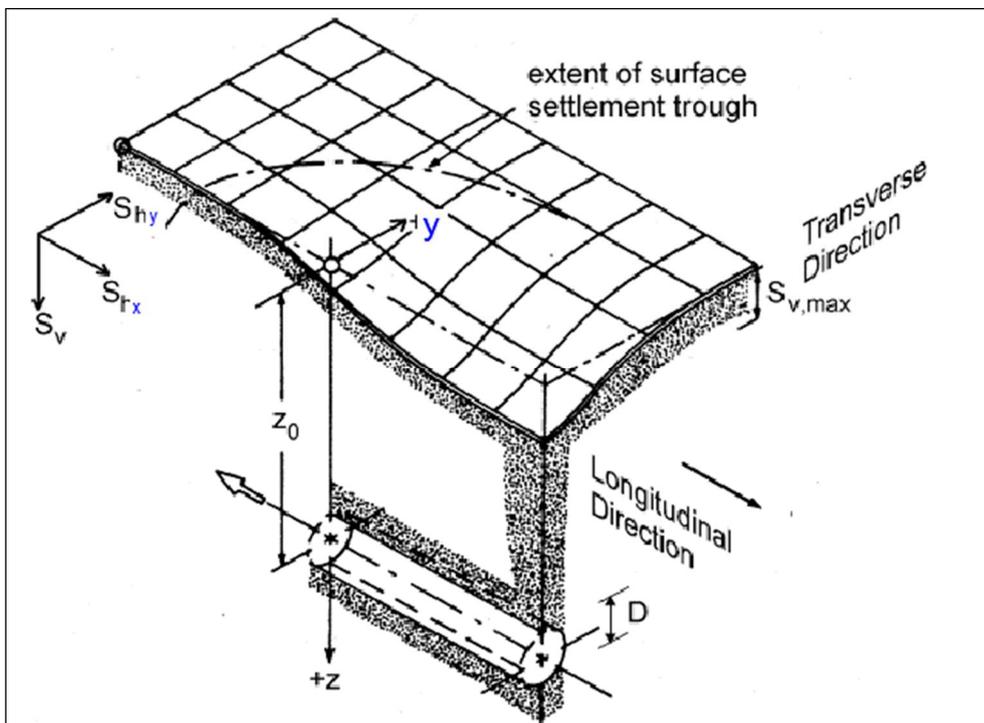


**Figura 41 – Planimetria con ubicazione degli edifici e delle infrastrutture interferenti**

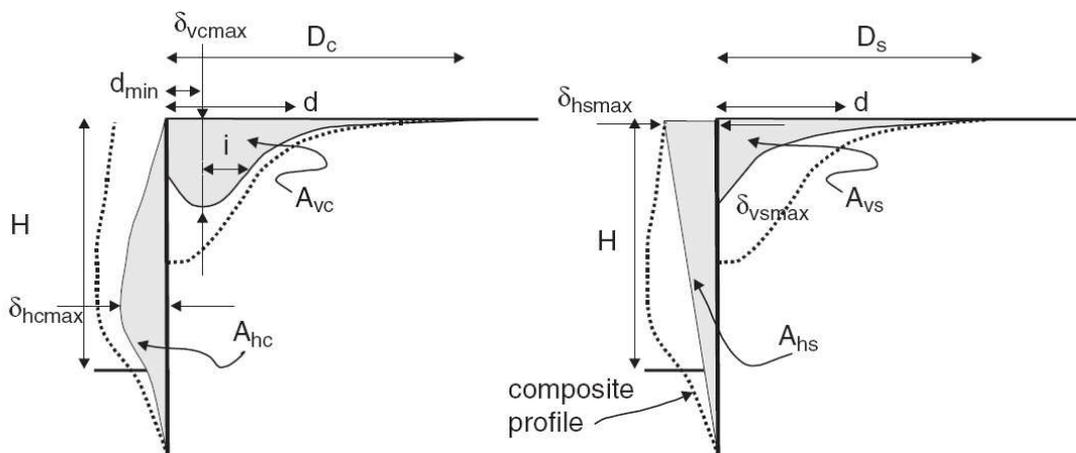
L'estensione della galleria naturale è pari a 589,5 m, il bacino di subsidenza per individuare le preesistenze interferenti è stato definito considerando due tipologie differenti di terreno una di tipo sciolto ed una con terreno dotato di caratteristiche di coerenza.

Le opere interferenti con gli edifici sono costituite dalla galleria e dalle paratie di sostegno degli imbocchi. Considerando la distribuzione degli edifici e delle gallerie in superficie si riportano le descrizioni delle nuove opere effettivamente interagenti con preesistenze, costituite dalla paratia Nord all'imbocco Est della galleria, e dalla galleria Naturale.

I cedimenti indotti si calcolano in modo differenziato in base all'opera da costruire trattata. Il metodo di calcolo della subsidenza di una galleria deriva dalla teoria di Attewell (1986), mentre per il calcolo dei cedimenti indotti dalle paratie si utilizza la teoria di Boone & Westland (2005).



**Figura 42 – Movimenti indotti in superficie dall'avanzamento di uno scavo sotterraneo (dopo Attewell et Al., 1986, Mair, Taylor 1997)**



Definitions of lateral and vertical displacement parameters: concave on left, spandrel on right (after Boone 2003).

**Figura 43 – Simbologia e schema adottati dal metodo di Boone & Westland (2005)**

Gli edifici riportati sono stati sottoposti all'analisi di rischio danneggiamento in seguito allo scavo della galleria, utilizzando come dati di input le informazioni ricavate sulla base delle schede fabbricato redatte a seguito di un sopralluogo in sito: Lungo il tracciato della linea sono stati individuati circa 14 edifici presenti sull'area di impronta delle future gallerie.

Le analisi degli edifici sono state condotte considerando gli effetti combinati dovuti ai cedimenti verticali ed orizzontali. Per tutti gli edifici è stata svolta l'analisi nel piano trasversale alle gallerie.

Sono state considerate due tipologie di analisi dell'edificio. La prima, che si riferisce al metodo di Burland, considera l'edificio come una trave equivalente, ed analizza le deformazioni che si generano per effetto delle azioni flettenti e taglianti dovute alla deformazione del terreno.

La seconda analisi fa riferimento al metodo di Rankin e prevede il calcolo della distorsione generata tra gli elementi portanti della struttura.

L'analisi riferita al metodo di Burland, fa riferimento ad una classificazione composta da sei classi di danno (da 0 a 5). Boscardin e Cording (1989) fanno corrispondere dei valori limite di deformazione a trazione, riportati e descritti nelle seguenti tabelle.

Categoria di danno e corrispondenti deformazioni limite (M.D. Boscardin & E.G. Cording, 1989)		
Categoria di danno	Intensità del danno*	Deformazione limite di allungamento $\epsilon_{lim}$ (%)
0	Trascurabile	0.00 ÷ 0.05
1	Molto lieve	0.05 ÷ 0.075
2	Lieve	0.075 ÷ 0.15
3	Moderata	0.15 ÷ 0.30
4 a 5	Da severa a molto severa	> 0.30

**Tabella 8 – Tabella riepilogativa parametri indica per la definizione delle categorie di danno**

Categoria di danno e gli effetti associati	
Categoria di danno	Descrizione
0	Fessure capillari con apertura $\leq 0.1$ mm
1	Fessure sottili cui si rimedia facilmente con lavori di tinteggiatura. Il danno in genere è limitato agli intonaci delle pareti interne. Fessure alle pareti esterne rilevabili con attento esame. Tipica apertura delle lesioni $\leq 1$ mm
2	Fessure facilmente stuccabili, tinteggiatura necessaria. Le fessure ricorrenti possono essere mascherate con opportuni rivestimenti. Fessure visibili anche all'esterno: può essere necessaria qualche ripresa della stillatura per garantire l'impermeabilità. Possibili difficoltà nell'apertura di porte e finestre. Tipica apertura delle lesioni $\leq 5$ mm
3	Le fessure richiedono cucì e scuci della muratura. Anche all'esterno sono necessari interventi sulla muratura. Possibile blocco di porte e finestre. Rottura di tubazioni. Spesso l'impermeabilità non è garantita. Tipica apertura delle lesioni $5 \div 15$ mm oppure numero elevato di lesioni con apertura $\leq 3$ mm
4	Necessarie importanti riparazioni, compresa demolizione e ricostruzione di parti di muri, specie al di sopra di porte e di finestre. I telai di porte e di finestre si distorcono: percepibile pendenza dei pavimenti. Muri inclinati o spanciati; qualche perdita d'appoggio di travi. Tubazioni distrutte. Tipica apertura delle lesioni $15 \div 25$ mm, dipendente anche dal numero delle lesioni

5	Richiesti importanti lavori con parziale o totale demolizione e ricostruzione. Le travi perdono l'appoggio, i muri si inclinano fortemente e richiedono puntellatura. Pericolo di instabilità. Tipica apertura delle lesioni $\leq 25$ mm, dipendente anche dal numero delle lesioni
---	--

**Tabella 9 – Descrizione della tipologia di danni potenziali in funzione della categoria di danno**

L'analisi svolta con il metodo di Rankin (1988) è basata sulla seguente classificazione dei rischi indotti dai cedimenti, relativamente a strutture in cemento armato.

Categoria di rischio	Massima distorsione dell'edificio	Massimo cedimento dell'edificio [cm]	Descrizione del rischio
1	$\beta < 1/500$	$w < 1$	Non visibile
2	da 1/500 a 1/200	da 1 a 5	Leggero: crepe facilmente rimovibili con una tinteggiatura
3	da 1/200 a 1/50	da 5 a 7.5	Moderato: danni a porte e finestre, danni da infiltrazione di umidità
4	$\beta > 1/50$	$w > 7.5$	Alto: danni strutturali, necessità di riparazioni notevoli, pericoli di instabilità

**Tabella 10 – Criterio di classificazione del rischio di Rankine**

I dati degli edifici analizzati sono i seguenti, dei quali si riportano le caratteristiche:

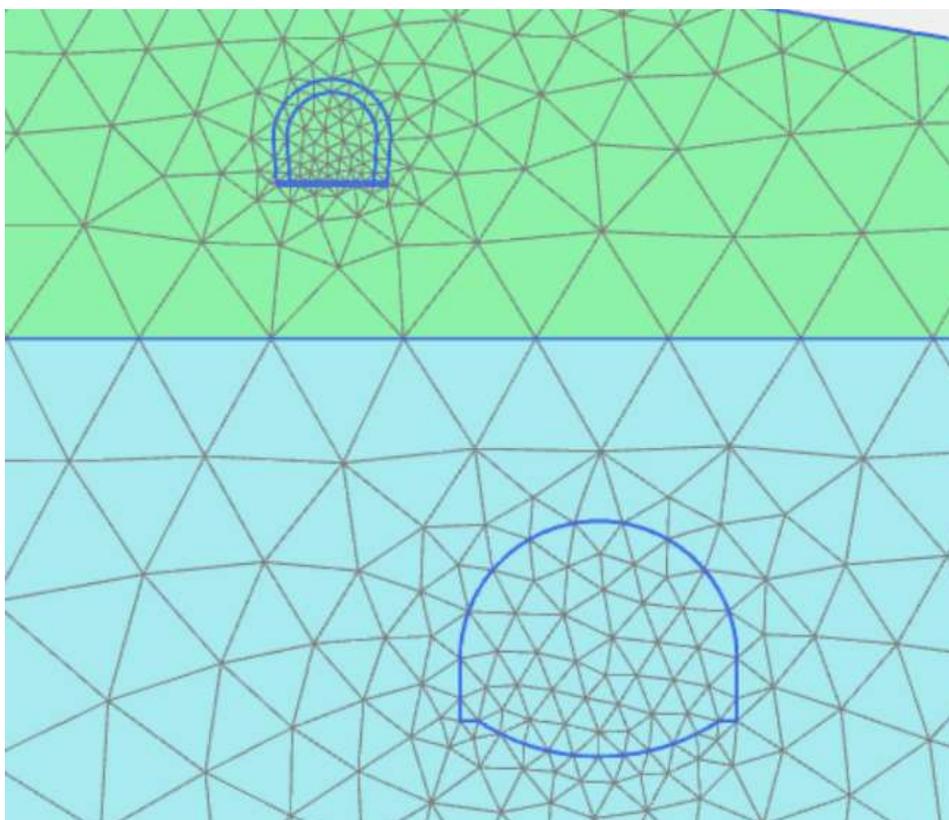
Codice edificio	Tipo Str. M/C	Destinazione e d'uso	Quota asse galleria [m]	Quota imposta fondazioni [m slm]	Altezza fondazioni ipotizzata [m]	H edificio (trave equivalente) [m]	Ysx [m]	Ydx [m]
001 - Ed pk 460.00	M	Residenziale	838.42	854.55	-3	12.75	-39.65	-25.99
001bis - Parcheggio pk 470.00	C	Parcheggio	838.25	857.00	-1	5.00	-24.50	-14.30
002 - Ed pk 480.00	M	Residenziale	838.38	853.84	-3	16.00	-41.32	-24.06
003 - Ed pk 520.00	C	Residenziale	838.30	853.78	-3	10.00	-47.24	-30.29
004 - Ed pk 670.00 valle	M	Residenziale	838.00	859.00	-3	12.00	-49.06	-34.55
004 - Ed pk 670.00 monte	M	Residenziale	838.00	863.25	-3	9.00	-49.06	-34.55
005 - Ed pk 700.00	M	Residenziale	837.94	858.00	-3	15.00	-40.98	-21.69
005bis - Parcheggio pk 690.00	C	Parcheggio	837.96	858.50	-1	5.00	-51.34	-40.77
006 - Ed pk 750.00	C	Oratorio	837.86	845.16	-3	7.30	-59.19	-32.00
007 - Ed pk 630.00	M	Residenziale	838.08	884.00	-3	10.45	32.96	43.16

Codice edificio	Tipo Str. M/C	Destinazione e d'uso	Quota asse galleria [m]	Quota imposta fondazioni [m slm]	Altezza fondazioni ipotizzata [m]	H edificio (trave equivalente) [m]	Ysx [m]	Ydx [m]
007bis - Ed pk 610.00	M	Residenziale	838.14	890.90	-3	10.50	48.83	62.02
011 Cimitero - pk 357.97	M	Edifici religiosi	838.45	863.30	-1	6.30	-33.89	-16.16
012 Cimitero - pk 350.00	M	Edifici religiosi	838.59	859.60	-1	7.00	-58.29	-32.86
013 Cimitero - pk 305.00	M	Edifici religiosi	838.28	862.20	-1	8.40	-17.24	-8.21
014	M	Residenziale	-	-	-3	7.00	-	-

**Tabella 11 – Dati edifici**

Oltre agli edifici si analizzano la galleria esistente e quattro tralicci per impianti, posti all'interno del bacino di subsidenza. Uno di questi è un traliccio di telefonia, gli altri tre sono i sostegni delle linee aeree di distribuzione dell'energia.

La galleria si studia con un modello agli elementi finiti.



**Figura 44 – Particolare della Mesh di calcolo del Modello 1**

I tralicci si studiano valutandone la rotazione attraverso il calcolo della curva di subsidenza.

## 6.5.2 EFFETTI SULLE PREESISTENZE

I risultati dello studio di danneggiamento degli edifici sono riportati nel seguito:

Codice edificio	Categoria con Vp=0.8%			Categoria con Vp=1.2%			Categoria con Vp=1.5%		
	Boscardin Cording 1989	$\beta_{max}$	Ced max [mm]	Boscardin Cording 1989	$\beta_{max}$	Ced max [mm]	Boscardin Cording 1989	$\beta_{max}$	Ced max [mm]
001 - Ed pk 460.00	0	< 1/500	0.3	0	< 1/500	0.5	0	< 1/500	0.6
001bis - Parcheggio pk 470.00	2	< 1/200	15.2	2	< 1/200	22.3	3	< 1/200	28.5
002 - Ed pk 480.00	0	< 1/500	0.5	0	< 1/500	0.7	0	< 1/500	0.9
003 - Ed pk 520.00	0	< 1/500	0	0	< 1/500	0	0	< 1/500	0
004 - Ed pk 670.00 valle	0	< 1/500	0.2	0	< 1/500	0.3	0	< 1/500	0.4
004 - Ed pk 670.00 monte	0	< 1/500	0.9	0	< 1/500	1.3	0	< 1/500	1.6
005 - Ed pk 700.00	1	< 1/500	4.5	2	< 1/500	6.5	2	< 1/500	8
005bis - Parcheggio pk 690.00	0	< 1/500	0	0	< 1/500	0	0	< 1/500	0
006 - Ed pk 750.00	0	< 1/500	0	0	< 1/500	0	0	< 1/500	0
007 - Ed pk 630.00	0	< 1/500	7	0	< 1/200	10.5	1	< 1/200	13.5
007bis - Ed pk 610.00	0	< 1/500	3.1	0	< 1/500	4.7	0	< 1/500	5.9
011 Cimitero - pk 357.97	2	< 1/200	15.8	2	< 1/200	23.7	3	< 1/200	29.6
012 Cimitero - pk 350.00	0	< 1/500	0.5	0	< 1/500	0.5	0	< 1/500	0.5
013 Cimitero - pk 305.00	2	< 1/200	33.6	2	> 1/200	50.3	3	> 1/200	62.9
014	Condizioni attese:						-	< 1/500	3.8

**Tabella 12 – Risultati analisi**

Come si vede dai risultati in termini di deformazioni di allungamento nelle strutture, gli edifici risultano in classe di danno da trascurabile a lieve nelle condizioni di normale conduzione degli scavi. Anche nelle condizioni cautelative la classe di danno raggiunta con Boscardin e Cording è sempre  $\leq 2$ , mantenendo lo

stato di danneggiamento su livello lieve, tale da non richiedere l'esecuzione d'interventi di mitigazione sui fabbricati.

Per quanto riguarda la galleria sono stati analizzati due modelli, il primo rappresenta la galleria nelle condizioni attuali, in assenza di interventi di rinforzo, mentre il secondo ha il blindaggio previsto in progetto.

I risultati dei cedimenti verticali del secondo modello sono rappresentati dai seguenti spostamenti:

- sul piede sinistro di 3,4 cm;
- sul piede destro di 3,9 cm;
- in chiave 3,5 cm.

I cedimenti migliorano con effetto dell'intervento, ma è molto più evidente il benefico migliorativo che porta l'intervento in termini di distorsione angolare, dove abbiamo un  $1/500 < \beta$ .

Per quanto riguarda i tralicci, si hanno i seguenti risultati:

Il traliccio Id 10 di telefonia è posto a distanza di 17.74m dall'asse della galleria. Il cedimento verticale calcolato risulta di 23 mm nelle condizioni cautelative ( $V_p=1.2\%$ ). Lo spostamento in testa, sempre nelle stesse condizioni è invece di 35 mm.

Il traliccio Id 15 dell'energia elettrica è posto a distanza di 7.87m dall'asse della galleria. Il cedimento verticale calcolato risulta di 47 mm nelle condizioni cautelative ( $V_p=1.2\%$ ). Lo spostamento in testa, sempre nelle stesse condizioni è invece di 30 mm.

I tralicci Id 16 ed Id 17 sono posti rispettivamente alla distanza di 59.4 m e 54.4 m dall'asse della galleria e manifestano spostamenti verticali inferiori al centimetro in tutti casi, e rotazioni pressoché nulle.

Vista la funzione dei tralicci, adibiti al sostegno di impianti di telefonia e di distribuzione elettrica, e la conformazione delle stesse (dimensioni e tipo delle platee di fondazione) gli spostamenti attesi risultano compatibili con i necessari requisiti di stabilità e la funzionalità.

## **6.6 MONITORAGGIO**

### **6.6.1 MONITORAGGIO INTERNO GALLERIA**

Lo scopo del monitoraggio, in accordo con il metodo ADECO-RS adottato in progettazione è quello di tenere sotto controllo l'evolversi della risposta tenso-deformativa dell'ammasso allo scavo e di verificare la corrispondenza tra il comportamento reale delle strutture in fase di realizzazione ed il comportamento ipotizzato nelle varie fasi progettuali.

Il sistema di monitoraggio è stato progettato in modo da poter fornire, nel modo più completo e rapido possibile, tutti gli elementi necessari ad effettuare un'analisi della situazione in corso d'opera e della sua possibile evoluzione, finalizzata alla definizione di eventuali azioni correttive (intensificazione delle misure, installazione di ulteriore strumentazione, interventi sulle fasi esecutive, modalità di avanzamento, etc.) mirate ad evitare il manifestarsi di situazioni di pericolo.

La disposizione delle sezioni è correlata alle condizioni al contorno quali le condizioni geomeccaniche, la posizione rispetto al tracciato, la presenza di interferenze antropiche mentre la frequenza di lettura è correlata principalmente alla successione delle fasi lavorative.

Tale programma, finalizzato alla valutazione delle caratteristiche dell'ammasso e del suo comportamento tenso-deformativo durante lo scavo, si articola in:

- Strumentazione per il monitoraggio durante la fase di scavo;
- Strumentazione per il monitoraggio del privervestimento;
- Strumentazione per il monitoraggio del rivestimento definitivo;
- Stazioni di misura in fase definitiva.

Nei paragrafi che seguono vengono indicate le caratteristiche e le modalità esecutive del programma di monitoraggio predisposto.

L'insieme di questi dati concorrerà alla determinazione delle grandezze necessarie per l'applicazione delle linee guida, relativamente alla definizione dell'intensità degli interventi, delle cadenze lavorative e della sezione tipo da applicare tra quelle previste in progetto.

Di seguito si riporta una tabella di sintesi delle quantità previste per l'opera in oggetto.

<b>Descrizione</b>	<b>Frequenza</b>	<b>Totale n°</b>
Stazioni di misura dello stato tensionale nel privervestimento	100m	12
Barrette estensimetriche nel rivestimento definitivo	150m	10
Rilievi del fronte	Di tipo speditivo – pittorico (ogni campo di scavo) Di tipo analitico (ogni 50m)	12
Misure di convergenza a cinque punti	Ogni campo di scavo disposte sulla quarta centina	56
Misure di estrusione incrementale/estensimetrica	In corrispondenza delle sezioni speciali di monitoraggio limitatamente alle sezioni C1, C2 e C3	6

**Tabella 13 – Monitoraggio interno – riepilogo attrezzaggio**

In corrispondenza del tracciato della galleria si sono individuati dei punti da attenzionare inserendo delle stazioni speciali, in corrispondenza delle quali devono essere installati tutti i monitoraggi topografici e geotecnici precedentemente descritti. Per i dettagli sulle frequenze di lettura di rimanda ai paragrafi successivi. Le progressive in cui prevedere le stazioni speciali sono le seguenti:

<b><i>Progressive stazioni speciali</i></b>	<b><i>Tipologia di strumentazione</i></b>
300	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Misura stato tensionale nel priverivestimento</li> <li>• Misure di convergenza</li> <li>• Misura di estrusione</li> <li>• Misura stato tensionale priverivestimento</li> <li>• Misura stato tensionale rivestimento definitivo</li> </ul>
350	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Misura stato tensionale nel priverivestimento</li> <li>• Misure di convergenza</li> <li>• Misura di estrusione</li> <li>• Misura stato tensionale priverivestimento</li> <li>• Misura stato tensionale rivestimento definitivo</li> </ul>
470	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Misura stato tensionale nel priverivestimento</li> <li>• Misure di convergenza</li> <li>• Misura di estrusione</li> <li>• Misura stato tensionale priverivestimento</li> <li>• Misura stato tensionale rivestimento definitivo</li> </ul>
520	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Misura stato tensionale nel priverivestimento</li> <li>• Misure di convergenza</li> <li>• Misura di estrusione</li> <li>• Misura stato tensionale priverivestimento</li> <li>• Misura stato tensionale rivestimento definitivo</li> </ul>
630	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Misura stato tensionale nel priverivestimento</li> <li>• Misure di convergenza</li> <li>• Misura di estrusione</li> <li>• Misura stato tensionale priverivestimento</li> <li>• Misura stato tensionale rivestimento definitivo</li> </ul>
680	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Misura stato tensionale nel priverivestimento</li> <li>• Misure di convergenza</li> <li>• Misura di estrusione</li> <li>• Misura stato tensionale priverivestimento</li> <li>• Misura stato tensionale rivestimento definitivo</li> </ul>

**Tabella 14 – Monitoraggio interno – tipologia di strumentazione prevista**

## 6.6.2 MONITORAGGIO ESTERNO

Nell'ambito del PE è previsto un monitoraggio gli effetti delle fasi di avanzamento della Galleria, sulle opere in costruire e sulle opere preesistenti. Ad eccezione della galleria naturale, cui fa riferimento il paragrafo precedente, è previsto il monitoraggio delle seguenti opere da costruire:

- Paratie agli imbocchi Est e Ovest;
- Terra armata all'imbocco Ovest.

Le opere preesistenti sottoposte a monitoraggio sono le seguenti:

- Edificio Id014, posto a monte della paratia all'imbocco Est;
- Edificio Id006, posto in vicinanza all'imbocco, in direzione Est;
- Edifici Id004, Id005 e Id005bis, posti tra le pk. 670 e 710, sul lato di valle della galleria;
- Masi Id007 e Id007bis, posti tra le pk. 600 e 640, sul lato monte della galleria;
- Edifici Id01, Id01bis, Id002 e Id003, posti tra le pk. 440 e 500, sul lato di valle della galleria;
- Fabbricati del cimitero Id011, Id012 e Id013, posti tra le pk. 290 e 370, sul lato di valle della galleria;
- Galleria stradale esistente, tra le pk. 655 e 695, sul lato di valle della galleria;
- Tralicci delle telecomunicazioni e dell'energia Id010, Id011, Id012 e Id013, tra le pk. 520 e 680, sul lato monte della galleria

Il sistema di monitoraggio avrà lo scopo di monitorare la risposta tenso-deformativa dell'ammasso durante le operazione di scavo, di analizzare il comportamento delle strutture in corso di realizzazione e di controllare gli eventuali effetti sulle strutture preesistenti.

L'insieme dei dati acquisiti permetterà di verificare che il comportamento tenso-deformativo del terreno e delle strutture sia in linea con le previsioni progettuali, e più in generale permetterà di verificare l'adeguatezza degli interventi previsti in relazione ai terreni incontrati.

La strumentazione di monitoraggio è costituita da sensori dislocati, sul piano campagna, lungo l'asse della galleria principale e lungo sezioni perpendicolari all'asse, sulle facciate degli edifici e preesistenze interessati dagli effetti degli scavi, oltre che sulle pareti di scavo e sulle opere di nuova realizzazione.

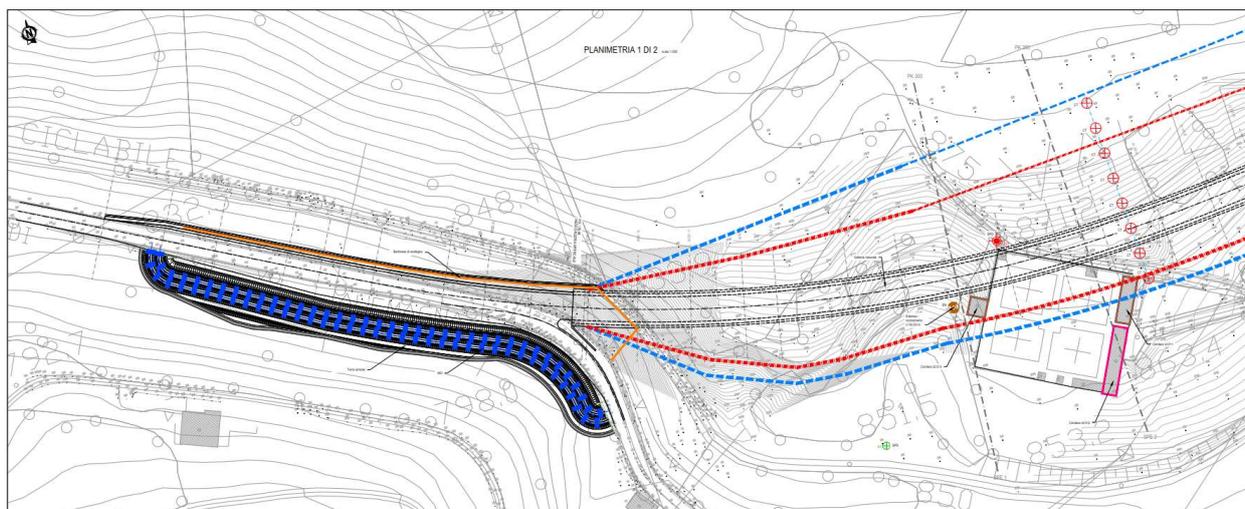
I sensori sono rappresentati da punti di livellazione, capisaldi topografici e micropismi per il rilievo degli spostamenti a terra e sulle strutture, da strumentazione in foro per il controllo delle deformazioni delle masse di terreno interagenti con le opere e per il controllo delle oscillazioni della falda. E' prevista inoltre la strumentazione per il controllo del carico nei tiranti, dell'apertura delle fessure preesistenti sui fabbricati, dell'inclinazione delle strutture e delle vibrazioni.

Il sistema di monitoraggio della linea si compone dei seguenti elementi:

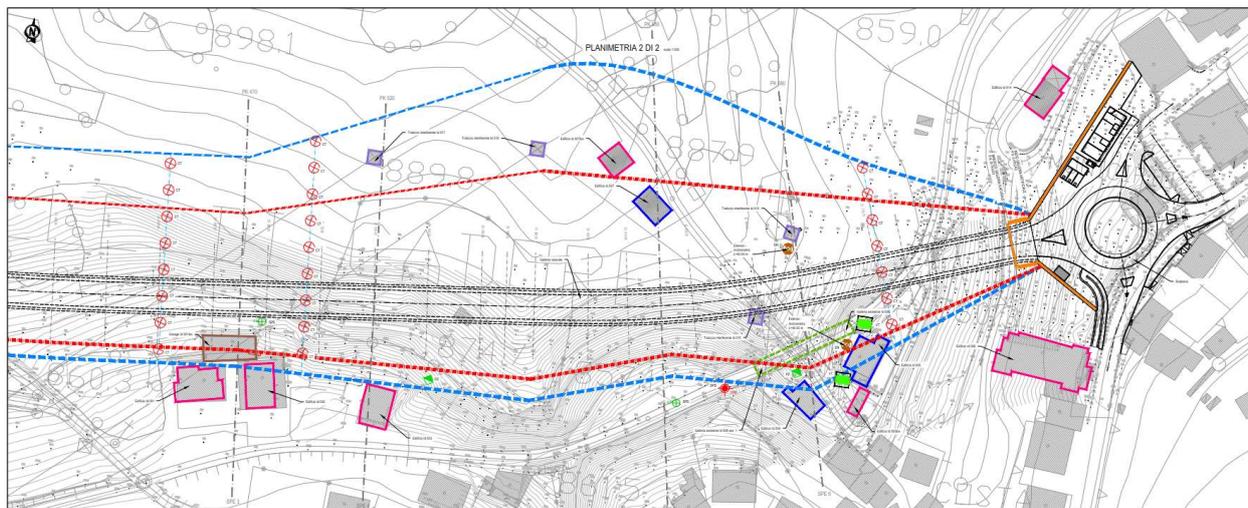
- Micropismi di monitoraggio topografico per gli edifici interferenti e i tralicci interferenti;

- Microprismi di monitoraggio topografico per le paratie agli imbocchi e la terra armata;
- Microprismi di monitoraggio topografico nella galleria stradale esistente;
- Punti di livellazione per il monitoraggio topografico al suolo in superficie lungo sezioni trasversali rispetto alla galleria di linea;
- Capisaldi topografici fissati sulle pareti degli edifici;
- Strumenti in foro (piezometri inclinometri, estensimetri) ai lati della galleria lungo le sezioni trasversali di monitoraggio topografico;
- Fessurimetri sugli edifici per la misura dell'ampiezza delle fessure sulle strutture;
- Clinometri sugli edifici per la misura dell'inclinazione della pareti sulle strutture;
- Vibrometri triassiali sugli edifici per la misura delle vibrazioni;
- Vibrometri monoassiali sugli edifici per la misura delle vibrazioni;
- Piezometri a tubo aperto per la misura delle oscillazioni della falda;
- Estenso-inclinometri per la misura delle deformazioni del terreno di fondazione degli edifici;
- Inclinometri a tergo delle paratie per la misura delle deformazioni delle paratie;
- Celle di carico sui tiranti delle paratie per la misura del tiro degli stessi.

Il sistema di monitoraggio è funzionante in seguito alla definizione delle procedure di lettura della strumentazione e del sistema di acquisizione, immagazzinamento e trasmissione dei dati. I riscontri microprismi sono a lettura automatica. I riscontri topografici al suolo e sugli edifici, gli inclinometri e i piezometri sono a lettura manuale. Gli strumenti elettrici possono essere a lettura automatica o manuale. Generalmente i dati vengono immagazzinati in unità di acquisizione localizzate in prossimità degli strumenti, ed il loro trasferimento all'unità centrale di raccolta dati può avvenire manualmente oppure tramite trasmissione elettronica.



**Figura 45 – Planimetria di monitoraggio 1 di 2**



**Figura 46 – Planimetria di monitoraggio 2 di 2**

Le grandezze misurate dovranno essere rese immediatamente disponibili al fine di rendere il controllo dei parametri per la verifica del corretto funzionamento delle procedure di scavo.

Nello specifico con frequenza almeno giornaliera saranno resi disponibili i dati di monitoraggio ed i grafici di elaborazione dati su sistema informatico di trasmissione.

Con frequenza settimanale e comunque non meno che ogni campo di avanzamento, saranno redatti dei report di avanzamento delle gallerie che riassumeranno tutti i parametri misurati ed indicando le eventuali azioni correttive.

L'impatto maggiore dovuto alle operazioni di scavo si può **registrare sugli edifici interessati dal bacino di subsidenza**. Tali edifici dovranno essere sottoposti a testimoniale di stato. In fase di progetto, sono state svolte una serie di analisi per la previsione delle deformazioni indotte sugli edifici interferiti che hanno permesso di stimare, per ogni fabbricato ed infrastruttura, le deformazioni indotte.

Tutti gli edifici ricadenti nel bacino di subsidenza saranno dotati di almeno 3 capisaldi topografici per le pareti perimetrali libere e sottoposti a monitoraggio.

L'installazione delle mire ottiche e il rilievo degli spostamenti sono effettuati lungo muri perimetrali che siano accessibili e comunque monitorabili.

Per una corretta esecuzione delle misure di monitoraggio topografico degli spostamenti plano-altimetrici, dovranno essere installati appositi prismi di riferimento esterni la cui ubicazione dovrà ricadere al di fuori delle aree soggette a deformazioni.

Gli edifici di interesse specifico sono monitorati attraverso i seguenti strumenti:

- capisaldi topografici per livellazioni manuali fissati all'edificio, alla quota del piano campagna, sulle pareti perimetrali degli edifici ;

- mire ottiche per misure manuali fissate all'edificio, alla quota di 3/4 m da terra, disposte sulle pareti perimetrali degli edifici ;
- fessurimetri manuali;
- clinometri per misurare l'inclinazione degli elementi portanti;
- vibrometri.

Le modalità di monitoraggio previste sono illustrate negli elaborati grafici specifici.

I fabbricati sottoposti a monitoraggio lungo il tracciato sono 14, dei quali 9 sono Edifici residenziali, 3 sono fabbricati facenti parte del Cimitero e 2 sono dei parcheggi privati per autoveicoli.

Sono state individuate tre tipologie di monitoraggio degli edifici che si differenziano in base alla tipologia di strumentazione prevista e alla frequenza di lettura degli strumenti.

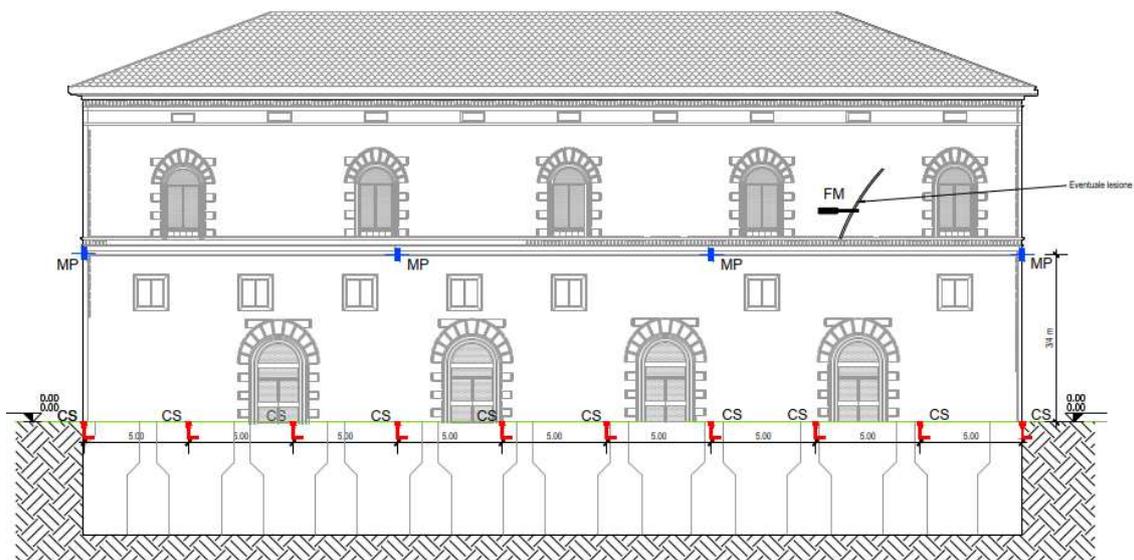
- Edifici con Monitoraggio tipo 1: Fanno parte di questa tipologia di monitoraggio gli edifici per i quali le analisi degli effetti indotti forniscono cedimenti maggiori di 1cm nelle condizioni cautelative di  $V_p=1.2\%$ ;
- Edifici con Monitoraggio tipo 2: Fanno parte di questa tipologia di monitoraggio gli edifici per i quali le analisi degli effetti indotti forniscono cedimenti minori di 1cm nelle condizioni cautelative di  $V_p=1.2\%$ ;
- Edifici con Monitoraggio tipo 3: Fanno parte di questa tipologia di monitoraggio gli edifici per i quali le analisi degli effetti indotti forniscono categoria di danno uguale a 3 nelle condizioni estremamente cautelative di  $V_p=1.5\%$ ;

Gli edifici di tipo 1 e 3 si differenziano per le frequenze di lettura ma presentano la medesima strumentazione, costituita da :

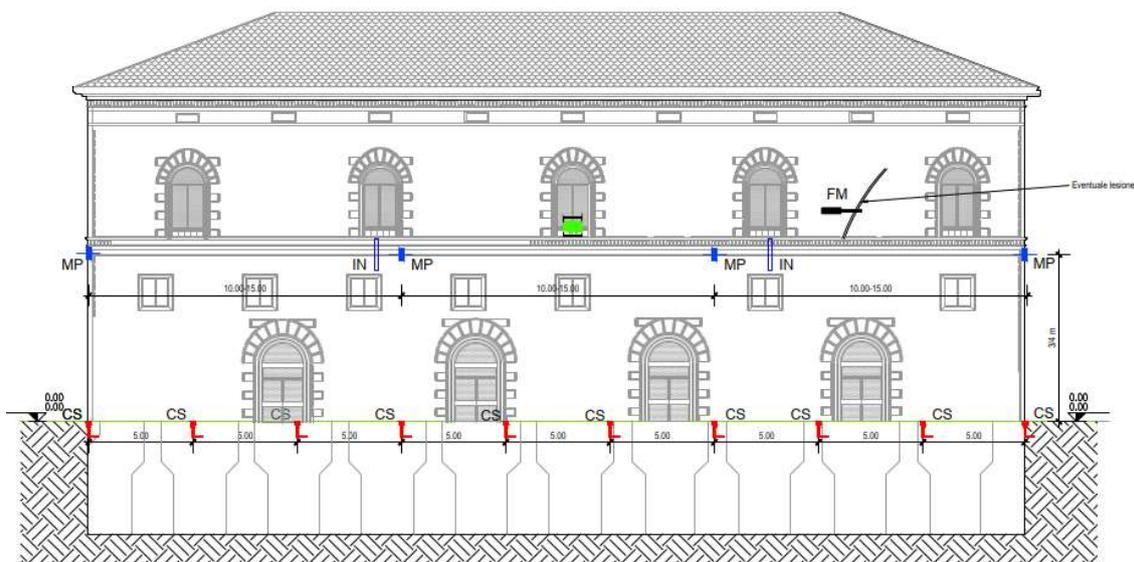
- Capisaldi topografici alla base dell'edificio con interasse 5m ;
- Mire ottiche ad altezza di 3/4m ad interasse di 10/15m ;
- Fessurimetri sulle eventuali lesioni ;
- Clinometri sulle strutture portanti ;
- Vibrometri mono-triassiali per le misure delle vibrazioni ;

Gli edifici di tipo 2 hanno la seguente strumentazione :

- Capisaldi topografici alla base dell'edificio con interasse 5m ;
- Mire ottiche ad altezza di 3/4m ad interasse di 10/15m ;
- Fessurimetri sulle eventuali lesioni ;



**Figura 47 – Monitoraggio tipo 2**



**Figura 48 – Monitoraggio tipo 1 e 3**

Nella seguente tabella è riportato l'elenco di edifici di cui è previsto il monitoraggio, con la profondità delle fondazioni ipotizzata rispetto all'asse della galleria.

n° edificio	Destinazione d'uso	pk	Tipo struttura	Lunghezza facciate monitorate (m)	Profondità asse galleria z <sub>0</sub> (m)	Tipologia monitoraggio
Id. 001	Residenziale	460.00	muratura	63,00	16,13	2
Id. 001bis	Parcheggio	470.00	c.a.	58,00	18,75	3
Id. 002	Residenziale	480.00	muratura	71,00	15,46	2
Id. 003	Residenziale	520.00	c.a.	52,00	15,48	2
Id. 004	Residenziale	670.00	muratura	45,00	21,00	1
Id. 005	Residenziale	700.00	muratura	53,00	20,06	1
Id. 005bis	Parcheggio	690.00	c.a.	29,00	20,54	2
Id. 006	Residenziale	750.00	c.a.	103,00	7,30	2
Id. 007	Residenziale	630.00	muratura	41,00	45,92	1
Id. 007bis	Residenziale	610.00	muratura	38,00	52,76	2
Id. 011	Cimitero	357.97	muratura	46,00	24,85	3
Id. 012	Cimitero	350.00	muratura	62,00	21,01	2
Id. 013	Cimitero	305.00	muratura	27,00	23,92	3
Id. 014	Residenziale	780.00	muratura	54,00	-	2

**Tabella 15: Edifici monitorati.**

## 7 OPERE D'ARTE MINORI

### 7.1 TERRE RINFORZATE LATO OVEST

La soluzione prevista a sostegno dell'allargamento di carreggiata è una terra rinforzata a paramento inclinato e rinverdivibile realizzata con il sistema tipo Terramesh Verde Light e rinforzo in geogriglia ad alta resistenza tipo Paragrid. La terra rinforzata dimensionata ha un'altezza massima pari a 18.24 m, circa costante lungo tutto il tratto rettilineo di lunghezza 150 m circa. La terra rinforzata è composta da tre blocchi con banche intermedie di lunghezza variabile intorno ai 4 m. I rinforzi in geogriglia hanno lunghezza alla base di 12 m (che coinciderà anche con la larghezza dello scavo); la lunghezza dei rinforzi diminuisce man mano che si sale in quota. Lungo la curva corrispondente al ramo di uscita dalla SS51, l'altezza della terra rinforzata si riduce a circa 11 m.

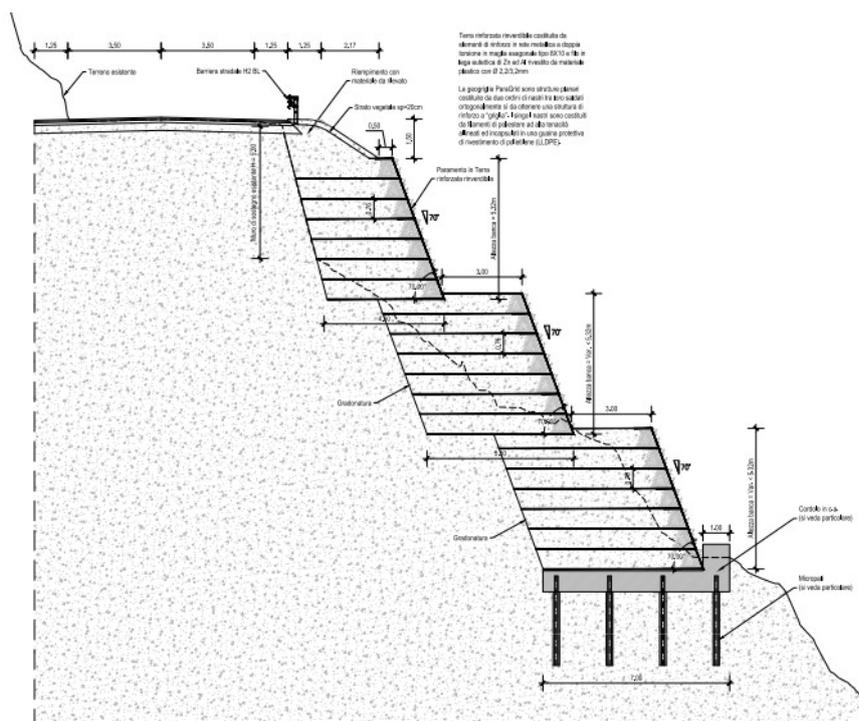


Figura 49 – Sezione tipologica Terra Rinforzata

La fondazione di base della berma inferiore verrà rinforzata con un basamento fondato su micro-pali.

Per quanto riguarda l'area in cui è già presente un muro di sostegno in ca, la terra rinforzata ricoprirà tale muro e i rinforzi in geogriglia andranno addossati al paramento esterno del muro in ca.

### 7.1.1 ELEMENTI DI RINFORZO – TIPO TERRAMESH VERDE LIGHT

La struttura di sostegno in terra rinforzata con paramento rinverdibile è realizzata in elementi marcati CE in accordo con la ETA 16/0767 per gli specifici impieghi come "sistemi in rete metallica per il rinforzo del terreno per opere di sostegno". La struttura è costituita da elementi di armatura planari orizzontali, larghi 3.0 m, in rete metallica a doppia torsione, realizzati in accordo con le "Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione "approvate dal Consiglio Superiore LL.PP. (n.69/2013), ed in accordo con la UNI EN 10223-3:2013.

La rete metallica a doppia torsione deve essere realizzata con maglia esagonale tipo 8x10 (UNI-EN 10223-3), tessuta con filo in acciaio trafilato, avente un diametro pari 2.20 mm, galvanizzato con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%), conforme all'EN 10244-2 (Classe A) con un quantitativo non inferiore a 230 g/mq. Oltre a tale trattamento il filo sarà ricoperto da un rivestimento di materiale plastico che dovrà avere uno spessore nominale di 0.50 mm, portando il diametro esterno al valore nominale di 3.20 mm. La resistenza del polimero ai raggi UV sarà tale che a seguito di un'esposizione di 2500 ore a radiazioni UV (secondo ISO 4892-2 o ISO 4892-3) il carico di rottura e l'allungamento a rottura non variano in misura maggiore al 25%.

La resistenza a trazione della rete dovrà essere non inferiore a 35 kN/m (test eseguiti in accordo alla UNI EN 10223-3:2013).

La rete una volta sottoposta al 50% del carico massimo a rottura per trazione pari a 17.5 kN/m, non dovrà presentare rotture del rivestimento plastico del filo all'interno delle torsioni.

Capacità di carico a punzonamento della rete dovrà essere non inferiore a 36 kN (test eseguiti in accordo alla UNI 11437 e alla ISO 17746).

La rete deve presentare una resistenza a corrosione in SO<sub>2</sub> (0,2 dm<sup>3</sup> SO<sub>2</sub> per 2 dm<sup>3</sup> acqua) tale per cui dopo 28 cicli la percentuale di ruggine rossa non deve essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 6988).

La rete deve presentare una resistenza a corrosione in test in nebbia salina tale per cui dopo 6000h la percentuale di ruggine rossa non deve essere superiore al 5% (test eseguito in accordo alla EN ISO 9227).

Ogni singolo elemento è provvisto di barrette di rinforzo galvanizzate con lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%), con un quantitativo non inferiore a 245 g/mq e plasticate, aventi diametro pari a 2.70/3.70 mm e inserite all'interno della doppia torsione delle maglie, in corrispondenza dello spigolo superiore ed inferiore del paramento. Il paramento in vista sarà provvisto inoltre di un elemento di irrigidimento interno assemblato in fase di produzione in stabilimento, costituito da un pannello di rete elettrosaldato con diametro non inferiore a 6 mm e da un idoneo ritentore di fini. Il paramento sarà fissato con pendenza variabile, per mezzo di elementi a squadra realizzati in tondino metallico e preassemblati alla struttura. Gli elementi di

rinforzo contigui saranno posti in opera e legati tra loro con punti metallici meccanizzati galvanizzati con Galmac lega eutettica di Zinco - Alluminio (5%) classe A secondo la UNI EN 10244-2, con diametro 3.00 mm e carico di rottura minimo pari a 1700 MPa.

Il Sistema Qualità della ditta produttrice dovrà essere inoltre certificato in accordo alla ISO 9001:2008 da un organismo terzo indipendente. Il Sistema di Gestione Ambientale della ditta produttrice dovrà essere inoltre certificato in accordo alla ISO 14001:2004 da un organismo terzo indipendente.

Le lunghezze dei rinforzi sono riportate negli elaborati grafici di dettaglio e nei tabulati di dimensionamento allegati.

### 7.1.2 ELEMENTI DI RINFORZO – TIPO PARAGRID

I rinforzi previsti per la realizzazione dei muri in terra rinforzata sono costituiti da geogriglie del tipo "Paragrid".

Queste geogriglie sono costituite da due ordini di nastri tra loro saldati ortogonalmente così da ottenere una struttura di rinforzo a "griglia". I singoli nastri sono costituiti da filamenti di poliestere ad alta tenacità allineati ed incapsulati in una guaina protettiva di rivestimento di polietilene (LDPE).

Le caratteristiche meccaniche delle geogriglie previste in progetto sono riportate nella tabella di seguito:

tipo PARAGRID	200/05
resistenza a trazione longitudinale (kN/m)	200
resistenza a trazione trasversale (kN/m)	6
allungamento a rottura nelle due direzioni (v.medio)	≤11%

**Tabella 16 – Caratteristiche meccaniche geo-griglie**

### 7.1.3 REQUISITI RICHIESTI PER IL RILEVATO STRUTTURALE

Il terreno di riempimento che costituisce il rilevato strutturale dell'opera, potrà provenire sia da scavi precedentemente eseguiti sia da cave di prestito e facendo riferimento alle classificazioni ASTM D 3282 o UNI 10006 dovrà appartenere ai A1-a, A1-b, A3, A2-4, A2-5 con esclusione di pezzature superiori a 150mm.

Il materiale con dimensioni superiori a 100 mm è ammesso con percentuale inferiore al 15% del totale. In ogni caso dovranno essere esclusi i materiali che, da prove opportune, presentino parametri geomeccanici (angoli d'attrito e coesione) minori di quelli previsti in progetto.

Il peso di volume del terreno di riempimento, in opera compattato, dovrà essere superiore a 18-19 kN/m<sup>3</sup>.

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio.

- analisi granulometrica;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332;

prova di compattazione AASHTO.

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa degli elementi di rinforzo, in relazione alle caratteristiche dei terreni utilizzati.

## **7.2 FABBRICATO TECNOLOGICO E VASCHE INTERRATE**

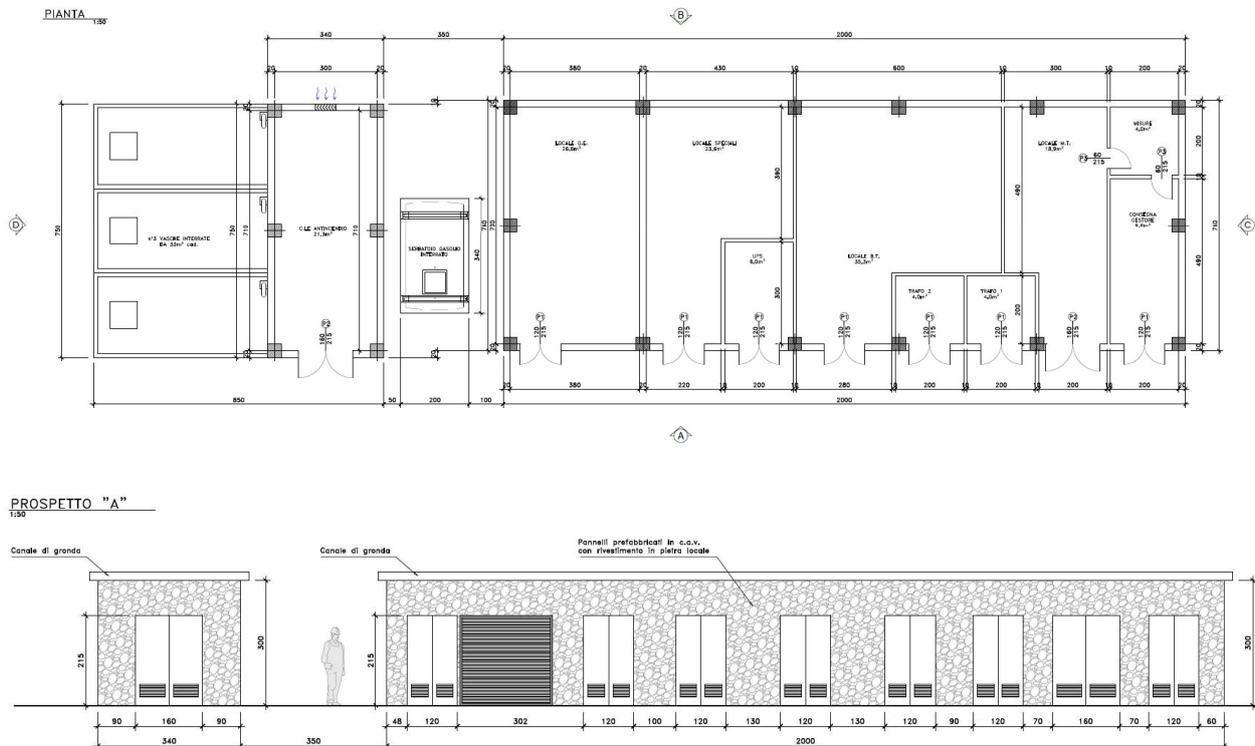
In corrispondenza dello svincolo lato Est del nuovo asse stradale, è prevista la realizzazione di un fabbricato tecnologico in c.a. per l'alloggiamento dell'impiantistica a servizio della galleria

### **7.2.1 EDIFICIO TECNOLOGICO**

L'edificio è costituito da 2 corpi separati che si sviluppano su un solo piano per un'altezza di 3.00 m fuori terra, e hanno dimensioni in pianta rispettivamente di 20,00m x 7,40m, e 7,50m x 3.40m.

La struttura portante di entrambe le strutture è realizzata con travi e pilastri in cemento armato. Le travi principali hanno dimensioni 35cmx60cm, mentre quelle secondarie 35cmx50cm; i pilastri hanno sezione quadrata 40cmx40cm. Il solaio di copertura è realizzato con travetti prefabbricati a traliccio di base 12 cm e blocchi di alleggerimento in polistirolo di altezza 12/24 cm ed è stata prevista una soletta di 6 cm armata tramite una rete elettrosaldata: i solai hanno un'altezza complessiva di 36/24 cm. Le tamponature sono realizzate con blocchi in calcestruzzo.

Le fondazioni sono costituite da un graticcio di travi rovesce e completa il tutto una platea di spessore pari a 30cm.



**Figura 50 – Fabbricato Tecnologico – Planimetria e Prospetto**

## 7.2.2 VASCHE INTERRATE

In aggiunta al fabbricato tecnologico, è prevista nel PE la realizzazione di tre ulteriori manufatti in c.a. prevalentemente interrati, nelle aree di imbocco della galleria, corrispondenti ai due svincoli di connessione alla viabilità esistente:

- Vasca impianto idrico anti-incendio, in corrispondenza dell'imbocco Est, in posizione adiacente al fabbricato tecnologico.
- Due vasche di raccolta e trattamento per liquidi potenzialmente inquinanti in uscita dalla Galleria, su entrambi gli imbocchi.

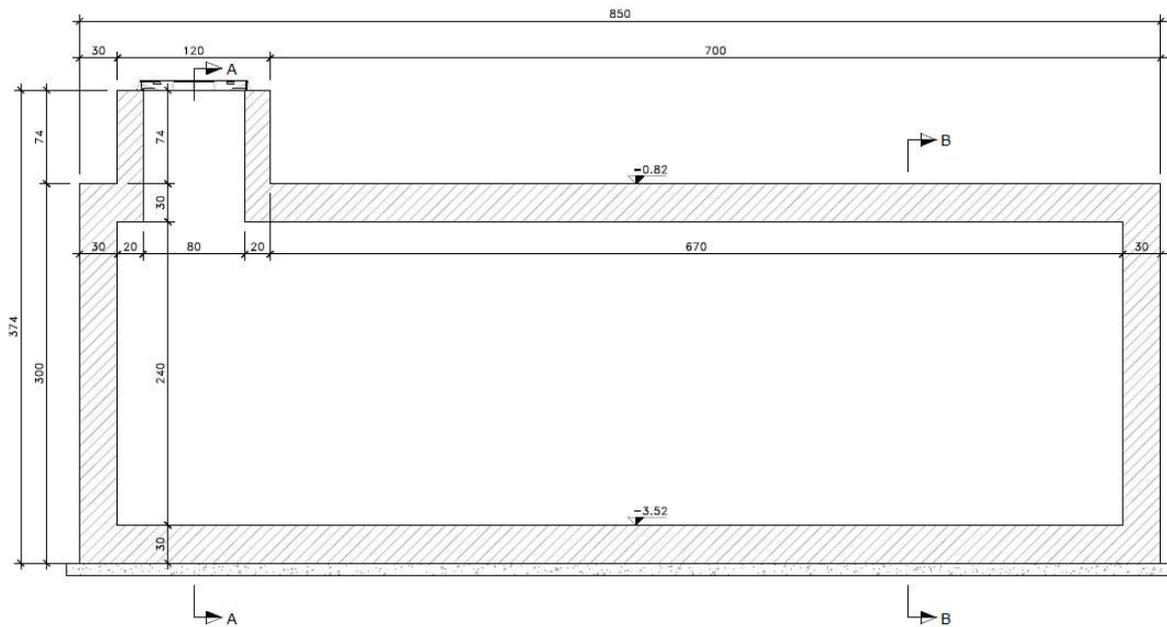
Per la vasca dell'impianto idrico anti-incendio, si prevede la realizzazione di un manufatto interrato gettato in opera, comprensiva di dotazioni elettromeccaniche, filtri e pozzetti separatori per il by-pass delle acque.

Per quanto riguarda le vasche di raccolta dei liquidi potenzialmente inquinanti dovuti a sversamenti accidentali in galleria, verranno realizzate due manufatti gettati in opere di capacità di invaso massima pari a circa 50 m<sup>3</sup>, aventi dimensioni planimetriche interne di circa 5 x 5 m.

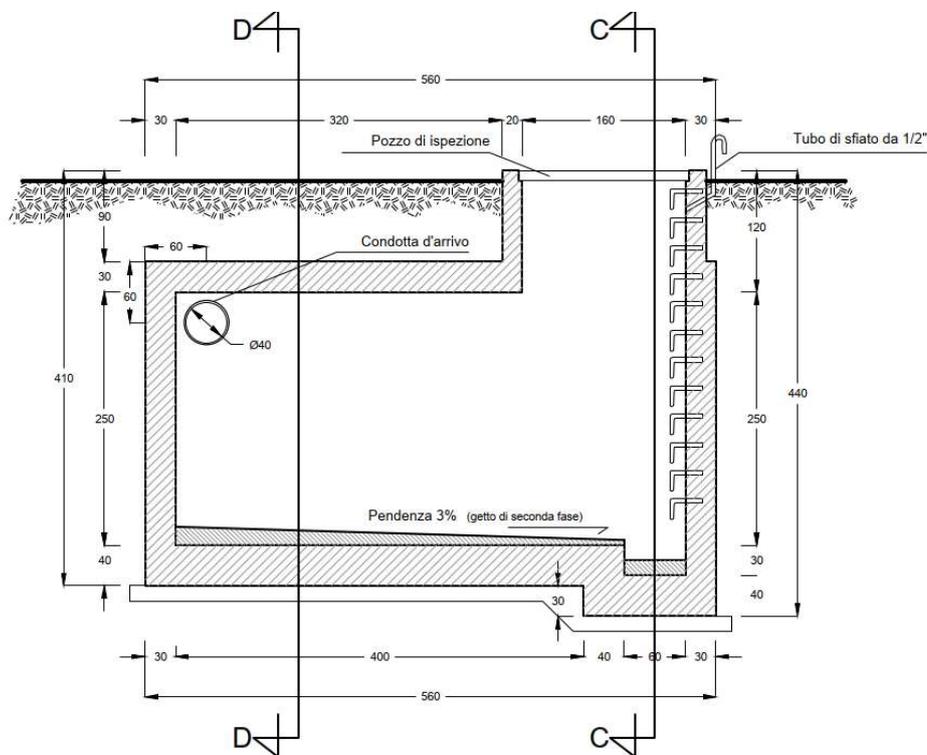
Questi ultimi manufatti, non necessitano di dotazioni impiantistiche, essendo prevista l'evacuazione una tantum a svuotamento. Esse non risultano collegate alle reti di fognatura esistenti.

**SEZIONE LONGITUDINALE**

SCALE 1:25



**Figura 51 – Vasca interrata impianto idrico anti-incendio**



**Figura 52 – Vasca di raccolta acque potenzialmente inquinanti**

## 8 COMPONENTI AMBIENTALI

### 8.1 OPERE A VERDE

#### 8.1.1 UBICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Le **opere e verde** sono dislocate in tre diverse sezioni di progetto, in particolare le più significative risultano essere distribuite nel seguente modo:

- Rotatoria svincolo est
- Linea di mascheramento paesaggistico per fabbricato tecnologico
- Opera di sostegno svincolo ovest

Le sistemazioni con opere a verde consistono nella realizzazione di interventi diversi in funzione delle tipologie di opere qui quali vanno ad inserirsi nonché dalle funzioni ambientali ad esse assegnate.).



Figura 53 – Area svincolo Est con posizionamento spazi a verde.



**Figura 54 – Render con sistemazioni ambientali e arredo dell'imbocco est**

Le sistemazioni con opere a verde consistono nella realizzazione di interventi diversi in funzione delle tipologie di opere qui quali vanno ad inserirsi nonché dalle funzioni ambientali ad esse assegnate.).

Le singole tipologie sono descritte nelle schede di intervento di seguito riportate (§ 4).

### **8.1.2 INERBIMENTI**

L'inerbimento è proposto con l'intento di contenere lo sviluppo delle malerbe, di consolidare il terreno prevenendo le erosioni superficiali e di migliorare l'inserimento paesaggistico dell'opera.

#### **8.1.2.1 SEMINA A SPAGLIO (S)**

Questa tipologia di inerbimento viene adottato per aree di piccole dimensioni difficili da raggiungere con i mezzi meccanici (es. aiuole spartitraffico, interno rotonda).

#### **8.1.2.2 IDROSEMINA CON COLLANTI E AMMENDANTI (IS)**

L'idrosemina con collanti e ammendanti costituisce una valida alternativa alla semina a spessore da utilizzare, in primo luogo nelle superfici più ampie e molto pendenti, nelle aree che non vengono impiantate e ciò per prevenirne l'erosione superficiale ed impedire la formazione di erbe infestanti.

### 8.1.1 *ELEMENTI LINEARI ARBOREO ARBUSTIVI (TIPOLOGIA ELAA)*

Per la realizzazione della linea vegetata che correrà davanti al fabbricato tecnologico è previsto l'impiego di una tipologia lineare avente il compito di costituire una quinta verde arborea – arbustiva di mascheramento. Inoltre per imprimere un certo movimento alla struttura longitudinale che ne deriva, si è cercato di variare sull'alternanza delle specie arboree e sulla combinazione tra filari arborei, arbustive e siepi cespugliose.

Il modulo di impianto prevede la realizzazione di un'unica fila arborea, seppur con degli sfalsamenti utili ad assecondare una tipologia naturaliforme, composta da specie di alberi di 1° e 2° grandezza. In aggiunta lo stesso prevede una fascia cespugliosa posta davanti, al cospetto della viabilità.

L'intento dell'intervento è la creazione di una coltrina di mascheramento e inserimento paesaggistico con sembianze tipologiche naturaliformi seppur limitata nello spazio.

## **8.2 RUMORE**

### 8.2.1 *CAMPAGNA DI MONITORAGGIO STRUMENTALE*

La campagna di monitoraggio strumentale è stata effettuata durante il mese di giugno 2021, in un periodo unico e singolare nella storia recente a causa delle restrizioni al movimento delle persone e all'esercizio delle attività commerciali e di ristorazione in vigore come misura per la salvaguardia della salute dei cittadini italiani dall'epidemia Covid-19.

Sebbene le restrizioni fossero in fase di allentamento, in queste condizioni estreme e particolari, i risultati dei rilievi fonometrici e dei conteggi del traffico non possono essere considerati completamente rappresentativi della situazione nella zona di indagine. Tuttavia, i dati raccolti sono comunque adeguati per effettuare le operazioni di taratura del modello di simulazione, dato che permettono ugualmente di correlare i flussi di traffico in transito sulla strada con i corrispondenti livelli sonori rilevati presso i ricettori.

La campagna di monitoraggio fonometrico è stata programmata e realizzata con l'obiettivo di supportare la definizione delle caratteristiche attuali del clima acustico, operazione effettuata mediante la tecnica della modellazione acustica.

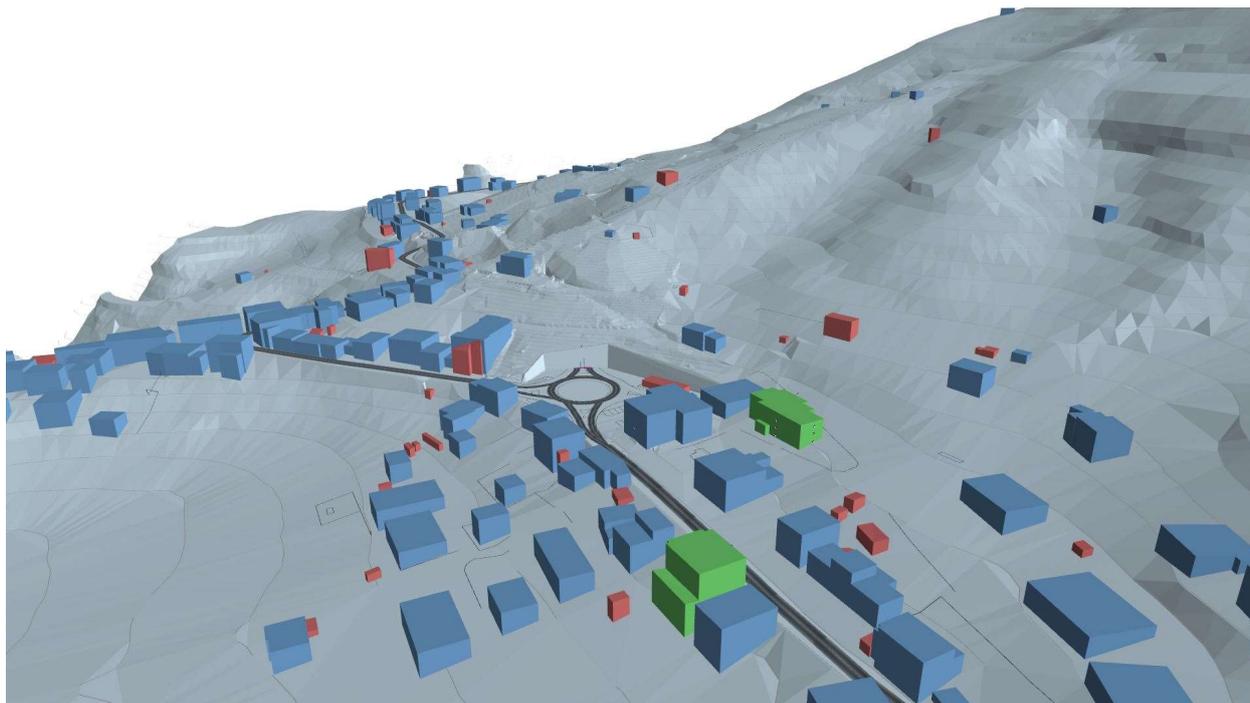
### 8.2.2 *MODELLAZIONE DELL'AREA DI STUDIO*

Per gli scopi del presente studio, si elabora uno specifico modello di simulazione del campo sonoro, realizzato mediante il software WÖLFEL IMMI®, allo scopo di valutare il fenomeno acustico e le sue

potenziali evoluzioni all'interno dell'area di indagine. In particolare, per la costruzione del modello, si definiscono le caratteristiche dei seguenti elementi:

- Sorgenti sonore: gli elementi passibili di apportare modifiche al campo acustico attraverso l'emissione di segnali sonori, ovverosia il traffico sulla nuova infrastruttura viaria;
- Ambiente di propagazione: le principali caratteristiche orografiche e morfologiche del territorio, oltre a tutti gli altri elementi specifici potenzialmente influenti sulla propagazione del segnale sonoro;
- Ricettori: i bersagli delle emissioni sonore, definiti come luoghi di vita, presso cui valutare i livelli sonori.

Per la caratterizzazione delle sorgenti sonore oggetto del presente studio, in termini di flussi veicolari, si fa riferimento alla documentazione del progetto definitivo dell'attraversamento dell'abitato di Valle di Cadore e, in particolare, ai dati ricavati dall'elaborato T00IN00INTRE07\_C, relazione tecnica di impatto acustico. Nel documento, i dati sono espressi come flusso medio orario diurno e notturno, distinto in mezzi leggeri e mezzi pesanti per scenario attuale e di progetto.



**Figura 55: Immagine del modello tridimensionale del terreno per la modellazione del campo acustico. Progetto: vista da est dell'imbocco della galleria.**

Per la definizione dell'ambiente di propagazione nello scenario di progetto, si integrano le informazioni del modello tridimensionale del terreno attuale, con quelle che descrivono l'andamento plano-altimetrico delle opere in progetto.

Il nuovo tracciato stradale, pertanto, è inserito nel modello tridimensionale. Le caratteristiche del modello tridimensionale di progetto sono completamente coerenti con le informazioni progettuali disponibili e con il grado di dettaglio delle stesse.

In Figura 55 sono rappresentate alcune immagini relative alla configurazione di progetto del modello tridimensionale del terreno adottato per la simulazione delle evoluzioni del campo acustico.

---

### 8.2.3 IDENTIFICAZIONE DEI RICETTORI

I limiti descritti sono valutati in presenza di ricettori, ovvero sia di edifici a destinazione d'uso abitativa e residenziale che, per posizione, distanza ed esposizione, si trovano in una condizione più sfavorevole nei confronti delle emissioni sonore.

Per quanto riguarda la fascia di pertinenza stradale del nuovo tracciato, che si sviluppa per la maggior parte in galleria, si studiano i ricettori ricompresi all'interno dei tratti di collegamento tra l'infrastruttura esistente e le opere di imbocco della galleria. Questi edifici sono quelli maggiormente esposti agli impatti del nuovo assetto della viabilità.

Per quanto riguarda la strada attuale, si osserva che questa attraversa il centro abitato in aree di alta densità abitativa, dato che la maggior parte degli edifici si sono nel tempo insediati a ridosso della via di comunicazione principale. Per questo motivo, quindi, lo studio di tutti i ricettori comporterebbe tempi molto lunghi, un'inutile sovrabbondanza di dati e una discreta difficoltà nella lettura dei risultati. Come criterio generale di indagine, quindi, si studiano i livelli sonori in corrispondenza di alcuni ricettori compresi all'interno della fascia di pertinenza acustica dell'infrastruttura esistente, identificati perché ritenuti rappresentativi di differenti condizioni di esposizione al rumore stradale.

Per ciascun ricettore, infine, si calcolano i livelli sonori identificando unicamente le facciate maggiormente esposte alla rumorosità stradale e trascurando quelle più protette. Per ciascuna facciata, si calcolano i livelli sonori in corrispondenza di tutti i piani dell'edificio, a quote differenti, per evidenziare la variazione di esposizione con l'altezza.

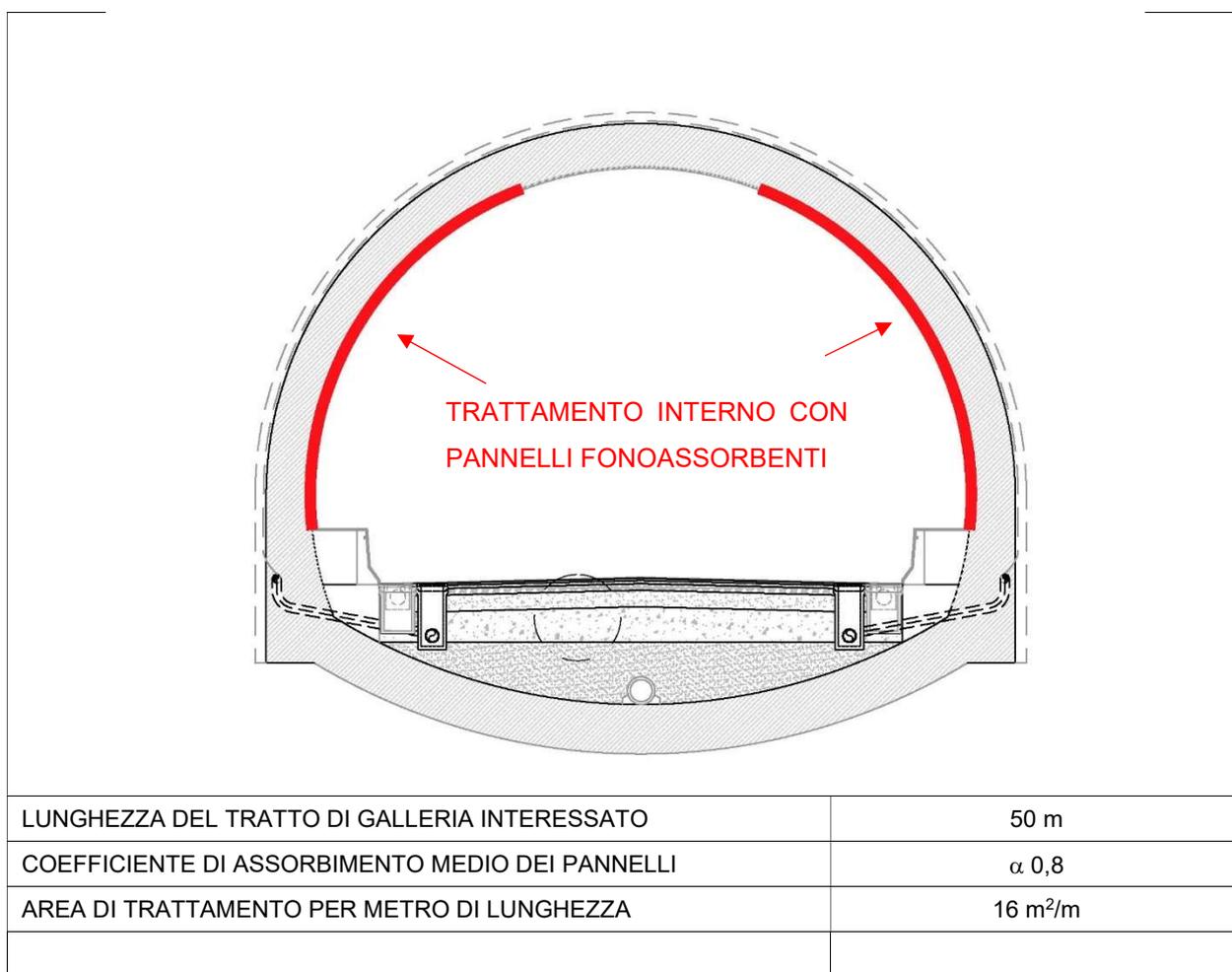
In particolare, quindi, adottando tale criterio, si selezionano un totale di 9 edifici ricettori di tipo residenziale distribuiti attorno ai punti di imbocco del nuovo tratto in galleria e 11 edifici ricettori di tipo residenziale distribuiti lungo il tracciato della strada esistente. Tutti i 20 ricettori sono stati identificati e censiti

All'interno dell'area di studio, estesa per un buffer di 500 m attorno all'area di intervento, si identifica la presenza di due ricettori cosiddetti sensibili ai sensi della vigente normativa. In particolare, si tratta di:

- RS1: Scuola primaria di Valle di Cadore;
- RS2: Scuola materna Maria Ausiliatrice.

#### 8.2.4 INTERVENTI DI MITIGAZIONE

La tipologia di impatto acustico identificato è riconducibile all'effetto di una singola sorgente spazialmente delimitata, costituita dall'imbocco della galleria. Per ridurre la potenza emissiva che caratterizza questo elemento, si ipotizza di realizzare un intervento puntuale e localizzato mediante un trattamento fonoassorbente interno della parte finale della galleria. In particolare, l'obiettivo dell'intervento è quello di ridurre i fenomeni di riflessione delle onde sonore all'interno della canna attraverso un sistema di pannelli fonoassorbenti in grado di assorbire e degradare l'energia, riducendo la riverberazione interna.



**Figura 56: Schema intervento di mitigazione in galleria**

Come ulteriore garanzia, inoltre, si prevede la sostituzione dei serramenti esistenti per i due ricettori sensibili scolastici RS1 ed RS2 che insistono nell'area interessata dagli interventi, con l'obiettivo di minimizzare l'impatto della rumorosità esterna sulle attività scolastiche. L'intervento, in particolare, sarà realizzato precedentemente alla fase di cantierizzazione delle opere, per garantire un'adeguata protezione anche durante le lavorazioni che costituiscono la parte più impattante della fase di costruzione.

## 9 IMPIANTI SPECIALI

### 9.1 TIPOLOGIA IMPIANTI INSTALLATI

Gli impianti previsti in progetti e descritti nel documento sono:

- Impianto chiamata SOS;
- Impianto rilevazione incendio;
- Impianto TVCC e controllo traffico;
- Impianto supervisione;
- Impianto segnaletica e pannelli messaggio variabile (PMV);
- Impianto antintrusione cabina elettrica.

### 9.2 IMPIANTO CHIAMATA SOS

Le stazioni di emergenza previste in progetto saranno posizionate all'interno delle nicchie presenti in gallerie e saranno composte da un telefono di emergenza, estintori e apparecchiature antincendio. In particolare saranno composti da:

- pulsante di allarme;
- una postazione idrante;
- due estintori a polvere ed a schiumogeno;
- un telefono S.O.S.

Le iscrizioni esplicative accanto ai pulsanti saranno essere scritte in quattro lingue: italiano, inglese, francese e tedesco. Le stazioni saranno installate in entrambi i lati della galleria e con interdistanza pari a 150m. Tutti gli armadi saranno dotati di un sistema per la segnalazione di allarme in caso di apertura dell'armadio. La rottura di un vetro e l'apertura di uno sportello per il prelievo degli estintori attiverà un allarme locale ottico ed acustico temporizzato. Il segnale di apertura sarà inviato al locale tecnico ed all'eventuale centro di controllo remoto. L'operatore del centro di controllo remoto, oltre a dialogare con l'utente, potrà seguire delle procedure di emergenza e attivare i relativi sistemi presenti in galleria (PMV, TVCC, Ventilazione, segnaletica, messaggistica, ecc.) Anche all'esterno della galleria, nei pressi dei portali, verrà installato un armadio di emergenza. L'alimentazione elettrica dell'armadio e dei suoi apparati sarà collegato alla sezione di continuità assoluta. Potranno essere facilmente individuabili anche in caso di emergenza in quanto saranno segnalati con segnale luminoso indicatore nelle guide ANAS.

Oltre al collegamento elettrico, tutte le stazioni di emergenza, saranno collegate tra loro e con la cabina elettrica mediante una dorsale in fibra ottica posata nei cavidotti sotto il marciapiede. All'interno dell'armadio

ci saranno le apparecchiature elettriche per l'attestazione della fibra ottica e la comunicazione con la centrale di controllo remota (se prevista).

### **9.3 IMPIANTO RILEVAZIONE INCENDIO**

L'impianto di rilevazione incendio verrà realizzato sia nella galleria sia all'interno dei locali tecnici previsti in progetto. All'interno della galleria verrà realizzato un impianto di rilevazione incendio del tipo a rilevazione lineare di temperatura, collocato sulla volta della galleria. Il sistema proposto potrà consentire di localizzare il focolaio presente in galleria per permettere un rapido intervento e lo spegnimento dell'incendio. Il sensore termico lineare è previsto per tutta la lunghezza della galleria e permette di rilevare in modo efficace delle sorgenti di calore causate da incendi, anche all'interno di una zona completamente fumosa, con una risoluzione di almeno 5 m. Il sensore lineare sarà costituito da un cavo a doppia fibra ottica collegato ad apposita centrale di elaborazione prevista nella cabina elettrica presente al portale est. Il sensore sarà fissato in volta ad una fune d'acciaio tesata per garantire una maggior protezione meccanica. Il rilevamento incendio agisce su una soglia assoluta, su una soglia differenziale di temperatura o per cambiamento delle condizioni nelle zone ed è in grado di generare un preallarme ed un allarme. Il sistema sarà in grado di reagire anche in caso di eventuali allarmi multipli. Indicativamente le soglie di allarme avranno i seguenti valori:

- soglia di preallarme ed allarme assoluto; 55+75 °C.
- soglia di preallarme differenziale: +1.7 °C / 10 sec.
- soglia di allarme differenziale: +3.4 °C / 10 sec.

All'interno dei locali tecnici verrà realizzato un impianto rilevazione incendio tradizionale con rilevatori puntiformi installati a soffitto. I locali saranno dotati anche di pulsanti allarme incendio per la segnalazione manuale dell'evento. La centrale di gestione dell'impianto sarà installata all'interno del locale tecnico presente nei pressi del portale est. L'alimentazione elettrica del sistema sarà derivata dalla sezione di continuità assoluta per garantire il funzionamento in caso di mancata alimentazione elettrica da parte dell'ente fornitore.

## **9.4 IMPIANTO TVCC E CONTROLLO TRAFFICO**

All'interno della galleria e nei pressi dei due portali di accesso si prevede l'installazione di un sistema di videosorveglianza con telecamere a circuito chiuso e un sistema di monitoraggio e controllo traffico.

L'impianto di videosorveglianza sarà costituito da:

- telecamere fisse in galleria, disposte in volta a distanze variabili da un minimo di 80 m in curva ad un massimo di 100 m;
- telecamere brandeggiabili esterne su palo (in prossimità dei portali delle galleria);
- matrici video multicanale;
- schede di trasmissione e ricezione del segnale video;
- sistema gestionale computerizzato.

Al fine di garantire sia la migliore immagine ripresa sia la continuità di esercizio, le telecamere saranno installate in custodia stagna, necessaria a garantire un'adeguata resistenza termica e meccanica agli agenti corrosivi. La custodia sarà inoltre tale da evitare riflessi indesiderati causati dai fari degli autoveicoli o da luci parassita. Un circuito di riscaldamento con resistenza a basso assorbimento ed alta efficienza eviterà la formazione di condensa.

La videosorveglianza permetterà le seguenti funzionalità:

- visualizzazione della situazione momentanea del traffico (la videocamera viene scelta in modo manuale);
- commutazione automatica delle immagini su uno o più monitor a seguito del rilevamento di un evento;
- detezione automatica di eventi (presenza di fumo in carreggiata, coda, veicolo fermo in carreggiata o in piazzola di sosta, oggetto o persona in carreggiata o in piazzola di sosta, inversione di marcia di un veicolo, occupazione via di fuga);
- tutte le immagini saranno registrate provvisoriamente ad anello, e saranno disponibili per un periodo di tempo limitato, mentre in caso di evento, le immagini del settore in allarme saranno registrate ed archiviate a tempo indeterminato.

Tutte le telecamere saranno collegate allo switch più vicino presente nella nicchia della galleria con cavo dati.

Il sistema di controllo traffico prevede l'installazione di un sensore per ogni senso di marcia e posizionati in entrambi i portali di accesso. I sensori saranno collegati alla centrale di gestione installata nella nicchia più vicina la quale è collegata allo switch del sistema di supervisione generale. L'impianto permetterà di valutare la situazione del traffico in galleria ed, insieme al sistema TVCC, sarà possibile inviare messaggi di alert al locale tecnico ed all'eventuale centro di controllo e segnalare messaggi agli utenti tramite i pannelli a messaggio variabile.

## **9.5 IMPIANTO SUPERVISIONE**

Lo scopo dell'impianto di telecontrollo - supervisione è creare un sistema di controllo e comando in grado di gestire gli impianti installati e permetterne la supervisione sia a livello locale che dal Centro di Controllo remoto (se previsto). Il telecontrollo sarà in grado di gestire autonomamente le funzionalità degli impianti legate alle diverse condizioni d'esercizio, attivando di volta in volta scenari preimpostati.

L'impianto di supervisione sarà predisposto per la visualizzazione di stati, misure ed allarmi degli impianti e permetterà il comando forzato delle funzionalità tramite un'interfaccia grafica, agevolando l'attività degli addetti alla manutenzione. Oltre alla gestione automatica locale degli impianti e alla loro supervisione, il sistema comprende le reti di trasmissione dati da e verso le apparecchiature installate e la predisposizione per la trasmissione verso il Centro di Controllo remoto.

La gestione interagisce con i seguenti impianti:

- distribuzione elettrica in media e bassa tensione;
- trasformatori MT/BT, gruppi elettrogeni e gruppi di continuità;
- impianto di illuminazione;
- impianto di ventilazione;
- impianto di segnaletica e pannelli a messaggio variabile;
- impianto di rilevamento incendi;
- impianto di videosorveglianza e controllo traffico;
- impianto SOS;
- impianto rete idranti;
- impianto vasche acque reflue.

La struttura del sistema prevede un PLC generale, in grado di gestire gli impianti della galleria autonomamente, ed un secondo PLC per garantire una ridondanza hot-standby.

I PLC comunicheranno con tutti gli altri apparati attraverso il rack dati installato in cabina ed in grado di smistare i dati provenienti dalle altre apparecchiature.

In galleria sono previste due dorsali in fibra ottica per la comunicazione con gli switch presenti nelle nicchie e nei pressi del portale. Un dorsale sarà dedicata all'impianto TVCC mentre l'altra dorsale sarà dedicata all'impianto SOS e dati.

In ogni nicchia sarà predisposto il quadro di supervisione composto da:

- pannello attestazione fibra ottica
- switch rete dati / SOS
- switch TVCC

- alimentatore
- scheda ethernet
- scheda ingressi digitali
- scheda uscite digitali
- scheda ingressi analogici
- scheda uscite analogici

Nella cabina elettrica al portale est sarà presente la centrale di gestione di tutto il sistema di supervisione composto da:

- pannello attestazione fibre ottiche
- switch rete dati
- pannello di permutazione RJ45
- switcch per impianto TVCC
- router per interfacciarsi da remoto
- alimentatori
- Armadio PLC
- Scheda CPU

Tutte queste apparecchiature sono contenute in armadio rach da pavimento con porta e chiusura a chiave.

Ogni quadro elettrico sarà dotato di apparecchiatura per comunicare con il sistema di supervisione e per riceve input da interruttori e dispositivi installati nel quadro. All'interno del quadro saranno presenti le seguenti apparecchiature:

- alimentatore
- scheda ethernet
- scheda ingressi digitali
- scheda uscite digitali
- scheda ingressi analogici
- scheda uscite analogici

Tutto il sistema potrà essere accessibile anche da remoto tramite router.

## **9.6 IMPIANTO SEGNALETICA E PANNELLI A MESSAGGIO VARIABLE (PMV)**

Agli imbocchi della galleria saranno installati i semafori per consentire la chiusura della galleria in situazioni di emergenza mentre a 150 metri prima degli imbocchi, saranno installati pannelli a messaggio variabile costituiti da una indicazione alfanumerica e da un pittogramma di tipo full color.

All'interno della galleria saranno installati i cartelli luminosi per indicare l'apparecchiatura antincendio e per la segnalazione della via di fuga, come descritto nei paragrafi precedenti. Tutte le alimentazioni elettriche dell'impianto segnaletico saranno derivate dal quadro continuità assoluta per garantire continuità di servizio durante i momenti di mancata erogazione dell'energia elettrica.

## **9.7 IMPIANTO ANTI-INTRUSIONE EDIFICIO TECNOLOGICO**

Per proteggere i locali della cabina elettrica e dei gruppi di pompaggio, si prevede l'installazione di un sistema di antintrusione e controllo degli accessi che deve essere in grado di segnalare l'intrusione di personale non autorizzato all'interno dei locali tecnologici. Tale sistema è composto dalle seguenti apparecchiature e materiali:

- Sensori a doppia tecnologia per il rilevamento di tentativi di intrusione;
- Centrale completa di alimentatore per il controllo di tutti i componenti;
- Organi di comando per l'inserimento ed il disinserimento dell'impianto tramite tastiera;
- Segnalatori con capacità di emissione di segnali di allarme acustici e/o in grado di effettuare chiamate di emergenza verso la Sala Operativa Compartmentale;
- Predisposizione per trasmissione della chiamata tramite GSM;
- Cavi e canalizzazioni per i collegamenti fra le varie apparecchiature.

In corrispondenza di tutti gli accessi ai locali di cabina e sala pompe, verranno installati contatti magnetici in alluminio ad alta tolleranza; in corrispondenza dei piazzali e all'interno dei locali tecnologici verranno installati rilevatori volumetrici con due canali MV e due canali PIR quadrupla tecnologia antintrusione mod. WATCH OUT fino a 15 metri. L'impianto sarà dotato di una centrale antintrusione ad 8 ingressi espandibile a 40 ingressi con combinatore telefonico integrato e predisposto per funzionamento GSM. La centrale antintrusione, ubicata in cabina, sarà equipaggiata con un'interfaccia telefonica GSM/GPRS per l'invio e la ricezione di chiamate su rete GSM attraverso un combinatore telefonico esistente, completo di prolunga da ml. 5,00 di cavo per antenna GSM. La centrale, altresì, sarà equipaggiata con batteria da 12 Volt 7,5Ah a tampone. All'esterno dei locali ed eventualmente all'interno, verrà installata a parete una sirena 110db 12V per impianti antintrusione. Tutti i collegamenti tra gli apparati che costituiscono l'impianto antintrusione verranno realizzati utilizzando cavi allarmati schermati di tipo 2x0,50 + 4x0,22. La distribuzione elettrica principale dell'impianto sarà eseguita con il canale portacavi posto a soffitto e tubi in PVC nella fase terminale. Gli allarmi generati dall'impianto antintrusione di cabina dovranno essere riportati alla Sala Operativa Compartmentale.

## 10 SMART ROAD

Il progetto di attraversamento dell'abitato di Valle di Cadore si inserisce nel contesto del Piano straordinario per l'accessibilità a Cortina 2021. In particolare l'intervento si propone di realizzare una galleria e relativi raccordi di estremità per il superamento di un nodo critico lungo l'attraversamento dell'abitato di Valle di Cadore, oggi di fatto regolato da senso unico alternato per effetto della sezione ristretta e della prossimità di fabbricati vincolati alla sede stradale.

L'intervento prevede la predisposizione delle canalizzazioni per la posa delle apparecchiature e cavi a servizio del sistema smart road.

### **10.1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO**

La proposta di variante non interessa nodi rilevanti di viabilità extraurbana; il tratto sotteso interessa in effetti solo alcune intersezioni a raso con viabilità comunale urbana che rimane utilmente collegato al tratto declassato che diventerà parte integrante della rete urbana comunale di Valle di Cadore. Lo scopo dell'intervento è limitato alla eliminazione del punto critico localizzato nel tratto di attraversamento urbano del centro abitato di valle di Cadore.

Considerato il modesto sviluppo dell'intervento, (se comparato all'intero itinerario della SS 51), si ritiene che gli scopi principali dell'opera, vale a dire fluidificazione del traffico e incremento della sicurezza, possano essere conseguiti con una sezione tipo C2 secondo DM 5 Novembre 2001.

Per quanto concerne gli interventi di realizzazione delle intersezioni:

- Svincolo valle est - Il raccordo est viene realizzato all'interno del centro abitato ed è costituito da una rotatoria compatta a 4 rami; oltre allo stacco del tratto in variante vengono connessi i seguenti collegamenti:
  - Tracciato storico della SS 51 da est;
  - Ramo sotteso della SS 51 che prosegue a servizio del centro abitato (via Antelao)
  - Ramo pre-esistente di viabilità comunale denominata viale Dolomiti.
- Svincolo valle ovest - Il modesto sviluppo del tratto sotteso e le condizioni orografiche particolarmente difficili hanno suggerito in questo caso una soluzione di raccordo parziale con una diramazione dal tracciato principale che consente l'ingresso nel tratto sotteso al traffico proveniente da Cortina (per il quale si prevede ragionevolmente una domanda trascurabile) mentre la manovra in direzione opposta, ad evitare pericolose intersezioni di correnti, è rimandata alla rotatoria est con un modesto allungamento di percorso.

Si prevedono le predisposizioni per le diverse tecnologie di connettività Wi-Fi e con i veicoli quali RSU DSRC e V2X. Sono previste predisposizioni per le installazioni di telecamere di lettura targhe e TVCC. Sono previste altresì attività di configurazione e collegamento dei sistemi e delle tecnologie alla Smart Road (rete dati ed eventualmente energia) esistente e di integrazione con gli impianti di galleria. Verrà realizzata una rete dati che dovrà essere connessa alla rete Smart Road esistente ed una distribuzione elettrica per l'alimentazione delle tecnologie ed apparecchiature Smart Road.

L'infrastruttura dovrà prevedere un cavidotto tale da dover contenere 2 tubi  $\Phi 110$  e un tritubo (cfr. tipologico).

## **10.2 ELENCO TECNOLOGIE SMART**

Considerando la lunghezza di circa 600 m del tratto in galleria, si ritiene di installare:

- N. 3 postazioni polifunzionali in galleria (interdistanza circa 150 m);
- N. 2 postazioni polifunzionali agli imbocchi della galleria;
- N. 1 postazione polifunzionale in corrispondenza della rotatoria.

Con riferimento all'allestimento delle postazioni polifunzionali in itinere ed in galleria, complessivamente si ritiene di installare apparati integrati che erogano funzionalità differenti con la seguente granularità:

- N. 6 Access Point (AP) Wi-Fi;
- N. 3 RSU DSRC e V2X.

In merito alla installazione di telecamere per lettura targhe e TVCC si prevede l'installazione di:

- N. 2 telecamere lettura targhe (agli imbocchi di galleria);
- N. 1 TVCC (in rotatoria).

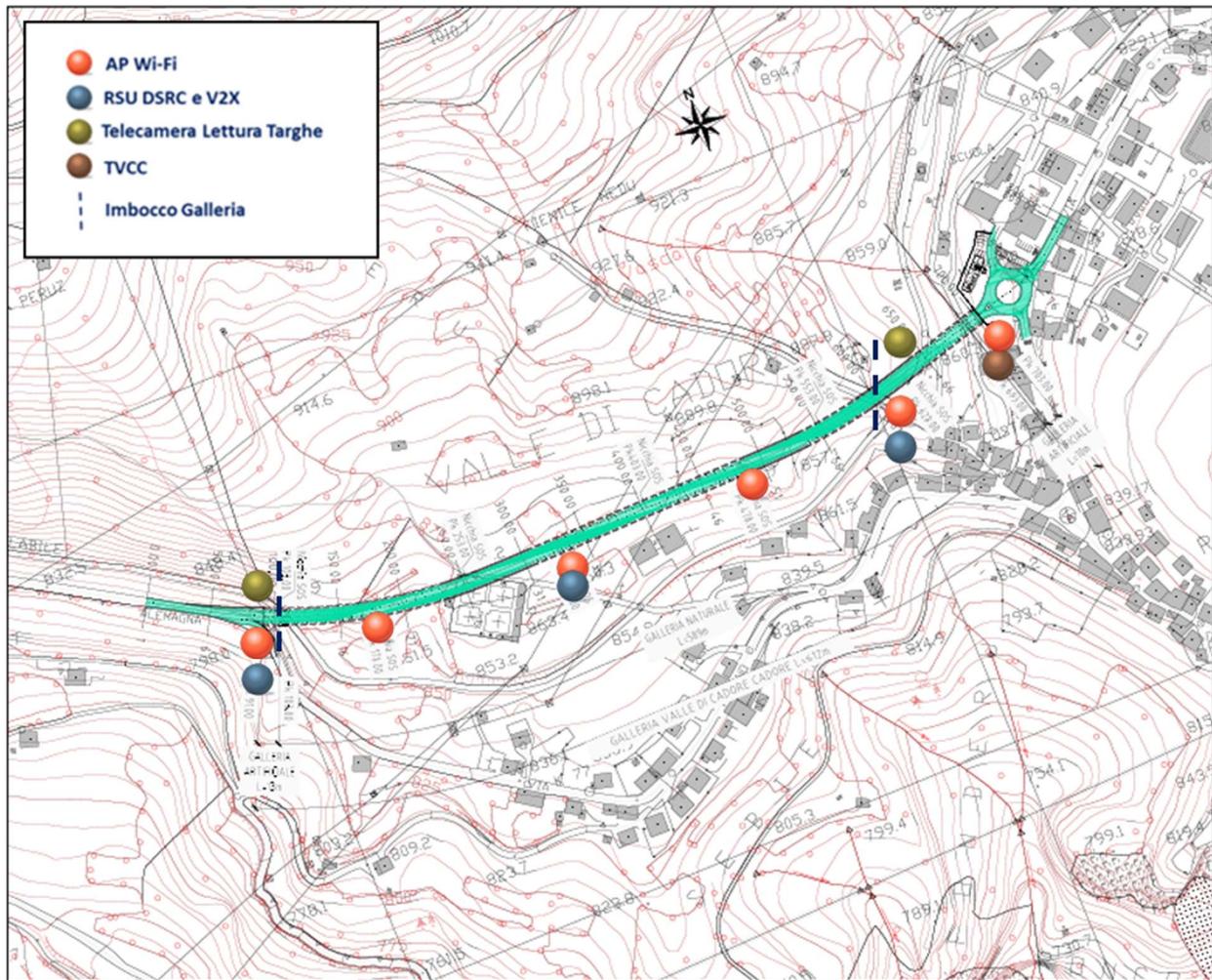


Figura 57 - Rappresentazione della posizione delle tecnologie Smart Road

## 11 CANTIERIZZAZIONE E FASI LAVORATIVE

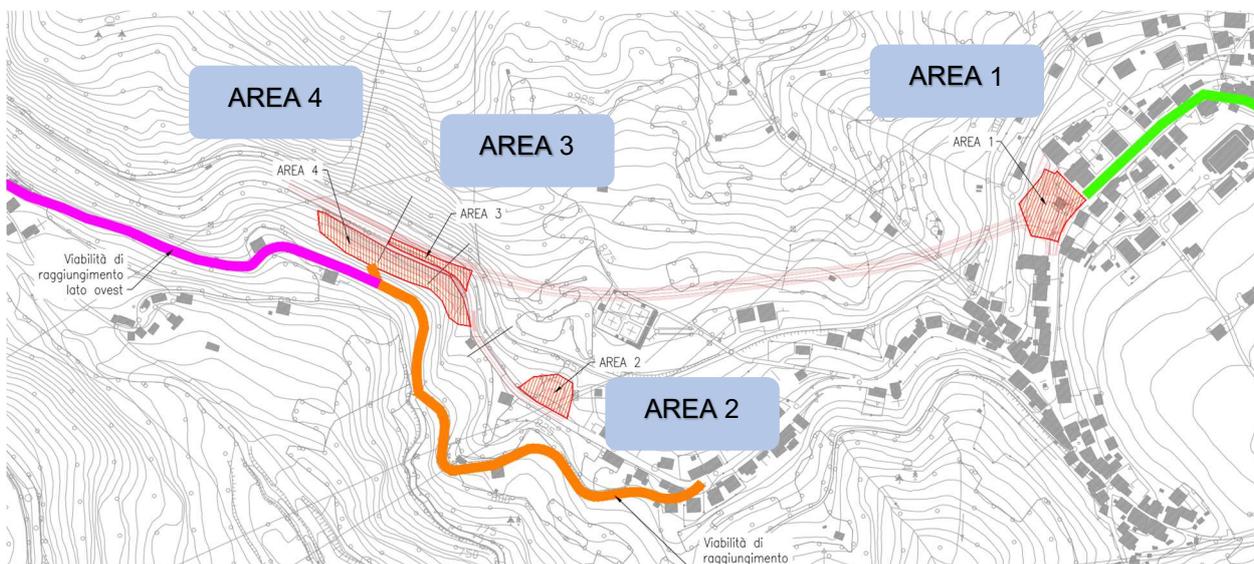
Nel presente capitolo, si riportano in sintesi le principali scelte operate nell'ambito della cantierizzazione per la realizzazione dell'infrastruttura in oggetto, rimandando agli elaborati specialistici per maggiori dettagli.

### 11.1 ORGANIZZAZIONE DELLE AREE DI CANTIERE

Al fine di realizzare le opere in progetto, è prevista l'installazione di una serie di aree di cantiere, nel rispetto di quelle previste dal Progetto Definitivo, selezionate sulla base delle seguenti esigenze principali:

- disponibilità di aree libere in prossimità delle opere da realizzare;
- facile collegamento con la viabilità esistente
- minimizzazione del consumo di territorio;
- minimizzazione dell'impatto sull'ambiente naturale ed antropico;

Le aree promosse sono quindi le seguenti:



**Figura 58 – Disposizione dei cantieri**

#### AREA 1

L'Area 1 è l'area fulcro di tutte le principali lavorazioni. La galleria viene infatti scavata da EST e quindi tutti i mezzi di scavo dovranno transitare per tale area. Inizialmente l'Area 1 avrà una piccola parte logistica che occuperà il parcheggio esistente, mentre verranno realizzate le piste di cantiere per la realizzazione dei pali di grosso diametro D800. Preventivamente dovrà essere realizzata la fase di bonifica bellica e demolizione dell'edificio esistente.

Successivamente lo scavo riporterà l'area ad uno stato pianeggiante e quindi completamente usufruibile dal punto di vista di deposito, stoccaggio e organizzativo.

**Dotazioni di tipo logistico:** minima WC e 1 container solo per avere una minima funzionalità organizzativa, parcheggi.

**Dotazioni di tipo tecnico:** essendo di fatto una area tecnica avrà depositi per i vari materiali; deposito materiale di demolizioni e preventiva separazione prima dell'invio al sito di destinazione, armatura pali, eventuale vasca per bentonite, deposito tiranti, deposito armatura per la dima, deposito centine, deposito materiale per l'impermeabilizzazione, deposito materiale di realizzazione del cassero per la galleria, vasca di smaltimento acque in uscita dalla galleria, officina per lavori sui mezzi di scavo.

**Recinzione:** su tutte le parti di valle con NJ in cls e soprastante parte antirumore, sul resto con pali in legno piantanti nel terreno, rete elettrosaldata e parte antirumore. Localizzata lungo i lavori di perforazione ulteriore barriera antirumore.

## AREA 2

L'Area 2 è l'area logistico organizzativa dei lavori. Permarrà nello stato arredato con le funzioni logistiche per tutta la durata dei lavori e solo in ultima fase verrà realizzato il parcheggio e zona di svolta previsti a progetto.

**Dotazioni di tipo logistico:** mensa e uffici su due piani (ciascuno 200 mq), spogliatoi e dormitori su due piani (ciascuno 200 mq), parcheggi per dipendenti e fornitori, ufficio DL e CSE.

**Dotazioni di tipo tecnico:** -.

**Recinzione:** fissa con rete elettrosaldata e rete arancione o pannello osb.

## AREA 3-4

L'Area 3-4 è l'area di non secondaria importanza in quanto a complessità delle lavorazioni in quanto comprende i lavori di imbocco OVEST con realizzazione della struttura di supporto della ciclabile e i lavori di realizzazione della terza corsia di marcia (per svincolo) che andrà realizzata mediante allargò a valle (terra armata) e allargò a monte (berlinese).

Per entrambi gli allarghi sarà necessario realizzare una viabilità di accesso alla zona di lavorazione per la macchina perforatrice, per cui con una larghezza di circa 3 metri. Per fare ciò in entrambi i casi sarà necessario chiodare gli scavi per il sostegno provvisorio del fronte scavo.

Per i lavori di fase 1a a valle la strada di accesso sarà realizzata dalla strada secondaria di valle, mentre per i lavori di fase 1b a monte la strada di accesso sarà realizzata dalla SS 51 circa ad inizio intervento, salendo congruentemente ai muri di sostegno esistenti.

**Dotazioni di tipo logistico:** minima, WC e un container per avere una minima funzionalità organizzativa, parcheggi in linea ad entrambi gli accessi all'interno della corsia dedicata al cantiere.

**Dotazioni di tipo tecnico:** la corsia di cantiere verrà utilizzata anche come spazio di deposito materiali: armatura micropali, gabbie terra rinforzata ecc.

**Recinzione:** su tutte le parti di delimitazione/separazione corsi di cantiere – corsia di lavoro NJ in cls e soprastante rete elettrosaldata e rete arancione, sul resto del bordo cantiere pali in legno con rete elettrosaldata e rete arancione.

## 11.2 FASI LAVORATIVE

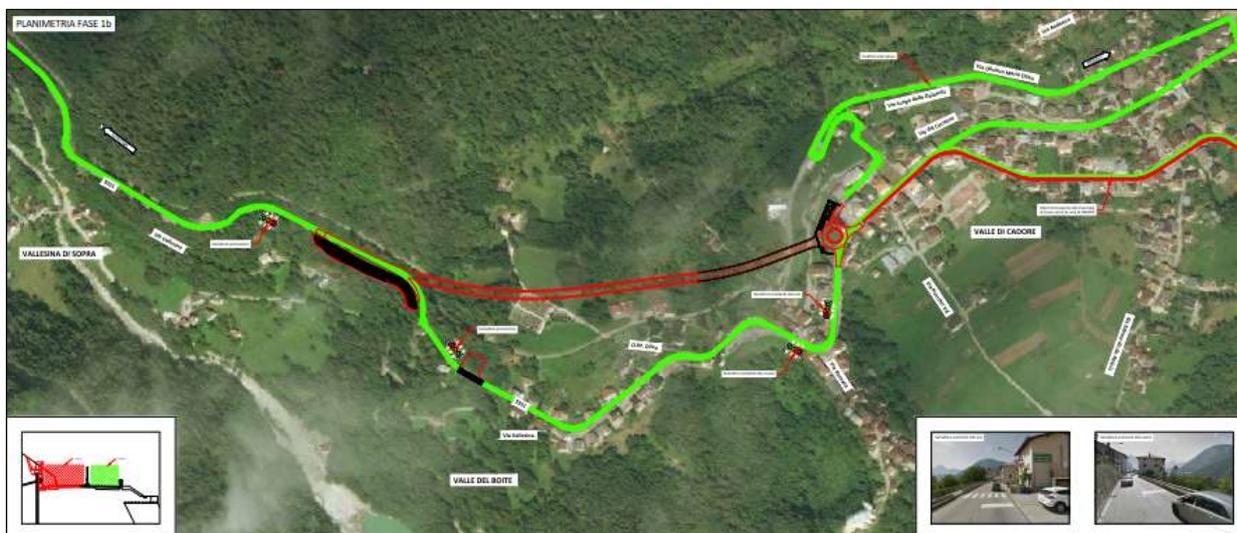
Il tema preponderante che è stato la motivazione principale del presente progetto e il riflesso diretto sulla progettazione è di fatto la VIABILITA'. Questa, insieme alle caratteristiche morfologiche della zona hanno caratterizzato le scelte realizzative e organizzative che si riflettono nelle FASI di lavoro.

Gli elaborati grafici sono quindi stati redatti seguendo l'evoluzione di fase congruente con i diversi percorsi della viabilità durante i 31 mesi di appalto.



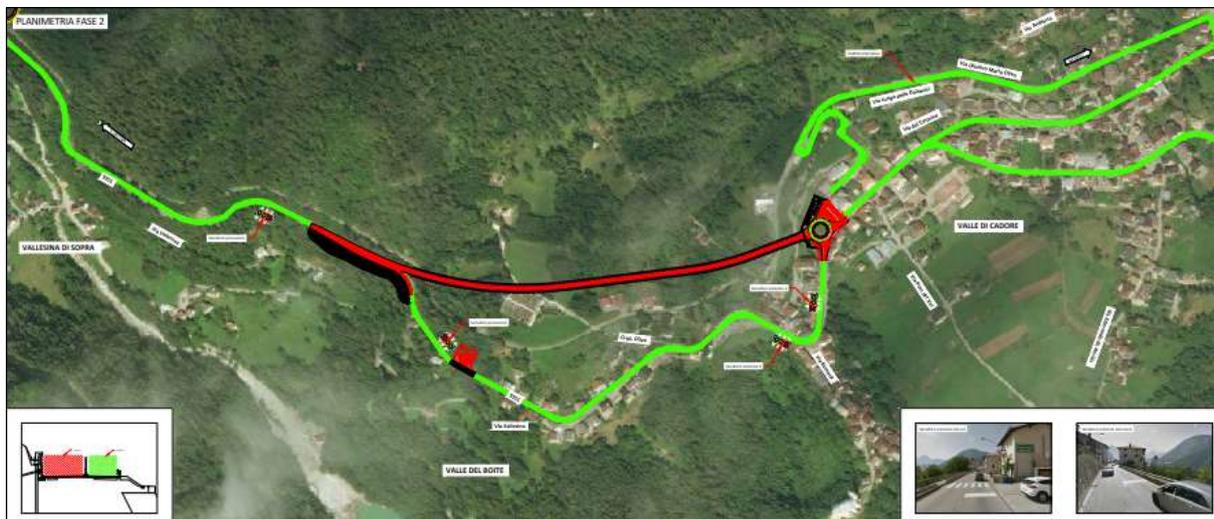
**Figura 59 – fase 1a viabilità**

**FASE 1°:** Svincolo Est: non si modifica  
Svincolo Ovest: ciclo semaforico e viabilità a monte (lavori a valle)  
Lavori in galleria.



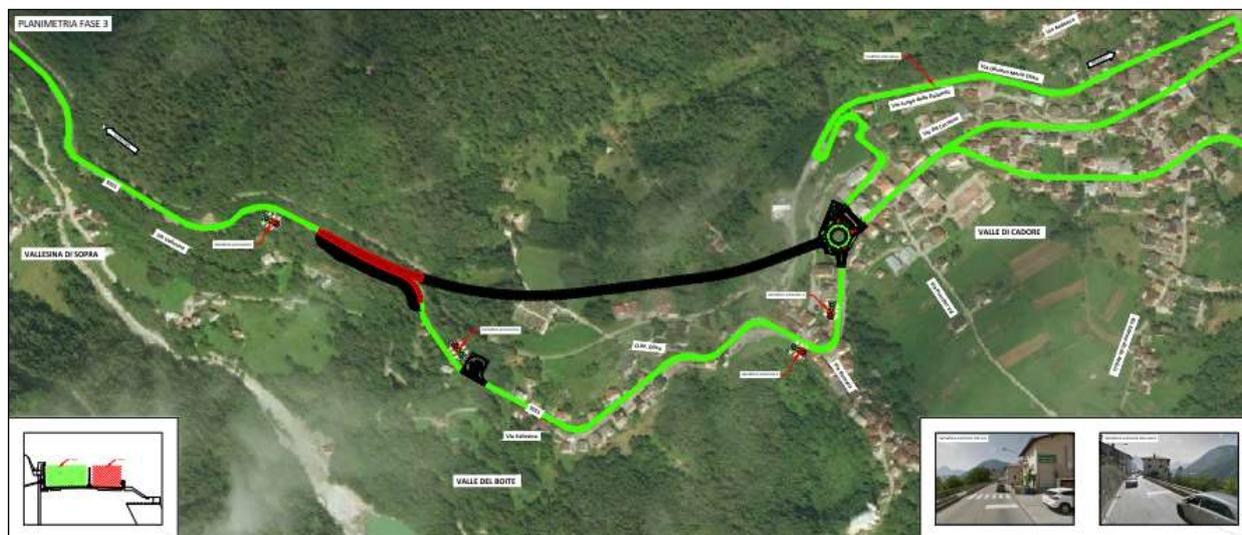
**Figura 60 – fase 1b viabilità**

- FASE 1b:** Svincolo Est: non si modifica  
Svincolo Ovest: ciclo semaforico e viabilità a valle (lavori a monte)  
Lavori in galleria



**Figura 61 – fase 2 viabilità**

- FASE 2:** Svincolo Est: viabilità in due sensi su arco rotatoria realizzato  
Svincolo Ovest: ripristinata viabilità a due sensi

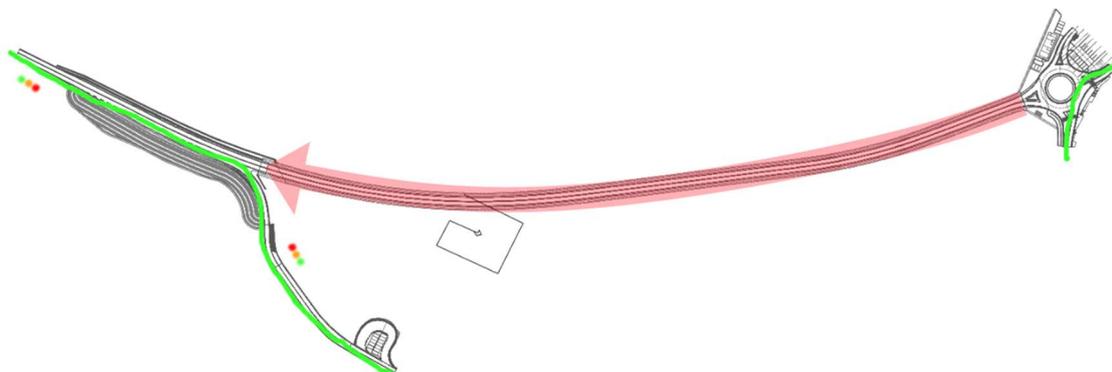


**Figura 62 – fase 3 viabilità**

**FASE 3:** Svincolo Est: viabilità su arco rotatoria finale (no accesso alla galleria)  
Svincolo Ovest: viabilità a due sensi

I percorsi della viabilità sono condizionati da:

- **verso di scavo della galleria:** per esigenze di spazio non si è potuto proseguire con l'idea di scavo sui 2 fronti. Lo scavo avverrà quasi nella totalità da est. Oltre all'impossibilità di organizzare un cantiere di scavo lato ovest si avrebbe avuta anche la diretta conseguenza del traffico dei mezzi di trasporto verso est con attraversamento della parte di centro abitato interessata e caratterizzata dei semafori esistenti per il senso unico alternato. L'attività di scavo dal solo lato est è quindi da considerarsi migliorativa anche a fronte dell'allungamento dei tempi di scavo.

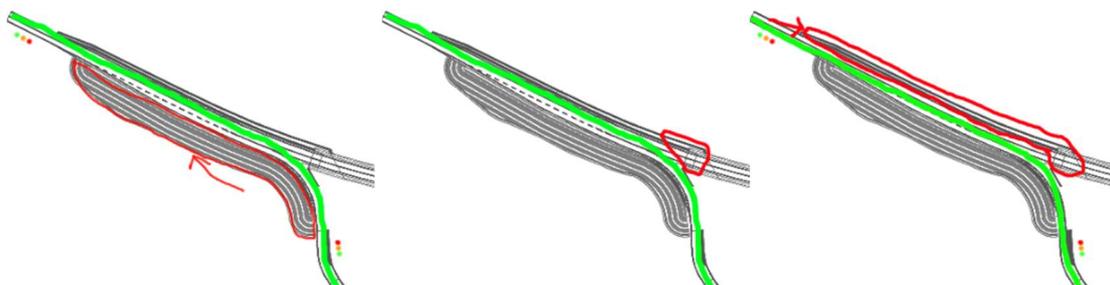


**Figura 63 – scavo della galleria**

- **Svolgimento dei lavori dello svincolo ovest:** per esigenze di sicurezza e di spazio la viabilità esistente viene parzializzata con l'inserimento di un semaforo e passaggio a senso unico alternato.

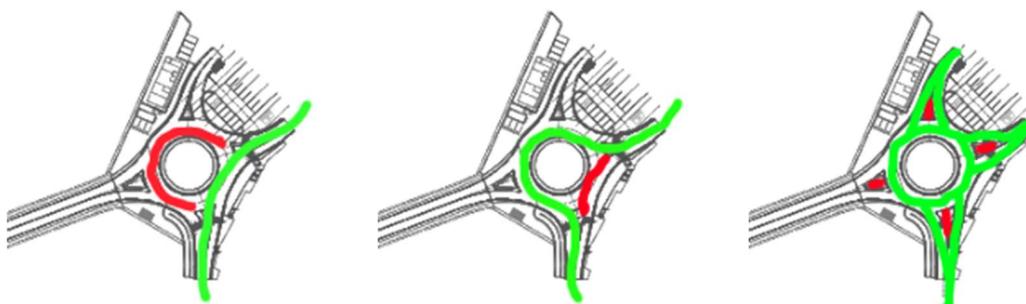
Questo incrementerà necessariamente il disagio nell'attraversamento. Il traffico nei due sensi verrà ristabilito non appena le lavorazioni riguardanti la terra rinforzata e la berlinese saranno terminate, ma interesseranno comunque un lasso temporale non breve (circa 1.5 anni seppure riducibile o con dei periodi intermedi di 2-3 mesi in cui si potrà ristabilire temporaneamente il traffico nei due sensi anche su fondo stradale non definitivo).

Le sottofasi riguardano quindi inizialmente la realizzazione della terra rinforzata a valle con traffico sulla sola corsia di monte e l'altra corsia dedicata ai mezzi di cantiere / sicurezza. Successivamente si invertirà la situazione portando il traffico sulla nuova corsia di valle e lasciando la corsia di monte per i mezzi di scavo / sicurezza. Le corsie saranno sempre delimitate da new jersey in cemento armato. E' tra queste due fasi che si potrà aprire temporaneamente la strada nei due sensi, anche senza aver preventivamente realizzato il fondo stradale definitivo.



**Figura 64 – evoluzione fasi svicolo OVEST (1a, intermedia, 1b)**

- **Svolgimento dei lavori dello svicolo est:** le fasi sono determinate da un classico schema di realizzazione di una rotonda, con la prima fase di realizzazione della gran parte della rotonda e traffico sulla viabilità esistente, successivamente realizzazione del tratto rimasto originale e senso di marcia a due sensi sull'arco di rotonda realizzato. Infine la realizzazione delle isole di traffico rialzate che precedentemente non potevano essere realizzate. Il tutto, essendo condizionato dalle lavorazioni di realizzazione della galleria con i mezzi di scavo e trasporto materiali, deve avvenire per forza di cose quando la galleria si appresta ad essere conclusa. La prima fase durerà per il 87% dell'intera durata dell'appalto e i lavori di rotonda avverranno solo nell'ultimo 7% di tale segmentazione temporale.



**Figura 65 – evoluzione fasi svicolo EST (1,2,3)**

Quanto esposto sopra viene mostrato nei due elaborati principali (vedasi anteprima nella pagina seguente):

- un diagramma tipo ferroviario che mostra bene come le lavorazioni si sviluppino nello spazio
- il cronoprogramma (elaborato del Piano di Sicurezza e Coordinamento) sviluppato nel formato Gantt.

Dal primo dei due elaborati ben si comprende come non vi siano situazioni interferenti, da considerare che la realizzazione del parcheggio di svolta a sud non è interferente con i lavori di galleria in quanto spazialmente separati.

### **11.3 TEMPI DI ESECUZIONE**

I tempi di esecuzione sono diretta conseguenza della velocità di scavo in galleria.

Si considera che l'avanzamento delle attività di realizzazione possano procedere con una velocità media pari a 1.1 metri al giorno con attività organizzate su 3 turni di lavoro e 7 giorni a settimana.

Il risultato delle analisi sulla rumorosità nelle fasi iniziali ha suggerito di procedere per i primi 2-3 mesi con lavorazioni organizzate su 2 turni, essendo il fronte scavo direttamente in ambito di centro paese. Raggiunti i 50 metri di galleria terminata con rivestimento definitivo verranno installati due setti smorzatori del rumore e quindi si procederà con 3 turni.

Lo scavo della galleria avverrà dunque in un tempo pari a 19 mesi con inizio al 7 mese dalla consegna lavori (realizzazione della dima) e scavo all'ottavo mese.

Nei 4 mesi rimanenti dopo la fine dei lavori di rivestimento definitivo, e quindi con il termine dell'accesso al tunnel di mezzi di scavo e getto, si completerà la rotatoria e si eseguiranno i pacchetti stradali e la parte impiantistica.

Anche l'edificio tecnologico è stato ritardato il più possibile, questo in modo da lasciare in disponibilità per il cantiere la maggior parte possibile della superficie dello svincolo EST.

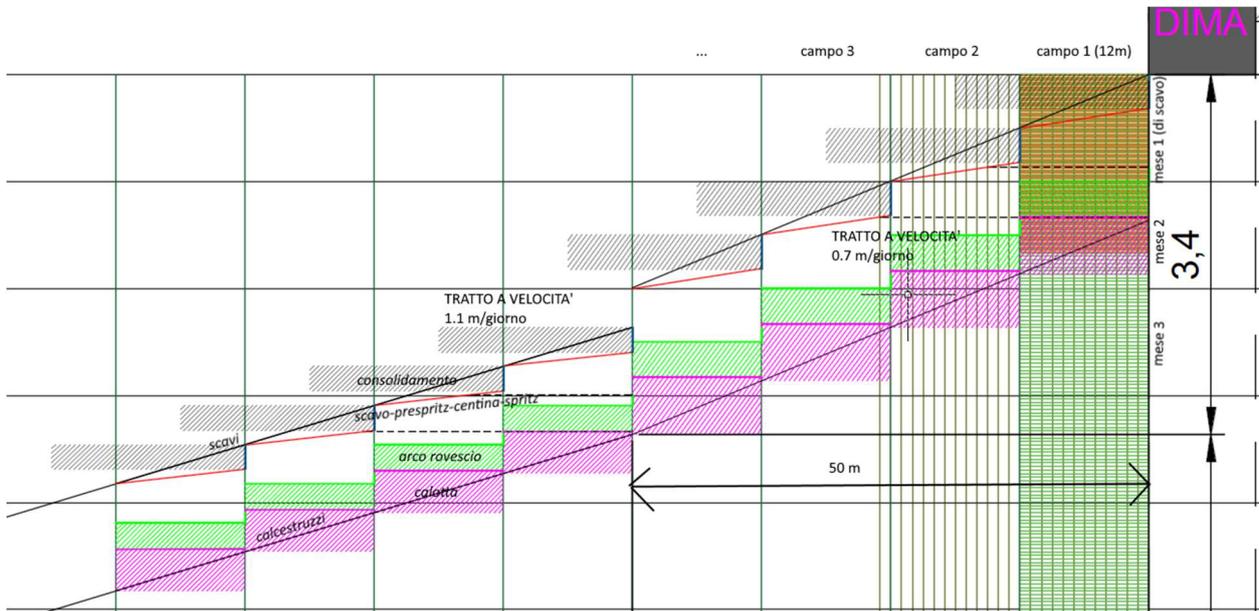


Figura 66 – diagramma valutazione tempi galleria

## 12 QUADRO ECONOMICO

Di seguito si riporta il Quadro Economico previsto per il Progetto Esecutivo in oggetto, per un totale complessivo dei lavori pari a circa 35.260.109,42 €, più oneri sicurezza, ed un totale di importo di investimento pari a circa 52.840.860,83 € al netto dell'IVA.

PIANO STRAORDINARIO PER L'ACCESSIBILITA' A CORTINA 2021 SS 51 DI ALEMAGNA ATTRaversAMENTO DELL'ABITATO DI VALLE DI CADORE S.S. 51 DI ALEMAGNA				
QUADRO ECONOMICO				
	<b>A) Lavori a base di Appalto</b>			
	a1 Sommano i Lavori a Corpo e a Misura		€ 35.260.109,42	
	a2 a sommare oneri relativi alla sicurezza non soggetti a ribasso (compresi oneri "Covid-19")		€ 2.098.124,89	
	a3 protocollo di legalità (non soggetto a ribasso)		€ -	
	a4 Monitoraggio ambientale corso operam		€ 176.300,55	
L.1	<b>a5 Totale lavori più servizi</b>	a1+a2+a3+a4	€ <b>37.534.534,86</b>	€ <b>37.534.534,86</b>
	a6 a detrarre Oneri relativi alla Sicurezza e al protocollo di legalità non soggetti a ribasso		€ 2.098.124,89	
	<b>a7 Importo lavori soggetto a ribasso</b>	a5-a6	€ <b>35.436.409,97</b>	
	<b>B) Somme a disposizione della stazione appaltante</b>			
L.2	b1 Lavori in economia (contributo compensazione superfici rimboschite)		€ 8.000,00	
L.2	b2 Lavori in economia (inserimento contesto urbano)		€ 90.000,00	
L5.1	b3 Rimozione interferenze		€ 815.121,25	
L.C	b4 Rilievi, accertamenti ed indagini		€ 260.000,00	
L5.2	b5 Allacciamenti ai pubblici servizi		€ 120.000,00	
L.6	b6 Imprevisti ed ex art. 133 D.lgs 163/06	max 8% impr	€ 3.294.183,14	
L.3	b7 Acquisizione Aree ed Immobili, imposte di registro, ipotecarie e catastali		€ 430.000,00	
L.B	b8 Fondo art.113 c.2 D.lgs 50/2016	2,00%	€ 750.690,70	
L7.1	b9 Spese tecniche		€ 450.000,00	
L7.2	b10 Spese tecniche per attività di collaudo	0,15%	€ 56.301,80	
L7.3	b11 Spese per i Commissari di cui all'art.205 c. 5 e art. 209 c.16 D. Lgs 50/2016		€ 80.000,00	
L7.4	b12 Spese per Commissioni giudicatrici art 77 c. 10 D.lgs. 50/2016	0,10%	€ 37.534,53	

L7.5	b13	Copertura assicurativa art.24 c.4 D.Lgs 50/2016	0,3%	€	112.603,60	
L7.6	b14	Oneri di legge su spese tecniche (4% di b9, b10, b11, b12)		€	24.953,45	
LH	b15	Spese per Pubblicità e ove previsto per opere artistiche e contributo ANAC		€	35.800,00	
LD	b16	Spese per prove di laboratorio e verifiche tecniche	1,30%	€	487.948,95	
LD	b17	Monitoraggio geotecnico		€	2.121.087,46	
LD	b18	Monitoraggio ambientale ante e post operam		€	510.000,00	
LD	b19	Bonifica da residuati bellici L. 177/2012		€	100.000,00	
LD	b20	Attività di sorveglianza e prospezione archeologica		€	200.000,00	
	<b>B)</b>	<b>Totale Somme a Disposizione</b>				<b>€ 9.984.224,88</b>
	<b>C)</b>	<b>Oneri d'investimento</b>	11,2%			<b>€ 5.322.101,09</b>
	<b>D)</b>	<b>Totale Importo Investimento</b>	a5+B+C			<b>€ 52.840.860,83</b>
		IVA per memoria	22%	€	9.626.930,85	

**Tabella 17 – Quadro Economico Complessivo dell'intervento**