

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

## Piano straordinario per l'accessibilità a Cortina 2021

Attraversamento dell'abitato di Tai di Cadore

### PROGETTO ESECUTIVO

COD.  
VE 9172

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Paolo Mazzalai  
Ord. Ingg. Prov. di Trento n° 626

CAPOGRUPPO MANDATARIA:

Systra SWS Engineering Spa



ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROV. DI TRENTO  
dott. ing. PAOLO MAZZALAI  
ISCRIZIONE ALBO N° 626  
*Paolo Mazzalai*

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Massimo Pietrantoni  
Ordine dei Geologi Regione Lazio n. A738

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Alberto Palombarini  
Ord. Ingg. Prov. di Padova n°3174

MANDANTE:

Net Engineering

Vams Ingegneria




VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Ettore De Cesbron De La Grennelais

### ELABORATI GENERALI Generali Relazione Tecnica Generale

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO N. PROG.	MSVE14-E-2103-T00-EG00-GEN-RE-01-A				
MSVE14	E 2103	CODICE ELAB.	T00	EG00	GEN	RE01
					A	-
A	Emissione	12/2021	B.SPINA	R.SCHETTINO	P.MAZZALAI	
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>9</b>
2.1	PROGETTO PD ANAS 2020	9
2.1.1	PRESCRIZIONI AL PROGETTO DEFINITIVO – CONFERENZA DEI SERVIZI	9
2.1.2	PRESCRIZIONI AL PROGETTO DEFINITIVO – V.I.A.	10
<b>3</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	<b>11</b>
3.1	NORMATIVE NAZIONALI	11
3.2	LINEE GUIDA ANAS	11
<b>4</b>	<b>INDAGINI E STUDI</b>	<b>12</b>
4.1	RILIEVO TOPOGRAFICO	12
4.1.1	Inquadramento	12
4.1.2	Rilievi celerimetrici	12
4.1.3	Indagini disponibili dal Progetto definitivo 2018	13
4.1.4	Campagna geognostica integrativa 2021 – Indagini dirette	13
4.1.5	Campagna geognostica integrativa 2021 – Indagini Geofisiche	14
<b>4.2</b>	<b>PIANO DI GESTIONE TERRE</b>	<b>15</b>
4.2.1	Campagna indagini ambientali 2021	15

4.2.2	Bilancio terre e RIUTILIZZI	16
<b>4.3</b>	<b>STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO</b>	<b>16</b>
4.3.1	Rischio idraulico	19
4.3.2	Interferenze idrauliche	22
4.3.3	Smaltimento acque di piattaforma	23
<b>4.4</b>	<b>INTERFERENZE E SOTTOSERVIZI</b>	<b>26</b>
4.4.1	Individuazione	26
<b>5</b>	<b>ROGETTO STRADALE</b>	<b>28</b>
<b>5.1</b>	<b>TRACCIATO ASSE PRINCIPALE</b>	<b>28</b>
5.1.1	tracciato planimetrico	28
5.1.2	tracciato Altimetrico	29
5.1.3	Coordinamento Plano-Altimetrico	30
<b>5.2</b>	<b>VERIFICHE DI VISIBILITA' E VELOCITA'</b>	<b>30</b>
5.2.1	diagramma delle velocità	30
5.2.2	verifiche di visibilità	31
<b>5.3</b>	<b>SEZIONI TIPOLOGICHE</b>	<b>32</b>
<b>5.4</b>	<b>INTERSEZIONI</b>	<b>32</b>
5.4.1	Svincolo Ovest Nebbiù - Cortina	32
5.4.2	Svincolo Est Auronzo - Belluno	34
5.4.3	Svincolo Nord Pieve di Cadore	35
5.4.4	Semaforo "Smart" per la regolarizzazione del traffico sulla rotonda est	36
<b>5.5</b>	<b>SEGNALETICA</b>	<b>38</b>

<b>5.6</b>	<b>BARRIERE DI SICUREZZA</b>	<b>38</b>
<b>5.7</b>	<b>PAVIMENTAZIONE</b>	<b>40</b>
<b>6</b>	<b>GALLERIA NATURALE</b>	<b>42</b>
<b>6.1</b>	<b>GALLERIA NATURALE "TAI DI CADORE"</b>	<b>42</b>
<b>6.2</b>	<b>SEZIONI TIPOLOGICHE DI SCAVO</b>	<b>42</b>
6.2.1	criteri di progetto della galleria	44
6.2.2	Importanza del fronte di scavo per la stabilità dell'opera	45
6.2.3	Sezione B1	45
6.2.4	Sezione C1	47
6.2.5	Sezione C1V	48
6.2.6	Sezione B1 con cunicolo	50
6.2.7	Sezione C1 con cunicolo	51
6.2.8	Figura 23 - Sezione di scavo tipo C1 con cunicolo – Sezione trasversale Sezione C1V con cunicolo	53
<b>6.3</b>	<b>OPERE DI IMBOCCO LATO EST</b>	<b>54</b>
6.3.1	GALLERIA ARTIFICIALE	55
<b>6.4</b>	<b>OPERE DI IMBOCCO LATO OVEST</b>	<b>58</b>
6.4.1	GALLERIA ARTIFICIALE	58
<b>6.5</b>	<b>ANALISI EFFETTI INDOTTI</b>	<b>61</b>
6.5.1	MODALITA' DI ANALISI E CATEGORIE DI DANNEGGIAMENTO	61
6.5.2	EFFETTI SULLE PREESISTENZE	61
<b>6.6</b>	<b>MONITORAGGIO</b>	<b>71</b>

6.6.1	MONITORAGGIO INTERNO GALLERIA	71
6.6.2	Monitoraggio esterno	71
<b>7</b>	<b>OPERE D'ARTE MINORI</b>	<b>72</b>
<b>7.1</b>	<b>RINFORZATE LATO OVEST</b>	<b>72</b>
7.1.1	Elementi di rinforzo – Tipo Terramesh Verde Light	72
7.1.2	Vasche Interrate	72
<b>7.2</b>	<b>OPERE MINORI LATO EST</b>	<b>74</b>
7.2.1	Rifacimento cordoli ponte esistente (OM01)	75
7.2.2	Cordolo su ramo G – rotatoria svincolo Nord (OS01)	76
7.2.3	Muro di sostegno ramo H – rotatoria svincolo Nord (OS02)	77
7.2.4	Muro di sostegno ramo E2 – rotatoria svincolo Est (OS01)	78
<b>8</b>	<b>COMPONENTI AMBIENTALI</b>	<b>79</b>
<b>8.1</b>	<b>OPERE A VERDE</b>	<b>79</b>
8.1.1	Ubicazione degli interventi	79
8.1.2	Inerbimenti	81
8.1.3	Semina a spaglio (S)	82
8.1.4	Idrosemina con collanti e ammendanti (IS)	82
8.1.5	Elementi lineari arboreo arbustivi (Tipologia ELAA)	82
8.1.6	Elementi lineari rampicanti (Tipologia ELR)	83
<b>8.2</b>	<b>RUMORE</b>	<b>84</b>
8.2.1	Modellazione dell'area di Studio	84
8.2.2	Identificazione dei ricettori	86

8.2.3	Interventi di mitigazione	88
<b>9</b>	<b>IMPIANTI SPECIALI</b>	<b>93</b>
9.1	TIPOLOGIA IMPIANTI INSTALLATI	93
9.2	IMPIANTO CHIMATA SOS	93
9.3	IMPIANTO RILEVAZIONE INCENDIO	94
9.4	IMPIANTO TVCC E CONTROLLO TRAFFICO	95
9.5	IMPIANTO SUPERVISIONE	96
9.6	IMPIANTO SEGNALETICA E PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE (PMV)	101
<b>10</b>	<b>SMART ROAD</b>	<b>102</b>
10.1	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	102
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	107
<b>12</b>	<b>QUADRO ECONOMICO</b>	<b>109</b>



## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 GENERALITA'

Il presente documento costituisce parte integrante del Progetto Esecutivo dell'infrastruttura "SS51 di Alemagna, Attraversamento dell'abitato di Tai di Cadore".

Il progetto rientra nell'ambito del Piano Straordinario per l'Accessibilità a Cortina 2021 dove ANAS nel ruolo di ente attuatore degli interventi previsti per il potenziamento della viabilità, ha predisposto una serie di interventi sulla SS 51 di Alemagna, al fine di eliminare le varie criticità legate alla sicurezza e alla funzionalità della rete stradale.



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

Il progetto prevede come opera principale la creazione di una nuova galleria, che tra i tratti Ovest lato Cortina ed Est lato Belluno, crei un by-pass viabile, che oggi interessa la cittadina di Tai di Cadore.

Le opere quindi oltre la mera galleria, annovera la formazione di due nuove rotatorie principali post agli imbocchi della galleria, la prima lato Cortina di concezione ex-nova, mentre la seconda lato Belluno che

riorganizza in maniera funzionale quanto già oggi esistente e non congrua al progetto, oltre una nuova rielaborazione del raccordo nord Piave di Cadore.

Annesse all'opera prevalente quale la galleria, si rilevano ulteriori opere connesse, necessarie alla corretta fruibilità dell'intervento quali:

- ✓ Intersezione svincolo lato Cortina Nebbiu Ovest di innesto;
- ✓ Rimodulazione della pista ciclabile esistente;
- ✓ Intersezione svincolo lato Belluno Auronzo Est;
- ✓ Intersezione svincolo nord Piave di Cadore;
- ✓ Sistemazione idrologica dei canali RioB6, Rio Galghena, Rio Malzago;
- ✓ Opere annesse quali impianti e tecnologici, Opere di sostegno minori ed opere stradali.

Si rimanda ai vari elaborati specialistici di dettaglio meglio descritti nell'Elenco Elaborato, a corredo del progetto.

## **1.2 OGGETTO SPECIFICO DEL DOCUMENTO**

La finalità della presente Relazione Tecnica è quella di illustrare in maniera generale le scelte progettuali operate nel Progetto Esecutivo che, a valle di maggiori dettagli specifici quali come per esempio un rilievo celerimetrico di dettaglio approfondito oltre delle indagini geologiche integrative, ha portato a confermare o integrare/modificare, alcune scelte progettuali precedentemente riportate nel Progetto Definitivo.

## 2 RIFERIMENTI PROGETTUALI DI BASE

### 2.1 PROGETTO PD ANAS 2020

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

Rispetto al Progetto definitivo ANAS, sono state apportate alcune modifiche locali ad alcune opere, figlie di un approfondimento accurato dello stato di fatto, attraverso rilievo celerimetrico di dettaglio ed indagini geologiche integrative, che hanno evidenziato criticità alle scelte già proposte. Altro aspetto è stato, a valle di maggiori informazioni e dati in input, la scelta di soluzioni ingegneristiche ottimizzate rispetto quanto previsto nel progetto definitivo.

Le variazioni sono elencabili in:

- Sezioni di scavo in Galleria Naturale;
- Studio e sviluppo dei due imbocchi in galleria artificiale lato Ovest ed Est;
- Adeguamento di alcune opere idrauliche al seguito di una accurata restituzione di rilievo celerimetrico;
- Adeguamento di opere infrastrutturali esistenti su rotatorie stradali;

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

In fase valutazione del Progetto Definitivo, si sono espressi con pareri favorevole con prescrizioni pendenti sulla corrente fase di Progetto Esecutivo, i seguenti enti competenti in materia specifica:

- *BIM Belluno Infrastrutture (Gestione Servizi Pubblici Spa);*
- *Provincia di Belluno;*
- *MIBACT Ministero per i beni e le attività culturali e per il turismo;*
- *Regione Veneto, Unità Organizzativa Genio Civile di Belluno, Unità Organizzativa Forestale di Belluno;*
- *Regione Veneto – Deliberazione della Giunta Provinciale;*
- *Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali;*
- *Regole di Tai e Vissà;*
- *Commissario Impianti Sportivi Cortina 2021;*
- *Telecom;*

- *Enel;*
- *Comune di Piave di Cadore.*

tutti questi hanno espresso parere favorevole con e senza prescrizioni.

---

### 2.1.2 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 alla 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 esecuzione.

## 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 Tai di Cadore sulla SS51 "di Alemagna", sono state realizzate attraverso:

- l'istituzione dei punti d'inquadramento geodetico;
- rilievi celerimetrici di tutte le aree di progetto.

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

- un primo rilievo, svolto a ottobre 2021, avente come oggetto le aree esterne e le zone più facilmente accessibili degli imbocchi della galleria;
- un'estensione eseguita ai primi di novembre 2021 nelle aree con vegetazione più fitta nelle zone dell'imbocco ovest e del Rio B6.

#### 4.1.1 INQUADRAMENTO

Prima del posizionamento dei capisaldi d'inquadramento è stato effettuato il sopralluogo delle zone da rilevare, riscontrando che su queste è presente solo vertice noto creato in una precedente campagna di rilievi aerofotogrammetrici. Sono stati quindi materializzati 4 caposaldi (dal P1 al P3 più un caposaldo Anas CP0804) perimetrali all'ambito di intervento, rilevati con GPS e tecnologia VRS che permette di rilevare i punti in modalità RTK utilizzando una stazione gps fissa come base di appoggio tramite l'utilizzo di modem, ottenendo così le coordinate note in ETFR2000 dei punti rilevati.

La rete di riferimento utilizzata è quella geodetica nazionale GAUSS-BOAGA fuso Ovest.

#### 4.1.2 RILIEVI CELERIMETRICI

In data 04/10/2021 sono iniziate le attività di rilievo celerimetrico dell'area interessata dalle opere della variante alla SS51 per il by-pass dall'abitato di Tai di Cadore (BL).

Pertanto, si è proceduto ad un rilievo topografico dello stato di fatto che ha interessato un'area di circa 17ha. Il Rilievo dell'area è stato svolto con l'utilizzo di gps per la rilevazione dei caposaldi, piano quotato ecc., e stazione totale robotizzata per il rilievo dei punti di dettaglio quali spigoli fabbricati, cavi aerei ecc.

Oggetto del rilievo sono state la viabilità, le recinzioni, i manufatti vari, gli edifici, le reti tecnologiche, (con particolare dettaglio sulle opere idrauliche quali pozzetti, tombotti ecc.) e una maglia di punti sul terreno libero per la rappresentazione corretta dell'altimetria. In totale sono stati battuti circa 7000 punti di dettaglio.

La restituzione grafica dei punti rilevati ha comportato l'elaborazione di una planimetria con dettaglio in scala 1:500 (in formato dwg, 2D e 3D); completata da una serie di monografie di alcune opere idrauliche (es. briglie) e strutturali (ponte esistente su cui sono stati adeguati i cordoli) e da una ricca documentazione fotografica dello stato dei luoghi.

#### 4.1.3 INDAGINI DISPONIBILI DAL PROGETTO DEFINITIVO 2017

Nel corso dei mesi di Agosto, Settembre e Ottobre 2017, in corrispondenza dell'ex tracciato è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche, consistente nell'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo con prove in foro, spinti a differenti profondità dal piano campagna, nel prelievo di campioni di roccia e di terreno sottoposti ad analisi e prove di laboratorio ed indagini geofisiche, la cui ubicazione planimetrica è riportata nella figura seguente (fig.23).



**Fig. 23 Stralcio Carta topografica con ubicazione delle indagini geognostiche anno 2017**

Le indagini hanno permesso di studiare i rapporti stratigrafici esistenti tra le formazioni presenti nelle aree interessate dai futuri interventi e di eseguire una caratterizzazione geotecnica preliminare dei terreni e delle rocce. La campagna di indagini, in particolare, è consistita nell'esecuzione di:

- **N.5 sondaggi geognostici a carotaggio continuo** (da SCPz\_T01 a SCPz\_T05), a differenti profondità dal p.c., con prelievo di campioni di roccia, sui quali sono state successivamente eseguite prove di laboratorio. Nel corso delle perforazioni sono state eseguite n.31 prove penetrometriche in foro SPT e prove di permeabilità di tipo Lefranc;
- **N.10 profili sismici a rifrazione** elaborati con tecnica tomografica, ciascuno di varia lunghezza (da 115.0 a 230.0 m), con la registrazione delle sole onde P;
- **N.1 tomografia elettrica** con stendimento di tipo Wenner, di 235.0 m di lunghezza, per la determinazione di un profilo di resistività;
- **N.1 prova sismica di superficie di tipo MASW** (Multistation Analysis of Surface Waves) per la determinazione delle Vs30;
- **N. 3 prove penetrometriche dinamiche super pesanti (DPSH).**

Le indagini geognostiche eseguite in sito sono state condotte dalla società Technosoil srl, Drilling C.C.D. srl per quanto riguarda i sondaggi, CSG Palladio Srl per le prove penetrometriche mentre le prove geofisiche da IND.A.G.O. snc e dallo Studio David Pomarè di Belluno.

#### 4.1.4 CAMPAGNA GEOGNOSTICA INTEGRATIVA 2021

Le indagini integrative richieste e gli studi eseguiti sono stati rivolti a:

- definire la situazione stratigrafica del sottosuolo;
- caratterizzare con prove in sito i terreni attraversati con le perforazioni geognostiche;
- prelevare campioni per la determinazione mediante prove di laboratorio le proprietà fisico-meccaniche e le principali caratteristiche di deformabilità e resistenza dei terreni interessati dagli interventi;
- individuare la quota della falda idrica.

Lungo il tracciato della galleria in esame sono state eseguite diverse campagne di indagini in occasione della redazione del progetto definitivo ed esecutivo. La campagna di indagine condotta in fase di Progetto Esecutivo è servita come integrazione delle indagini condotte in fase di Progetto Definitivo ed è consistita nell'esecuzione di:

- **Sondaggi geognostici:** n.5 sondaggi geognostici per un totale di 245 ml di carotaggio;
- **Prove geotecniche in foro:**
  - prove penetrometriche dinamiche (SPT);
  - prove di permeabilità a carico variabile;
  - piezometri Casagrande nei sondaggi S1, S2, S3, S4 e S5;
  - prove pressiometriche di tipo Menard;
  -
- **Prove di laboratorio:**
  - prove di riconoscimento e classificazione (analisi granulometriche, limiti di

- consistenza);
- prove per la determinazione delle proprietà fisiche (peso dell'unità di volume, peso specifico dei grani, contenuto d'acqua, indice dei vuoti, etc.);
- prove per la determinazione delle caratteristiche di resistenza (prove di taglio diretto TD);
- **Prove sismiche:** n.3 stendimenti sismici a rifrazione con misura delle onde di compressione, con elaborazione tomografica.
- **N. 3 Prove penetrometriche superpesanti (DPSH).**

## 4.2 PIANO DI GESTIONE TERRE

### 4.2.1 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 2017, oltre indagini ulteriori integrative.

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.

L'analisi riguarderà in particolare lo strato di terreno interessato dallo scavo della galleria.

**Si evidenzia che nella corrente fase di Progettazione Esecutiva, non sono state ancora condotte da parte di ANAS le indagini ambientali integrative, rimandate ad una fase leggermente successiva, per motivi legati alla gestione dell'esecuzione dei sondaggi. Si precisa in questa fase quanto segue:**

**1) che nella fase attuale di PE sono stati pianificati i prelievi di campioni ambientali in accordo con la normativa vigente (DPR 120) e con le direttive ARPAV**

**2) che tale campagna verrà comunque effettuata da ANAS in una fase successiva, prima dell'affidamento dell'appalto di realizzazione delle opere**

**3) che il progetto sarà oggetto di un parere di ottemperanza in vista del quale è previsto il completamento della fase di indagine.**

---

#### 4.2.2 BILANCIO TERRE E RIUTILIZZI

Per la realizzazione dell'infrastruttura in progetto, ossia il "*Lotto Attraversamento dell'abitato di Tai di Cadore del Piano straordinario per l'accesso a Cortina 2021 S.S. 51 di Alemagna*", sono previsti circa **263.000 mc** (di materiale in mucchio) di materiali di scavo più un quantitativo di terreno vegetale pari a **10.150 mc**.

La definizione delle possibilità di riutilizzo dei materiali di scavo è stata perseguita sulla base delle caratteristiche granulometriche dei terreni accertate attraverso l'esecuzione di opportune prove di identificazione geotecnica (analisi granulometriche, limiti di consistenza, classificazioni tecniche delle terre) eseguite nel corso delle diverse campagne geognostiche (Agosto 2017- Ottobre 2017 e Maggio 2021 – Giugno 2021).

L'identificazione delle unità geotecniche coinvolte negli scavi è stata eseguita sulla base della caratterizzazione dei terreni riportata nelle relazioni geologica e geotecnica.

In particolare, sono state distinte le due unità geologiche con la seguente successione stratigrafica:

- *Terreni e depositi palustri prevalentemente limi argillosi ghiaiosi.*
- *Depositati fluvio glaciali e morenici*

Dal punto di vista geotecnico sono stati distinti i seguenti litotipi:

Litotipo	Sondaggio	Prove	Peso volume $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	coesione efficace c' (kPa)	Angolo di attrito $\varphi'$	coesione non drenata Cu (kPa)	Modulo edometrico Eed (MPa)	Coefficiente di consolidazione Cv (cm <sup>2</sup> /s)	Limite liquido Wl %	Limite plastico Wp %	Indice plastico Ip %	Indice dei vuoti e	Permeabilità K (m/s)
LIMI ARGILLOSI CON MATERIA ORGANICA	-	DPSH01	16-18	-	22-23	18	-	-	-	-	-	-	-
LIMI ARGILLOSI	T01	SPT	19-21	-	26-27	-	-	-	-	-	-	-	-
GHIAIE IN MATRICE ARGILLOSA	T05 T04	SPT	20-22	-	40-42	-	-	-	-	-	-	-	-
ARGILLE SABBIOSE CON GHIAIA	T01 T02 T03 T04 T05	EDO TD TXCD TXCU TXUU RIG	20-22	11	25-27	90	18,5	0,0007	26	13	13	0,379	1,22e-06

all'interno dei quali, in base alle caratteristiche granulometriche e tecniche delle terre, sono state considerate le seguenti tipologie di riutilizzo:

- terreno di scotico superficiale da riutilizzare come *terreno vegetale*;
- terreno da utilizzare previa operazioni di normale pratica industriale come *materiale per rinterrì o riempimenti*, mediante un riutilizzo tal quale o previo intervento di stabilizzazione a calce o cemento.

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, anche considerando l'idoneità geotecnica – merceologica per il riutilizzo stesso.

Dal confronto tra il volume dei materiali di scavo (escluso vegetale), pari a circa **263.000 mc**, e il volume dei possibili riutilizzi nell'ambito del progetto, pari a circa **76.000 mc**, risulta un esubero sicuro di circa **187.000 mc** di volume in mucchio di materiali di scavo che verranno gestiti come sottoprodotti in progetti di recupero ambientale di siti di cava. Nell'ambito di interesse è stata individuata, come sito di conferimento più vicino al sito di interesse, la Cava di Damos sita in Comune di Pieve di Cadore la cui situazione attuale è la seguente:

- volumi autorizzati di ulteriori **240.000 m<sup>3</sup>** (si vedano le autorizzazioni in allegato)
- capacità di accoglimento complessiva indicata pari a circa **540.000 m<sup>3</sup>**

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 (facenti parte del *Piano Straordinario di accessibilità Cortina 2021*), 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, in aggiunta a quello in oggetto, il cui iter approvativo è per entrambi in corso di completamento.

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.

Per il terzo intervento, quello di Tai di Cadore, oggetto del presente piano, risulta in effetti un fabbisogno di materiale da rilevato pari a **76.000 mc**, ed un'eccedenza sicura di materiale da scavo di **187.000 mc**.

Gli scenari di utilizzo delle terre per il cantiere di Tai di Cadore, alla luce del fatto che la natura di tipo limoso-argilloso del materiale di scavo, non consente di fatto un riutilizzo tal quale, ma soltanto dopo eventuale intervento di stabilizzazione, diventano sostanzialmente due:

- 1) Riutilizzo parziale del materiale di scavo all'interno del cantiere, previo intervento di stabilizzazione in sito, per una quantità pari al fabbisogno (76.000 mc) e trasporto dell'eccedenza (187.000 mc) verso il sito di conferimento;
- 2) Trasposto a discarica della totalità del materiale di scavo (263.000 mc), prevedendo per la formazione dei rilevati materiale proveniente dal cantiere di Valle di Cadore e/o direttamente da cava.

Il primo scenario minimizza il più possibile i movimenti dei mezzi di trasporto materiale da e per il cantiere, ma introduce una pratica industriale aggiuntiva da eseguire in cantiere che, benchè consentita, produce in ogni caso alcuni impatti temporanei.

Il secondo scenario, a fronte di un impatto maggiore sulla circolazione dei mezzi, consente di evitare le lavorazioni di stabilizzazione in sito, e gli svantaggi da essa derivanti.

Nel presente Progetto Esecutivo, si è ipotizzato di perseguire il secondo scenario, in quanto ritenuto meno impattante, andando ad organizzare i flussi di materiale tra un cantiere e l'altro come descritto nella seguente Tabella 1:

- Il cantiere di Valle di Cadore, verrà utilizzato come serbatoio di materiale riutilizzabile tal quale, per il cantiere di San Vito, in primo luogo e parzialmente per il cantiere di Tai di Cadore;
- Il cantiere di San Vito verrà interamente approvvigionato dall'eccedenza del materiale proveniente da valle di Cadore;
- Il cantiere di Tai verrà approvvigionato in parte dall'eccedenza del materiale proveniente da Valle di Cadore, e per la rimanente parte da materiale proveniente da cave di prestito;
- Il cantiere di Tai di Cadore, prevederà il conferimento in sito di destinazione finale Cava Damos, per tutta la quantità di materiale di scavo prevista dal progetto.

Sito	Scavo mucchio (mc)	Modalità di riutilizzo	Fabbisogno in mucchio (mc)	Riutilizzo in cantiere (mc)	Riutilizzo da altro cantiere (mc)	Provenienza	Da cava (mc)	Esubero DAMOS (mc)
Valle di Cadore	119.000	Tal quale	23.000	23.000	23.000	Cantiere	0	0
San Vito di Cadore	-	-	64.000	0	64.000	Valle di Cadore	0	0
Tai di Cadore	263.000	Stabilizzazione	76.000	0	32.000	Valle di Cadore	44.000	263.000

**Tabella 1 – Riepilogo flussi materiale da scavo per i tre cantieri**

Dal momento che i movimenti tra i cantieri prepongono un sfasamento temporale tra essi, con il cantiere di Valle di Cadore con ogni probabilità precedente rispetto agli altri due, 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 approvazione dei tre interventi, e del quale il presente documento costituisce in parte un'anticipazione.

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.

Per i tre interventi sono stati individuati da ANAS i seguenti siti alternativi di conferimento con relative capacità di accoglimento, oltre al sito della Cava Damos (si veda la **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). I quantitativi indicati dovranno essere verificati al termine della progettazione esecutiva di tutti i tre interventi.

Essendo la disponibilità del sito di Damos, sufficiente per la collocazione delle quantità in esubero (240.000 mc di disponibilità autorizzata con possibilità di estensione prevista a 540.000 contro i 263.000 mc di materiale da stoccare generati dai cantieri di San Vito - Valle di Cadore e Tai di Cadore), **si ritiene che potrà essere adottato tale sito, come unico sito di conferimento definitivo per i cantieri ed in particolare per il cantiere in oggetto dove verranno conferiti i 263.000 mc di materiale a prevalenza argillosa quindi non idoneo ad un suo possibile riutilizzo in sito.**

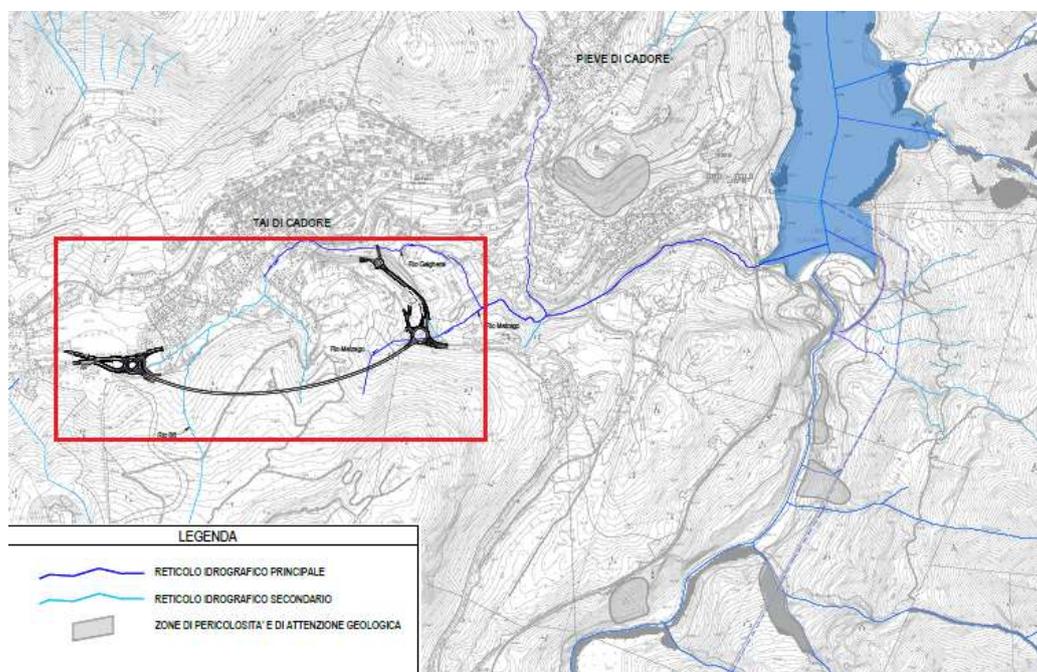
## 4.3 STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO

### 4.3.1 RISCHIO IDRAULICO

L'area interessata dalle opere di progetto è soggetta alle Norme di Attuazione (Nda) contenute nel *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dei bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta – Bacchiglione* (D.Lgs. 152/2006), Allegato alla delibera n. 3 del Comitato Istituzionale del 9 novembre 2012.

Il rischio idraulico, da intendersi come il rischio di inondazione da parte di acque provenienti da corsi d'acqua naturali o artificiali, risulta essere il prodotto di due fattori: la pericolosità e il danno atteso. La pericolosità è un fattore legato sia alle caratteristiche fisiche del corso d'acqua e del suo bacino idrografico, sia alle caratteristiche idrologiche, ovvero intensità, durata, frequenza e tipologia delle precipitazioni, nel bacino imbrifero dal quale si alimenta ogni corso d'acqua e con il termine di pericolosità idraulica si definisce la probabilità che un fenomeno naturale potenzialmente distruttivo si verifichi in un dato tempo ed in una data area e si differenzia in quattro livelli, da pericolosità moderata (P1) a pericolosità molto elevata (P4).

Nel caso specifico, come illustrato nella tavola dedicata, l'intervento non rientra in ambiti vincolati dal PAI.



**Figura 2: Sovrapposizione del tracciato con mappatura PAI**

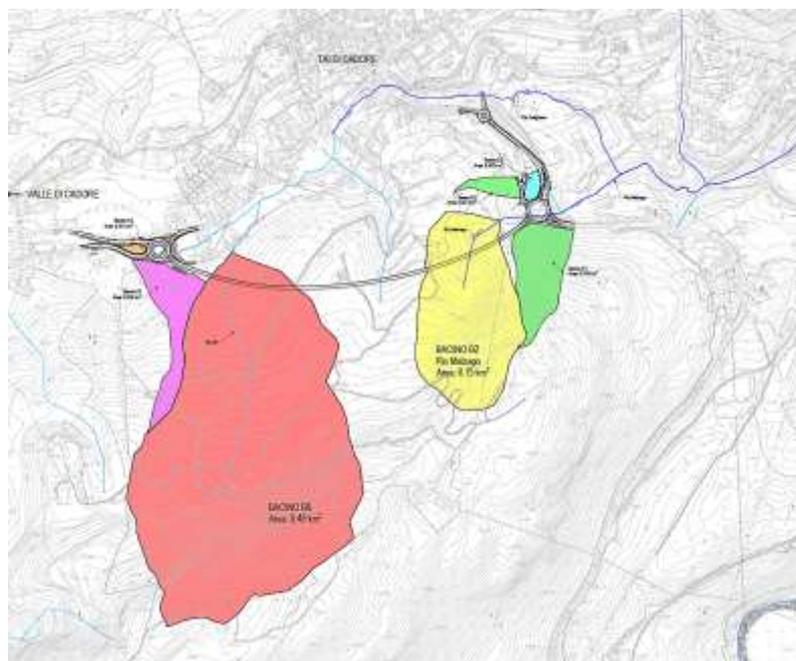
L'analisi del rischio idraulico è stata sviluppata nelle seguenti fasi:

1. Studio idrologico

L'analisi idrologica ha permesso di determinare per i diversi periodi di ritorno di riferimento (50,100 e 200 anni) le portate al colmo di piena nelle sezioni di attraversamento dei corsi d'acqua lungo il percorso stradale attraverso l'ausilio del metodo razionale, le eventuali portate di riferimento determinate dagli strumenti normativi di riferimento e le curve di possibilità pluviometrica di riferimento per durate maggiori o minori di 1 ora.



*Figura 3: Inquadramento reticolo idrografico*



*Figura 4: Inquadramento dei bacini idrografici*

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato di riferimento: T00ID00IDRRE01A;

## 2. Simulazione idrauliche degli attraversamenti idraulici di progetto

Dallo studio preliminare del reticolo idrografico, mappato attraverso l'ausilio di diversi livelli cartografici, sono state individuate le interferenze idrauliche con il tracciato di progetto per l'attraversamento dell'abitato di Tai di Cadore, come illustrato in dettaglio nel paragrafo successivo. Le simulazioni numeriche sono state condotte in riferimento alla condizione di stato di fatto e nella condizione di progetto attraverso l'ausilio di un programma di calcolo monodimensionale a moto permanente (*HEC – RAS 6.1*), che fornisce un'adeguata rappresentazione del fenomeno per i periodi di ritorno di riferimento e descrivendo le principali grandezze fisiche per ogni sezione idraulica di calcolo.

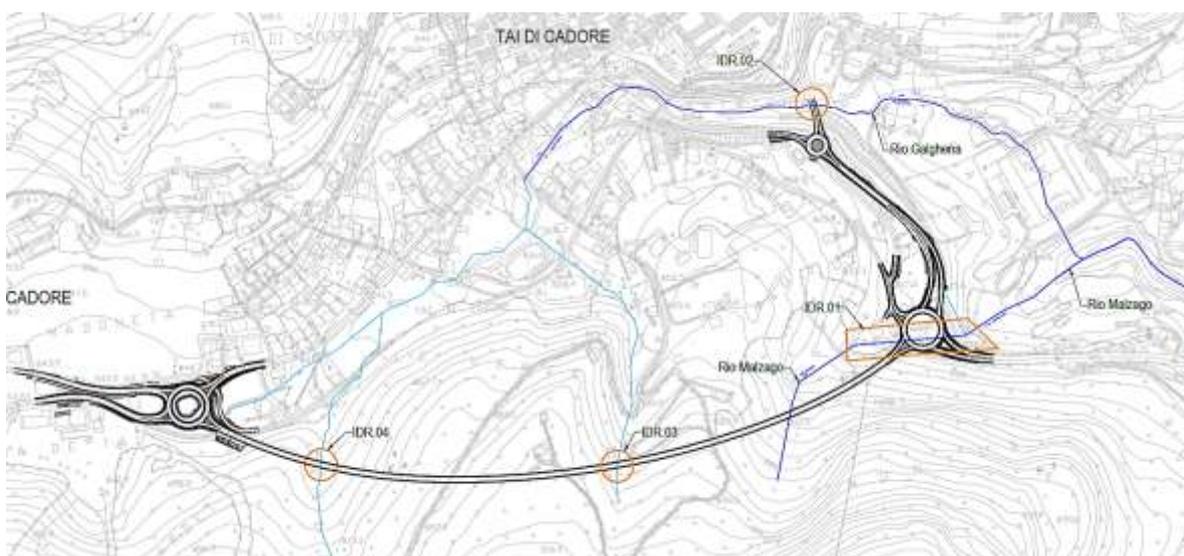
## 3. Valutazione e verifica degli effetti prodotti dalle opere in progetto

La verifica idraulica delle opere di attraversamento nei confronti dei livelli di massima piena è stata condotta sulla base delle prescrizioni delle regole vigenti e sarà soddisfatta quando il franco rispetto all'intradosso dell'opera risulterà non inferiore a 1,5 m sopra al livello idrico nella sezione immediatamente a monte dell'attraversamento per la portata di progetto e un grado di riempimento non superiore al 70% nel caso di tombini idraulici.

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato di riferimento: T00ID00IDRRE02A.

### 4.3.2 INTERFERENZE IDRAULICHE

Il tracciato stradale di progetto interferisce con i diversi corsi d'acqua come illustrato nella Figura 5. I bacini direttamente interessati dall'intervento di progetto sono il rio B2 – Rio Malzago (presso rotonda Est) e rio B6 (presso rotonda Ovest) per i quali sono previsti interventi come di seguito riportato nella Tabella 2.



**Figura 5: Planimetria di progetto relativa alle interferenze idrauliche**

<b>Codifica INTERVENTO e BACINO</b>	<b>Tipologia INTERFERENZA</b>	<b>Tipologia di INTERVENTO</b>
<b>IDR. 01</b> – B2 Rio Malzago	Attraversamento della SS.51 tramite Tombino circolare esistente DN1000	Rifacimento dell'attraversamento della rotatoria di progetto della SS.51 tramite scatolare con sezione 2,5x2 nei tratti tombati e scatolare a U nei tratti a cielo aperto
<b>IDR. 02</b> – B4 Rio Galghena	Passaggio in Viadotto della SS.51bis	Nessuna interferenza e nessun intervento di progetto
<b>IDR. 03</b> - B5 Rio	Passaggio in galleria della nuova strada di progetto	Nessuna interferenza e nessun intervento di progetto
<b>IDR. 04</b> – B6 Rio	Passaggio in galleria della nuova strada di progetto	Rimodellazione e sistemazione idraulica con briglia in CLS

*Tabella 2: Caratteristiche interferenze idrauliche*

Le interferenze IDR.01, IDR.02 e IDR.04 sono soggette a verifiche di compatibilità idraulica: si rimanda all'elaborato dedicato (T00ID00IDRRE02A).

#### 4.3.3 SMALTIMENTO ACQUE DI PIATTAFORMA

La raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma è prevista con sistema di drenaggio sia di tipo chiuso che di tipo aperto. Nello specifico si adotta un sistema chiuso per la galleria di progetto e per la parte degli svincoli (imbocchi e rotonde) e, un sistema aperto per le zone di raccordo con la viabilità esistente.

In galleria (*sistema chiuso*) la raccolta dell'acqua di infiltrazione avviene mediante collettori drenanti posti a lato della calotta e sopra l'arco rovescio, dei quali quello più profondo scaricherà direttamente nei fossi di guardia esterni senza trattamento; i collettori di drenaggio delle infiltrazioni attorno l'arco superiore scaricheranno nei collettori posti a ciglio strada. La raccolta della sede stradale avviene tramite pozzetti che scaricheranno nei collettori principali posti sotto i cigli esterni. I collettori saranno collegati alle vasche di sicurezza idraulica poste all'esterno della galleria, nelle quali avverrà la trattenuta delle sostanze inquinanti. Nelle nuove rotonde e nei tratti di imbocco alle gallerie il sistema prevede caditoie con collettori sottostanti che afferiscono prima all'impianto di trattamento e poi a recapito finale. In ingresso alla vasca di trattamento è ubicato un pozzetto by-pass che scolma verso le vasche di dispersione la seconda pioggia.

Nei tratti di raccordo (*sistema aperto*) in cui il corpo stradale si sviluppa in rilevato le acque meteoriche vengono canalizzate ed allontanate dalla sede stradale mediante embrici e recapitate nei fossi di guardia a dispersione invece, nei tratti con sviluppo in trincea le acque vengono raccolte in apposite cunette alla francese e convogliate, se necessario, in appositi tubi sottostanti per mezzo di pozzetti disposti lungo lo sviluppo della cunetta.

Il dimensionamento e le verifiche della rete di drenaggio sono state effettuate sulla base di portate di progetto relative a un tempo di ritorno pari a 50 anni.

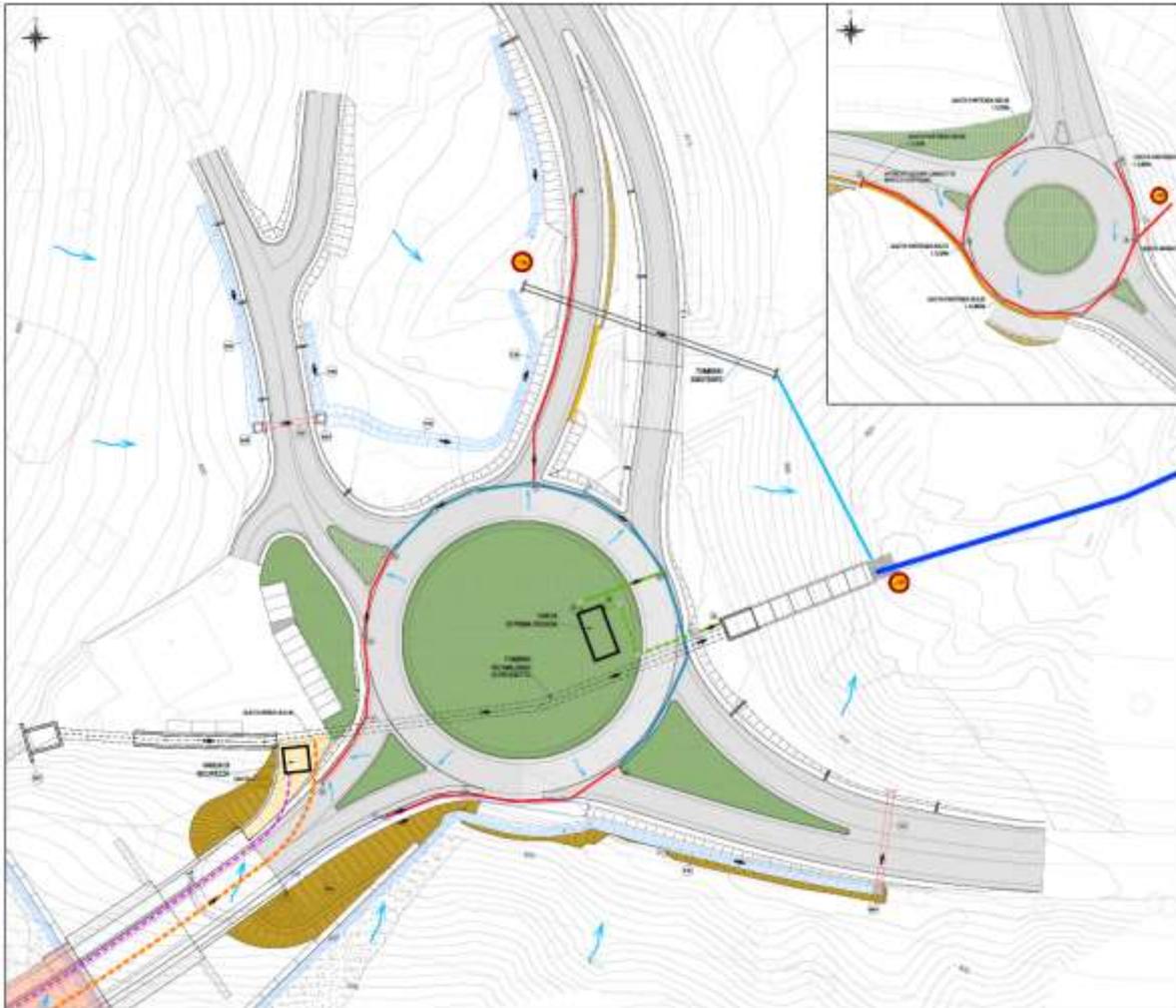
La verifica per il dimensionamento dei collettori viene condotta ipotizzando che ciascun tratto di collettore sia percorso tutto dalla stessa portata e in condizioni di moto uniforme (*Formula di Gauckler-Strickler*).

Le precipitazioni che insistono sulle nuove piattaforme stradali dei tratti in trincea saranno raccolte da caditoie stradali (60x60 cm) e convogliate alla rete di drenaggio.

La tipologia di fosso di guardia adottata presenta una sezione trapezia con inclinazione 1/1. La verifica idraulica, come per i collettori, viene effettuata in condizione di moto uniforme.

Il dimensionamento delle vasche di prima pioggia e delle vasche di sicurezza è stato condotto sulla base dei requisiti preposti dalle vigenti norme al fine di assicurare la completa protezione del territorio (Dlgs n.3/2006 e successive modifiche). In conformità a tale quadro normativo, i volumi dei manufatti di progetto sono stati dimensionati tenendo conto dell'esigenza di contenere un eventuale sversamento accidentale di un'autocisterna, con un volume dell'ordine di 40 m<sup>3</sup>. Le vasche di prima pioggia previste sono costituite da comparti separati di vasche per la sedimentazione e la separazione degli olii, affiancate tra di loro e connesse mediante collettori a perfetta tenuta idrica, attraverso un funzionamento in continuo. La soluzione non prevede impianti di sollevamento. La portata di progetto degli impianti è stata calcolata considerando che la prima pioggia, pari ai primi 5 mm coerentemente a quanto indicato da diverse normative in materia, si concentri in un tempo pari a quello di corrivazione del bacino afferente a ciascun impianto.

Per eventuali dettagli si rimanda agli elaborati dedicati (T00ID02IDRRE01A).



*Figura 6: Planimetria di smaltimento acque – Svincolo Est*



*Figura 7: Planimetria di smaltimento acque – Svincolo Ovest*

## **4.4 INTERFERENZE E SOTTOSERVIZI**

### **4.4.1 INDIVIDUAZIONE**

Le interferenze con le reti tecnologiche si concentrano nei tratti in cui il nuovo tracciato interseca la viabilità esistente per la presenza di numerose linee in sottosuolo e in soprassuolo.

La mappatura aggiornata di tutte le reti di sottoservizi presenti nell'area oggetto dell'intervento ha evidenziato la presenza di linee telefoniche gestite da Tim S.p.A., reti elettriche (aeree e/o interrato) gestite da E-Distribuzione S.p.A., reti gas gestite da BIM – Belluno Infrastrutture S.p.A. e reti di acquedotto e fognatura in carico a BIM – Gestione Servizi Pubblici S.p.A.

Gli interventi di risoluzione delle interferenze sono stati definiti in accordo con le indicazioni dei vari Enti coinvolti attraverso specifici incontri di approfondimento tecnico. Gli spostamenti e le modifiche delle reti interferenti sono stati rappresentati in apposite tavole progettuali.

In termini generali, gli oneri di adeguamento delle reti tecnologiche sono desunti dai preventivi di spesa inviati dagli Enti gestori con oneri a carico dell'Amministrazione Appaltante, riportati nel quadro economico di progetto tra le somme in Diretta Amministrazione, mentre la predisposizione dei cavidotti e delle camerette di ispezione rientra tra i lavori in appalto.

Lo svincolo lato ovest di inizio Lotto è stato previsto con una rotatoria disassata rispetto alla SS51. Nonostante tale spostamento, a causa delle numerose viabilità di ricollegare direttamente o indirettamente alla rotatoria di svincolo, si generano diverse interferenze con le linee tecnologiche esistenti. Tra queste le più significative riguardano linee elettriche di media tensione, linee telefoniche e linee di fognatura.

Per evitare le interferenze con la linea gas ad Alta Pressione presente lungo la SS.51 i tombini idraulici in attraversamento di progetto sono stati previsti con un ricoprimento minimo di 1,30 m sul piano viario.

## 5 ROGETTO STRADALE

### 5.1 TRACCIATO ASSE PRINCIPALE

#### 5.1.1 TRACCIATO PLANIMETRICO

Il tracciato della nuova infrastruttura in variante si stacca dalla attuale S.S. 51, tra il km.72+650 e il km 74+400, ovvero in un tratto che va da circa 500 m a Sud Est dell'abitato di Tai di Cadore, fino al bivio sulla statale con Via Madonnetta, in corrispondenza della vecchia stazione ferroviaria di Nebbiù.

Sia in direzione Ovest, lato Cortina, che in direzione Est, lato Belluno, la nuova infrastruttura sarà connessa all'attuale S.S.51, con un'intersezione a rotonda che consentirà l'uscita a raso dalla direttrice principale verso l'attuale tracciato della strada statale. Si prevede inoltre una nuova riconfigurazione dell'attuale sistema viario che va dalla nuova rotonda Est verso il ponte sul Rio Galghena, in direzione Pieve di Cadore, sfruttando l'attuale sedime stradale ed inserendo una terza intersezione a rotonda a sud del suddetto ponte.



**Figura 8 – Planimetria di progetto del tracciato stradale**

L'asse principale si sviluppa in direzione est attraverso un andamento curvilineo composto da 3 raccordi circolari equiversi in successione, raccordati da clotoidi di continuità. Il tracciato dell'asse principale ha uno sviluppo pari a 1104.75 m di cui 983.50 m in galleria.



### 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.

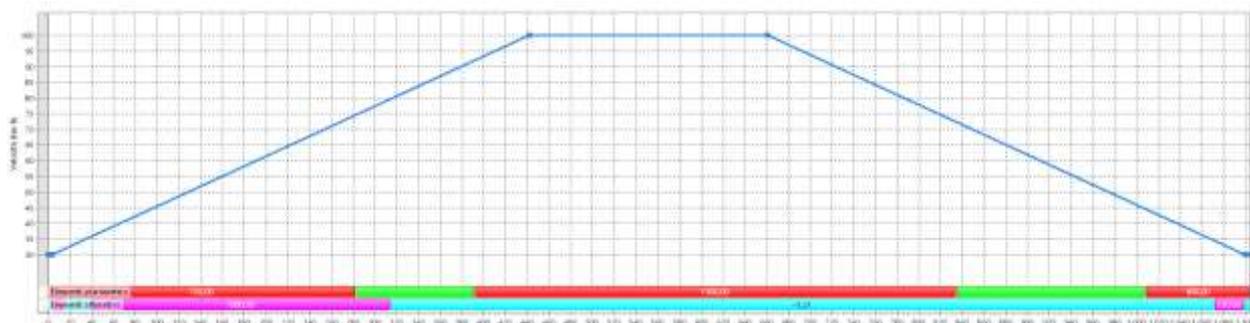
Nel progetto non sono presenti i citati difetti di coordinamento plano-altimetrico.

## 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 e finale di velocità di progetto, pari a 30 km/h, che è determinato dalla velocità di progetto delle due rotatorie di svincolo.



**Figura 11 – 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, non è necessario introdurre allargamenti al fine di garantire la verifica di visibilità per l'arresto. La distanza di visibilità per l'arresto è sempre inferiore alla distanza di visuale libera, per entrambi i sensi di marcia.

La 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.

La verifica di visibilità per il sorpasso non è soddisfatta per l'intero sviluppo 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 quasi completamente 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.

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.

### 5.3 SEZIONI TIPOLOGICHE

La sezione stradale utilizzata per l'asse in esame è una Tipo C2, come previsto dalla Normativa D.M. 05/11/2001 – Norme sulle caratteristiche geometriche delle strade.

La sezione tipologica più rappresentativa è quella in galleria, rappresentata in Figura 12, senza allargamenti per visibilità, che non sono stati ritenuti necessari, durante le valutazioni progettuali effettuate.

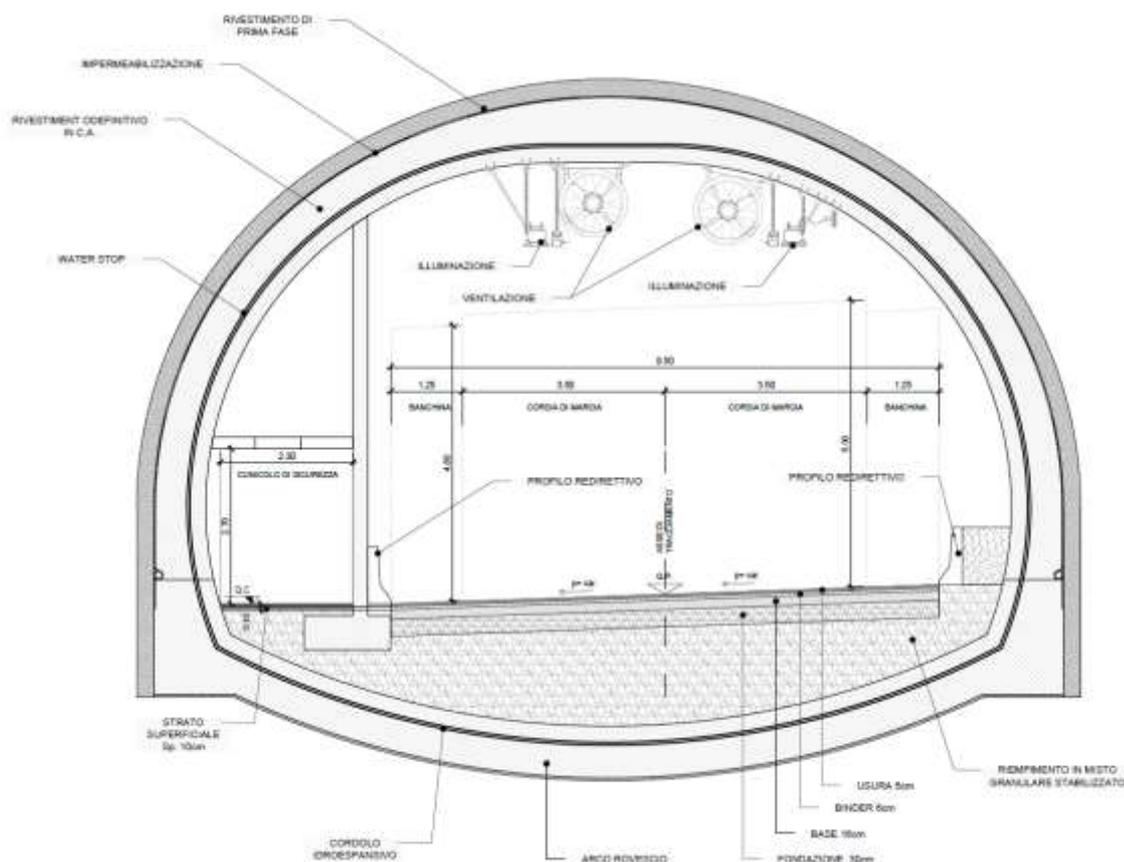


Figura 12 – Sezione tipologica prevalente in galleria

### 5.4 INTERSEZIONI

#### 5.4.1 SVINCOLO OVEST NEBBIÙ - CORTINA

Lo svincolo Ovest lato Cortina è costituito da un'intersezione a rotonda prevista all'inizio della variante. La rotonda è ubicata 40 m a sud rispetto alla sede attuale della S.S.51 Alemagna in corrispondenza del chilometro 74+280.

La rotatoria in progetto è dotata di quattro rami per l'innesto delle seguenti viabilità:

- Asse Principale, ovvero S.S. 51 in variante;
- Asse A: Tratto Cortina – Rotatoria Ovest
- Asse B: Tratto Nebbiù – Rotatoria Ovest
- Asse C: Tratto di riconnessione con l'attuale S.S.51 proveniente dall'abitato di Tai di Cadore

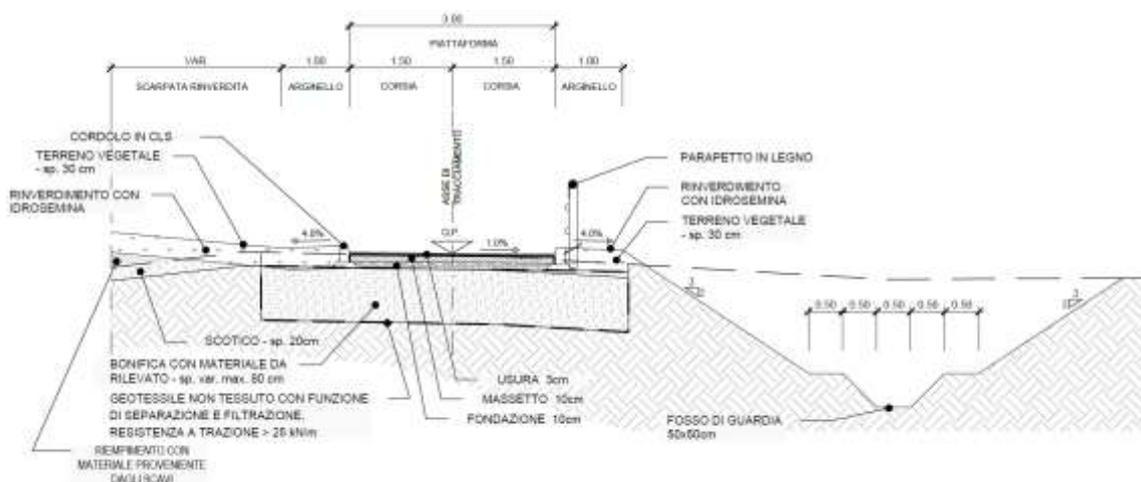
L'intersezione in oggetto è una rotatoria con diametro esterno pari a 64.00m (per quanto riguarda il limite della corona giratoria) e 66.50 (comprese le banchine).



**Figura 13 – Planimetria di progetto dello svincolo Ovest – Nebbiù - Cortina**

Il profilo longitudinale della corona rotatoria segue una quota costante pari a +843.77m.s.l.m.. Questo piano rimane ad una quota pari a quella della S.S. 51 esistente mantenendosi in rilevato su tutto lo sviluppo dell'anello.

A completare l'assetto dello Svincolo Ovest è prevista la deviazione della "Pista Ciclopedonale delle Dolomiti". Questa viabilità dedicata a pedoni e cicli di lunghezza pari a 237.22m si rende necessaria al fine di riconnettere da Est a Ovest l'attuale pista che viene interferita dal nuovo svincolo Ovest di progetto.



**Figura 14 – Sezione tipo in rilevato in nuova sede**

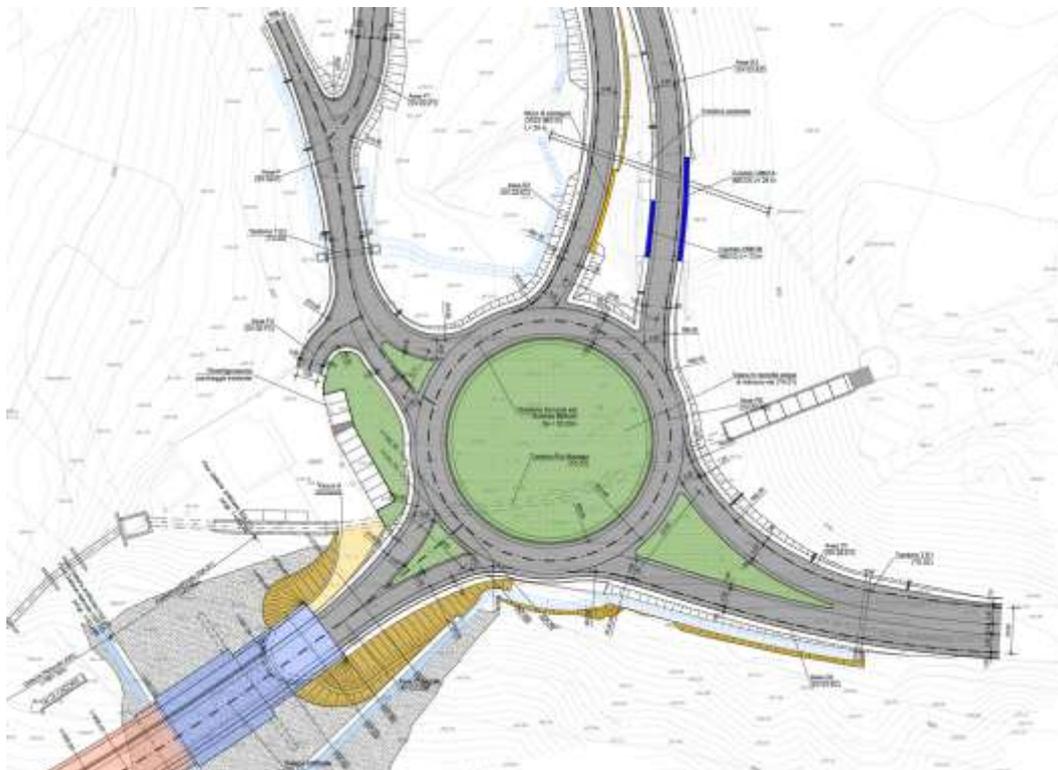
#### 5.4.2 SVINCOLO EST AURONZO - BELLUNO

Lo svincolo Est lato Belluno è costituito da un'intersezione a rotatoria prevista alla fine della variante. La rotatoria è ubicata nell'area verde interclusa nella separazione delle carreggiate della SS.51 Alemagna in corrispondenza del chilometro 72+730.

La rotatoria in progetto è dotata di quattro rami per l'innesto delle seguenti viabilità:

- Asse Principale, ovvero S.S. 51 in variante;
- Asse D: Tratto Belluno – Rotatoria Est (suddiviso in 2 assi D1 e D2)
- Asse E: Tratto di connessione tra Rotatoria Est e Rotatoria Nord (suddiviso in 2 assi E2 ed E3)
- Asse F: tratto di riconnessione tra Via delle piazze e la nuova Rotatoria di svincolo.

L'intersezione in oggetto è una rotatoria con diametro esterno pari a 62.00m (per quanto riguarda il limite della corona giratoria) e 64.50 (comprese le banchine).



**Figura 15 – Planimetria di progetto dello svincolo Est – Auronzo – Belluno**

Le geometrie plano-altimetriche dello svincolo a rotatoria sono vincolate da tre fattori prevalenti:

- La compatibilità con l'andamento del profilo altimetrico dell'asse principale;
- La presenza di un ponte sull'asse della S.S.51 in direzione Pieve di Cadore sul quale si dovrà ricalcare l'andamento altimetrico esistente per non sovraccaricare la struttura;
- La fattibilità planoaltimetrica della connessione al ramo in direzione Belluno e all'asse secondario verso Via delle Piazze.

#### 5.4.3 SVINCOLO NORD PIEVE DI CADORE

Lo svincolo Nord lato Pieve di Cadore è costituito da un'intersezione a rotatoria prevista alla fine della variante. La rotatoria è stata progettata in sostituzione dell'attuale intersezione a T presente a sud del Ponte sul Rio Galghena esattamente in corrispondenza della pk 0+000 della S.S. 51bis.

La rotatoria in progetto è dotata di tre rami per l'innesto delle seguenti viabilità:

- Asse E1: Tratto di connessione tra Rotatoria Nord e Rotatoria Est;
- Asse G: Tratto di connessione la nuova Rotatoria di svincolo e Pieve di Cadore.

- Asse H: Tratto di riconnessione con l'attuale S.S.51 proveniente dall'abitato di Tai di Cadore.

L'intersezione in oggetto è una rotatoria con diametro esterno pari a 33.00m (per quanto riguarda il limite della corona giratoria) e 35.00m (comprese le banchine).



**Figura 16 – Planimetria di progetto dello svincolo Nord – Pieve di Cadore**

Il profilo longitudinale della corona rotatoria è stato studiato in modo che la stessa possa raccordare al meglio le viabilità afferenti. A tale scopo si è definito un piano inclinato sul quale far giacere l'asse di tracciamento della rotatoria che, di conseguenza, presenta andamento sinusoidale.

Questo piano che segue quanto più fedelmente possibile l'attuale altimetria dell'intersezione esistente, presenta quote inferiori verso il lato sud al fine di minimizzare l'interferenza con la proprietà dell'abitazione adiacente, e quote superiori in corrispondenza dell'Asse G proveniente dal Ponte sul Rio Galghena

#### **5.4.4 SEMAFORO "SMART" PER LA REGOLARIZZAZIONE DEL TRAFFICO SULLA ROTATORIA EST**

La Regione Veneto, con il parere n. 3257 del 31.01.2020 della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale, chiede con la prescrizione n.10 che nell'ambito della progettazione esecutiva venga trovata una soluzione per regolarizzare il traffico al fine di evitare che il flusso veicolare proveniente da Cortina in direzione Belluno possa essere molto rallentato dal flusso proveniente da Auronzo-Comelico, in corrispondenza della rotatoria est, così da formare possibili code all'interno della nuova galleria.

Con riferimento a tale prescrizione, nell'ambito del progetto esecutivo, è stato condotto uno studio riguardante l'analisi funzionale della Rotatoria Est. Lo scopo dello Studio è stato quello di determinare

tramite metodologie di tipo statico il livello di servizio dell'intersezione e valutare eventuali fenomeni di accodamento nei rami di approccio, in particolare lungo l'asse principale della variante alla SS51, dove a breve distanza dalla rotatoria è prevista la nuova galleria di progetto.

Lo Studio si è basato sui conteggi di traffico effettuati da ANAS tramite sensori di tipo Radar nei mesi di luglio e agosto del 2018 e posizionati in diverse sezioni di conteggio nell'area di interesse.

Dalle simulazioni effettuate risulta che su tre rami della rotatoria (ramo via delle piazze, ramo SS51 direzione Belluno e ramo raccordo rotatoria Est-Nord) il livello di servizio è sempre buono o ottimale, mentre per l'asse della variante alla SS51 la situazione è quasi sempre buona eccetto alcuni momenti di picco di traffico particolarmente intensi, come ad es. il pomeriggio del 29 luglio, in cui il Livello di Servizio cala significativamente raggiungendo per alcuni istanti anche il livello F.

Pertanto, lo Studio ha mostrato che la situazione complessiva dei flussi in rotatoria risulta assolutamente buona, infatti per il 99.5% del tempo il Livello di Servizio della rotatoria è sempre A o B e in pochi casi uguale a C; tuttavia, i dati rilevati mostrano che durante il periodo estivo si sono verificati dei casi di traffico molto intenso, anche se solo per qualche ora al mese sia a luglio che agosto. Tale situazione verosimilmente potrà capitare anche in alcune giornate invernali durante la stagione sciistica, anche se non sono disponibili dati di traffico che lo possano attestare a livello numerico.

Alla luce dei risultati ottenuti, si ritiene che l'assetto geometrico della rotatoria sia adeguato per questa intersezione a raso e che sia più opportuno gestire i picchi di traffico più intensi attraverso un sistema di controllo che utilizza la tecnologia Smart Road abbinata ad una soluzione tecnica specifica denominata "Ramp Metering". Nello specifico attraverso il sistema Smart Road sarà possibile monitorare lo stato del traffico nei vari rami (in particolare in galleria) e all'occorrenza informare l'utenza di eventuali situazioni di instabilità (traffico rallentato o code) tramite dispositivi a bordo e mediante un Pannello a Messaggio Variabile (PMV) posto all'ingresso della galleria lato Cortina. Questo consentirà anche di gestire le velocità di percorrenza, imponendo in anticipo una riduzione delle velocità in caso di traffico intenso.

Per mitigare la formazione di code in galleria sarà invece introdotto un sistema in grado di elaborare i dati rilevati dalla Smart Road e di gestire un semaforo "smart" nel ramo E2 della rotatoria Est, il quale normalmente sarà verde ma all'occorrenza potrà attivarsi e diventare rosso quando i flussi in arrivo superano determinate soglie critiche; il tempo di rosso sarà comunque breve in modo da non creare eccessivo disturbo ai flussi provenienti da Auronzo e diretti a Belluno ma allo stesso tempo offrire la possibilità al traffico proveniente dalla galleria di trovare maggiori varchi in rotatoria e defluire.

## 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 D.M. 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 D.M. 21 giugno 2004, per definire le caratteristiche prestazionali delle barriere.

Per il tratto della S.S.51 oggetto di intervento sono stati analizzati i dati di traffico ricavati dalla postazione n°10040 sezione di Ospitale di Cadore all'altezza della pk 55+843. Considerando i dati di traffico disponibili degli'ultimi tre anni (2016, 2017, 2018) risulta un TGM medio pari a 9915 veicoli.

Ipotizzando un tasso di incremento annuale del traffico del 2 %, attualizzando il valore del TGM all'anno di entrata in servizio della viabilità si ottiene un TGM pari a circa 11700 veicoli con una percentuale assunta di mezzi pesanti pari a 5.4%.

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 3 – Determinazione della tipologia di traffico in funzione del TGM e della % di veicoli**

## pesanti

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 4 – Determinazione della tipologia di barriere in funzione della categoria di strada e del traffico**

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.

Per quanto concerne le zone di svincolo, si ipotizza la stessa composizione di traffico dell'asse principale e, conseguentemente per continuità, le stesse tipologie di barriere.

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

Per i tratti in galleria gli elementi marginali sono stati configurati mediante l'inserimento di profili redirettivi 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 5;
- strato di collegamento in conglomerato bituminoso (binder), di spessore pari a cm 6;
- strato di base in conglomerato bituminoso, di spessore pari a cm 16;
- strato di fondazione di misto granulare stabilizzato, di spessore pari a cm 30.

Il pacchetto sopra riportato è stato utilizzato nei seguenti assi:

- Asse Principale;
- Rotatoria di Svincolo Ovest;
- Rotatoria di Svincolo Est;
- Rotatoria di Svincolo Nord;
- Assi A, D1; D2, E1, E2, E3, G ed H.

Il pacchetto di pavimentazione adottato per gli assi secondari 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 5;
- strato di base in conglomerato bituminoso, di spessore pari a cm 12;
- strato di fondazione di misto granulare stabilizzato, di spessore pari a cm 20.

Il pacchetto sopra riportato è stato utilizzato nei seguenti assi:

- Assi B, C, F, F1 ed F2.

Al fine di ripristinare ed integrare la la viabilità pedonale esistente rendendo fruibile la parte urbana del tracciato nello Svincolo Ovest, si prevedono dei tratti di marciapiede al margine degli assi A e B. Si prevede la stessa pavimentazione anche in corrispondenza delle uscite dei cunicoli di sicurezza della Galleria.

Il pacchetto di pavimentazione adottato per il marciapiede è costituito dalla seguente stratificazione:

- masselli autobloccanti in cls, di spessore pari a cm 6;
- allettamento in sabbia, di spessore pari a 4cm;

- strato di fondazione di misto granulare stabilizzato, di spessore pari a cm 15.

Il pacchetto di pavimentazione adottato per l'Asse CP "Pista ciclabile delle Dolomiti" è costituito dalla seguente stratificazione:

- tappeto d'usura in conglomerato bituminoso, di spessore pari a cm 3;
- massetto in cls armato (con rete metallica), di spessore pari a 10cm;
- misto granulare stabilizzato, di spessore pari a 10cm.

## 6 GALLERIA NATURALE

### 6.1 GALLERIA NATURALE "TAI DI CADORE"

L'opera prevalente oggetto della presente progettazione esecutiva, è costituita dalla Galleria "Tai di Cadore", che farà da by-pass del centro cittadino omonimo tra i due raccordi principali di allaccio sulla S.S.51 di Alemagna, tra i due congiungimenti direzione Cortina e Belluno.

Il PE della galleria naturale, sviluppato attraverso la caratterizzazione degli ammassi presenti lungo il tracciato (fase conoscitiva), e la successiva fase di previsione di comportamento dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi (fase di diagnosi), ha definito le tratte aventi un comportamento geomeccanico omogeneo, attribuendo loro la relativa categoria di comportamento del nucleo di scavo stabile a breve termine o instabile (B o C).

All'interno di ciascuna tratta sono state quindi definite più sezioni tipo con le relative percentuali di applicazione che risultano funzione delle caratteristiche geotecniche e geologiche dell'ammasso. La distribuzione delle varie sezioni tipo riportata all'interno di ogni tratta non deve tradursi in una rigida applicazione associata a determinate progressive del tracciato, bensì ad una previsione di utilizzo sull'intera tratta; in modo più "flessibile", quindi, in corso d'opera potrà essere applicata localmente l'una o l'altra sezione tipo già prevista nella tratta in funzione delle condizioni geomeccaniche realmente riscontrate durante gli scavi

### 6.2 SEZIONI TIPOLOGICHE DI SCAVO

- Il progetto Definito prevede una sezione tipo con un sistema di preconsolidamento del cavo mediante tubi metallici e consolidamento del nucleo di scavo mediante elementi in VTR, di seguito si riassumono le caratteristiche delle sezioni di scavo.

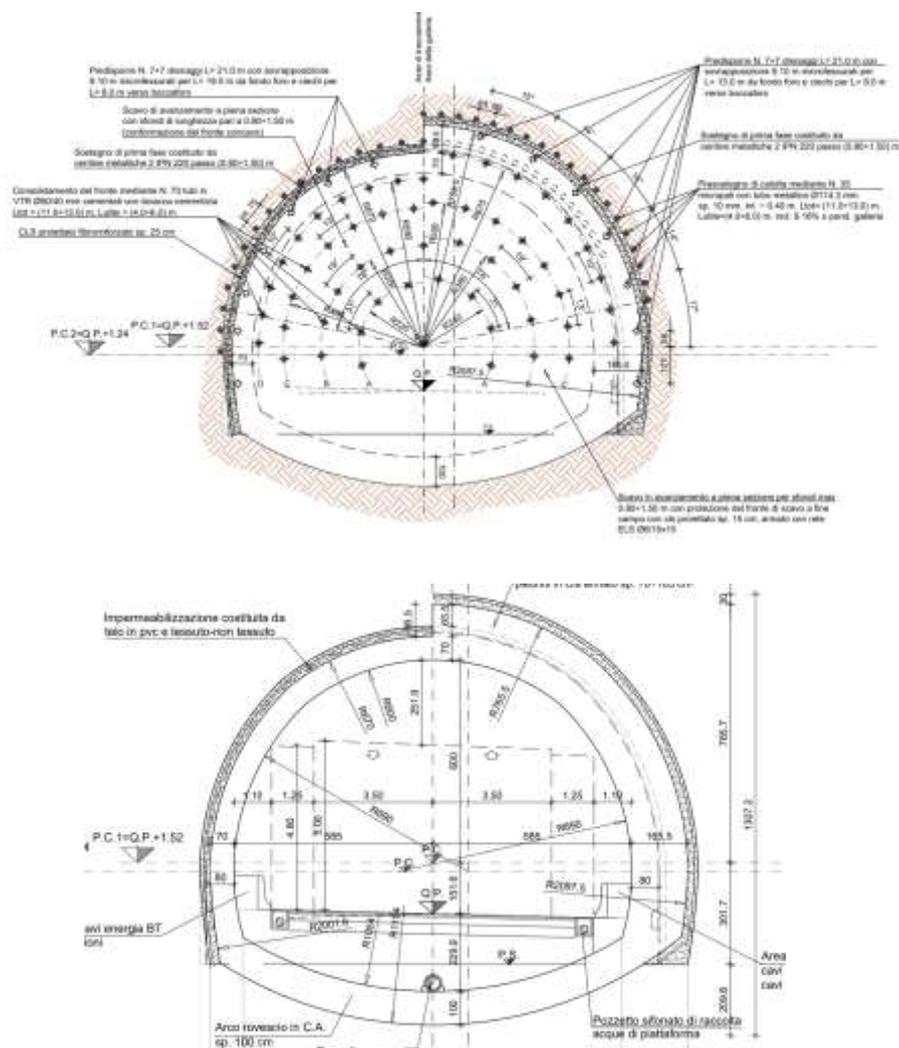


Figura 17- Sezioni tipo da progetto definitivo

Con le seguenti caratteristiche

PROGETTO DEFINITIVO							
Sezione tipo	rivestimento di prima fase					rivestimento definitivo	
	Fronte	Cavo	Campo scavo	spritz- beton	centine	calotta	arco rovescio
C2 corrente	70 tubi 60/40 in VTR L= 11m - 13 m	35 infilaggi d=114 mm sp =10mm	4m - 6 m	25 cm	2 IPN 220 passo 80 cm - 150 cm	70 cm - 165 cm	100 cm
C2 cunicolo	80 tubi 60/40 in VTR L= 15m - 18 m	41 infilaggi d=114 mm sp=10mm	4m - 6 m	25 cm	2 IPN 220 passo 80 cm - 150 cm	70 cm - 165 cm	100 cm

Tabella 5 – Sezioni tipo da progetto definitivo

- Nell'ambito del Progetto Esecutivo la rivalutazione del modello geotecnico ha condotto il progettista a svolgere una serie di ottimizzazioni sulle tecnologie di scavo.

La distruzione delle sezioni tipo nelle tratte di gallerie naturale è stata operata tenendo conto sia considerando la rivalutazione del contesto geologico-geotecnico, sia della analisi di stabilità del nucleo di scavo condotte in fase di terapia.

In linea del tutto generale, vista la eterogeneità del materiale interessato dallo scavo della galleria e le coperture, dalle calcolazioni eseguite risulta che il cavo / fronte ha un comportamento plastico instabile, in assenza di interventi, di tipo C. Solo in corrispondenza del corpo centrale della galleria si ritiene che il comportamento dello scavo, di tipo elasto-plastico, possa configurarsi prossimo alla categoria B (stabile a breve termine)

All'interno di ciascuna tratta sono state quindi definite più sezioni tipo con le relative percentuali di applicazione. Nel dettaglio si rimando allo specifico elaborato.

### 6.2.1 CRITERI DI PROGETTO DELLA GALLERIA

L'iter procedurale che regola la scelta delle sezioni tipo più idonea agli avanzamenti e indicato nella figura di seguito.

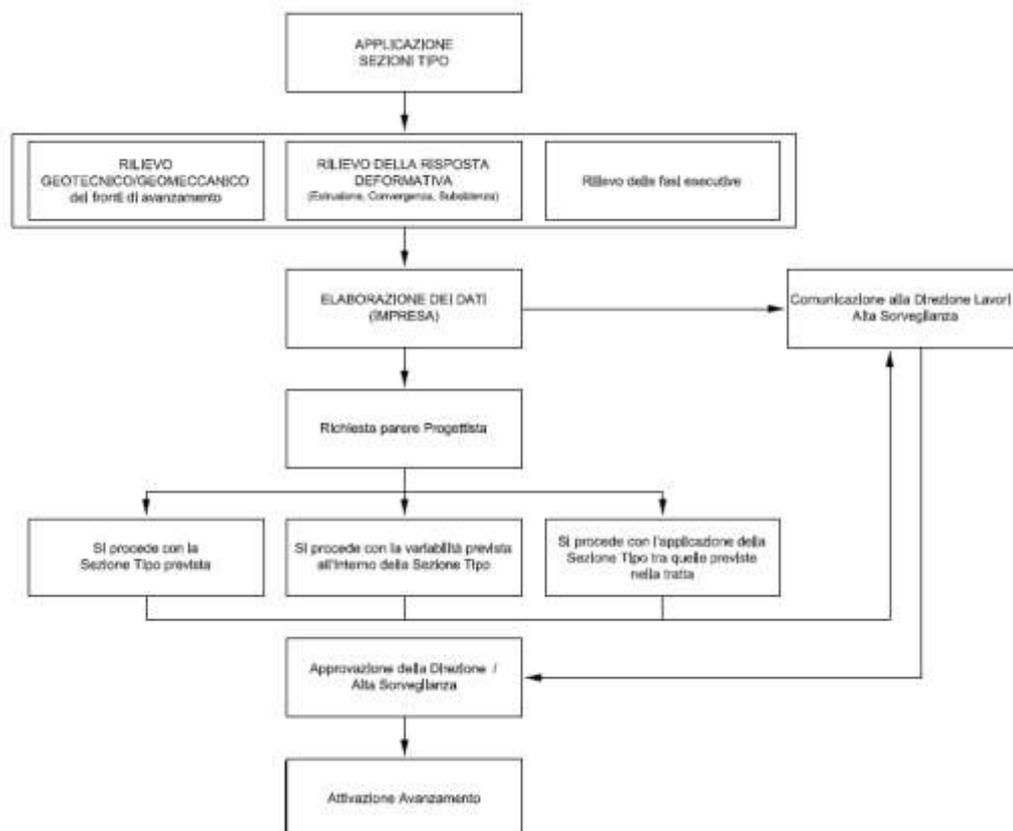


Figura 18 – Schema a blocchi: procedure operative per la scelta della sezione tipo

Come schematizzato nella figura, dal punto di vista operativo il Cantiere e la D. L. avranno cura di tenere sotto controllo i dati provenienti dal monitoraggio, in particolare verificando che gli scavi avvengano nelle condizioni ipotizzate in progetto; i dati del monitoraggio (misure, rilievi,...) verranno inoltrati alla DL con cadenza da definirsi in funzione degli avanzamenti.

---

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

Durante gli avanzamenti verranno, pertanto, raccolti dati riguardo la risposta deformativa del fronte e del cavo, le condizioni geologiche e geomeccaniche al fronte di avanzamento, le fasi esecutive. La loro elaborazione consentirà di confrontare la situazione effettivamente riscontrata con quella di progetto.

**In linea generale si procederà allo scavo applicando la sezione definita quale prevalente per poi, in funzione dei dati di monitoraggio, decidere se continuare lo scavo con la medesima sezione appesantire o alleggerire la stessa (utilizzando la variabilità prevista) o passare ad una sezione tipo tra quelle presenti nella tratta omogenea.**

In generale, nel caso delle zone in prossimità degli imbocchi i passaggi da una zona dal punto di vista geotecnico omogenea alla successiva, avverrà, applicando la sezione che preveda interventi analoghi all'ultima applicata. Nel caso del corpo centrale della galleria, il passaggio tra due zone omogenee avverrà proseguendo lo scavo con la sezione tipo applicata e valutando, mediante il monitoraggio in corso d'opera (misure di convergenza ed estrusometro), l'adeguatezza della sezione tipo applicata e quindi l'eventuale necessità di incremento / diminuzione degli interventi rispetto alla variabilità ipotizzata in progetto o al cambio di sezione tipo.

La qualità dell'ammasso (valutata secondo le classifiche RMR/GSI lì dove è possibile) va intesa come un parametro di "conforto" alle scelte che si intendono adottare (variabilità interventi, cambio sezione) in quanto non tiene conto di alcuni parametri fondamentali per la valutazione del comportamento allo scavo quali per esempio le fasi esecutive applicate.

**Pertanto, si ritiene che l'utilizzo dei dati di monitoraggio, in particolare delle convergenze e/o le misure estrumetriche, dove previste, rappresentino lo strumento più efficace per la valutazione dell'avanzamento in galleria.**

---

### 6.2.3 *SEZIONE B1*

La sezione di scavo B1 con cunicolo 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.

**Interventi previsti**

- strato di spritz-beton ad ogni fine campo di scavo di 10 cm di spessore armato con fibre di acciaio o r.e.s;
- consolidamento del nucleo di scavo con tubi in VTR cementati di n° 80, lunghezza pari a 18m e sovrapposizione 8 m;
- prerivestimento composto da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata di  $\Phi$  6 mm e dimensioni 15x15 cm (oppure con spritz-beton fibrorinforzato) con 30cm di sovrapposizione tra i fogli e centine composte da due profilati IPN220 accoppiate e calastrellate. Lo scavo dovrà essere condotto a piena sezione con sfondi massimi di 1 m.
- posa in opera di n° 4 dreni in avanzamento (eventuali) con fori di  $\Phi > 80\text{mm}$ ,  $i=15\%-10\%-5\%$ , lunghezza 30 m e sovrapposizione di 10m
- impermeabilizzazione con telo in PVC disposto al contorno della calotta;
- rivestimento definitivo in c.a. avente spessore in calotta di 80cm e una distanza di getto calotta-fronte pari a 20 m e dello spessore di 90 cm in arco rovescio con distanza di getto arco rovescio- fronte pari a 10-15 m.

#### Variabilità degli interventi

La sezione in oggetto prevede la possibilità di variazione, secondo quanto descritto nei precedenti paragrafi, in funzione del contesto deformativo riscontrato nel corso degli scavi, relativamente a:

- **Passo centina:**  $\pm 20\%$  dal valore medio previsto;
- **Consolidamento del fronte:**  $\pm 20\%$  dal valore medio previsto;
- **Distanze di getto dell'arco rovescio e calotta:** i getti dei rivestimenti definitivi saranno regolati in funzione del contesto deformativo rilevato dal monitoraggio. In ogni caso, in assenza di ulteriori indicazioni del progettista dovranno essere regolati secondo le distanze previste in progetto.

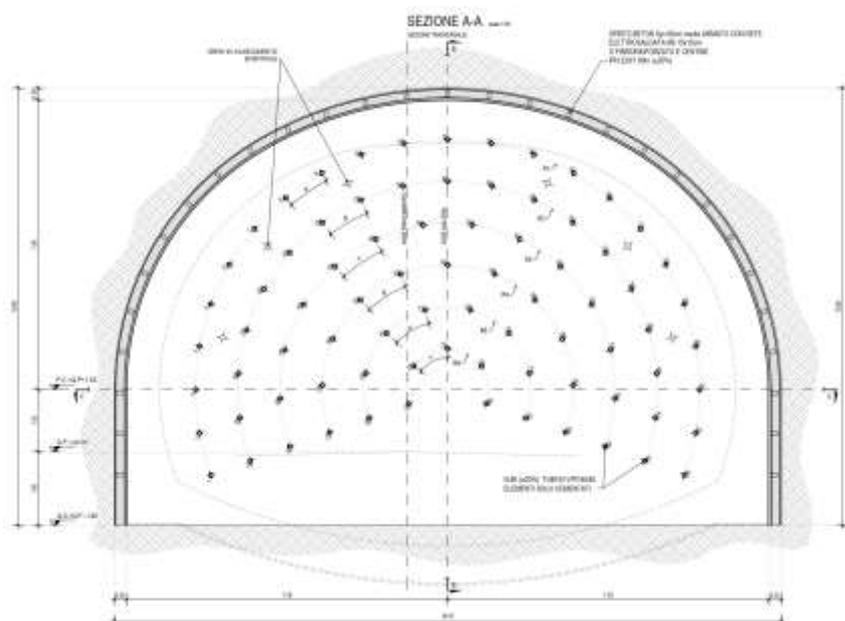


Figura 19 - Sezione di scavo tipo B1 con cunicolo – Sezione trasversale

#### 6.2.4 SEZIONE C1

La sezione di scavo C1 con cunicolo 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.

##### Interventi previsti

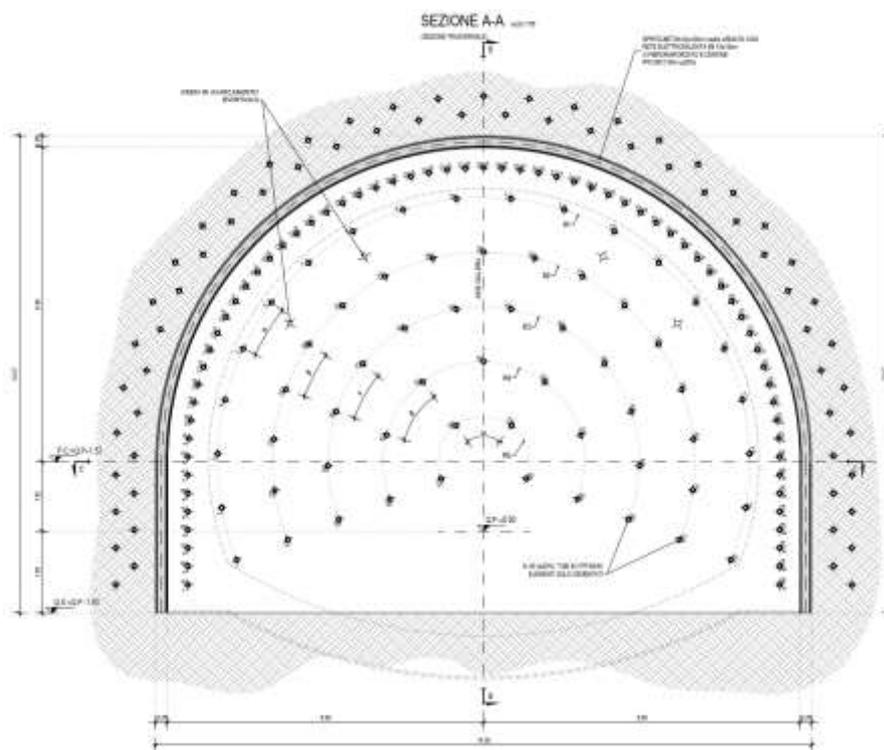
- preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo mediante la posa in opera di n° 65(A+B) infigli con tubi in vtr valvolati iniettati e cementati di diametro  $\Phi$  110.00 mm e spessore di 10 mm, lunghezza pari a 18 m e sovrapposizione 8 m;
- consolidamento del nucleo di scavo con tubi in VTR cementati di n° 80, lunghezza pari a 18m e sovrapposizione 8 m;
- strato di spritz-beton ad ogni fine campo di scavo di spessore 10 cm armato con fibre in acciaio o R.E.S.
- priverstimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldada di  $\Phi$  6 mm e dimensioni 15x15 cm (oppure con spritz-beton fibrorinforzato) con 30cm di sovrapposizione tra i fogli e centine composte da due profilati IPN200 accoppiate e calastrellate. Lo scavo dovrà essere condotto a piena sezione con sfondi massimi di 1 m.
- posa in opera di n° 4 dreni in avanzamento (eventuali) con fori di  $\Phi > 80$ mm,  $i=15\%-10\%-5\%$ , lunghezza 30 m e sovrapposizione di 10m

- impermeabilizzazione con telo in PVC disposto al contorno della calotta;
- rivestimento definitivo in c.a. avente spessore in calotta di 90cm e una distanza di getto calotta-fronte pari a 20 m e dello spessore di 90 cm in arco rovescio con distanza di getto arco rovescio-fronte pari a 10-15 m.

### Variabilità degli interventi

La sezione in oggetto prevede la possibilità di variazione, secondo quanto descritto nei precedenti paragrafi, in funzione del contesto deformativo riscontrato nel corso degli scavi, relativamente a:

- **Passo centina:**  $\pm 20\%$  dal valore medio previsto;
- **Consolidamento del fronte:**  $\pm 20\%$  dal valore medio previsto;
- **Distanze di getto dell'arco rovescio e calotta:** i getti dei rivestimenti definitivi saranno regolati in funzione del contesto deformativi rilevato dal monitoraggio. In ogni caso, in assenza di ulteriori indicazioni del progettista dovranno essere regolati secondo le distanze previste in progetto.



**Figura 20 - Sezione di scavo tipo C1– Sezione trasversale**

### 6.2.5 SEZIONE C1V

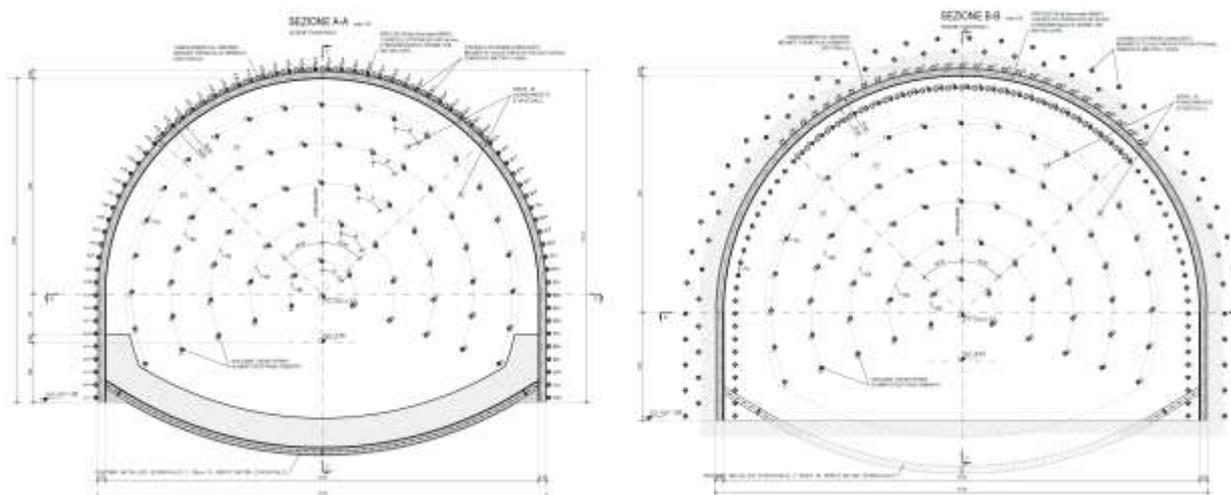
La sezione di scavo C1v è prevista in contesti geomeccanici caratterizzati in prevalenza da materiale sciolto (quali sabbie limose e ghiaie) e in presenza di eventuale intercalazione con materiale coesivo limo/argilloso.

### Interventi previsti

- preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo mediante la posa in opera di n° 72(A+B) infilaggi con tubi in vtr valvolati iniettati e cementati di diametro  $\Phi$  110.00 mm e spessore di 10 mm, lunghezza pari a 18 m e sovrapposizione 8 m;
- consolidamento del nucleo di scavo con tubi in VTR cementati di n° 65, lunghezza pari a 18m e sovrapposizione 8 m;
- strato di spritz-beton ad ogni fine campo di scavo di spessore 10 cm armato con fibre in acciaio o R.E.S.
- prerivestimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata di  $\Phi$  6 mm e dimensioni 15x15 cm(oppure con spritz-beton fibrorinforzato) con 30cm di sovrapposizione tra i fogli e centine composte da due profilati IPN200 accoppiate e calastrellate. Lo scavo dovrà essere condotto a piena sezione con sfondi massimi di 1 m.
- posa in opera di n° 4 dreni in avanzamento (eventuali) con fori di  $\Phi > 80$ mm,  $i=15\%-10\%-5\%$ , lunghezza 30 m e sovrapposizione di 10m
- impermeabilizzazione con telo in PVC disposto al contorno della calotta;
- rivestimento definitivo in c.a. dello spessore variabile da 60 cm a 125 cm e una distanza di getto calotta-fronte pari a 20 m e dello spessore di 90 cm in arco rovescio con distanza arco rovescio-fronte pari a 10-15 m
- Variabilità degli interventi

La sezione in oggetto prevede la possibilità di variazione, secondo quanto descritto nei precedenti paragrafi, in funzione del contesto deformativo riscontrato nel corso degli scavi, relativamente a:

- **Passo centina:**  $\pm 20\%$  dal valore medio previsto;
- **Consolidamento del fronte:**  $\pm 20\%$  dal valore medio previsto;
- **Consolidamento al contorno:**  $\pm 20\%$  dal valore medio previsto;
- **Distanze di getto dell'arco rovescio e calotta:** i getti dei rivestimenti definitivi saranno regolati in funzione del contesto deformativo rilevato dal monitoraggio. In ogni caso, in assenza di ulteriori indicazioni del progettista dovranno essere regolati secondo le distanze previste in progetto.



**Figura 21 - Sezione di scavo tipo C1v – Sezione trasversale**

### 6.2.6 SEZIONE B1 CON CUNICOLO

La sezione di scavo B1 con cunicolo 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.

#### Interventi previsti

- strato di spritz-beton ad ogni fine campo di scavo di 10 cm di spessore armato con fibre di acciaio o r.e.s;
- consolidamento del nucleo di scavo con tubi in VTR cementati di n° 80, lunghezza pari a 18m e sovrapposizione 8 m;
- prerivestimento composto da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata di  $\Phi$  6 mm e dimensioni 15x15 cm (oppure con spritz-beton fibrorinforzato) con 30cm di sovrapposizione tra i fogli e centine composte da due profilati IPN220 accoppiate e calastrellate. Lo scavo dovrà essere condotto a piena sezione con sfondi massimi di 1 m.
- posa in opera di n° 4 dreni in avanzamento (eventuali) con fori di  $\Phi > 80\text{mm}$ ,  $i=15\%-10\%-5\%$ , lunghezza 30 m e sovrapposizione di 10m
- impermeabilizzazione con telo in PVC disposto al contorno della calotta;
- rivestimento definitivo in c.a. avente spessore in calotta di 80cm e una distanza di getto calotta-fronte pari a 20 m e dello spessore di 90 cm in arco rovescio con distanza di getto arco rovescio- fronte pari a 10-15 m.

#### Variabilità degli interventi

La sezione in oggetto prevede la possibilità di variazione, secondo quanto descritto nei precedenti paragrafi, in funzione del contesto deformativo riscontrato nel corso degli scavi, relativamente a:

- **Passo centina:**  $\pm 20\%$  dal valore medio previsto;
- **Consolidamento del fronte:**  $\pm 20\%$  dal valore medio previsto;
- **Distanze di getto dell'arco rovescio e calotta:** i getti del rivestimenti definitivi saranno regolati in funzione del contesto deformativo rilevato dal monitoraggio. In ogni caso, in assenza di ulteriori indicazioni del progettista dovranno essere regolati secondo le distanze previste in progetto.

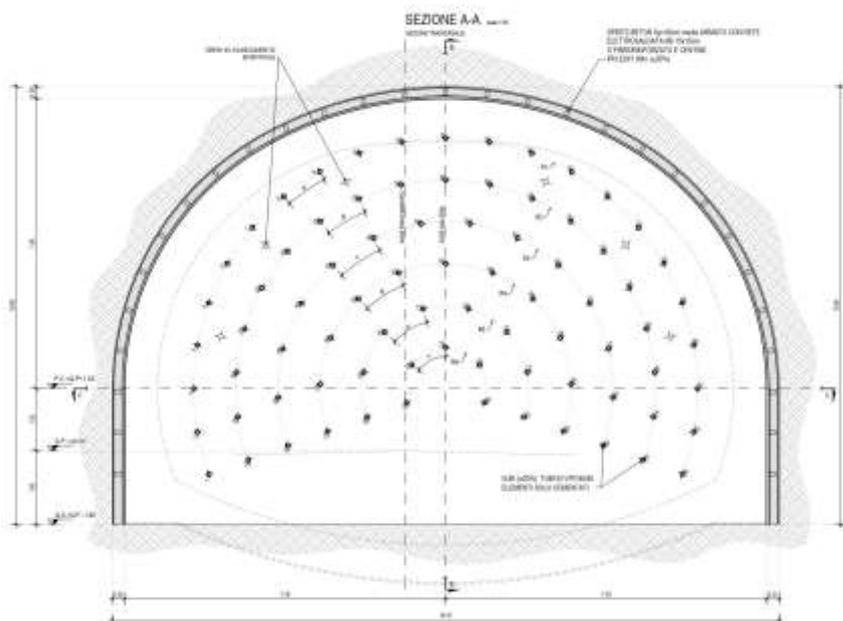


Figura 22 - Sezione di scavo tipo B1 con cunicolo – Sezione trasversale

### 6.2.7 SEZIONE C1 CON CUNICOLO

La sezione di scavo C1 con cunicolo 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.

#### Interventi previsti

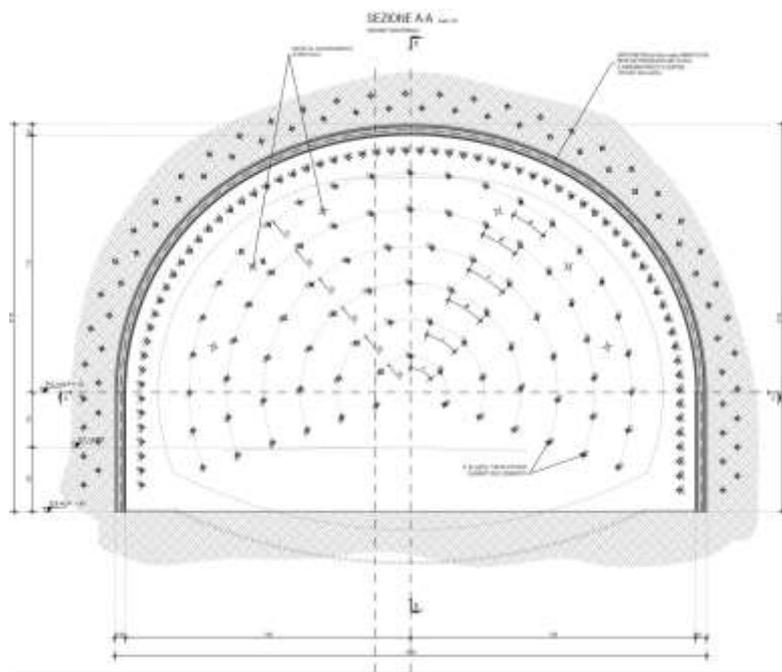
- preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo mediante la posa in opera di n° 70(A+B) infilaggi con tubi in vtr valvolati iniettati e cementati di diametro  $\Phi$  110.00 mm e spessore di 10 mm, lunghezza pari a 18 m e sovrapposizione 8 m;
- consolidamento del nucleo di scavo con tubi in VTR cementati di n° 80, lunghezza pari a 18m e sovrapposizione 8 m;
- strato di spritz-beton ad ogni fine campo di scavo di spessore 10 cm armato con fibre in acciaio o R.E.S.

- priverivestimento composto da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldada di  $\Phi$  6 mm e dimensioni 15x15 cm (oppure con spritz-beton fibrorinforzato) con 30cm di sovrapposizione tra i fogli e centine composte da due profilati IPN220 accoppiate e calastrellate. Lo scavo dovrà essere condotto a piena sezione con sfondi massimi di 1 m.
- posa in opera di n° 4 dreni in avanzamento (eventuali) con fori di  $\Phi > 80$ mm,  $i=15\%-10\%-5\%$ , lunghezza 30 m e sovrapposizione di 10m
- impermeabilizzazione con telo in PVC disposto al contorno della calotta;
- rivestimento definitivo in c.a. avente spessore in calotta di 90cm e una distanza di getto calotta-fronte pari a 20 m e dello spessore di 90 cm in arco rovescio con distanza di getto arco rovescio-fronte pari a 10-15 m.

#### Variabilità degli interventi

La sezione in oggetto prevede la possibilità di variazione, secondo quanto descritto nei precedenti paragrafi, in funzione del contesto deformativo riscontrato nel corso degli scavi, relativamente a:

- **Passo centina:**  $\pm 20\%$  dal valore medio previsto;
- **Consolidamento del fronte:**  $\pm 20\%$  dal valore medio previsto;
- **Distanze di getto dell'arco rovescio e calotta:** i getti dei rivestimenti definitivi saranno regolati in funzione del contesto deformativi rilevato dal monitoraggio. In goni caso, in assenza di ulteriori indicazioni del progettista dovranno essere regolati secondo le distanze previste in progetto.



### 6.2.8 FIGURA 23 - SEZIONE DI SCAVO TIPO C1 CON CUNICOLO – SEZIONE TRASVERSALE SEZIONE C1V CON CUNICOLO

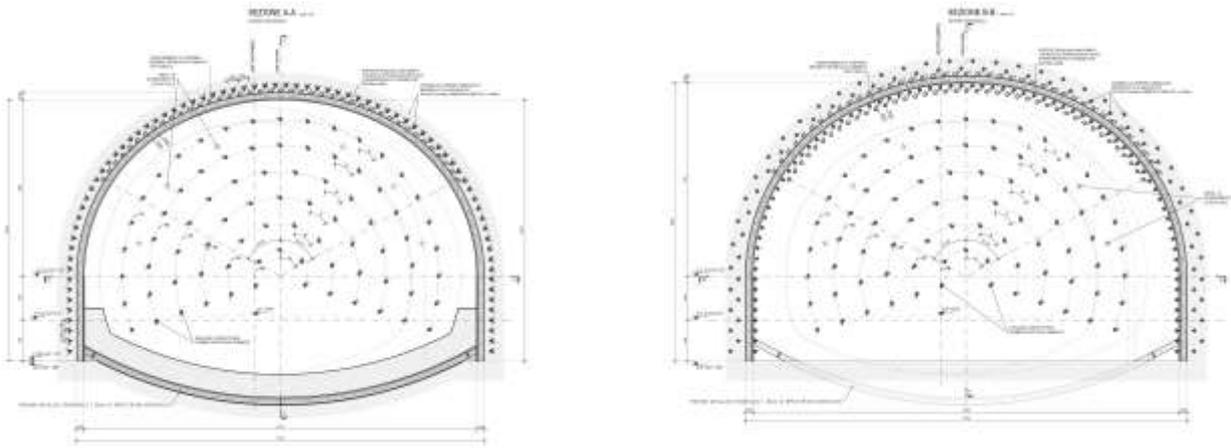
La sezione di scavo C1v è prevista in contesti geomeccanici caratterizzati in prevalenza da materiale sciolto (quali sabbie limose e ghiaie) e in presenza di eventuale intercalazione con materiale coesivo limo/argilloso.

#### Interventi previsti

- preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo mediante la posa in opera di n° 76(A+B) infilaggi con tubi in vtr valvolati iniettati e cementati di diametro  $\Phi$  110.00 mm e spessore di 10 mm, lunghezza pari a 18 m e sovrapposizione 8 m;
- consolidamento del nucleo di scavo con tubi in VTR cementati di n° 80, lunghezza pari a 18m e sovrapposizione 8 m;
- strato di spritz-beton ad ogni fine campo di scavo di spessore 10 cm armato con fibre in acciaio o R.E.S.
- prerivestimento composto da uno strato di 30 cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata di  $\Phi$  6 mm e dimensioni 15x15 cm (oppure con spritz-beton fibrorinforzato) con 30cm di sovrapposizione tra i fogli e centine composte da due profilati IPN220 accoppiate e calastrellate. Lo scavo dovrà essere condotto a piena sezione con sfondi massimi di 1 m.
- posa in opera di n° 4 dreni in avanzamento (eventuali) con fori di  $\Phi > 80\text{mm}$ ,  $i=15\%-10\%-5\%$ , lunghezza 30 m e sovrapposizione di 10m
- impermeabilizzazione con telo in PVC disposto al contorno della calotta;
- rivestimento definitivo in c.a. dello spessore variabile da 60 cm a 125 cm in calotta con distanza di getto calotta-fronte regolata in funzione del comportamento deformativo monitorato e dello spessore di 90 cm in arco rovescio con distanza arco rovescio-fronte pari a 10-15 m
- Variabilità degli interventi

La sezione in oggetto prevede la possibilità di variazione, secondo quanto descritto nei precedenti paragrafi, in funzione del contesto deformativo riscontrato nel corso degli scavi, relativamente a:

- **Passo centina:**  $\pm 20\%$  dal valore medio previsto;
- **Consolidamento del fronte:**  $\pm 20\%$  dal valore medio previsto;
- **Consolidamento al contorno:**  $\pm 20\%$  dal valore medio previsto;
- **Distanze di getto dell'arco rovescio e calotta:** i getti dei rivestimenti definitivi saranno regolati in funzione del contesto deformativo rilevato dal monitoraggio. In ogni caso, in assenza di ulteriori indicazioni del progettista dovranno essere regolati secondo le distanze previste in progetto.

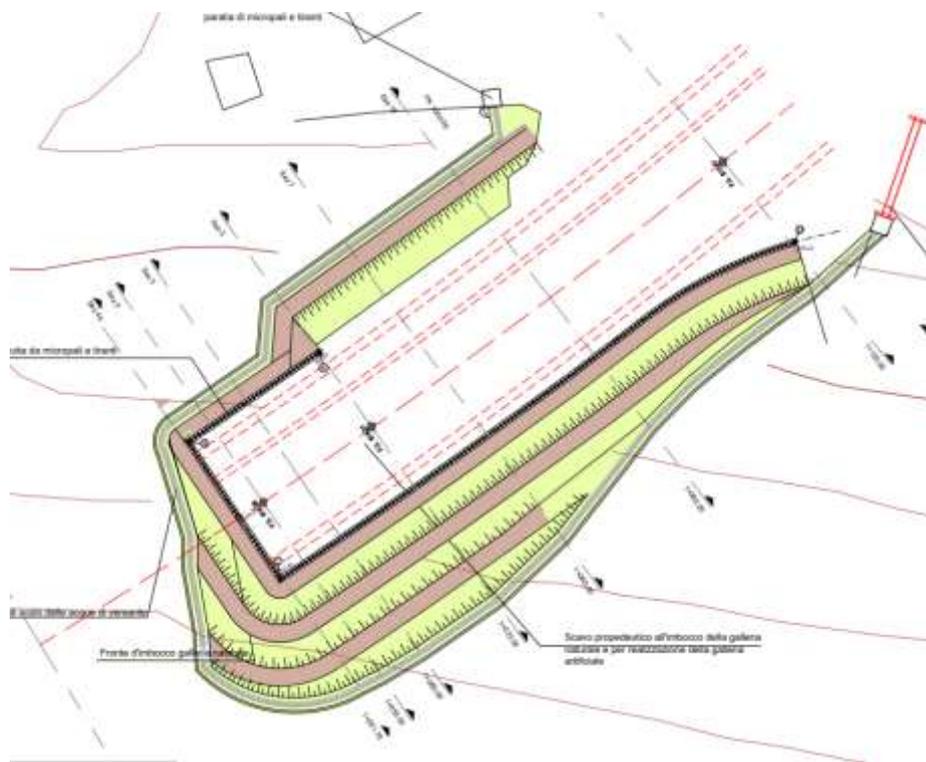


**Figura 24 - Sezione di scavo tipo C1v con cunicolo – Sezione trasversale**

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

In Progetto Definitivo quale opera provvisoria d'imbocco è prevista una paratia di micropali multistrada, per favorirne il ricoprimento è previsto un tratto in artificiale di lunghezza pari a circa 42 m. Si prevede di realizzare micropali di diametro 300 m, interasse 60 cm, armati con tubi in acciaio. La massima altezza fuori terra è pari a circa 18m. Sono previsti ancoraggi di lunghezza pari tra 17m e 21 m per ogni tirante 5 trefoli.

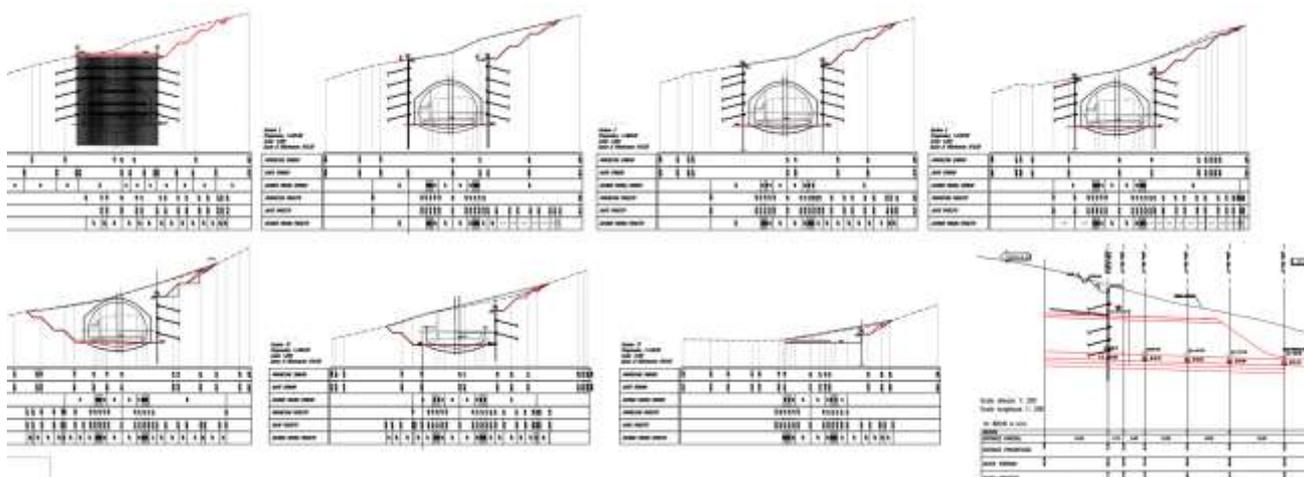
La lunghezza libera dei tiranti risulta compresa tra 8m e 11m. In considerazione della natura dei terreni tali lunghezze risultano essere sottostimate (dovrebbero essere comprese tra 15m – 11 m) anche in considerazione dell'incremento di lunghezza dovuto all'azione sismica.



**Figura 25: Planimetri Imbocco Est Progetto Definitivo**

### 6.3.1 GALLERIA ARTIFICIALE

Le sezioni tipo di calcolo sono le seguenti:



**Figura 26: Imbocco Est sezioni e profili progetto definitivo**

Le berlinesi sono interamente realizzate in un ammasso omogeneo di terreno limoso fortemente coesivo in matrice ghiaiosa, caratterizzato dai seguenti parametri di resistenza:

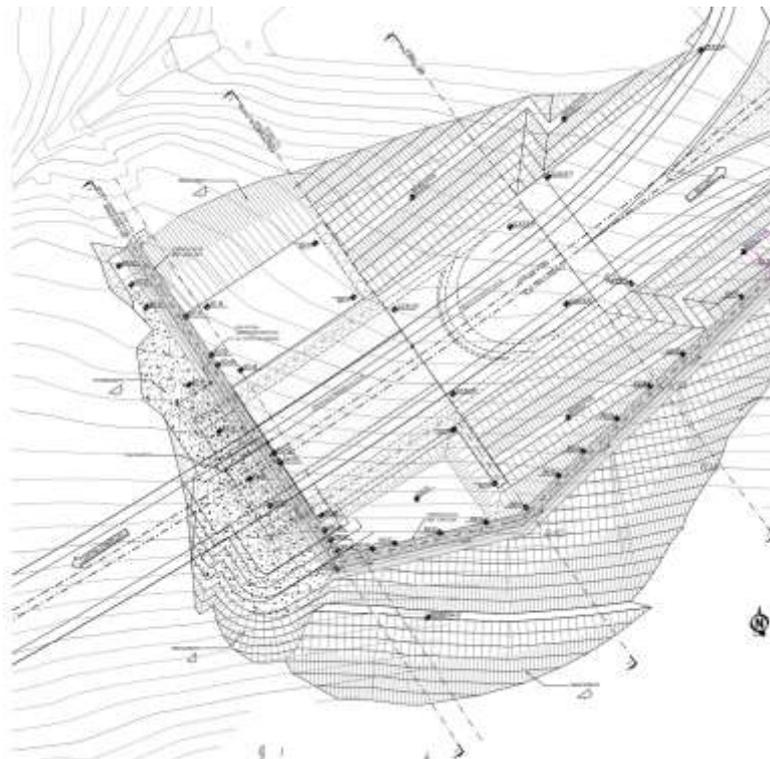
$\gamma = 23 \text{ KN/mc}$

$E = 200000 \text{ KPa}$

$\Phi = 31^\circ$

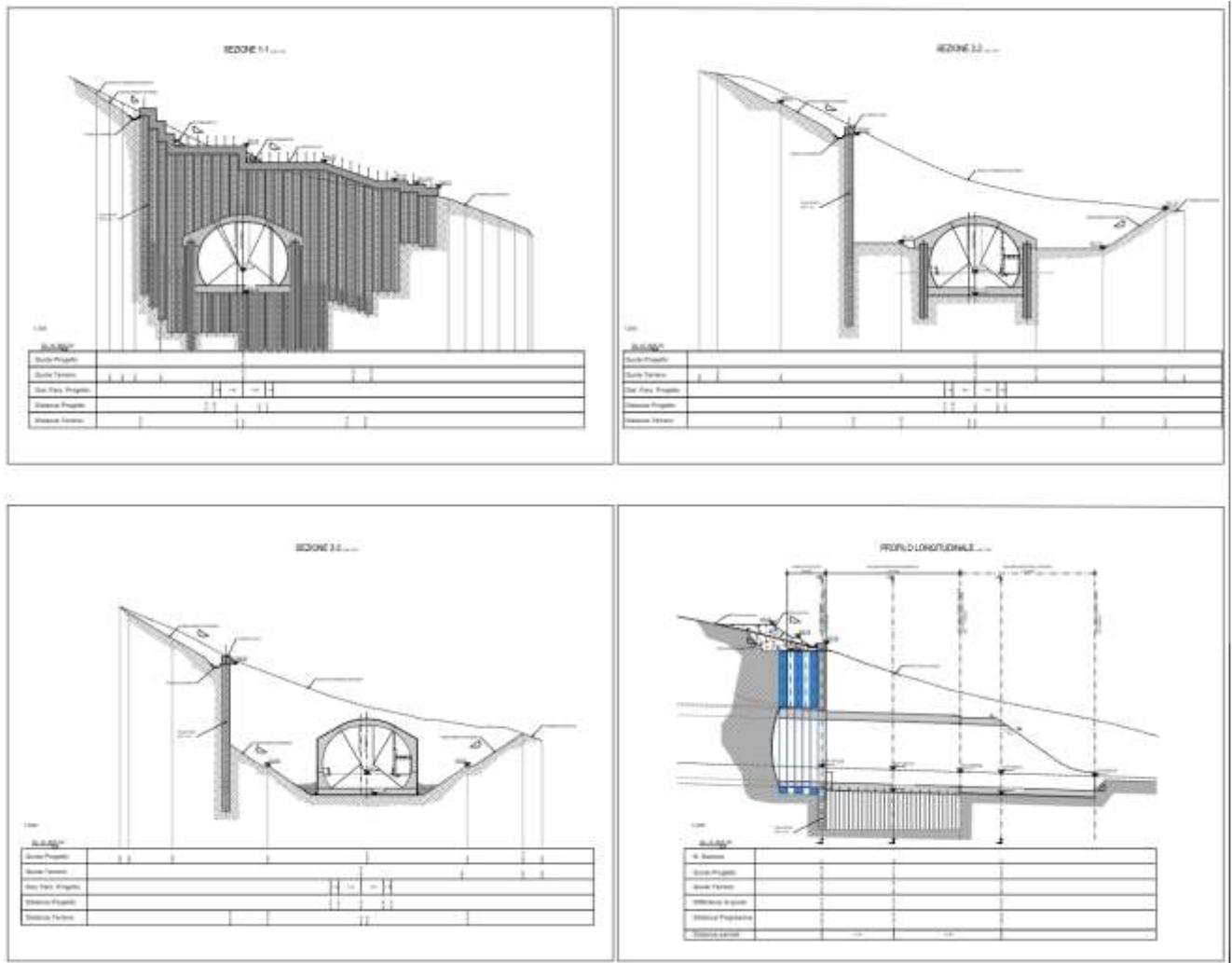
$c' = 45 \text{ KPa}$  coesione drenata

- In ambito di Progetto Esecutivo, alla luce della rivisitazione della parametrizzazione geotecnica, vista la presenza di strati di alterazione delle coperture argillose sabbiose, si è scelto di modificare la tipologia di opera imbocco prevedendo una paratia di pali del 1200 ad interasse 1.40. La massima altezza fuori terra è compresa tra 15 m e 18 m circa. L'opera prevede la realizzazione di una tratta di preanello con copertura in c.a. fondata su pali. Tale struttura ha la funzione di galleria artificiale in grado di favorire il ricoprimento della paratia in anticipo rispetto all'inizio degli scavi della galleria artificiale.



**Figura 27: Planimetri Imbocco Est Progetto Esecutivo**

Le sezioni tipo di calcolo sono le seguenti:



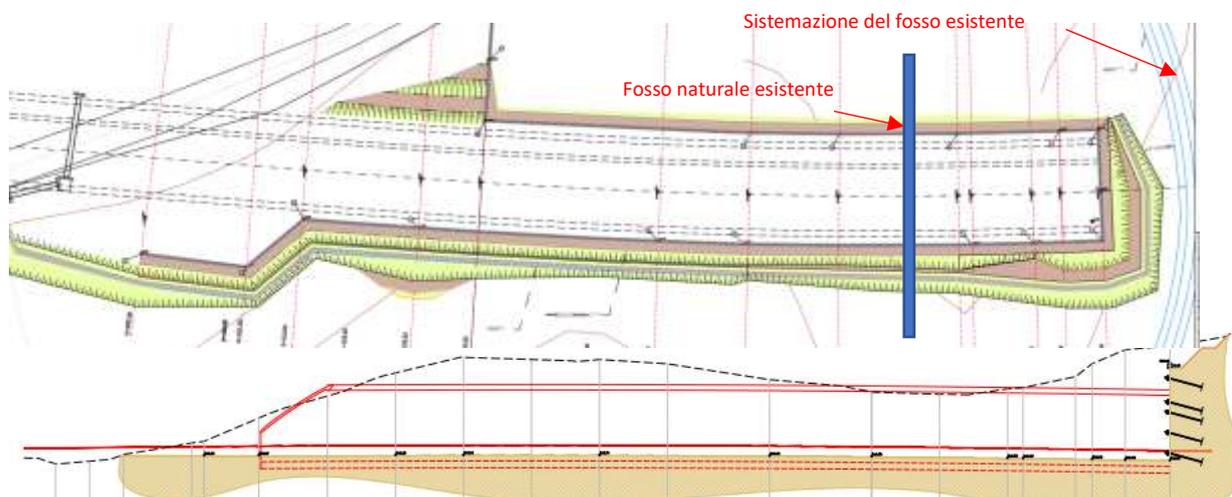
**Figura 28: Imbocco Est sezioni e profili progetto esecutivo**

I parametri geotecnici utilizzati nel modello di calcolo risultano

Strato (m)	litologia	$\gamma$ [Kn/m3]	$c'$ [kPa]	$\phi$ [°]	E [MPa]
0-8	limo argilloso con sabbia (UG1)	20	5	28	30
Aug-16	Argilla sabbiosa con ghiaia (UG3)	20	10	26	80
>16	Argilla sabbiosa con ghiaia (UG3)	20	15	26	100

## 6.4 OPERE DI IMBOCCO LATO OVEST

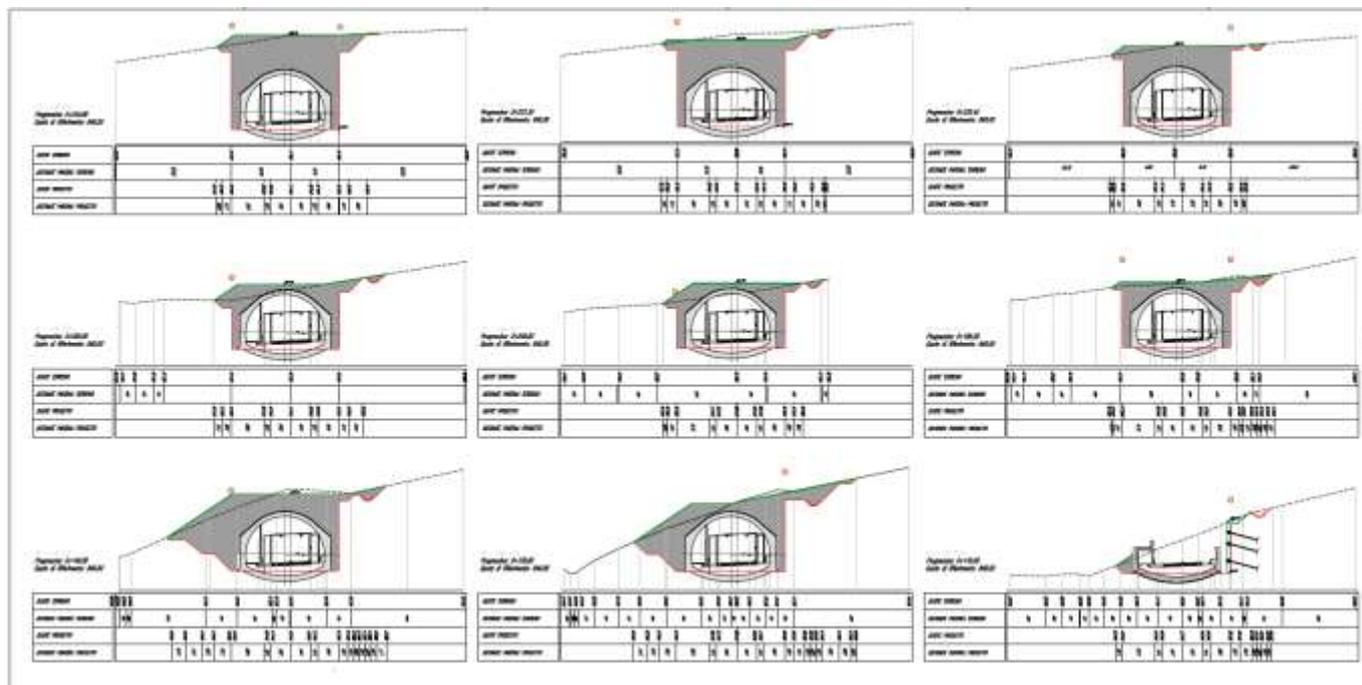
In Progetto Definitivo quale opera provvisoria d'imbocco è prevista una paratia di micropali multiritirata, per favorirne il ricoprimento è previsto un tratto in artificiale di lunghezza pari a circa 134m. L'opera d'imbocco interferisce con un fosso di scolo naturale. A tale scopo si prevede di deviare il fosso naturale verso monte per consentire la costruzione della paratia. Si prevede di realizzare micropali di diametro 300 m, interasse 60 cm, armati con tubi in acciaio. La massima altezza fuori terra è pari a circa 18m. Per la realizzazione della paratia sono previsti ancoraggi di lunghezza pari tra 17m e 22 m e per ogni tirante 5 trefoli



**Figura 29: Planimetri Imbocco Ovest Progetto Definitivo**

### 6.4.1 GALLERIA ARTIFICIALE

Le sezioni tipo di calcolo sono le seguenti:



**Figura 30: Imbocco Ovest sezioni e profili progetto definitivo**

N.B La lunghezza libera dei tiranti risulta compresa tra 9 m ed 10m. In considerazione della natura dei terreni tali lunghezze risultano essere sottostimate (dovrebbero essere comprese tra 15m – 11 m) anche in considerazione dell'incremento di lunghezza dovuto all'azione sismica.

Le berlinesi sono interamente realizzate in un ammasso omogeneo di terreno limoso fortemente coesivo in matrice ghiaiosa, caratterizzato dai seguenti parametri di resistenza

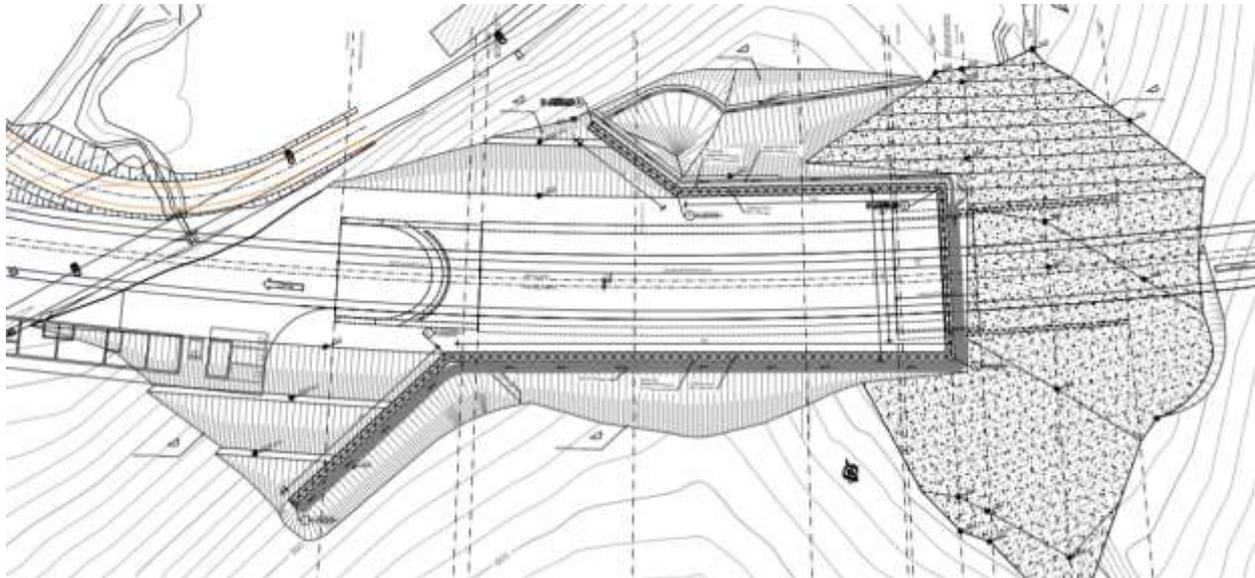
$$\gamma = 23 \text{ KN/mc}$$

$$E = 200000 \text{ KPa}$$

$$\Phi = 31^\circ$$

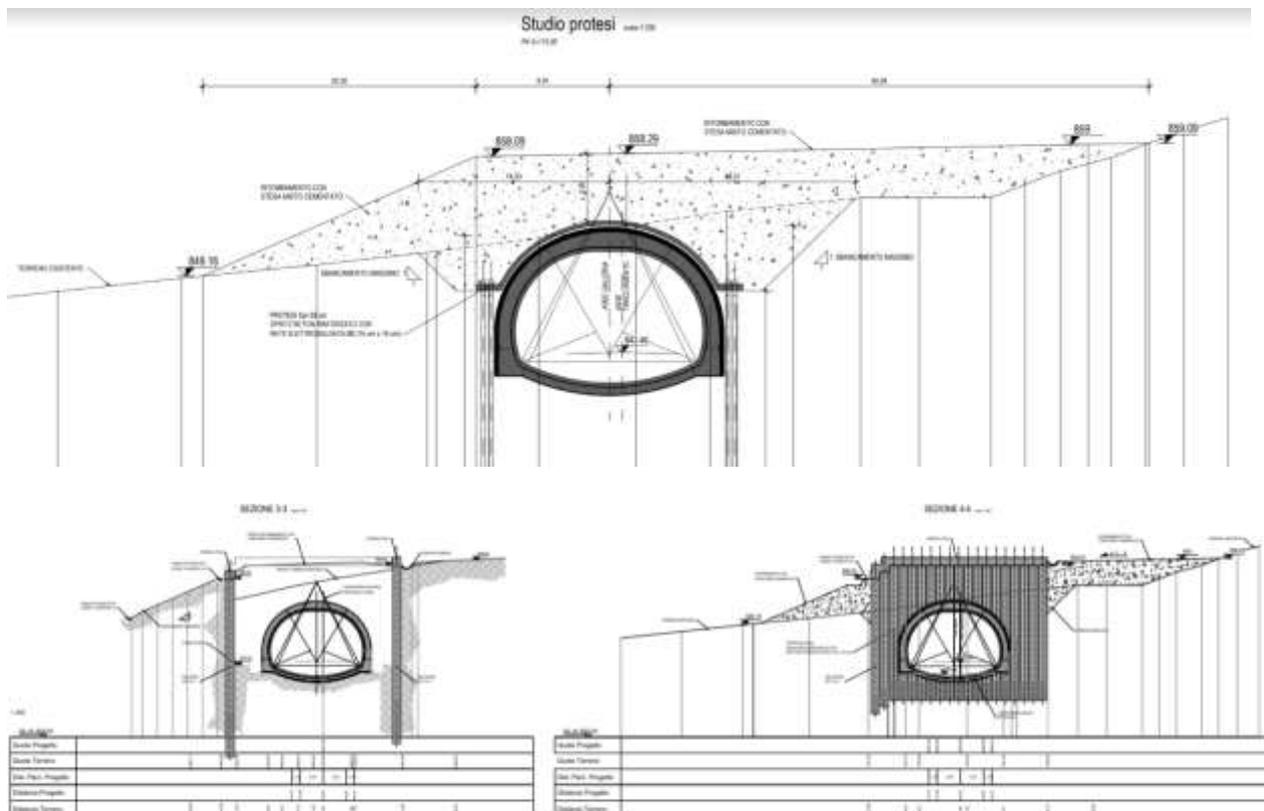
$$c' = 45 \text{ KPa coesione drenata}$$

- In ambito di Progetto Esecutivo, alla luce della rivisitazione della parametrizzazione geotecnica, vista la presenza di strati di alterazione delle coperture argillose sabbiose, si è scelto di modificare la tipologia di opera d'imbocco prevedendo una paratia di pali del 1200 ad interasse 1.40. La massima altezza fuori terra è compresa tra 17 m circa. Gli ancoraggi sono previsti con tiranti a trefoli (5 per ancoraggio).



**Figura 31: Planimetri Imbocco Ovest Progetto Esecutivo**

Le sezioni tipo di calcolo sono le seguenti:



**Figura 32: Imbocco Ovest sezioni e profili progetto esecutivo**

I parametri geotecnici utilizzati nel modello di calcolo risultano

Strato (m)	litologia	$\gamma$ [Kn/m3]	$c'$ [kPa]	$\phi$ [°]	E [MPa]
0-8	limo argilloso con sabbia (UG1)	20	5	28	30
Aug-16	Argilla sabbiosa con ghiaia (UG3)	20	10	26	80
>16	Argilla sabbiosa con ghiaia (UG3)	20	15	26	100

## 6.5 ANALISI EFFETTI INDOTTI

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

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).

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 3 edifici presenti sull'area di impronta delle future gallerie.

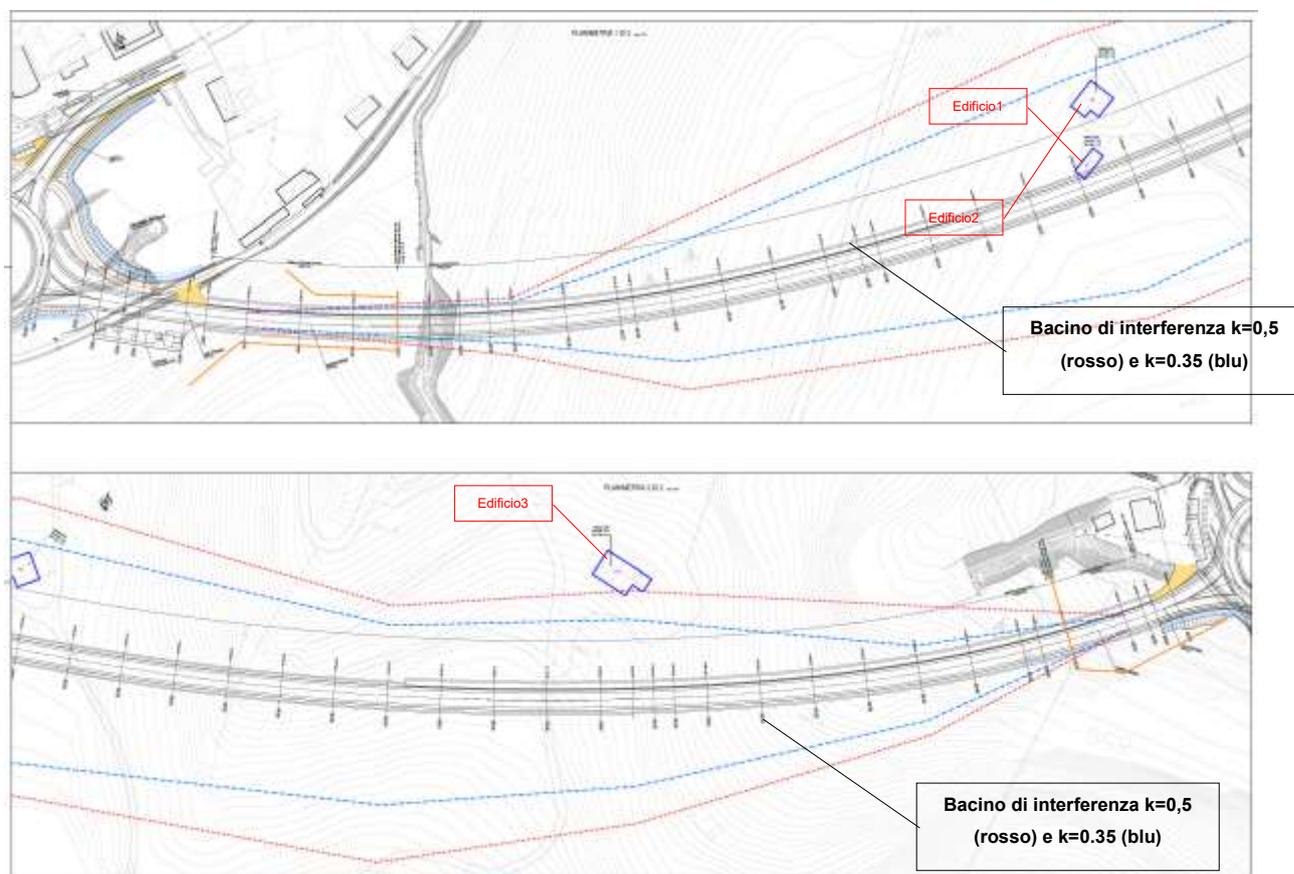
In merito alla valutazione delle caratteristiche geometriche e/o meccaniche degli edifici si rappresenta che in caso di informazioni carenti e/o incertezza dei dati si è ipotizzato, a favore di sicurezza, una struttura in muratura. Per ciascun edificio si è ipotizzata, altresì, la presenza di un piano interrato. Questo ha effetto sia sull'altezza totale del fabbricato sia sulla posizione dell'intradosso delle fondazioni rispetto all'asse della galleria.

La categoria di danno riportata nel riepilogo della relazione, per ogni edificio individuato, è quella più gravosa che si ricava dal gruppo delle analisi svolte.

### 6.5.2 EFFETTI SULLE PREESISTENZE

In particolare, il presente documento ha la finalità di illustrare l'analisi degli effetti indotti sugli edifici e le infrastrutture interferenti con le opere. Sono stati individuate le seguenti strutture, ricadenti nelle zone sottoposte a cedimento:

- 3 edifici posti in vicinanza alla galleria naturale e contenuti nel bacino di subsidenza (Ed. 1, 2, 3)



**Figura 33 – Planimetria con ubicazione degli edifici e delle infrastrutture interferenti**

L'estensione della galleria naturale è pari a 851 m, il bacino di subsidenza per individuare le preesistenze interferenti è stato definito considerando due tipologie differenti di terreno. Un terreno di tipo sciolto, che fornisce il coefficiente di flessione della curva di subsidenza  $k=0.35$ , e un terreno avente caratteristiche di coerenza, per rappresentare la presenza di orizzonti rocciosi, che fornisce il coefficiente  $k=0.50$ . La prima configurazione determina spostamenti verticali maggiori, con minor estensione della zona soggetta a subsidenza, mentre la seconda configurazione presenta una zona soggetta a subsidenza più estesa, con valori di cedimento minori.

Il lavoro è basato essenzialmente sui dati ottenuti da:

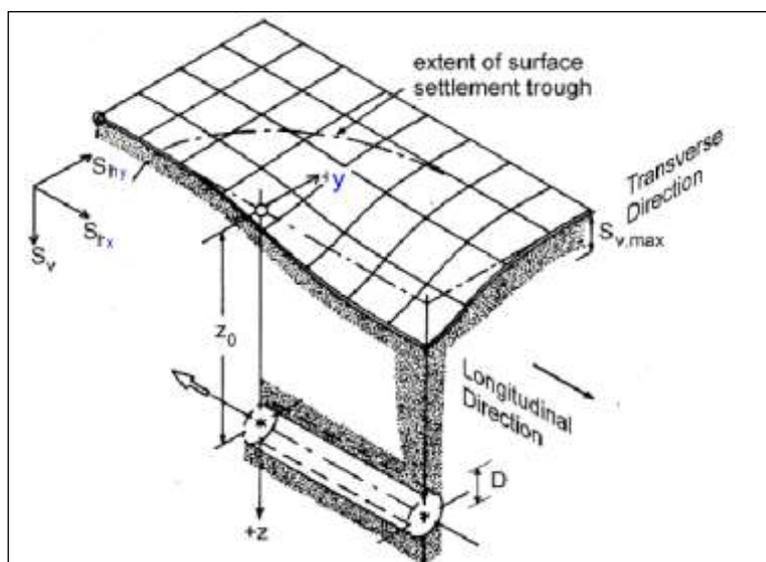
- caratterizzazione geotecnica e geomeccanica dei terreni attraversati dall'opera in progetto;
- rilievo topografico del terreno aggiornato alla presente fase progettuale;
- sopralluogo nelle aree oggetto della futura costruzione dell'opera
- planimetrie e profili di tracciato;
- individuazione degli edifici interferenti; sono state redatte schede fabbricato li dove è stato possibile avere l'accesso.

La curva dei cedimenti indotti a breve termine in senso trasversale all'asse della galleria in condizioni "green field" (superficie libera), è schematizzabile con buona approssimazione con una curva di probabilità normale ricavabile dalla seguente equazione (Attewell et al. 1986):

$$S_v = \frac{0.313 \cdot V_p \cdot \phi^2}{(k \cdot z_0)} \cdot e^{\left(\frac{-y^2}{2 \cdot i^2}\right)}$$

dove:

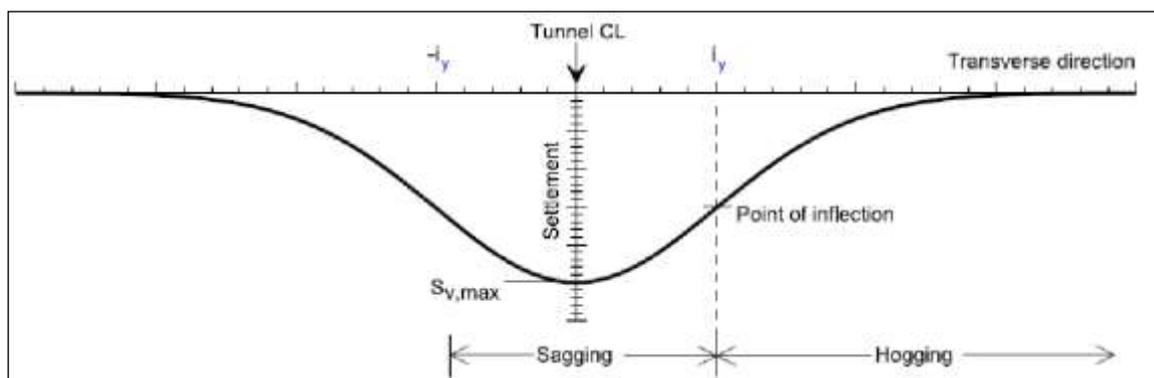
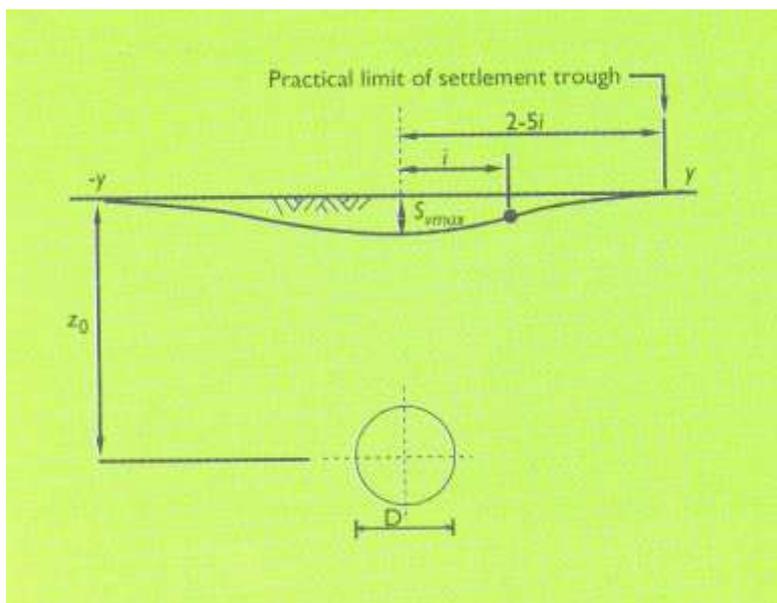
- $S_v$  = cedimento verticale nel punto posto alla distanza  $y$  dall'asse della galleria;
- $V_p$  = volume perso in superficie, durante lo scavo, per unità di lunghezza;
- $\phi$  = diametro della galleria;
- $k$  = coefficiente adimensionale dipendente dalla natura dei terreni interessati;
- $z_0$  = profondità dell'asse longitudinale della galleria dal p.c.;
- $y$  = coordinata del punto (di cui si vuole definire il cedimento) misurata rispetto all'asse della galleria;
- $i = k \cdot z_0$  = distanza fra il punto di flesso della curva e l'asse della galleria.



**Figura 34 – Movimenti indotti in superficie dall'avanzamento di uno scavo sotterraneo (dopo Attewell et Al., 1986, Mair, Taylor 1997)**

La curva dei cedimenti indotti a lungo termine in senso longitudinale all'asse della galleria in condizioni "green field" (superficie libera), è schematizzabile con buona approssimazione con la curva integrale della funzione di Gaussiana utilizzata per la definizione dei cedimenti trasversali. La curva è caratterizzata da un parametro  $i$  uguale a quello adottato per la sezione trasversale, e con valore di cedimento in corrispondenza del fronte della galleria pari al 50% del valore massimo di subsidenza trasversale (Attewell et al. 1986).

Per individuare i limiti del bacino di subsidenza, oltre i quali gli spostamenti verticali sono nulli, in letteratura è riportata la convenzione di considerare nulli gli spostamenti verticali quando questi sono inferiori ad una frazione dello spostamento massimo, ossia, se  $S_v \leq 0.044 S_{max}$ , allora  $S_v = 0$ . Il limite del bacino di subsidenza si ottiene quindi laddove  $S_v = 0.044 S_{max}$  (Mair, Taylor, Burland, 1996). Per le proprietà della curva Gaussiana, questa condizione si realizza in  $y = \pm 2.5 i$ .



**Figura 35 – Profilo trasversale di subsidenza (Mair, Taylor 1997)**

Sono infatti disponibili in letteratura anche relazioni che si differenziano dalla precedente, legate ad esperienze mirate in situazioni geologiche di riferimento in cui è stata monitorata la risposta nel soprassuolo all'azione di scavo, ma le numerose esperienze relative a scavi in sotterraneo in condizioni di scavo superficiale in terreni hanno fornito una buona base bibliografica per la definizione del parametro equivalente che fornisce indicazioni relativamente alla forma del profilo trasversale di subsidenza.

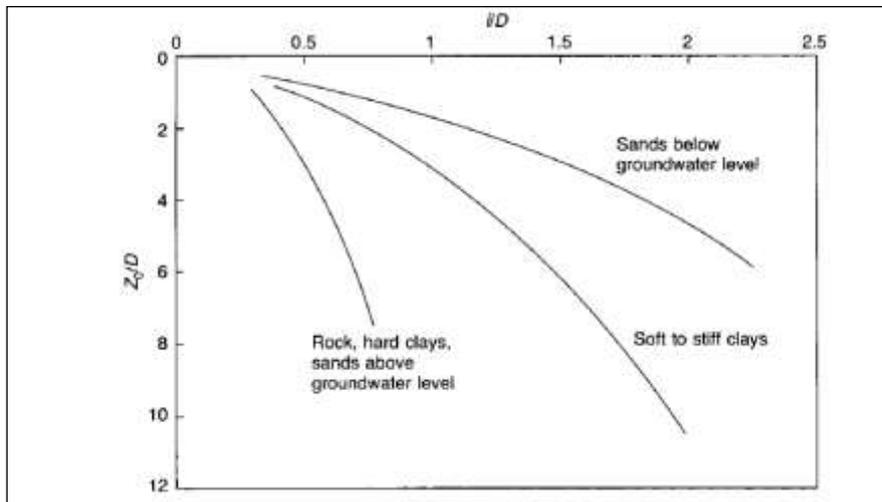


Figura 36 – Relazione fra la posizione del punto di flesso e la profondità di scavo per differenti tipi di terreni (dopo Peck, 1969; Mair e Taylor, 1997)

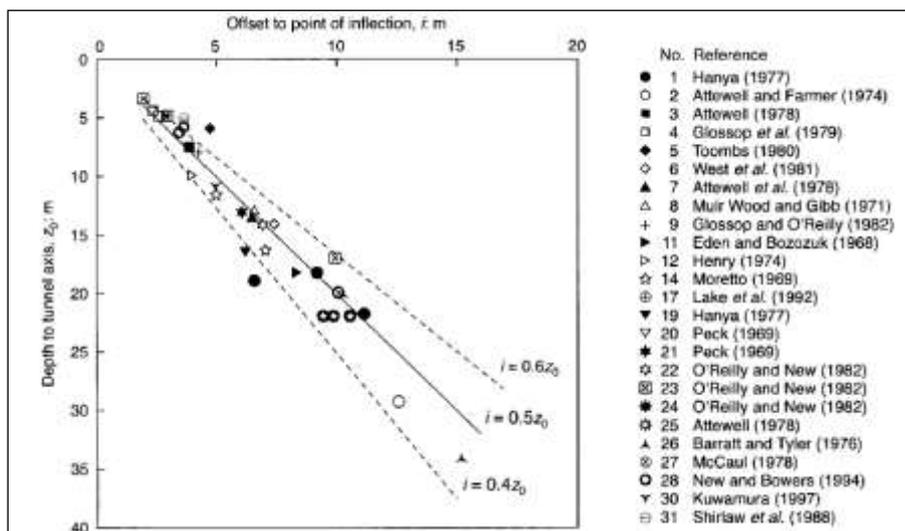
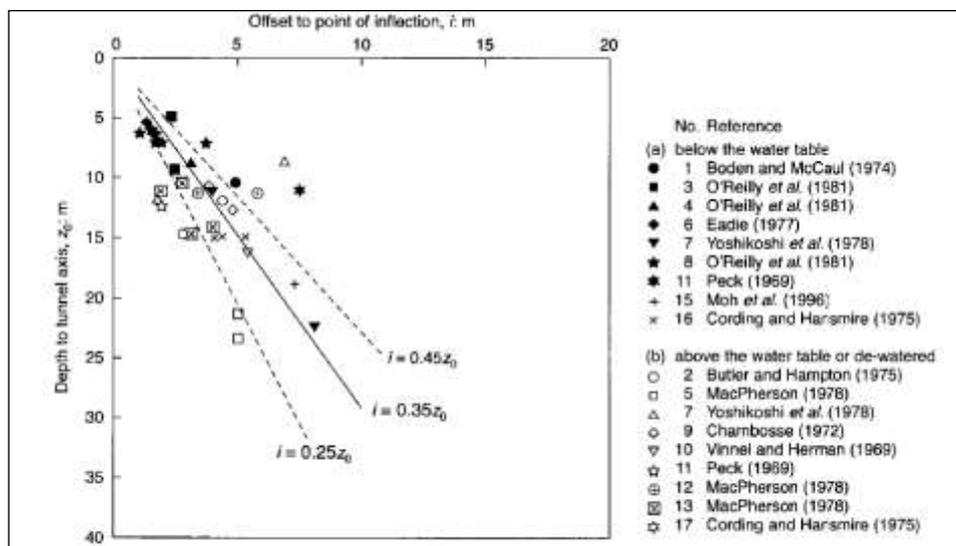


Figura 37 – Relazione fra la posizione del punto di flesso e la profondità di scavo per scavo in materiali argillosi (Mair e Taylor, 1997)



**Figura 38 – Relazione fra la posizione del punto di flesso e la profondità di scavo per scavo in materiali sabbiosi e ghiaiosi (Mair e Taylor, 1997)**

Per la caratterizzazione delle distribuzioni dei cedimenti superficiali è necessaria la definizione del parametro  $V_p$  (%) e del coefficiente  $k$  (-), parametri che uniti alle geometrie di scavo definiscono il bacino di subsidenza.

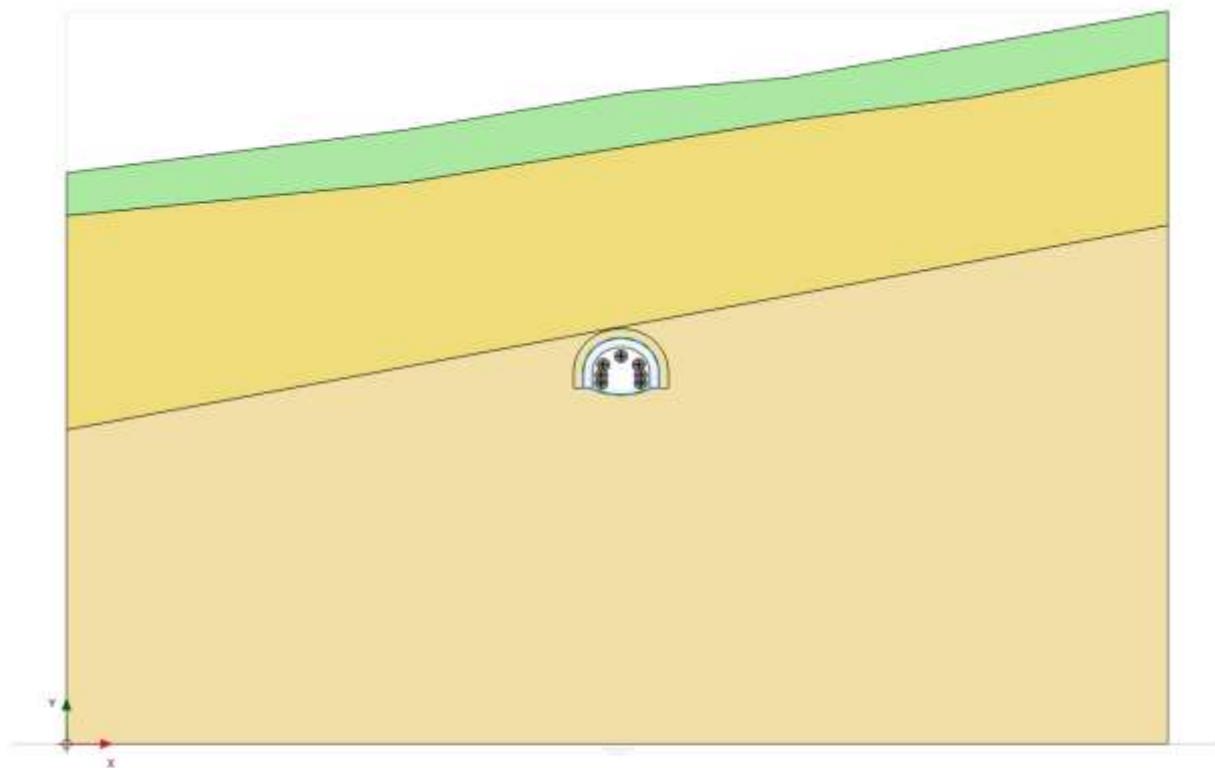
Per quanto riguarda il volume perso ( $V_p$ ), questo viene definito come il rapporto tra il volume del bacino di subsidenza misurato in superficie ed il volume teorico di scavo della galleria, misurati su una distanza unitaria fuori piano. Si precisa che il volume del bacino di subsidenza viene assunto pari all'area delimitata dalla contrazione del tunnel nel piano moltiplicata per lo sviluppo longitudinale. Solitamente il calcolo viene svolto per lo sviluppo di un metro fuori piano. I valori della perdita di volume sono generalmente scelti sulla base dell'esperienza e sui dati di monitoraggio, variabili in genere in funzione della metodologia di scavo e dalle caratteristiche del terreno. Nel caso di specie, considerando le sezioni tipo adottate (consolidate sempre al fronte e al contorno in prossimità delle interferenze) e le caratteristiche del terreno attraversato, si sono considerate le seguenti condizioni:

- Condizione di esercizio: si è considerato nelle analisi un volume perso pari a 0,8-1,2%, range che rappresenta un normale avanzamento in situazioni assimilabili a quelle della galleria in progetto e convergenze del cavo assimilabili a quelle valutate in progetto
- Condizioni limite: si è considerato un  $V_p = 1,5\%$ , valore quest'ultimo che configura già condizioni tali per cui è avvenuta una non corretta esecuzione del consolidamento o comunque si sono incontrate difficoltà di avanzamento tali da causare convergenze del cavo superiori a quanto previsto in progetto.

Per quanto riguarda il valore da attribuire alla costante K, questa dipende dalle caratteristiche dei terreni interessati dalle operazioni di scavo. In base a quanto definito dagli stessi autori e confermato dalla successiva bibliografia in merito allo studio dei fenomeni di subsidenza, possono assumersi valori variabili da 0.20 e 0.40 nelle sabbie, valori compresi tra 0.40 e 0.60 in terreni argillosi consistenti, fino a valori compresi tra 0.60 e 0.75 in terreni argillosi teneri. Dal valore di K dipende unicamente l'ampiezza del bacino di subsidenza, che risulterà tanto più esteso quanto maggiore sarà il valore attribuito al parametro K mentre, a parità di volume perso, diminuiranno i cedimenti massimi in asse galleria.

Nel caso in esame, stante le formazioni interessate dallo scavo, si è adottato un valore di  $k=0,50$  per tutti gli edifici.

Si è sviluppato mediante il software Plaxis un modello di calcolo atto a confrontare il bacino teorico di subsidenza dell'edificio 2 in funzione dei parametri  $V_p$  e  $k$  adottati in condizioni di normale avanzamento degli scavi ( $k=0.5$  e  $V_p=1.2\%$ ).



**Figura 39 – Modello rappresentativo valutazione volume perso e parametro k**

Per quanto riguarda i parametri geomeccanici adottati, le geometrie di scavo, ecc si rimanda all'elaborato T00GE01GETFG01A precisando che ai fini del confronto si è proceduto in maniera iterativa ad applicare diversi valori di contrazione del tunnel ("LineContraction") applicati al bordo scavo fino ad ottenere una convergenza media tra zona di calotta e di arco rovescio tale da raggiungere  $V_p=1.2\%$ , così da ottenere

una buona corrispondenza con la formulazione teorica che prevede una convergenza radiale uniforme. Tale risultato si è raggiunto in ultimo applicando un valore di "Line contraction" pari a 1.2%

Di seguito mostriamo l'andamento degli spostamenti verticali ottenuti dalla modellazione numerica:

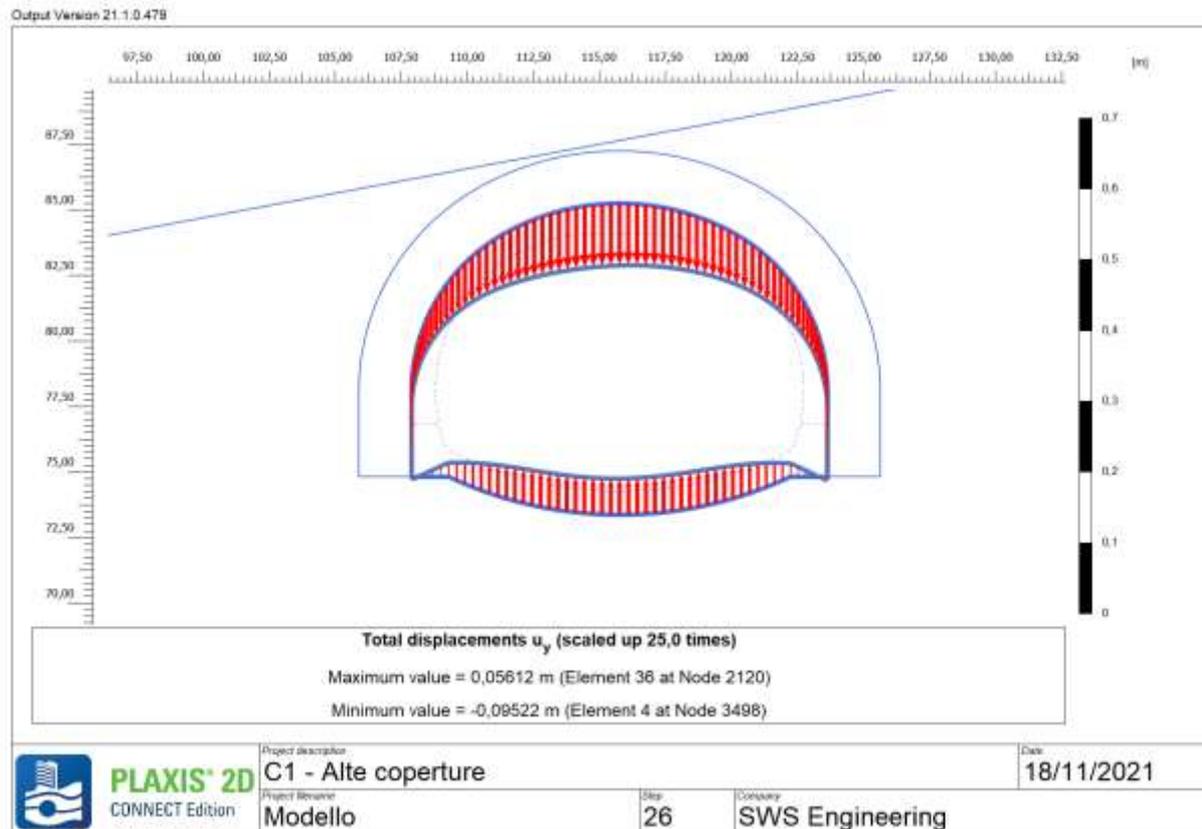


Figura 40 – cedimenti intorno al cavo

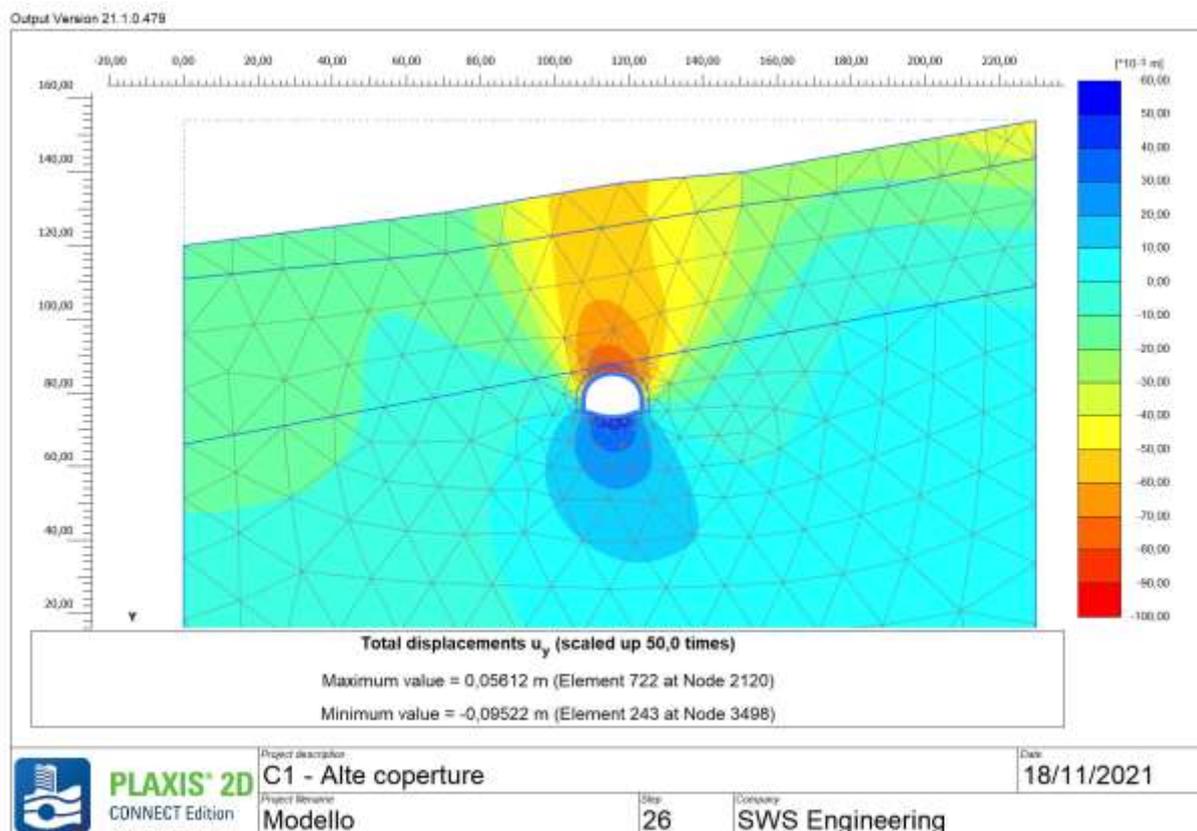


Figura 41 – Curva subsidenza – cedimenti

Si mostra in ultimo il confronto tra la curva del bacino teorico di subsidenza in funzione dei parametri  $V_p$  e  $k$  adottati in condizioni di normale avanzamento degli scavi e quanto ottenuto dal modello numerico.



Figura 42 – Fittaggio curve per  $v_p=1,2\%$   $k=0,5$

Come si evidenzia dal confronto sopra presentato, si verifica un'ottima corrispondenza tra il bacino teorico e quello valutato mediante analisi numerica a pari Volume perso, confermando quindi la correttezza dell'assunzione del parametro  $k=0.5$  in funzione del contesto di scavo.

Di seguito un riepilogo delle assunzioni di progetto implementate nell'analisi di subsidenza :

Vp (%)	Condizione
0.8	Condizione limite di normale esercizio associata allo scavo in tradizionale.
1.2	Raggiungimento della soglia di attenzione. Analisi cautelativa i cui risultati permettono di avere un quadro dei possibili effetti indotti da imprevisti locali per il funzionamento dello scavo e per il contesto geologico.
1.5	Raggiungimento della soglia di allarme. Analisi estremamente cautelativa i cui risultati permettono di evidenziare il livello di rischio in caso di conduzione dello scavo in modalità non corretta e/o fenomeni non prevedibili.
k (-)	Terreno
0.35	Terreni coesivi con intercalazioni sabbiose.
0.50	Terreni a comportamento prevalentemente coesivi.

**Tabella 6 – Assunzioni progettuali per l'analisi di Rischio valida per le gallerie**

L'influenza di Vp e k sull'andamento della curva dei cedimenti è schematicamente riassunta nella tabella seguente.

Parametro	Condizione	Influenza
Vp	Crescente	Aumento proporzionale dei cedimenti.
k	Crescente	Graduale abbassamento ed allargamento della distribuzione dei cedimenti.

**Tabella 7 – Descrizione sintetica dell'effetto dei parametri di riferimento sulla curva di deformazione indotta**

## **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 priverstimento;
- 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.

### **6.6.2 MONITORAGGIO ESTERNO**

Nell'ambito del PE ci monitorati.

## 7 OPERE D'ARTE MINORI

(VAMS) (NET)

### 7.1 RINFORZATE LATO OVEST

La soluzione muro in ca.

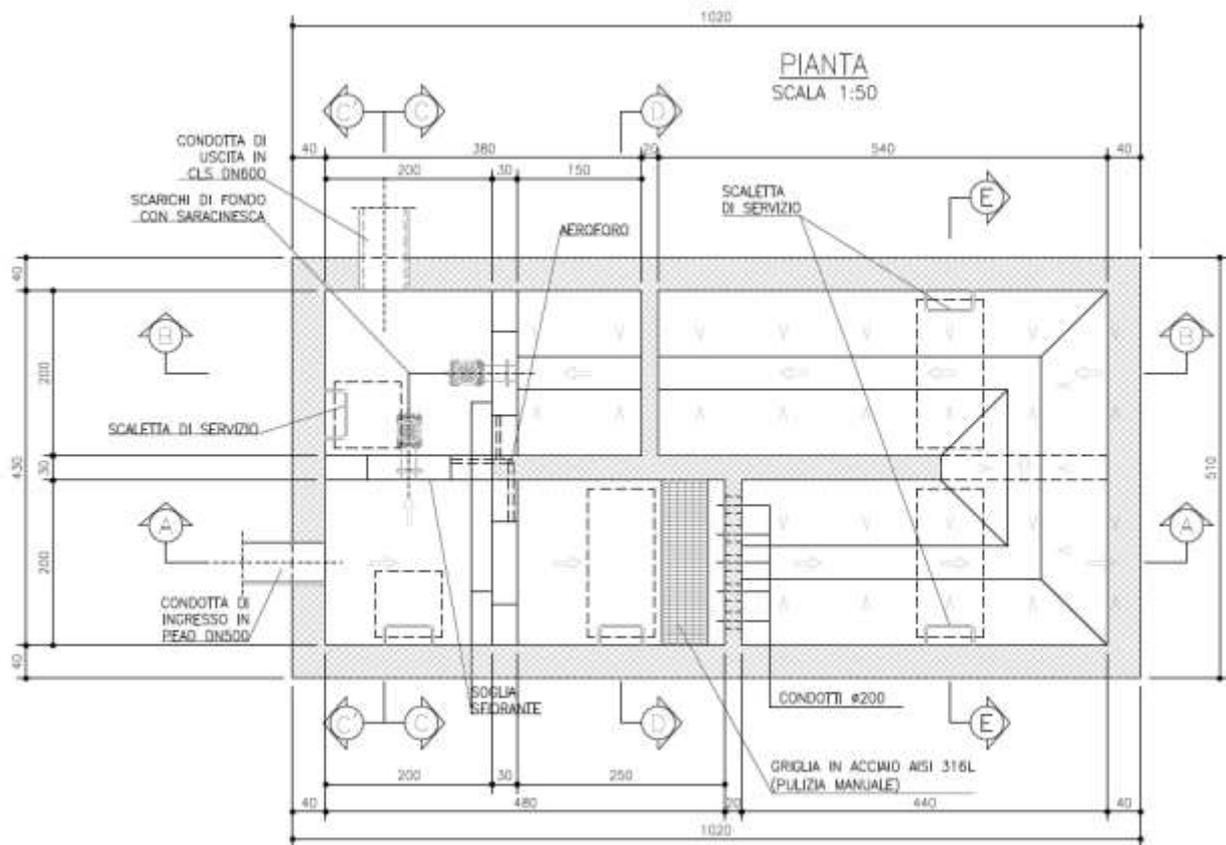
#### 7.1.1 ELEMENTI DI RINFORZO – TIPO TERRAMESH VERDE LIGHT

La struttura di allegati.

#### 7.1.2 VASCHE INTERRATE

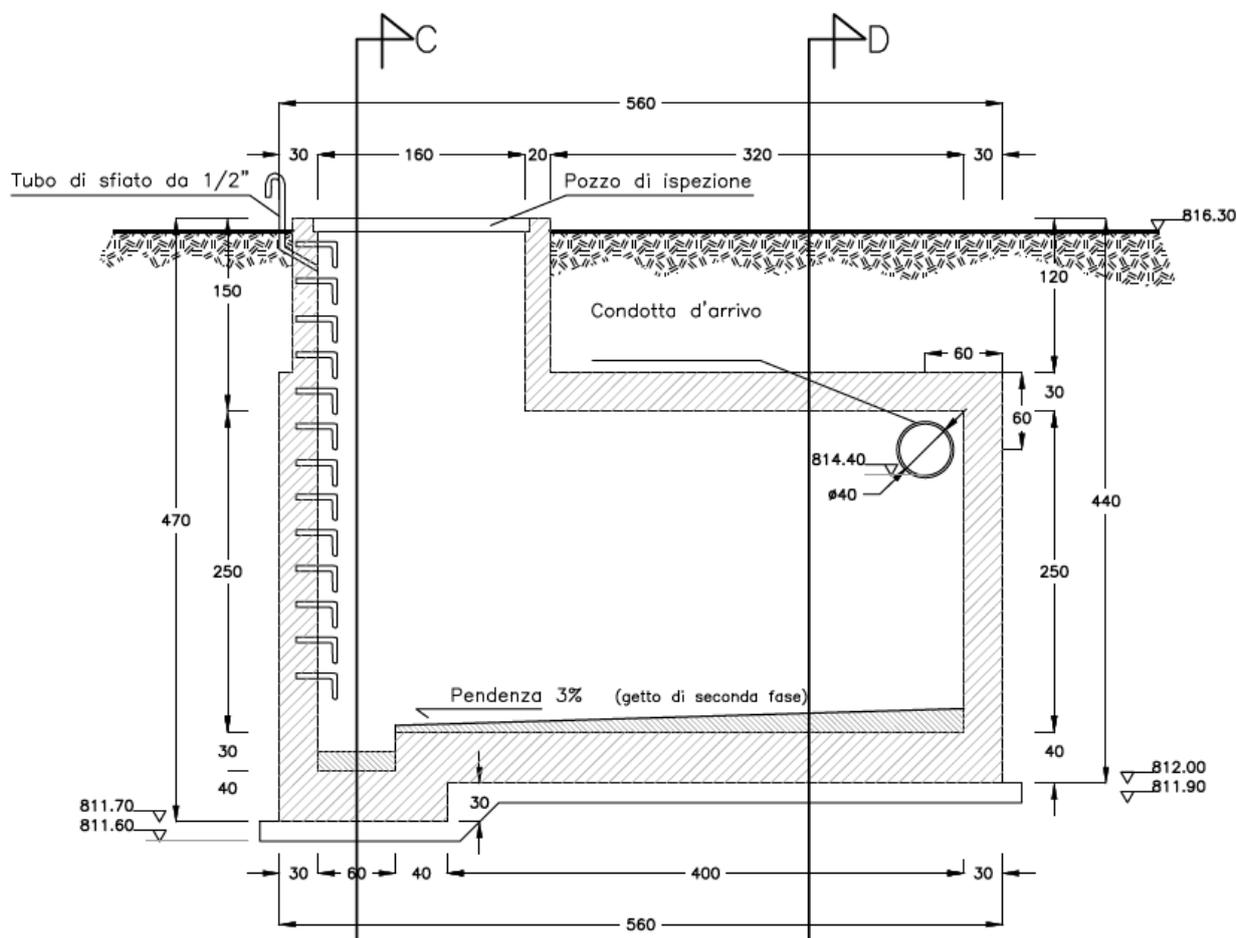
È prevista la realizzazione di tre vasche di raccolta acque: due vasche di raccolta acque di prima pioggia ed una vasca di sversamento accidentale, di dimensioni più ridotte.

Le vasche di prima pioggia sono prevalentemente gettate in opera e collocate in corrispondenza delle rotonde Est e Ovest ed hanno dimensioni nette interne (B x L x H) di 4.3x9.4x3.2m. Lungo la direzione maggiore è presente un setto che offre appoggio intermedio alla copertura. La platea di fondazione ed i piedritti hanno spessore pari a 40cm, mentre la soletta superiore ha spessore di 30cm. Questa presenta alcune aperture "passo d'uomo" 80x80cm necessarie all'accesso di personale per l'ispezione ed una parte completamente rimovibile, realizzata tramite lastre alveolari prefabbricate, in caso di manutenzioni straordinarie all'interno della vasca stessa. Le vasche risultano interrata a livelli diversi: la vasca ad est è completamente interrata e ricoperta da circa 1.5m di terreno, mentre la vasca ovest è parzialmente affiorante dal terreno.



**Figura 43 – Vasca di raccolta acque di prima pioggia**

La vasca di sversamento è gettata interamente in opera ed è collocata in prossimità dell'imbocco est della galleria ed ha dimensioni nette interne (B x L x H) di 5.0x5.0x2.5m. Tutte le pareti e le solette perimetrali hanno spessore 30cm. La copertura presenta due aperture "passo d'uomo" a due angoli opposti, una di dimensioni 60x60cm e una di dimensioni 160x160cm. Entrambe le aperture sono irrigidite lungo il perimetro da pareti verticali che raggiungono la superficie. La vasca risulta completamente interrata e ricoperta da circa 1.2m di terreno.



**Figura 44 – Vasca di raccolta acque potenzialmente inquinanti**

Le partizioni interne delle vasche, ottenute tramite setti in c.a. di diversa geometria, sono dettate da esigenze di tipo funzionale e idraulico.

## **7.2 OPERE MINORI LATO EST**

La modifica e l'allargamento delle viabilità esistenti in corrispondenza svincolo Est (Belluno – Auronzo) e dello svincolo Nord (Pieve di Cadore), comporta alcune modifiche alle opere esistenti con l'introduzione di tre opere di sostegno (OS01, OS02, OS03) ed il rifacimento dei cordoli laterali del ponte esistente (OM01) sul ramo E3 della rotatoria Est.

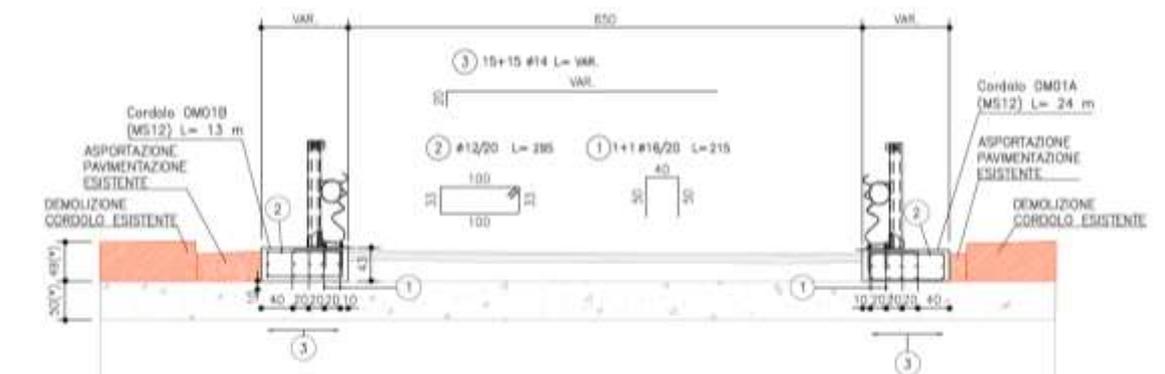
### 7.2.1 RIFACIMENTO CORDOLI PONTE ESISTENTE (OM01)

Tali cordoli sono situati su un manufatto esistente, costituito da un ponte integrale in c.a. probabilmente ordinario. Il ponte è costituito da un solettone pieno in c.a., di spessore circa 0.5m, larghezza totale 12m e luce di circa 13m. Le spalle sono incastrate all'impalcato e sono proseguite su entrambi i lati da due muri andatori di circa 11m di lunghezza.

Dal materiale fotografico a disposizione e dai sopralluoghi effettuati, i cordoli su cui si intestano le barriere stradali appaiono costituiti da un manufatto sovrapposto alla soletta di spessore simile a quello della soletta stessa e larghezza di 1.15m.

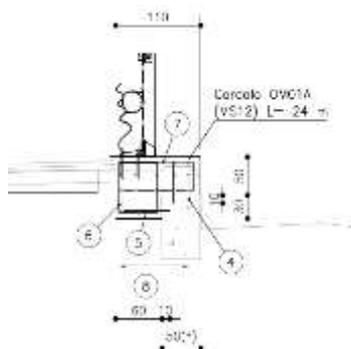
Allo stato di fatto, il ponte ospita una carreggiata a due sensi di marcia di 9.7m di larghezza delimitata dai suddetti cordoli. È stato accertato che dato l'avanzato grado di ammaloramento dei cordoli e la tipologia di barriera stradale attualmente presente, risulta necessario sia il rifacimento dei cordoli che la sostituzione delle barriere con nuove barriere H2 bordo ponte Anas.

I cordoli saranno ancorati al supporto esistente tramite inghisaggi con resina apposita. Una prima tipologia è collocata sul solettone del ponte ed ha dimensioni 110x50cm.



**Figura 45 – Cordolo su impalcato**

Una seconda tipologia è collocata sui muri andatori del ponte, che hanno spessore stimato di 50cm ed avrà forma a L, composta da un rettangolo 110x50cm sovrastante il muro e un "dente" di taglio inferiore di spessore 30cm e profondità 60cm.



**Figura 46 – Cordolo su muro andatore**

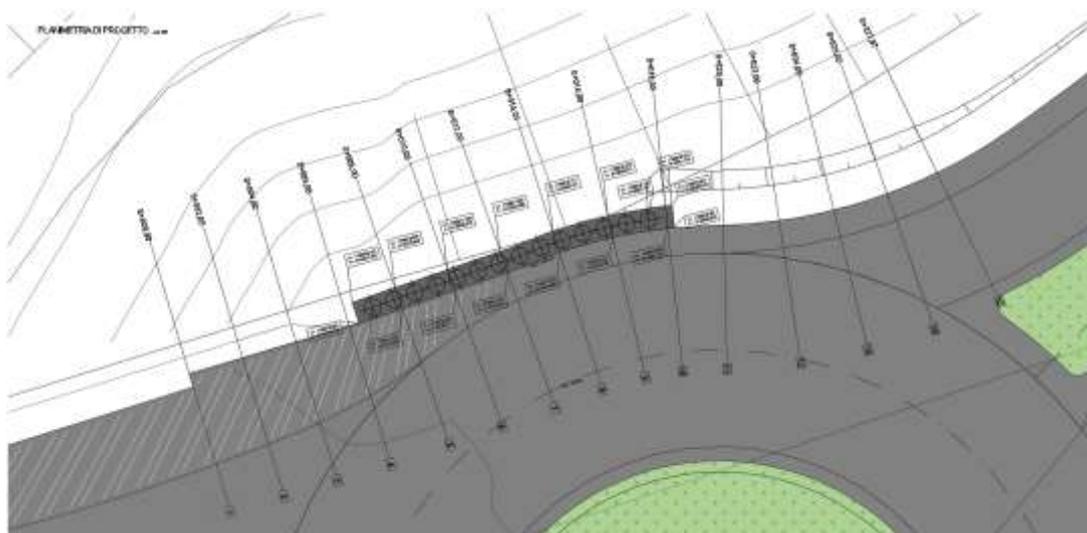
### 7.2.2 CORDOLO SU RAMO G – ROTATORIA SVINCOLO NORD (OS01)

È prevista la realizzazione di un cordolo a raso da realizzare su parte del ciglio esterno della rotatoria in svincolo nord, al fine di consentire l'installazione della barriera stradale di progetto (classe di contenimento H2BP).

L'opera è costituita da un cordolo di sezione 100×80cm<sup>2</sup> solidarizzato a pali di fondazione Ø600mm di lunghezza 9m.

La necessità di realizzare un cordolo è dettata dalla presenza di una scarpata subito a tergo della barriera che non consente l'utilizzo di barriere da bordo rilevato. La qualità scadente del terreno presente in sito rende necessario l'utilizzo di pali di medio diametro per contenere l'azione d'urto per la quale è progettata la barriera stradale.

Le seguenti immagini mostrano l'inquadramento planimetrico dell'opera e la sezione tipologica.



**Figura 47: Planimetria cordolo OS1**

### 7.2.3 MURO DI SOSTEGNO RAMO H – ROTATORIA SVINCOLO NORD (OS02)

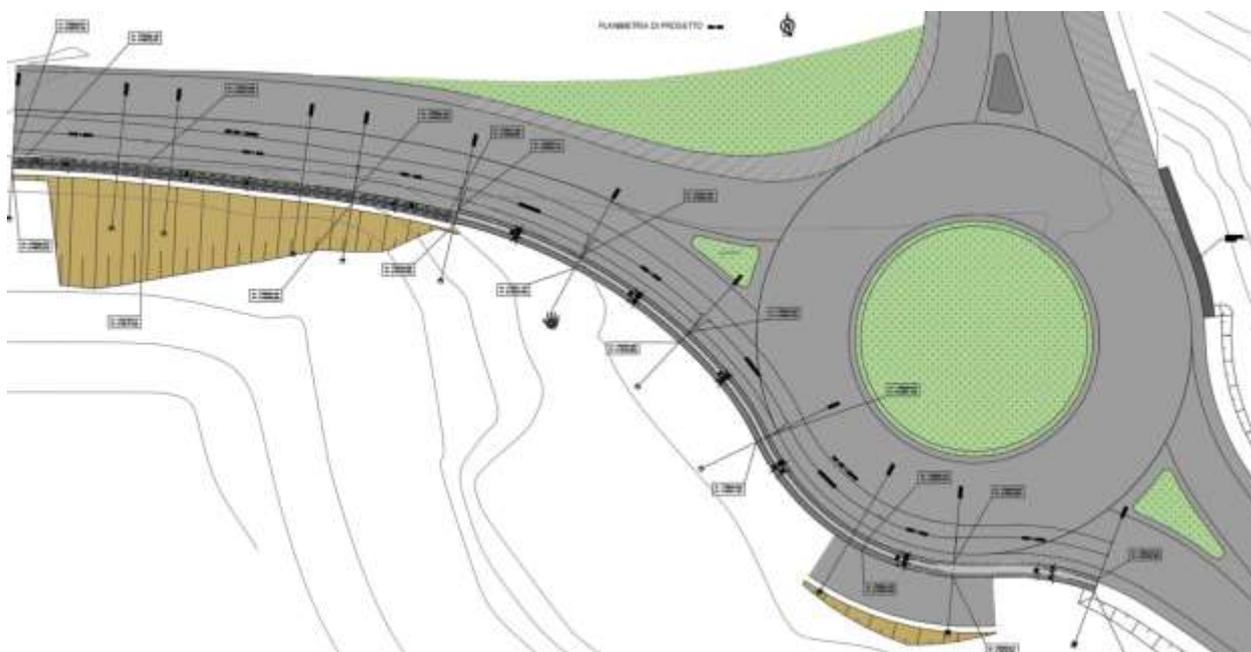
È prevista la realizzazione di un muro di sostegno di sviluppo complessivo di circa 90m, denominato OS02.

Il muro, che prosegue ed in parte sostituisce l'opera di sostegno esistente, è distinto in due tipologie costruttive distinte:

- I primi 34m, interessati da altezze di terreno da sostenere maggiori, riguardano l'esecuzione di un muro di larghezza 90cm ed altezza variabile fondato su pali Ø600mm di lunghezza 8m posti ad interasse 0.8m. L'altezza massima del muro risulta pari a 2.11m.
- I rimanenti 59m, caratterizzati da altezze da sostenere inferiori, sono interessati dall'esecuzione di un muro a mensola in c.a. avente fondazione spessore 40cm, larghezza 1.1m. L'altezza massima di calcolo del paramento risulta pari a 1.16m;

Nel tratto interessato dalla realizzazione del muro fondato su pali risulta necessario sostenere gli scavi mediante una parete chiodata rivestita in spritz beton.

Le seguenti immagini mostrano l'inquadramento planimetrico dell'opera e le sezioni tipologiche



**Figura 48: Planimetria muro di sostegno OS02**

La finitura a vista del muro riprenderà le caratteristiche estetiche dell'opera esistente, costituita da un muro in pietra squadrata. Pertanto, è previsto che il paramento sia finito con un pannello tralicciato in c.a. rivestito in pietra locale disposta a corsi regolari.

#### 7.2.4 MURO DI SOSTEGNO RAMO E2 – ROTATORIA SVINCOLO EST (OS01)

È prevista la realizzazione di muro di sostegno del rilevato stradale lungo un tratto di sviluppo pari a circa 20m su Ramo E2 della rotatoria di svincolo Est.

L'opera è costituita da un cordolo di larghezza 80cm ed altezza variabile tra 228cm e 248cm, solidarizzato a pali di fondazione Ø600mm di lunghezza 10.0 m posti ad interasse 80cm.

Le seguenti immagini mostrano l'inquadramento planimetrico dell'opera e la sezione tipologica.

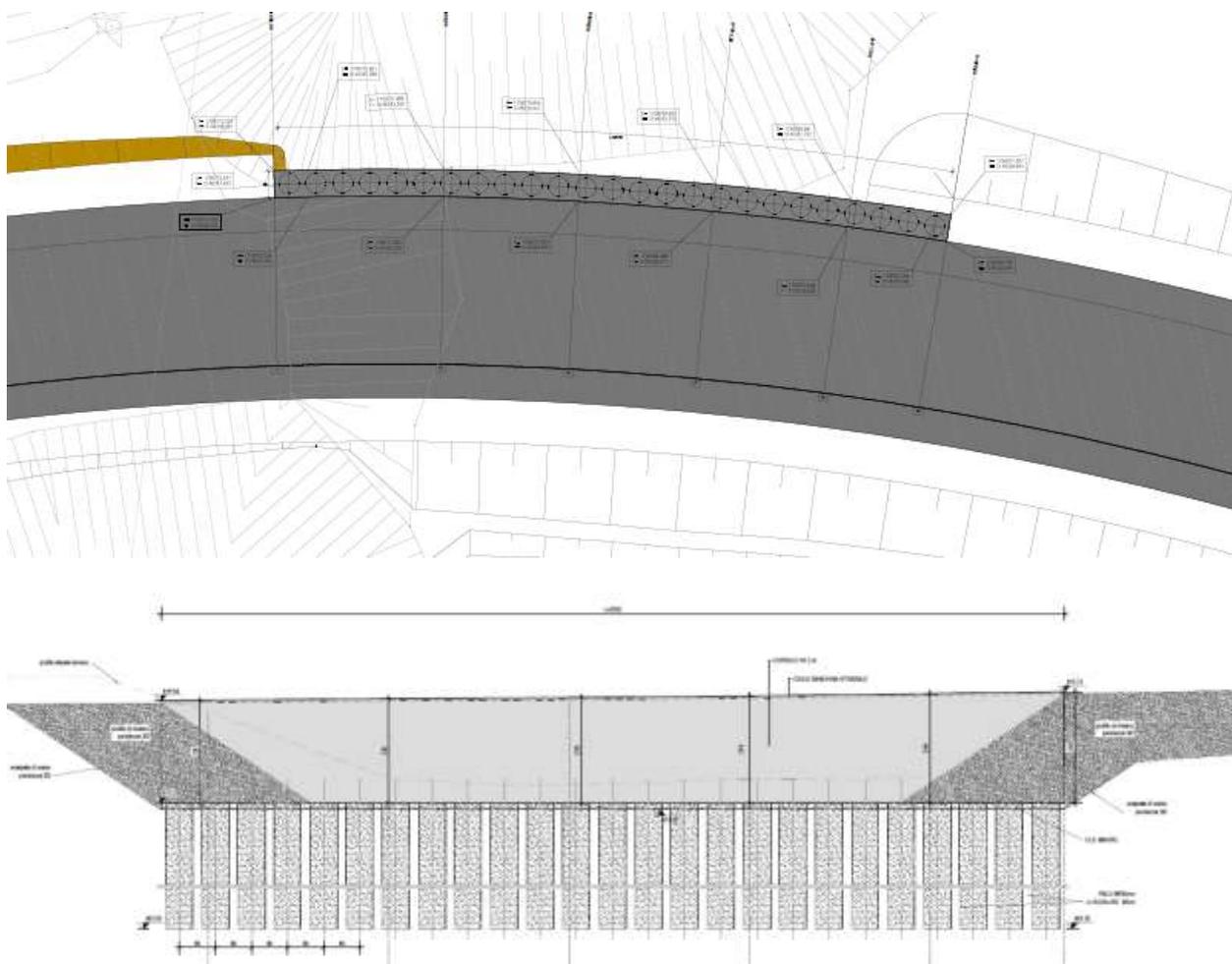


Figura 49: Planimetria e prospetto OS3.

## 8 COMPONENTI AMBIENTALI

Le scelte progettuali riguardanti gli interventi di sistemazione ambientale e paesaggistica, che prevedono l'inserimento di opere a verde, sono strettamente connesse all'analisi dello stato attuale del contesto paesaggistico-ambientale all'interno del quale si inserisce l'opera infrastrutturale.

Al fine di individuare la migliore soluzione progettuale, che implica la corretta selezione delle specie vegetali da introdurre, oltre ad aver analizzato le diverse carte territoriali disponibili<sup>1</sup>, il 26 ottobre 2021, è stato svolto un sopralluogo conoscitivo.

Dall'analisi dello stato attuale è emersa la consistente presenza nell'area di formazioni vegetali miste prevalentemente costituite da peccete, faggete, aceri, abieti e lariceti.

Dal punto di vista progettuale, quindi, si è scelto di inserire specie vegetali coerenti a quelle già presenti sul territorio che definiscono il carattere intrinseco dei luoghi interessati.

### 8.1 OPERE A VERDE

#### 8.1.1 UBICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Il progetto prevede l'inserimento di opere e verde dislocate in diverse sezioni, distribuite nel seguente modo:

- **Ambito A** - Interventi di mitigazione sulle rotatorie Est ed Ovest;
- **Ambito B** - Sistemazione a verde delle pertinenze stradali e delle aree intercluse;
- **Ambito C** - Ripristino delle aree di cantiere;
- **Ambito D** - Rimboschimento delle opere strutturali della galleria;
- **Ambito E** - Sistemazione a verde della riprofilatura dell'argine del Rio B6;
- **Ambito F** - Sistemazione a verde delle opere di sostegno e del fabbricato tecnologico;
- **Ambito G** - Passaggi faunistici.

---

<sup>1</sup> Si a riferimento agli strumenti di pianificazione di livello regionale e provinciale quali: Carta di Uso del Suolo, Carta della vegetazione reale, Carta Forestale Regionale, Piano Territoriale Regionale di Coordinamento del Veneto.



- **Figura 50 - Planimetria generale degli interventi: svincolo Ovest**



- **Figura 51 - Planimetria generale degli interventi: svincolo Est**

- Le sistemazioni con opere a verde consistono, in linea generale, nella realizzazione di diversi interventi che si differenziano in funzione delle tipologie di opere inserite, nonché dalle funzioni ambientali ad esse assegnate. Tali interventi si sviluppano principalmente al fine di mitigare gli impatti della nuova infrastruttura, nonché delle opere ad essa connesse, sulla componente ambientale.
- Le singole tipologie delle opere a verde sono descritte nelle schede di intervento di seguito riportate.

---

### 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 in progetto.

La tecnica dell'inerbimento consiste nel mantenimento sul terreno di una copertura erbacea costituita da vegetazione spontanea oppure ottenuta mediante la semina. Il controllo della flora spontanea si attua favorendo lo sviluppo controllato di una copertura erbosa, composta da graminacee pratensi poco competitive, che viene regolarmente falciata a 10-15 cm d'altezza.

Il cotico erboso migliora e rende più stabile la struttura del terreno conferendo, almeno in parte, le proprietà tipiche di un terreno naturale. Lo sfalcio regolare impedisce alla flora spontanea di diventare predominante, ma soprattutto ha nel tempo un effetto rinettante in quanto ne impedisce la fioritura e di conseguenza la moltiplicazione.

Tale tecnica comporta un aumento naturale di sostanza organica nel suolo, accrescendone le riserve di nutrienti che vengono solitamente depauperate dalle lavorazioni convenzionali.

Dal punto di vista ambientale ed agronomico contribuisce a:

- aumentare la sostanza organica nel suolo, con conseguente azione di mitigazione dei cambiamenti climatici;
- ridurre l'utilizzo di fertilizzanti chimici che possono essere parzialmente sostituiti grazie all'aumento della sostanza organica, con una conseguente riduzione delle emissioni di N<sub>2</sub>O e dei nitrati persi per lisciviazione, regolando la disponibilità di azoto nel terreno e contribuendo alla mitigazione dei cambiamenti climatici;
- stabilizzare e consolidare i suoli, diminuendone l'erosione superficiale;
- ridurre il fabbisogno irriguo della coltura a seguito del miglioramento della struttura del suolo e di una maggiore capacità di ritenzione idrica del suolo, contribuendo all'adattamento ai cambiamenti climatici delle colture.

---

### 8.1.3 SEMINA A SPAGLIO (S)

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

La semina a spaglio difatti consiste nel gettare manualmente per terra i semi avendo cura di distribuirli in maniera uniforme. Per assicurarsi di questo, solitamente i semi vengono mescolati a terriccio o sabbia e successivamente interrati utilizzando del terriccio.

Per le irrigazioni si occorre prestare attenzione procedendo con un innaffiatoio a pioggia in grado di distribuire l'acqua in maniera delicata, evitando che i semi possano spostarsi.

---

### 8.1.4 IDROSEMINA CON COLLANTI E AMMENDANTI (IS)

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

La tecnica consiste nel preparare in un unico prodotto le fibre vegetali di varia natura, le fibre sintetiche biodegradabili ed i collanti, il quale viene poi distribuito uniformemente insieme al miscuglio di semi ed agli ammendanti organici.

La miscela così distribuita ha un'elevata capacità di ritenzione idrica ed è in grado di fissarsi al terreno mantenendosi per oltre un anno. L'inserimento di collanti, pertanto, risulta essere essenziale in quanto sono in grado di fissare al terreno la miscela impedendone il dilavamento.

---

### 8.1.5 ELEMENTI LINEARI ARBOREO ARBUSTIVI (TIPOLOGIA ELAA)

Per la realizzazione della linea vegetata che correrà lungo le pertinenze stradali, nonché davanti al fabbricato tecnologico collocato in prossimità della rotatoria ovest, è previsto l'impiego di una tipologia lineare avente il compito di costituire una *quinta verde arborea-arbustiva* di mascheramento.

Per imprimere un certo movimento alla struttura vegetale longitudinale si è cercato di variare sull'alternanza delle specie e sulla combinazione tra filari arborei, arbustivi e siepi cespugliose.

Il modulo di impianto prevede un filare arboreo-arbustivo composto da alberi di 1° e 2° grandezza posti su un unico filare alternati ad arbusti di 3° grandezza leggermente sfasati e a cespugli uniformemente distribuiti lungo l'intero lato della strada.

Obiettivo dell'intervento è la creazione di una coltrina di mascheramento in grado di favorire l'inserimento dell'opera in progetto nel contesto paesaggistico mediante un'opera a verde con sembianze tipologiche naturaliformi.

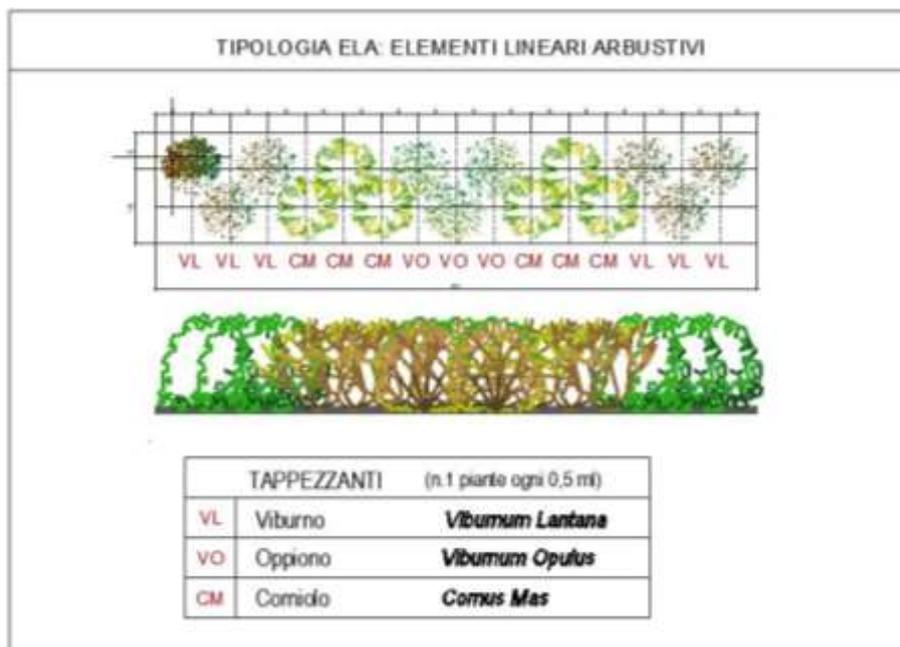


Figura 52 - Sesto di impianti

### 8.1.6 ELEMENTI LINEARI RAMPICANTI (TIPOLOGIA ELR)

Per la realizzazione della linea di mascheramento dei muri d'ala a lati della galleria dell'imbocco est ed ovest e di quelli della riprofilatura del Rio B6, è previsto l'impiego di una tipologia rampicante avente il compito di mitigare l'impatto visivo delle opere in progetto.

Il modulo di impianto è costituito da piante rampicanti scelte tra le specie autoctone tipiche dei boschi collinari e montani della regione alpina.

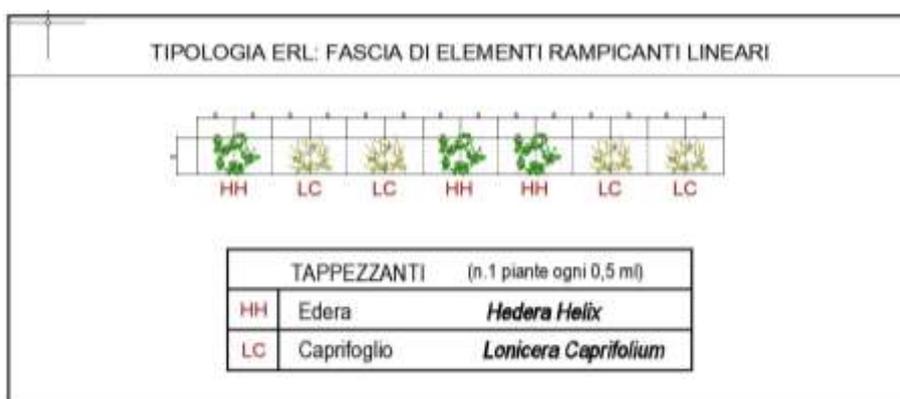


Figura 53 - Sesto di impianti

## 8.2 RUMORE

Lo Studio di impatto acustico è stato redatto in ottemperanza alla prescrizione n.11 della Regione Veneto (DGR n.1870 del 17 dicembre 2019) che evidenziava la «*presunta assenza della valutazione previsionale di impatto acustico che si reputa necessaria non solo per la fase di esercizio, ma anche e soprattutto per la fase di cantiere*».

In risposta alla sopracitata prescrizione, già in fase di revisione della progettazione definitiva, era stato prodotto l'elaborato T00IN00INTRE07E "Relazione di impatto acustico" con riferimento alla fase di esercizio.

Considerando che il progetto del nuovo asse stradale non ha subito significative modifiche dal punto di vista plano-altimetrico, rispetto a quanto realizzato nel Progetto Definitivo, si è ritenuto di considerare valido lo studio acustico generale elaborato nel PD, cui si rimanda per maggiori approfondimenti, e si è proceduto alla redazione del presente **studio di impatto acustico con riferimento specifico alla fase di cantiere**.

### 8.2.1 MODELLAZIONE DELL'AREA DI STUDIO

La determinazione dei livelli di rumore indotti è stata effettuata con l'ausilio del modello previsionale di calcolo **SoundPLAN 8.2** della soc. Braunstein + BerntGmbH.

Fra i possibili standard di calcolo disponibili in SoundPLAN, per il rumore immesso dalle attività di cantiere è stato utilizzato quello della norma ISO 9613-2, così come richiesto dal decreto legislativo il 19 agosto 2005 n. 194.

Per quanto riguarda la norma ISO 9613, essa è composta da due parti:

- Parte 1: "Calculation of the absorption of sound by the atmosphere", concernente disposizioni per il calcolo del coefficiente di assorbimento acustico dovuto all'atmosfera;
- Parte 2: "General method of calculation", relativa alla determinazione dei livelli di rumore prodotti da sorgenti con spettro di potenza noto.

La UNI ISO 9613-2 fornisce un metodo tecnico progettuale per calcolare l'attenuazione del suono nella propagazione all'aperto allo scopo di valutare i livelli di rumore ambientale a determinate distanze dalla sorgente. Il metodo valuta il livello di pressione sonora ponderato A in condizioni meteorologiche favorevoli alla propagazione da sorgenti di emissione sonora nota.

In ambiente SoundPLAN è stato ricostruito il modello digitale del terreno (DGM) a partire da cartografia digitale tridimensionale. Per mezzo della triangolazione delle quote del terreno è stato infatti possibile ricostruire la superficie tridimensionale, continua, rappresentativa dell'orografia del luogo.

Il DGM così realizzato, costituisce la superficie "d'appoggio" e di riferimento per qualsiasi infrastruttura si voglia inserire. Nella fattispecie, sono stati introdotti, in un primo momento, la viabilità, gli edifici ricettori per poter rappresentare la situazione ante opera e, in seguito alla calibrazione del modello, le macchine di cantiere per poter studiare lo scenario "corso d'opera".

Per la caratterizzazione delle sorgenti sonore, in termini di flussi veicolari, si è fatto riferimento alla documentazione del progetto definitivo e, in particolare, ai dati ricavati dall'elaborato T00IN00INTRE07E, relazione 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.

Per quanto riguarda la geometria del cantiere si è fatto inoltre riferimento agli schemi di layout di progetto, implementando il modello tridimensionale di tutti gli ostacoli presenti. Per le attività di cantiere, le sorgenti di emissione acustica sono rappresentate dai macchinari ed attrezzature utilizzati in cantiere.

L'entità dell'impatto è funzione della tipologia di macchinari utilizzati e dunque delle relative potenze sonore, del numero di macchinari e della loro contemporaneità, delle fasi di lavoro e delle percentuali di utilizzo.

Analizzando il cronoprogramma, in via cautelativa per i ricettori, si è valutato uno scenario caratterizzato da lavorazioni ed attività maggiormente gravose dal punto di vista acustico.

Nel dettaglio la simulazione previsionale ha riguardato i seguenti layout di cantiere:



**Figura 54 - Cantiere per la galleria - lato Ovest**



**Figura 55 - Cantiere per la galleria - lato Est**

### 8.2.2 IDENTIFICAZIONE DEI RICETTORI

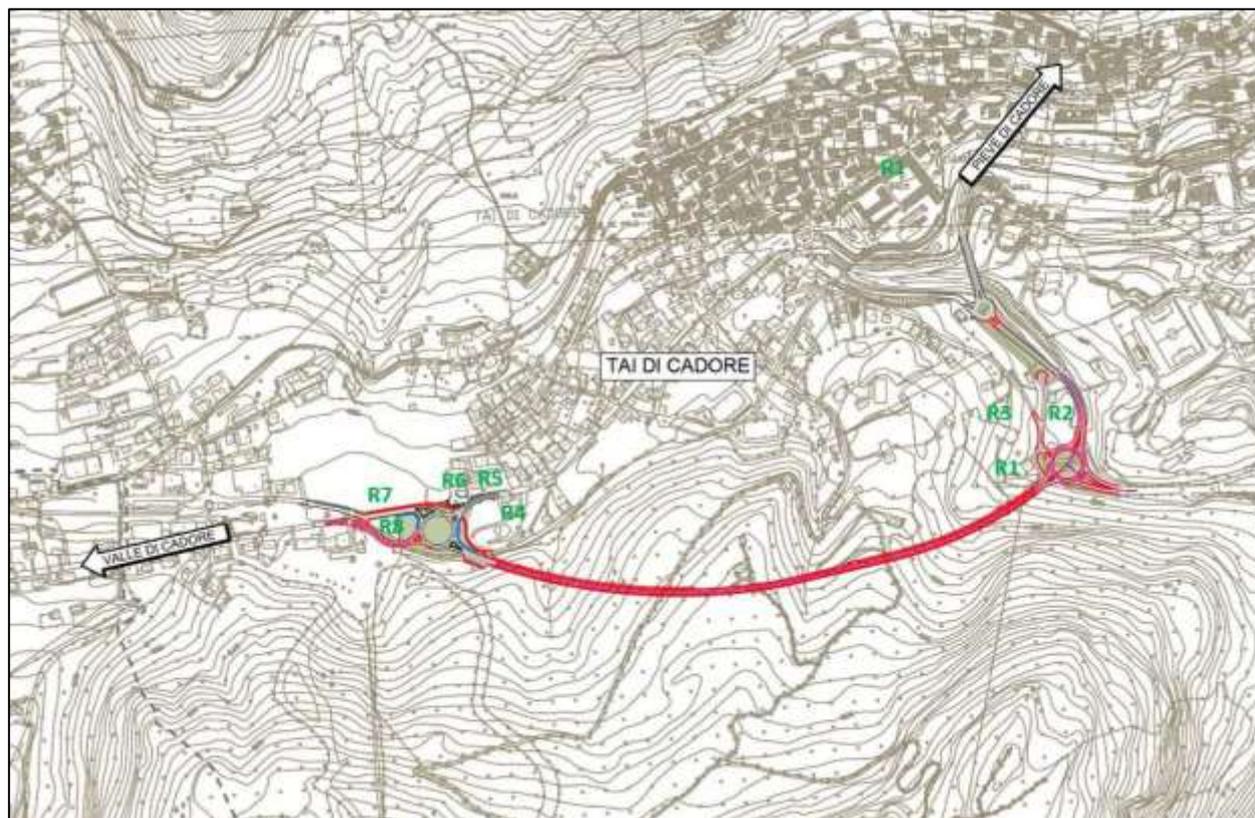
I limiti sonori sono valutati in presenza di ricettori, ovvero sia di edifici a destinazione d'uso abitativa e residenziale che, per posizione, distanza ed esposizione, si trovano in una condizione più sfavorevole nei confronti delle emissioni sonore.

Per quanto riguarda la fascia di pertinenza stradale del nuovo tracciato, che si sviluppa per la maggior parte in galleria, sono stati studiati 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 e sono descritti nella tabella seguente:

**Tabella 8 - Censimento dei ricettori**

Recettori	Tipologia edificio	Dist. cantiere	Individuazione spaziale
R1	Abitazioni ed attività	20 m	Edificio di 4 piani di cui il P.T. è un bar ed i piani superiori sono abitazioni.
R2	Abitazioni	85 m	Edificio abitativo di 3 piani fronte strada sulla SS51.
R3	Abitazioni	85 m	Gruppo di edifici residenziali su Via delle Piazze leggermente rilevato rispetto alla strada, distanti circa 65 m dal tracciato della SS51 poco più a valle.
R4	Abitazioni ed attività	90 m	Edificio di 4 piani di cui il P.T. è un'officina meccanica per auto e i piani superiori sono abitazioni.
R5	Abitazioni ed attività	80 m	Edificio di 5 piani di cui il P.T. sono negozi di abbigliamento e i piani superiori sono abitazioni.
R6	Abitazioni ed attività	40 m	Edificio di 4 piani di cui al P.T. c'è un negozio di elettronica ed ai piani superiori sono abitazioni.
R7	Abitazioni ed attività	20 m	Presumibilmente utilizzato come sede per una associazione, edificio a piano singolo destinato ad abitazione.
R8	Abitazioni ed attività	15 m	Edificio Colonia Comunale Montagnana di Tai di Cadore; struttura fatiscente che sarà prossimamente demolita.



**Figura 56 - Ubicazione dei ricettori acustici nell'area di intervento**

### 8.2.3 INTERVENTI DI MITIGAZIONE

Alla luce dei livelli acustici ottenuti in facciata con l'attività delle macchine previste si è reso necessario intervenire nelle direzioni in cui è stato rilevato un superamento dei limiti normativi.

Nello specifico la configurazione del perimetro dei cantieri è stata modificata introducendo opportunamente interventi di mitigazione per la protezione dei ricettori residenziali.

In riferimento a quanto previsionale ottenuto, parte delle recinzioni di cantiere sono state sostituite con pannelli antirumore, aventi altezza variabile da 4 metri (cantiere Ovest) a 5 metri (cantiere Est).

Dal punto di vista planimetrico sono di seguito rappresentati i lati oggetto dell'intervento di mitigazione.



Figura 57 - Recinzioni di cantiere - cantiere Est

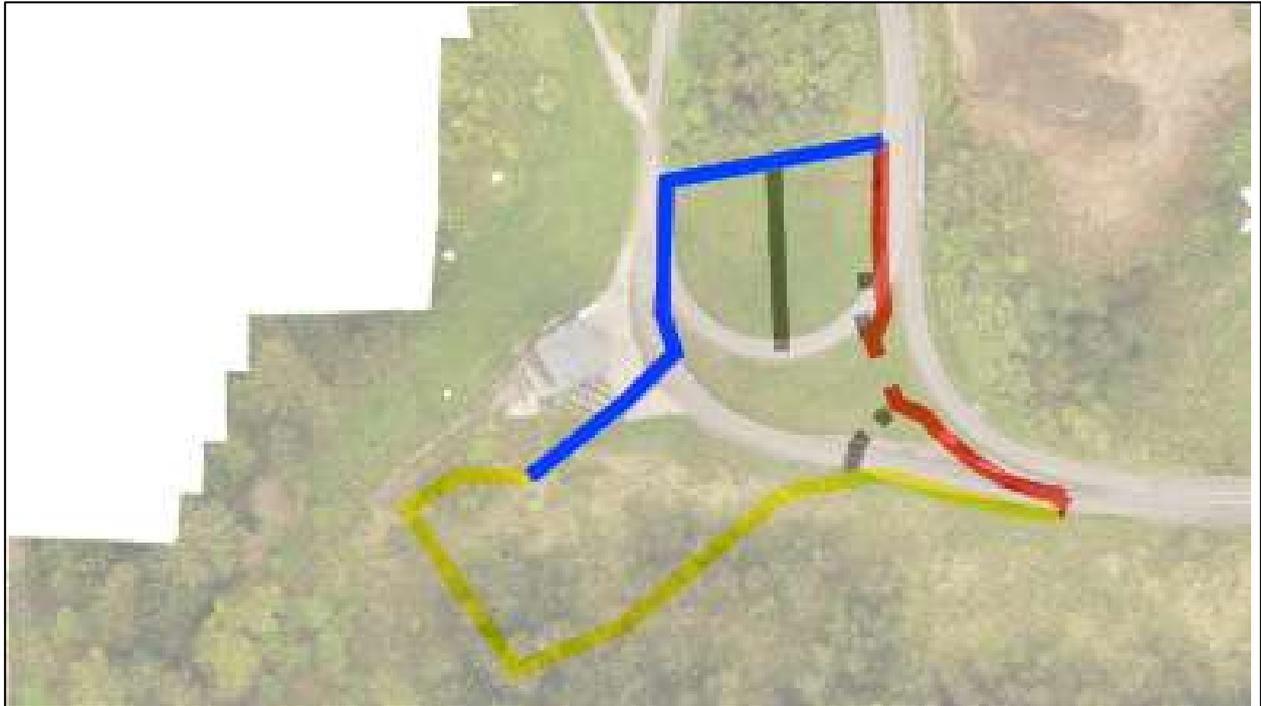


Figura 58 - Introduzione di barriere acustiche (in blu: lunghezza totale 170 m, H=5 m)

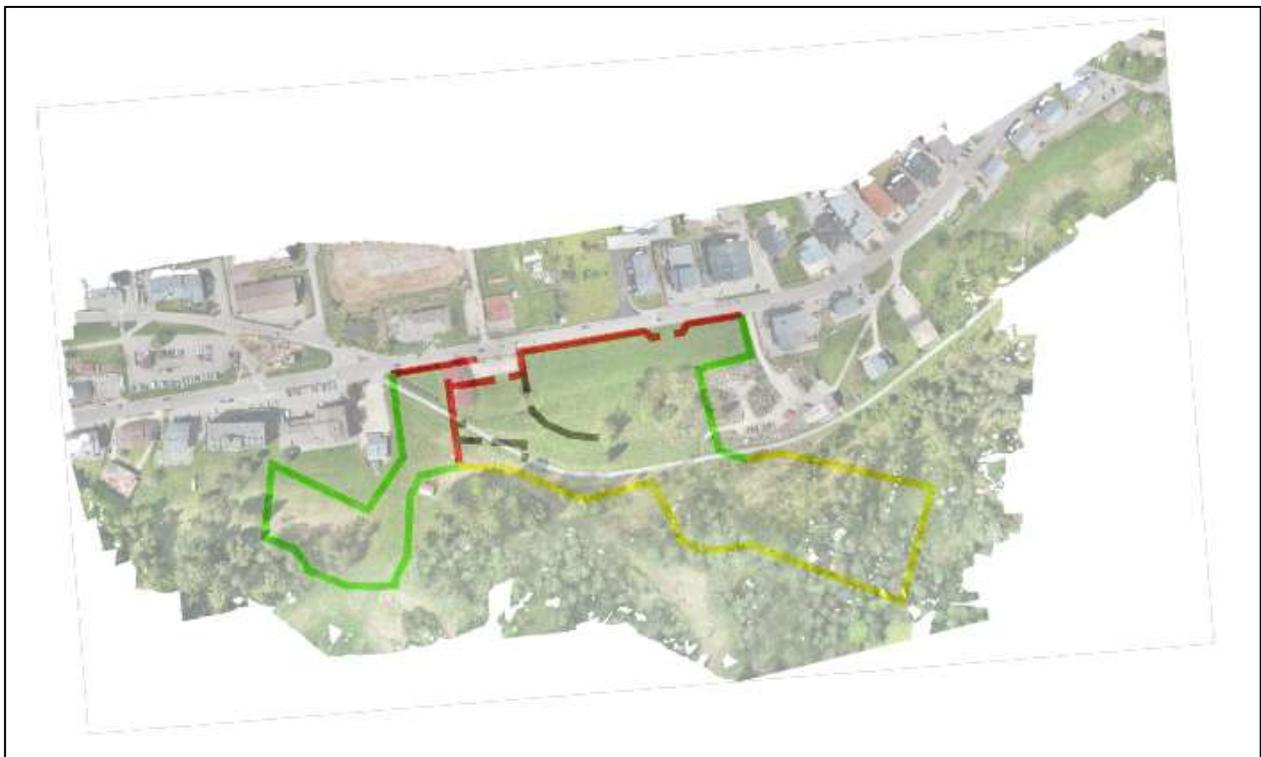
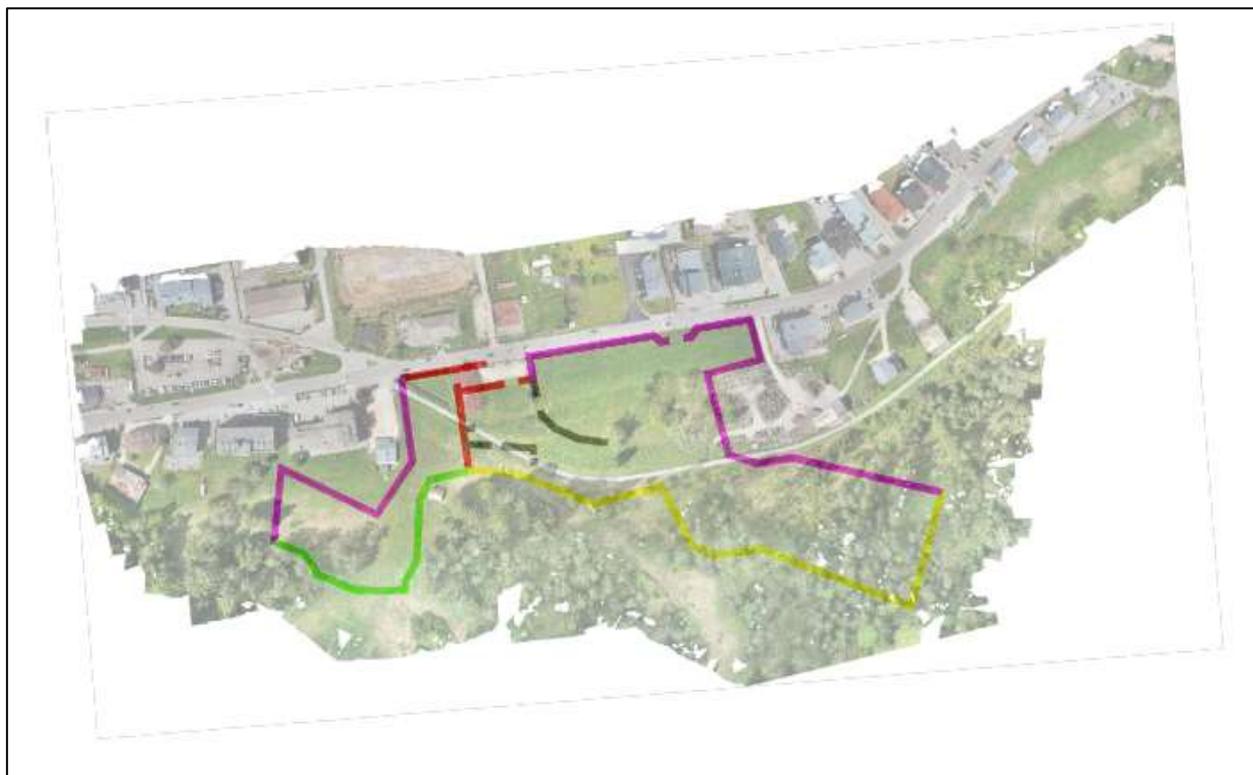


Figura 59 - Recinzione di cantiere - cantiere Ovest



**Figura 60 - Introduzione di barriere acustiche (in magenta: lunghezza totale 630 m, H=4)**

Il prospetto sinottico degli interventi è di seguito riportato:

<b>Cantiere</b>	<b>Lunghezza barriera [m]</b>	<b>Altezza barriera [m]</b>
Est	170	5
Ovest	630	4

Il tipologico delle barriere utilizzate è costituito da un pannello fonoassorbente di blocchi di calcestruzzo alleggerito con argilla espansa, di altezza variabile da 3 a 5 metri (nel caso specifico l'altezza varia da 4 a 5 metri). I singoli moduli costituenti il pannello hanno dimensione 500 x 500 mm. La base va ancorata su un magrone rinforzato da doppia rete elettrosaldata, di larghezza pari ad almeno 2 m.

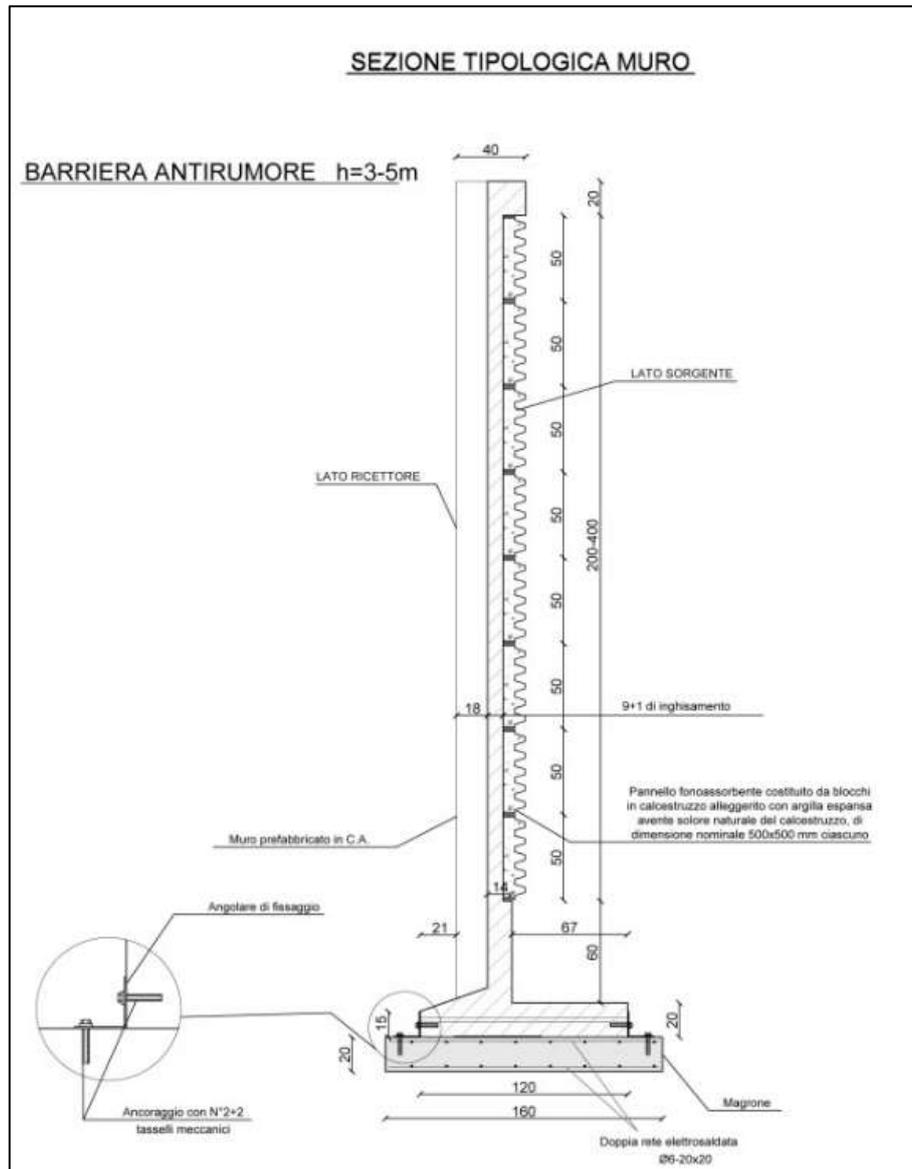
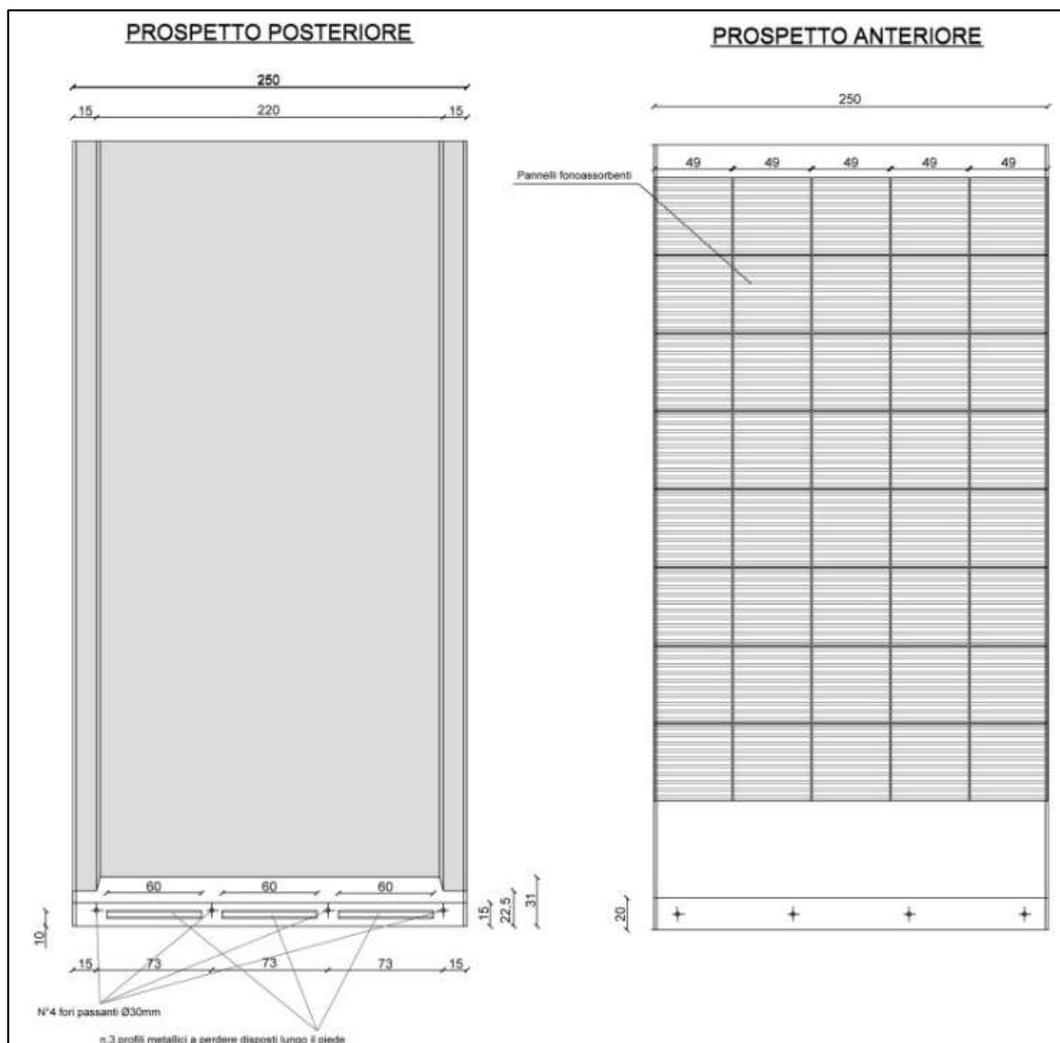


Figura 61 - Tipologico barriere – sezione



**Figura 62 - Tipologico barriera – prospetti**

A seguito delle mitigazioni non si riscontrano superamenti della soglia normativa, pertanto non si rende necessario ricorrere alla deroga ai valori limite acustici individuati.

Ad ogni modo, sarà cura dell'Appaltatore appurare in fase di corso d'opera l'efficacia delle misure di mitigazione applicate e gli effettivi livelli di emissione, verificando il dimensionamento degli interventi antirumore in funzione della logistica dei cantieri predisposta dallo stesso in fase realizzativa e alle eventuali modifiche del programma lavori.

Il controllo sarà possibile attraverso il Piano di Monitoraggio Ambientale, opportunamente tarato in riferimento ai ricettori residenziali individuati.

## 9 IMPIANTI SPECIALI

L'intervento richiede l'integrazione delle opere con impianti tecnologici di tipo ordinario e speciale, la cui installazione sarà atta a garantire un elevato livello di funzionalità, sicurezza e controllo.

Gli impianti tecnologici posti a servizio delle gallerie e delle opere di connessione esterne sono stati progettati con l'obiettivo di garantire:

- elevata affidabilità
- durata e continuità di servizio
- risparmio energetico
- vita utile elevata
- facilità di ispezione e manutenzione

### 9.1 TIPOLOGIA IMPIANTI INSTALLATI

In accordo con il D.Lgs. 264/06 e con le Linee Guida ANAS per la Progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali, per la galleria in oggetto, di lunghezza superiore a 500m, si prevede l'installazione dei seguenti impianti tecnologici:

- Impianto distribuzione elettrica
- Impianto illuminazione ordinaria e di emergenza in galleria
- Impianto illuminazione di sicurezza per le vie d'esodo in galleria
- Impianto di ventilazione di galleria
- Impianto acqua antincendio (rete idranti);
- Impianto chiamata SOS
- Impianto rilevazione incendio
- Impianto TVCC e controllo traffico
- Impianto di copertura radio
- 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 lungo la galleria 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. Gli armadi SOS verranno installati anche lungo il cunicolo di fuga e nei pressi del portale di accesso. 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.) 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 indicato 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 predisposti in galleria. 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 puntiforme 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 ovest. 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.

Nel cunicolo di emergenza utilizzato come via di fuga verrà realizzata una rilevazione fumi mediante telecamere posizionate lungo la via di fuga e collegate al sistema di supervisione. In caso di incendio la telecamera di competenza rileverà l'evento e trasmetterà al sistema di supervisione l'allarme incendio.

La rilevazione tempestiva di un evento incendio consente l'altrettanto rapida risposta da parte dei sistemi e delle logiche di gestione aumentando le probabilità di riuscita del processo di messa in sicurezza degli utenti coinvolti nell'evento stesso.

Fanno parte dei sistemi di rilevazione incendi anche:

- la sensoristica della misura della qualità dell'aria (CO/OP);
- i software di analisi installati sul sistema TVcc.

Il raggiungimento dei livelli di saturazione dei primi è sintomatico della presenza di un evento incendio in galleria ma l'interdistanza di installazione degli stessi (dell'ordine dei 300 m) li rende strumenti di rilevazione aleatori. Per quanto riguarda invece il sistema TVcc (a cui si rimanda per completezza), il software di analisi fumo è uno strumento efficace di rilevazione del pericolo e consente un tempestivo intervento dei sistemi di sicurezza, in quanto indipendente dalla temperatura. Per contro, rispetto al sistema lineare realizzato con cavo, proprio per l'indipendenza dalla temperatura del contorno, può essere affetto da errori di rilevazione e da falsi allarmi.

## **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 della galleria);
- telecamere per il controllo del cunicolo di fuga;

- 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 nel quadro SOS 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 nel quadro SOS più vicino, 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 nei quadri SOS e nei pressi del portale. Una dorsale sarà dedicata all'impianto TVCC mentre l'altra dorsale sarà dedicata all'impianto SOS e dati. Inoltre, ogni cunicolo di emergenza avrà il proprio anello in fibra ottica per il sistema di supervisione e controllo delle apparecchiature presenti.

In ogni quadro SOS di galleria 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
- switch per impianto TVCC
- router per interfacciarsi da remoto
- alimentatori
- Armadio PLC
- Scheda CPU

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

Ogni quadro elettrico sarà dotato di apparecchiatura per comunicare con il sistema di supervisione e per ricevere 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

Le apparecchiature possono essere ospitate in un quadro di galleria, nel quadro del PLC in cabina, nel quadro elettrico oppure essere installate in una cassetta ottica dedicata, posta in prossimità di apparecchiature collegate in derivazione dalla rete, come tipicamente le colonnine SOS e i PMV. Al nodo di galleria fanno capo servizi dati, video e voce, serviti però da apparecchiature attive ben distinte e collegate a fibre separate, derivate preferibilmente dallo stesso cavo.

Il protocollo utilizzato sarà Modbus TCP/IP per unificare tutte le interfacce fra elementi d'automazione e sottosistemi. Sulla dorsale Ethernet potrebbero convivere teoricamente molti protocolli TCP/IP differenti. La sicurezza delle comunicazioni impone tuttavia di evitare qualunque rischio di incompatibilità fra protocolli e di consentire che tutti gli apparati possano eventualmente dialogare fra loro senza vincoli di protocollo. Pertanto, tutti i sistemi che comunicano sulla rete dovranno pertanto utilizzare il medesimo protocollo. Il protocollo Modbus std è scelto come protocollo unico per i seguenti motivi:

- standard, aperto, non proprietario;
- facilmente programmabile su piattaforme generiche, perché non implementa in
- hardware / firmware alcuna parte del protocollo;
- disponibile su diversi canali trasmissivi standard: seriale RS485, Ethernet TCP/IP, Wi-Fi e GPRS;
- convertibile da un mezzo trasmissivo all'altro tramite semplici convertitori;
- largamente collaudato;
- disponibile sulla maggior parte le apparecchiature di commercio;
- consente la crescita della rete e dei sistemi collegati ad essa in modo virtualmente illimitato;

L'elevato grado di affidabilità richiesto nel controllo della galleria impone l'utilizzo di apparecchiature industriali della famiglia PLC, il cui MTBF (mean time between failures) è particolarmente elevato, anche in condizioni ambientali severe (minimo 50.000 ore).

Le caratteristiche principali del PLC sono:

- Elevata resistenza meccanica, dovuta all'assenza di parti in movimento (HD, driver o altro)
- Elevata immunità ai disturbi elettromagnetici
- Elevato valore di MTBF
- Funzionamento a temperature estreme, come minimo comprese fra +0°C e + 60°C
- Modularità delle schede di interfaccia con il campo (I/O)
- Isolamento elettrico tra gli ingressi
- Possibilità di remotazione dei moduli d'interfaccia con il campo su reti veloci e sicure
- Vasta disponibilità di interfacce elettriche per segnali analogici e digitali
- Separazione di potenziale negli stadi di interfaccia con il campo
- Possibilità di ridondanza delle CPU o totale, inclusi I/O
- Possibilità di gestire eventi prioritari su interrupt
- Gestione di protocolli multipli
- Sistema operativo deterministico adatto alla gestione di segnali e comandi in tempi certi e garantiti
- Tempi di ciclo nell'ordine di qualche decina di millisecondi
- Memoria di programma e dati non volatile di elevata capacità.
- Possibilità di collegamento in rete di più PLC con logiche locali indipendenti o interconnesse
- Elevato livello di diagnostica, a bordo (led di stato), su registri interni e su pagina WEB
- Linguaggio di programmazione standard (IEC 1131)
- Programmabilità a distanza e piattaforma software unica.

Il linguaggio di programmazione IEC1131 prevede 5 formalismi di scrittura del software, di cui tre grafici e due testuali:

Grafici:

- LD o KOP
- SFC
- FBD o FUP

Testuali:

- IL o AW
- ST

I formalismi rispondono alle specifiche dello standard e sono pertanto indipendenti dal costruttore del PLC. Questo garantisce che un manutentore con conoscenze del formalismo possa intervenire in modo sicuro e competente su apparecchiature differenti

Nella sala controllo della cabina sarà installata una work-station equipaggiata con un personal computer completo di software specifico per la gestione centralizzata degli impianti. Il Personal Computer del sistema di supervisione sarà dotato di software dedicato per agevolare le funzioni d'interrogazione dei vari impianti e per la registrazione di dati ed eventi. Il supervisore consentirà agli operatori di interagire con la realtà fisica in tempo reale attraverso una rappresentazione virtuale formata da una serie di pagine grafiche con sinottici, interrogabili a più livelli, in grado di rappresentare istantaneamente lo stato degli impianti. Una completa struttura di grafici consentirà agli operatori di avere sempre sotto controllo l'andamento nel tempo del funzionamento degli impianti. Una stampante collegata al PC permetterà l'eventuale riproduzione su carta di tutti i dati visualizzabili sullo schermo.

Potranno essere previste pagine video distinte per:

- visualizzazione allarmi, con precisazione degli eventi e date;
- visualizzazione e modifica dei parametri di funzionamento;
- visualizzazione e comando delle principali apparecchiature, quali:
  - interruttori di media tensione
  - interruttori generali di bassa tensione
  - ventilatori in galleria e nelle vie di fuga;
  - circuiti di illuminazione;
- visualizzazione di stati e misure, quali ad esempio:
  - stato delle protezioni elettriche e dei parametri di rete;
  - livelli di luminanza esterna;
  - stato dei circuiti di illuminazione (on/off o regolato);
  - velocità e direzione dell'aria in galleria;
  - valori di CO ed opacità in galleria;
  - stato di marcia e direzione di spinta dei ventilatori;
  - livelli di vibrazione e controllo distacco dei ventilatori;

- stato dei ventilatori di pressurizzazione delle vie di fuga;
- stato delle serrande nelle zone filtro delle vie di fuga;
- stato dei segnali luminosi;
- immagini e stato dei pannelli a messaggio variabile;
- stato dell'impianto semaforico;
- misure della temperatura in galleria;
- stato dei rilevatori puntuali di incendio;
- immagini e stato delle telecamere;
- stato armadi SOS (chiamate, prelievo estintori, ecc.);

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

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

All'interno e nei pressi degli imbocchi della galleria saranno installati pannelli a messaggio variabile costituiti da una indicazione alfanumerica e da un pittogramma di tipo full color. Anche nei pressi degli svincoli verranno installati dei pannelli a messaggio variabile per permettere la deviazioni del traffico nel caso di galleria chiusa. Inoltre, agli imbocchi della galleria, saranno installati i semafori per consentire la chiusura della galleria in situazioni di emergenza.

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 segnaletica (cartelli, PMV, segnale freccia/croce) sarà derivato dal quadro elettrico contenuto nel quadro SOS in modo da garantire continuità di servizio durante i momenti di mancata erogazione dell'energia elettrica.

## 10 SMART ROAD

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.

### 10.1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

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.

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 1000 m del tratto in galleria, si ritiene di installare:

- N. 6 postazioni polifunzionali in galleria (interdistanza circa 150 m)
- N. 2 postazioni polifunzionali agli imbocchi della galleria
- N. 1 postazione polifunzionale in corrispondenza della rotatoria/locale tecnico

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 (ogni 150m) in galleria
- N. 6 Access Point (AP) Wi-Fi all'esterno della galleria e nei pressi degli svincoli
- N. 5 RSU DSRC e V2X (3 in galleria e 2 agli imbocchi)

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. 2 TVCC (una in ogni rotatoria)

## 11 CANTIERIZZAZIONE E FASI LAVORATIVE

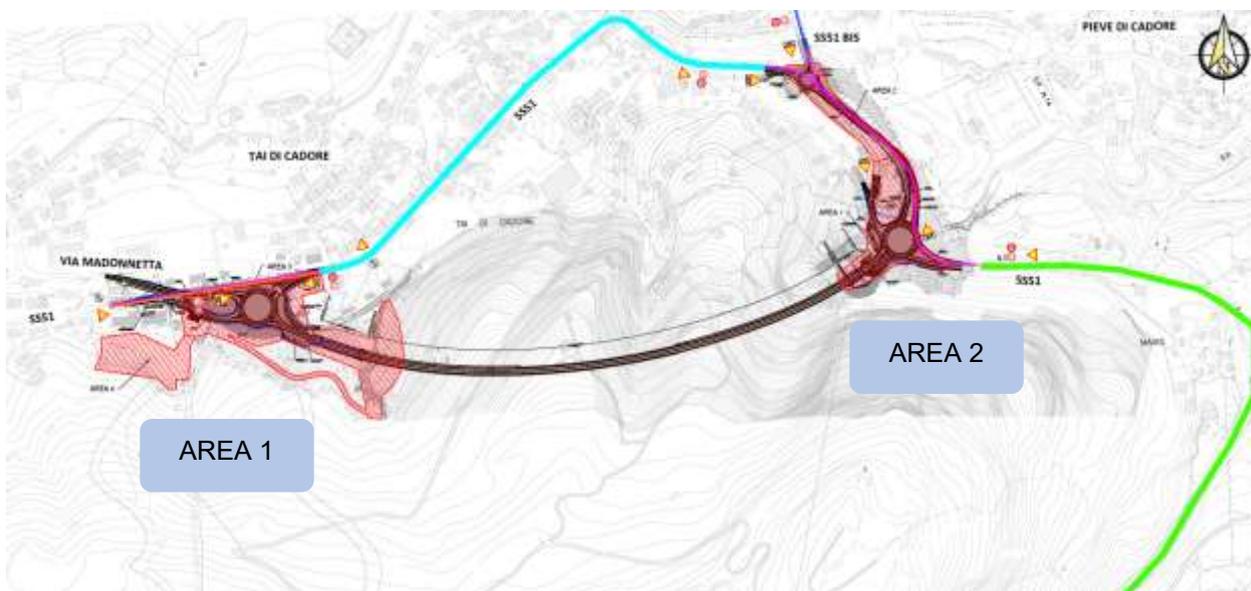
Nel presente capitolo, si riportano in sintesi le principali scelte operate nell'ambito della cantierizzazione per la realizzazione dell'infrastruttura in oggetto, rimandando agli elaborati specialistici per maggiori dettagli.

### 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 aree poste in prossimità dei 2 imbocchi della galleria di progetto:



**Figura 63 – Disposizione dei cantieri**

Nell'Area 1 trovano sede il cantiere Base, che accoglierà i baraccamenti per l'alloggiamento delle maestranze, le mense, gli uffici e tutti i servizi logistici necessari ed il cantiere operativo ovest, che ospita gli impianti ed i depositi di materiale necessario, assicurando lo svolgimento delle attività di costruzione delle varie opere ad ovest della galleria, tra cui imbocco GA02 e parte della galleria naturale, svincolo ovest, fabbricato tecnologico e adeguamento del Rio B6.



**Figura 64 – Organizzazione cantiere dell'Area 1**

Nell'Area 2 trova sede il cantiere operativo est, che ospita gli impianti ed i depositi di materiale necessario, assicurando lo svolgimento delle attività di costruzione delle varie opere ad est della galleria, tra cui imbocco GA01 e gran parte della galleria naturale, svincoli est e nord con le relative opere di sostegno e l'adeguamento del Rio Malzago.



**Figura 65 – Organizzazione cantiere dell'Area 2**

## **11.2 FASI LAVORATIVE**

Per ottimizzare l'esecuzione dei lavori e nel contempo minimizzare gli impatti negativi sul territorio e sulla rete stradale esistente, il Programma dei Lavori ed il Sistema di Cantierizzazione si basano sull'ipotesi di affrontare le lavorazioni, ed in particolare la realizzazione della Galleria, su 2 fronti operativi, da Est ed Ovest prediligendo, nel contempo il fronte di scavo della galleria da Est affinché si limiti il transito dei mezzi di trasporto del materiale per il centro abitato di Tai di Cadore.

Le lavorazioni sono state organizzate nelle **3 MACROFASI** di seguito specificate.

### **MACROFASE 1.**

La Macrofase Lavorativa 1 prevede in sequenza temporale le seguenti fasi lavorative:

- l'allestimento delle recinzioni perimetrali di cantiere,
- la demolizione dell'edificio interferente con l'opera di progetto e posto al civico 9 della SS 51
- l'esecuzione delle BOE e spostamento dei sottoservizi interferenti.
- Il completamento degli apprestamenti di cantiere extra – recinzioni e riconducibili principalmente ai baraccamenti, logistica e impianti di cantiere.
- l'allargamento di un tratto di carreggiata della SS 51 che dalla Frazione Maias conduce, verso Nord, a Tai di Cadore; tale porzione è posta in corrispondenza della rotatoria Est prevista in progetto. In parallelo all'allargamento del tratto su menzionato è prevista l'installazione di una rotatoria provvisoria in corrispondenza dell'incrocio/sfiocco a raso posto sempre sulla SS 51 nel punto dove la medesima statale si biforca verso l'abitato di Tai di Cadore in Ovest, verso l'abitato di Pieve di Cadore a nord. La rotatoria provvisoria inoltre è collocata sul sedime destinato alla realizzazione della Rotatoria nord prevista in progetto.

Con la Macrofase 1, viene mantenuto sulla SS 51, mediante allargamento della porzione su menzionata nonché rotatoria provvisoria, il doppio senso di marcia senza la necessità di istituire percorsi alternativi. Nel contempo, la carreggiata che da Tai di Cadore conduce, verso Sud, alla Frazione Maias diventa area di cantiere necessaria sia per l'accesso alla costruenda galleria dal fronte Est che della Rotatoria Est prevista in Progetto Esecutivo.

### **MACROFASE 2**

La Macrofase Lavorativa 2 è sicuramente la più importante ed impegnativa durante la quale verrà realizzata l'intera Galleria, comprensiva degli imbocchi in artificiale Est ed Ovest. Lo scavo, in tradizionale, prevede 2 fronti quasi contemporanei, sia da Est che da Ovest. La Macrofase 2, per caratteristiche della tipologia di lavorazione, è tale da avere un assetto di esercizio sulla viabilità ordinaria immutata rispetto alla Macrofase 1.

### **MACROFASE 3**

La Macrofase Lavorativa 3 è caratterizzata principalmente dalla costruzione delle opere viarie, idrauliche e opere secondarie; in particolare si prevede la realizzazione della Rotatoria Est, della Rotatoria Nord in luogo della provvisoria di cui alla Macrofase 1 e della Rotatoria Ovest. Per tale Macrofase ed in particolare nell'ambito dei lavori di realizzazione degli attacchi della Rotatoria Ovest alla statale attuale, viene istituito per una limitata durata il senso unico alternato regolato da impianto semaforico. Tale assetto può determinare, seppur temporalmente, un impatto sulla SS 51 insistente sull'abitato di Tai di Cadore, pertanto, al fine di limitarne gli effetti e stante la conclusione delle attività di esecuzione della Galleria, è possibile prevederne l'esercizio della stessa almeno per i mezzi pesanti riservando la SS 51 al traffico leggero e/o agli utenti residenziali e commerciali presenti a Tai.

### **11.3 TEMPI DI ESECUZIONE**

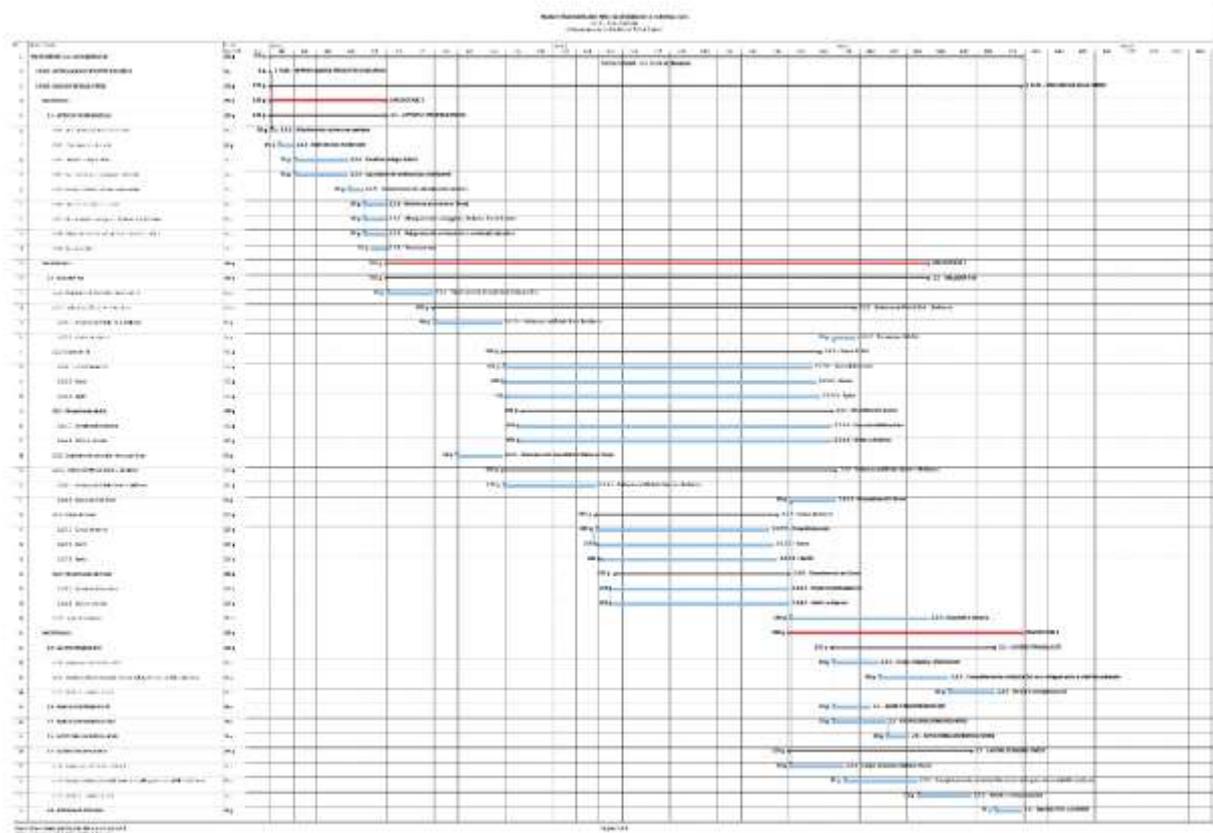
I tempi di esecuzione sono diretta conseguenza della velocità di scavo in galleria, si è cercato comunque di ridurre il più possibile le tempistiche di realizzazione dell'opera più significativa scavando da entrambi i fronti.

Si considera che l'avanzamento delle attività di realizzazione della galleria possano procedere con una velocità media pari a circa 40-45 metri al mese nei tratti con la sezione più grande (con cunicolo) mentre nel corpo centrale di circa 300m, dove la sezione è più piccola, la produzione media mensile potrà essere più alta ossia circa 50 m al mese di galleria finita. Queste produzioni sono riferite a ciascun fronte di scavo e nell'ipotesi che le attività siano organizzate su 3 turni di lavoro e 7 giorni a settimana.

Lo scavo della galleria avverrà dunque in un tempo pari a 15 mesi e sarà preceduta dalla realizzazione degli sbancamenti e delle palificate del fronte di scavo est della durata di circa 5 mesi e con inizio al 7 mese dalla consegna lavori.

Nei 7 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 completeranno gli svincoli, si eseguiranno i pacchetti stradali e la parte impiantistica.

Di seguito si riporta il cronoprogramma dei lavori (per una migliore lettura si rimanda all'elaborato MSVE14-E-2103-T00-CA-00-CAN-CR-01).



**Figura 66 – Cronoprogramma dei lavori**

La durata complessiva dei lavori è stata stimata della durata di poco inferiore a 34 mesi.

## 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 53.041.601,75 € ed un totale di importo di investimento pari a circa 76.019.393,69 € al netto dell'IVA.

PIANO STRAORDINARIO PER L'ACCESSIBILITA' A CORTINA 2021 SS 51 DI ALEMAGNA ATTRaversamento DELL'ABITATO DI TAI DI CADORE S.S. 51 DI ALEMAGNA			
QUADRO ECONOMICO			
<b>A) Lavori a base di Appalto</b>			
	a1	Sommato (Lavori a Corpo e a Misura	€ 53.041.601,75
	a2	e sommate oneri relativi alla sicurezza non soggetti a ribasso (compresi oneri "Covid-19")	3,96% € 2.100.447,43
	a3	protocollo di legalità (non soggetto a ribasso)	€ -
	a4	Monitoraggio ambientale corso operam	€ 205.208,01
L.1	a5	<b>Totale lavori più servizi</b>	<b>a1+a2+a3+a4 € 55.407.257,19 € 55.407.257,19</b>
	a6	e detratte Oneri relativi alla Sicurezza e al protocollo di legalità non soggetti a ribasso	€ 2.100.447,43
	a7	<b>Importo lavori soggetto a ribasso</b>	<b>a5-a6 € 53.306.809,76</b>
<b>B) Somme a disposizione della stazione appaltante</b>			
L.2	b1	Lavori in economia (contributo compensazione superfici rimborsate)	€ 10.000,00
L.2	b2	Lavori in economia (Inserimento contesto urbano)	€ 80.000,00
L.5.1	b3	Rimozione interferenze	€ 605.998,90
L.C	b4	(Rilevi, accertamenti ed Indagini)	€ 120.000,00
L.5.2	b5	Allacciamenti ai pubblici servizi	€ 80.000,00
L.6	b6	Imprevisti ed ex art. 133 D.lgs 163/06	max.8% impr € 4.902.635,25
L.3	b7	Acquisizione Aree ed Immobili, imposte di registro, ipotecarie e catastali	€ 2.852.543,74
L.8	b8	Fondo art.113 c.2 D.Lgs 50/2016	2,00% € 1.108.145,14
L.7.1	b9	Spese tecniche	€ 976.568,80
L.7.2	b10	Spese tecniche per attività di collaudo	0,15% € 83.110,89
L.7.3	b11	Spese per i Commissari di cui all'art.205 c. 5 e art. 209 c.16 D. Lgs 50/2016	€ 80.000,00
L.7.4	b12	Spese per Commissari giudicatrici art 77 c. 10 D.Lgs. 50/2016	0,10% € 55.407,26
L.7.5	b13	Copertura assicurativa art.24 c.4 D.lgs 50/2016	0,3% € 166.221,77
L.7.6	b14	Oneri di legge su spese tecniche (4% di b9, b10, b11, b12)	€ 47.803,48
L.II	b15	Spese per Pubblicità e ove previsto per opere artistiche e contributo ANAC	€ 35.800,00
L.D	b16	Spese per prove di laboratorio e verifiche tecniche	1,30% € 720.294,34
L.D	b17	Monitoraggio geotecnico	€ 401.468,96
L.D	b18	Monitoraggio ambientale ante e post operam	€ 500.000,00
L.D	b19	Bonifica da residui bellici L. 177/2012	€ 280.000,00
L.D	b20	Attività di sorveglianza e prospezione archeologica	€ 50.000,00
	<b>B)</b>	<b>Totale Somme a Disposizione</b>	<b>€ 12.955.997,93</b>
	<b>C)</b>	<b>Oneri d'investimento</b>	<b>11,2% € 7.656.684,57</b>
	<b>D)</b>	<b>Totale Importo Investimento</b>	<b>a7+B+C € 76.019.393,69</b>
		IVA per memoria	22% € 13.569.900,75