

S.S.51 "ALEMAGNA"
VARIANTE DI LONGARONE

PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

COD. VE407

PROGETTAZIONE: ATI VIA - SERING - VDP - BRENG

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE e PRGETTISTA:

Dott. Ing. Massim Capasso (Ord. Ing. Prov. Roma A26031)

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA:

MANDANTI:

PROGETTISTA:

Responsabile Tracciato stradale: *Dott. Ing. Massimo Capasso (Ord. Ing. Prov. Roma 26031)*
 Responsabile Strutture: *Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma 27296)*
 Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: *Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)*
 Responsabile Ambiente: *Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)*



GEOLOGO:

Dott. Geol. Enrico Curcuruto (Ord. Geo. Regione Sicilia 966)

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Matteo Di Girolamo (Ord. Ing. Prov. Roma A15138)

COORDINATORE ATTIVITA' DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. MariaAntonietta Merendino (Ord. Ing. Prov. Roma A28481)



VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Ettore De La Grennelais De Cesbron

OPERE D'ARTE MAGGIORI
GALLERIA CASTELLAVAZZO

Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	VE407_P00GN01OSTRE01_A			
DPVE0407	D 21	CODICE ELAB.	P00GN01OSTRE01	A	-
D		-	-	-	-
C		-	-	-	-
B		-	-	-	-
A	EMISSIONE	SETT. 2021	F.SALUTE	G.PIAZZA	M.CAPASSO
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		
VE407	<i>Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo</i>	

INDICE

1	PREMESSA	2
2	RIFERIMENTI TECNICI E NORMATIVI	4
	2.1 Normative, raccomandazioni e linee guida	4
	2.2 Bibliografia	4
	1.1.1. <i>Generali</i>	4
	1.1.2. <i>Stabilità del cavo della galleria</i>	5
	1.1.3. <i>Calcolo dei rivestimenti</i>	6
3	DESCRIZIONE DELL'OPERA	7
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOTECNICO ED IDROGEOLOGICO	10
5	DEFINIZIONE DELLE SEZIONI DI AVANZAMENTO	12
	1.1 Asse Principale - Sezione di avanzamento B0.....	12
	1.2 Asse Principale - Sezione di avanzamento C1.....	13
	1.3 Asse Principale - Sezione di avanzamento C2.....	14
	1.4 Piazzola di sosta - Sezione di avanzamento B0.....	15
	1.5 Bypass e Galleria di emergenza - Sezione di avanzamento B0.....	15
	1.6 Galleria di emergenza - Sezione di avanzamento C1.....	16
6	APPLICAZIONE LINEE GUIDA	18
7	APPLICAZIONE DEL MONITORAGGIO ALLE SEZIONI TIPO	18
	7.1 Stazioni di monitoraggio strumentate.....	19
	7.2 Misure delle soglie di attenzione di allarme sul rivestimento di prima fase.....	22
	7.3 Valori di estrusione attesa sul fronte	22
8	CONDIZIONI DI SOSTA PROLUNGATA E SITUAZIONI DI EMERGENZA	24

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		
VE407	<i>Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo</i>	

1 PREMESSA

Nella seguente relazione sono presentate le linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo di avanzamento della galleria naturale "Castellavazzo" inserita nelle opere dell'intervento VE407 S.S. 51 "Alemagna" – Variante di longarone. L'intervento prevede l'adeguamento della S.S.51 a Tipo C1.

La galleria è composta da una fornice con traffico bidirezionale, in dx in direzione Cortina e in sx direzione Venezia e presenta coperture massime, riferite in chiave di calotta, pari a circa 100 m.

Come da Decreto Ministeriale 5-11-2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione di strade", la larghezza della piattaforma pavimentata della galleria è pari a 10.50 m e non sono previsti allargamenti per la visibilità.

La galleria si sviluppa tra le progressive 9+315.00 e 10+860.00 e per una lunghezza complessiva di 1545 m. La galleria risulta composta da un tratto in naturale, da un tratto in artificiale all'imbocco sud di 50 m e da un becco di flauto di 5 m all'imbocco nord. La lunghezza complessiva del tratto in naturale risulta essere pari a 1490 m.

GALLERIA CASTELLAVAZZO			
	Progressiva sud	Progressiva nord	Lunghezza totale
GALLERIA PRINCIPALE	9.315,00	10.860,00	1.545,00
GALLERIA ARTIFICIALE IMBOCCO SUD	9.315,00	9.365,00	50,00
GALLERIA TRATTO IN NATURALE	9.365,00	10.855,00	1.490,00
GALLERIA ARTIFICIALE IMBOCCO NORD	10.855,00	10.860,00	5,00

Si prevede la realizzazione di una galleria di emergenza di 1392 m. La galleria risulta composta da un tratto in naturale di 1332 m e da due tratti in artificiale all'imbocco sud di 50 m e di 10 m all'imbocco nord, collegata alla galleria principale con 4 bypass.

La sezione dei bypass e della galleria di emergenza sono quelle previste dalle linee guida della Sicurezza delle Gallerie di Anas, 2.30 m (altezza) x 2.40 m (larghezza) liberi interni.

GALLERIA D'EMERGENZA			
	Progressiva sud	Progressiva nord	Lunghezza totale
GALLERIA EMERGENZA	0,00	1.392,00	1.392,00
GALLERIA ARTIFICIALE IMBOCCO SUD	0,00	50,00	50,00
GALLERIA TRATTO IN NATURALE	50,00	1.382,00	1.332,00
GALLERIA ARTIFICIALE IMBOCCO NORD	1.382,00	1.392,00	10,00

L'emissione di uno specifico documento di gestione dello scavo in corso d'opera nasce dalla necessità che, mediante il controllo delle risultanze di monitoraggio e il confronto tra i valori attesi e i relativi valori di soglia,

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		
VE407	<i>Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo</i>	

si possa consentire una definizione e applicazione di una "univoca" Sezione di Scavo adeguata al contesto incontrato nella galleria durante le fasi di scavo, confermando o meno le previsioni progettuali e i limiti ammissibili anticipati.

La caratterizzazione geomeccanica del terreno interessato dallo scavo della galleria è stata definita sulla base degli esiti della campagna di indagine geognostica dimensionata in relazione alle esigenze della fase progettuale e delle condizioni al contorno dell'ammasso.

Sulla base del quadro conoscitivo ottenuto, sono state definite le Sezioni di Scavo valide per tratte aventi comportamento geomeccanico omogeneo e definiti i criteri di applicazione delle stesse lungo il tracciato.

Quindi facendo riferimento alle problematiche evidenziate nella relazione geotecnica, vengono inizialmente fornite nei capitoli successivi le descrizioni dell'opera in oggetto e le indicazioni sulle soluzioni progettuali e sulle modalità costruttive adottate.

Sono quindi presentate le Linee Guida che disciplinano e intendono fornire gli strumenti necessari, attraverso un set di indicatori da monitorare e i relativi valori di allerta e di allarme, per verificare in corso d'opera l'efficacia delle scelte progettuali e la relativa applicazione delle sezioni di scavo che hanno l'obiettivo di:

- ✓ Confermare in avanzamento le sezioni tipo riportate nei profili geomeccanici di progetto.
- ✓ In base al comportamento deformativo del cavo ed estrusivo del fronte, scegliere in ogni tratta omogenea quando applicare la sezione prevalente, in termini di percentuale di applicazione, e quando quelle secondarie, nel rispetto delle percentuali di applicazione delle stesse riportate nel profilo geomeccanico.
- ✓ Se le condizioni al contorno dell'ammasso non consentono di normalizzare i valori di monitoraggio, la stazione appaltante valuterà le conseguenti azioni in accordo a quanto previsto dalla vigente normativa (art.106 – D.Lvo. 50/2016) nel caso di significativa difformità rispetto alle previsioni progettuali.

La verifica in corso d'opera è fondamentale e prevede sistematici rilievi geostrutturali dei fronti di scavo e l'adozione di un sistema di monitoraggio che permettano, mediante misure d'estrusione del fronte, misure di convergenza, misure topografiche ed estensimetriche, di verificare la correttezza delle ipotesi progettuali e di apportare eventuali adeguamenti alle soluzioni proposte in caso di deviazione dal comportamento atteso.

Per la descrizione delle caratteristiche generali, dei tempi, delle fasi esecutive e del sistema di monitoraggio si rimanda alla *Relazione Tecnica Generale*.

Per la caratterizzazione geomeccanica si rimanda alla *Relazione geotecnica*.

Per i risultati delle analisi deformative si rimanda alla *Relazione di calcolo*.

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		
VE407	<i>Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo</i>	

2 RIFERIMENTI TECNICI E NORMATIVI

2.1 Normative, raccomandazioni e linee guida

- ✓ DM 17/01/2018. Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni
- ✓ Circolare 21/01/2019 n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al DM 17/01/2018
- ✓ Decreto Ministeriale LL.PP. 09/01/1996 – Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- ✓ Decreto Ministeriale LL.PP. 16/01/1996 – Criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.
- ✓ Circolare 15/10/1996 Ministero LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche di cui al decreto ministeriale 09/01/1996.
- ✓ Circolare 04/07/1996 Ministero LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche di cui al decreto ministeriale 16/01/1996.
- ✓ Decreto Ministeriale LL.PP. 11/03/1988 – Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- ✓ Circolare LL.PP. 24/09/1988 n.30483 – L.2.2.1974, n.64 - art.1 – Istruzioni per l'applicazione del D.M. 11/03/1988.
- ✓ Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003: “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modifiche e integrazioni.
- ✓ A.F.T.E.S. Groupe de Travail n. 7 – Tunnel support and lining. – “Recommendations for use of convergence – confinement method”.
- ✓ Raccomandazioni AICAP 1993 “Ancoraggi nei terreni e nelle rocce”.
- ✓ ANAS, IT.PRL.05.18 – Rev.1.0 Capitolato Speciale di Appalto, Opere d'arte maggiori - Gallerie

2.2 Bibliografia

1.1.1. Generali

- ✓ Hoek E. – *Strength of jointed rock masses, 23° Rankine Lecture* –Géotechnique 33, 187-223 (1983).
- ✓ Hoek E. – *Strength of rock and rock masses* – ISRM News Journal, 2(2), 4-16 (1994).
- ✓ Hoek E. and Brown, E.T. – *Underground excavations in rock* – London, Inst. Min. Metall. (1980).

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		
VE407	<i>Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo</i>	

- ✓ Hoek E. and Brown, E.T. – *Empirical strength criterion for rock masses* – J. Geotech. Engng. Div., ASCE, 106 (GT9), 1013-1035 (1980).
- ✓ Hoek E. and Brown, E.T. – *The Hoek-Brown failure criterion – a 1988 update* – In Rock Engineering for Underground excavations, 15° Canadian Rock Mech. Symp., 31-38. Toronto, Dept. Civil Engineering (1988).
- ✓ Hoek E., Kaiser, P.K. and Bawden W.F. – *Support of underground excavations in hard rock* – Rotterdam, Balkema - (1995).
- ✓ Hoek E. and Brown, E.T. – *Practical estimates of rock mass strength* – Int. J. Rock Mech. & Mining Sci. & Geomechanics Abstracts, 34(8), 1165-1186 (1997).
- ✓ Marinou P. and Hoek E. – GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation – Proceedings of the International Conference on Geotechnical & Geological Engineering, Melbourne, Australia (2000).
- ✓ Hoek E., Carranza-Torres C., Corkum B. (2002): "Hoek-Brown failure criterion" – 2002 Edition.
Hoek E. (2004): "Numerical Modelling for Shallow Tunnels in Weak Rock". Rocscience, April 2004.
- ✓ Ribacchi R. - *Recenti orientamenti nella progettazione statica delle gallerie* - AGI - XVIII Convegno Nazionale di Geotecnica. Rimini (1993).

1.1.2. Stabilità del cavo della galleria

- ✓ Chern J.C., Shiao F.Y., and Yu C.W. – *An empirical safety criterion for tunnel construction* – Proc. Regional Symposium on Sedimentary Rock Engineering, Taipei, Taiwan, 222-227 (1998).
- ✓ Lombardi G. – *Funzione dei sostegni e rivestimenti quale consolidamento nelle opere sotterranee* – Seminario su "Consolidamento di terreni e rocce in posto nell'ingegneria civile", Stresa, 191-229 (1978).
- ✓ Lombardi G. e Amberg W. (1974). *Une méthode de calcul élasto-plastique de l'état de tension et de déformation autour d'une cavité souterraine. Congresso Internazionale ISRM, Denver, 1974.*
Lombardi G. e Amberg W. – *L'influence de la méthode de construction sur l'équilibre final d'un tunnel* – 4th Int. Cong. On Rock Mech., Vol. 1, Montreaux (Suisse), 475-484 (1979).
- ✓ Lombardi G. – *"Qualche aspetto particolare della statica delle cavità sotterranee."* – Riv. It. Geotecnica (1975).
- ✓ Panet M. e Guellec P. – *Contribution a l'étude du soutènement d'un tunnel à l'arrière du front de taille* – 3rd Int. Congress on Rock Mech., Vol.2, Denver, ISRM, 1163-1168 (1974).
- ✓ Panet M., Guenot A. (1982). *Analysis of convergence behind the face of a tunnel* – Tunnelling '82, Brighton, 197-204.
- ✓ Lunardi P. (2000). *The design and construction of tunnels using the approach based on the analysis of controlled deformation in rocks and soils.* Tunnels & Tunnelling International, May 2000.

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		
VE407	<i>Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo</i>	

1.1.3. Calcolo dei rivestimenti

- ✓ A.F.T.E.S. – *Considerations on the usual methods of tunnel lining design* (1993).
- ✓ Lembo Fazio A. – *Interazione tra il terreno ed il sostegno di una galleria* – L'ingegnere e l'architetto 1 – 8 (1995).

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		
VE407	<i>Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo</i>	

3 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La galleria principale a **canna singola e traffico bidirezionale** si sviluppa tra le progressive **9+315.00** e **10+860.00** e per una lunghezza complessiva di **1545 m**.

La galleria risulta composta da un tratto in naturale, da un tratto in artificiale all'imbocco sud di **50 m** e da un becco di flauto di **5 m** all'imbocco nord. La lunghezza complessiva del tratto in naturale risulta essere pari a **1490 m**.

Procedendo nel verso delle progressive crescenti, il tracciato planimetrico si sviluppa in rettilineo per circa **1240 m** e poi segue con una curva circolare destrorsa di raggio **1050 m**, con relative clotoidi di parametro A pari a **350**.



Figura - Planimetria della Galleria Castellavazzo, tavola VE407_P00GN01TRAPP01_A.

Il profilo altimetrico è caratterizzato per la quasi totalità dello sviluppo della galleria da una livelletta a pendenza costante pari al **1.01%**, nel tratto finale dopo un raccordo verticale convesso di raggio **12000 m** si ha una pendenza di **-0.35 %**.

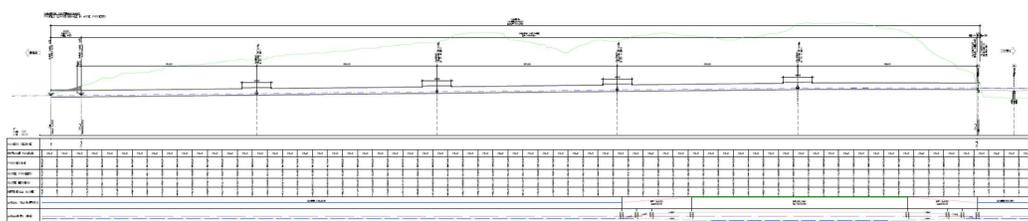


Figura – Profilo longitudinale della Galleria Castellavazzo, tavola VE407_P00GN01TRAPP01_A.

La piattaforma stradale "corrente" è larga complessivamente **10.50 m**. Ai margini della piattaforma saranno collocati gli elementi redirettivi in c.a.

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		
VE407	Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo	

SEZIONE TIPO ASSE PRINCIPALE
TRATTO IN GALLERIA NATURALE/ARTIFICIALE (SEZIONE CORRENTE)
SCALA 1:100

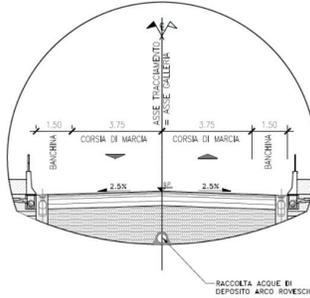


Figura Sezione tipo stradale della Galleria Castellavazzo.

La carpenteria della sagoma interna della galleria è una policentrica e presenta un raggio interno in chiave calotta pari a **6.45 m**, un piedritto verticale e un raggio interno dell'arco rovescio è pari a **14.00 m**.

Si prevede la realizzazione di una galleria di emergenza di **1392 m**. La galleria risulta composta da un tratto in naturale di **1332 m** e da due tratti in artificiale all'imbocco sud di **50 m** e di **10 m** all'imbocco nord, collegata alla galleria principale con 4 bypass pedonali:

- GN01_BPP01 9+657.00
- GN01_BPP02 9+957.00
- GN01_BPP03 10+257.00
- GN01_BPP04 10+557.00

La sezione dei bypass e della galleria di emergenza sono quelle previste dalle linee guida della Sicurezza delle Gallerie di Anas, **2.30 m** (altezza) x **2.40 m** (larghezza) liberi interni.

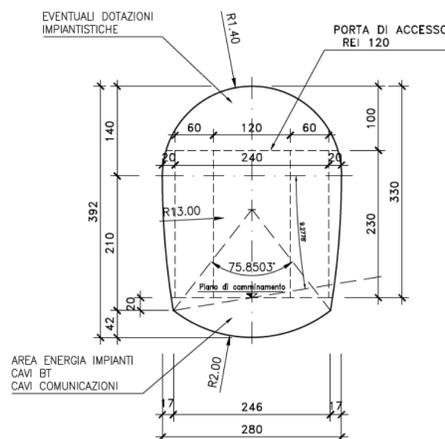


Figura Sezione tipo della Galleria d'emergenza.

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		
VE407	<i>Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo</i>	

Nella galleria principale sono state inserite quattro piazzole di sosta (2 per senso di marcia) di 45m in corrispondenza dei bypass pedonali.

	Progressiva	Lunghezza
Piazzola di sosta 1	9.657,00	45,00
Piazzola di sosta 2	9.957,00	45,00
Piazzola di sosta 3	10.257,00	45,00
Piazzola di sosta 4	10.557,00	45,00

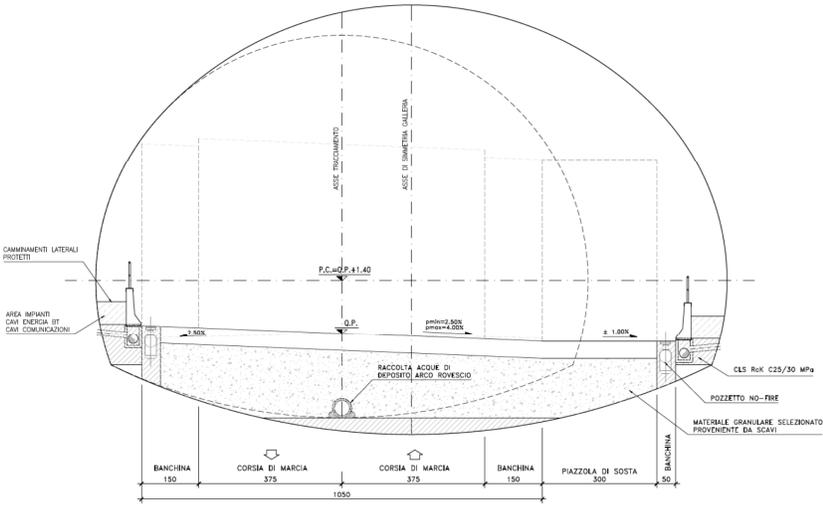


Figura Sezione tipo delle piazzole di sosta.

Le nicchie saranno ubicate ogni 150m.

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		
VE407	<i>Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo</i>	

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOTECNICO ED IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista geologico, nella successione stratigrafica dell'area interessata dal tracciato si possono riconoscere le seguenti unità litologiche:

- **Detrito di versante.** Deposito caotico ad elementi eterometrici a spigoli vivi e arrotondati originato dai processi evolutivi dei versanti rocciosi e dallo smantellamento dei terrazzi fluviali sovrastanti.
- **Depositi alluvionali di alveo attuale.** Ghiaie grossolane e ciottoli, con lenti limo-sabbiose e sabbio-limose.
- **Depositi alluvionali terrazzati.** Ghiaie in matrice scarsamente sabbiosa con lenti di limo sabbiosa e sabbio-limosa, variamente ghiaiose, scarsamente argillose.
- **Depositi fluvio-glaciali.** Ghiaie grossolane e ciottoli con lenti limo sabbiose e sabbio-limose, scarsamente argillose, localmente cementate.
- **Calcere di Soccher.** Calcari micritici verdi e rossastri in strati sottili tabulari, fortemente selciferi, intercalati a biocalcareniti gradate, sovente laminate e facies tipiche del Rosso Ammonitico.

Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione Geologica (vedi elaborato VE407_T00GE00GEORE01A).

Le caratteristiche geotecniche dei terreni e delle rocce interessate dal tracciato sono state investigate con un'approfondita campagna di indagini geognostica, geofisica e geotecnica svolta nel corso del 2021 e 2022. La campagna di indagini è stata condotta su incarico ANAS dalla ditta Vicenzetto S.R.L., nel rispetto delle disposizioni, delle specifiche tecniche e del capitolato d'appalto ANAS, nonché delle raccomandazioni AGI 1977/1994 e hanno previsto:

- n° 27 sondaggi a carotaggio continuo, di cui n° 14 condizionati con tubo per prove Down-Hole e n° 13 condizioni a piezometro a tubo aperto;
- n° 2 sondaggi a distruzione di nucleo e carotaggio continuo, condizionati con piezometro a tubo aperto;
- n° 271 prove penetrometriche dinamiche S.T.P.;
- n° 34 pozzetti, dei quali n° 14 geognostici e n° 20 ambientali;
- n° 14 prove pressiometriche;
- n° 40 prove di permeabilità di cui n° 30 Léfranc e n° 10 Lugeon;
- n° 20 prove dilatometriche;
- n° 145 prelievo di campioni per la caratterizzazione geotecnica durante l'esecuzione dei sondaggi, di cui n° 2 indisturbati, n° 113 rimaneggiati e n° 30 litoidi;
- n° 27 prelievo di campioni a fini ambientali;
- n° 7 prelievo di campioni di acqua di falda;
- Analisi e prove geotecniche di laboratorio.

I terreni e le rocce che ricadono nel volume di terreno significativo ai fini geotecnici sono stati raggruppati in 2 classi, per ciascuna delle quali possono distinguersi i termini principali indicati nella tabella che segue.

Terreni sciolti	
FLG	Ghiaie e Sabbie , ghiaie con sabbia e sabbie con ghiaie, spesso da limose a debolmente limose, raramente con ciottoli, di origine fluvio-glaciale blandamente cementate. I grani presentano spesso spigoli arrotondati. Colore dall'avana al beige al biancastro, con rari segmenti giallastri. Rara presenza di sezioni più limose a profondità elevate.
Rocce lapidee	
Ca	Calcari e calcareniti , color grigio chiaro con patine e zone ossidate color avana, con discontinuità spesso ricementate. Presenta di fratture variamente orientate da sub-orizzontali a inclinate di circa 45°. Le discontinuità si presentano lisce e parzialmente ossidate. A zone l'ammasso risulta più fratturato.

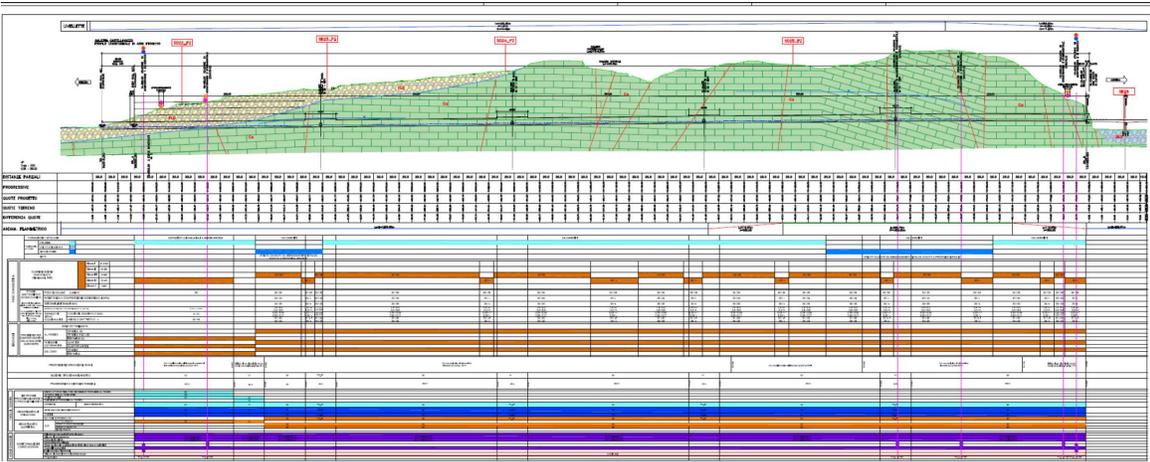


Figura Profilo geomeccanico della Galleria naturale Castellavazzo.

La posizione della falda è rappresentata sul profilo geomeccanico delle gallerie e presenta un massimo carico di circa 30 m sulla calotta.

Si rimanda alla relazione geotecnica per la descrizione delle indagini eseguite sulla galleria in esame e sul modello interpretativo geotecnico.

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		
VE407	<i>Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo</i>	

5 DEFINIZIONE DELLE SEZIONI DI AVANZAMENTO

Nel presente capitolo verranno definiti gli interventi da adottare durante la realizzazione della galleria, necessari a garantire la stabilità del cavo a breve e a lungo termine, in accordo con le indicazioni provenienti dall'analisi del comportamento deformativo allo scavo (fase di diagnosi).

Le sezioni tipo applicate alla costruzione della galleria sono le seguenti:

- ✓ Galleria Principale - Sezione di avanzamento B0;
- ✓ Galleria Principale - Sezione di avanzamento C1;
- ✓ Galleria Principale - Sezione di avanzamento C2;
- ✓ Galleria Principale - Sezione di avanzamento Piazzola di sosta (B0_PS)
- ✓ Galleria d'Emergenza - Bypass - Sezione di avanzamento B0;
- ✓ Galleria d'Emergenza - Sezione di avanzamento C1.

A continuazione sono descritte le sezioni tipo di avanzamento, la successione delle fasi esecutive ed i campi di applicazione.

1.1 Asse Principale - Sezione di avanzamento B0

Tavola di riferimento: VE407_P00GN01OSTST01_A

Lunghezza campi di avanzamento=12m.

Si prevede l'applicazione della sezione di avanzamento B0 per tutto lo sviluppo della galleria naturale ad eccezione della zona in terreni sciolti o detensionata all'imbocco sud.

Sono previsti i seguenti principali interventi:

Per il rivestimento di prima fase sono previsti i seguenti principali interventi:

- ✓ 2+2 drenaggi in avanzamento L=36.00 m con sovrapposizione minima 12.00 m di 60 mm di diametro e 4 mm di spessore (perforazione D=90 mm);
- ✓ scavo a piena sezione con sfondi di profondità massima di 1.20 m;
- ✓ spritz-beton fibrorinforzato al fronte sp=10 cm ogni fine campo e spessore 5 cm sul 10% degli sfondi;
- ✓ rivestimento di prima fase costituito da spritz-beton fibrorinforzato sp=25 cm e da centine metalliche 2IPN180 con passo 1.20 m;
- ✓ 10/9 bulloni in acciaio ad ancoraggio continuo Superswellex L=6.00 m passo trasversale 2.00m passo longitudinale 1.20 m disposti a quinconce.

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		
VE407	<i>Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo</i>	

Per il rivestimento definitivo fase sono previsti i seguenti principali interventi:

- ✓ getto dell'arco rovescio di 70 cm di spessore da eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di 36.0 m (circa 3 diametri);
- ✓ getto delle murette armate da eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di 36.0 m (circa 3 diametri);
- ✓ impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- ✓ -rivestimento interno costituito da un getto in calcestruzzo, di spessore variabile trasversalmente a partire da un valore minimo in chiave di calotta di 0.60 m eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di 72.0 m (circa 6 diametri).

1.2 Asse Principale - Sezione di avanzamento C1

Tavola di riferimento: VE407_P00GN01OSTST02_A.

Lunghezza campi di avanzamento=12m.

Si prevede l'applicazione della sezione di avanzamento C1 nelle zone detensionate di imbocco.

Per il rivestimento di prima fase sono previsti i seguenti principali interventi:

- ✓ 2+2 drenaggi in avanzamento L=36.00 m con sovrapposizione minima 12.00 m di 60 mm di diametro e 4 mm di spessore (perforazione D=90 mm);
- ✓ preconsolidamento al contorno del cavo con 40 tubi metallici acciaio S355 H di 114.3 mm di diametro e 10 mm di spessore (perforazione D=140 mm), valvolati (1valv/m) e iniettati di L=18.00 m con sovrapposizione 6.00 m;
- ✓ preconsolidamento al fronte con 50 chiodi al fronte in vetroresina cementati in foro di 60 mm di diametro e 10 mm di spessore (perforazione D=100 mm) L=21.00 m con sovrapposizione 9.00 m;
- ✓ scavo a piena sezione con sfondi di profondità massima di 1.00 m;
- ✓ spritz-beton fibrorinforzato al fronte sp=10 cm ogni fine campo e spessore 5 cm sul 30% degli sfondi;
- ✓ rivestimento di prima fase costituito da spritz-beton fibrorinforzato sp=25 cm e da centine metalliche 2IPN180 con passo 1.00 m.

Per il rivestimento definitivo sono previsti i seguenti principali interventi:

- ✓ getto dell'arco rovescio armato di 70 cm di spessore da eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di 36.0 m (circa 3 diametri);
- ✓ getto delle murette armate da eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di 36.0 m (circa 3 diametri);
- ✓ impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		
VE407	<i>Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo</i>	

- ✓ rivestimento interno costituito da un getto in calcestruzzo armato, di spessore variabile trasversalmente e longitudinalmente a partire da un valore minimo in chiave di calotta variabile tra 0.60 m e 1.30 m da eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di 72.0 m (circa 6 diametri).

1.3 Asse Principale - Sezione di avanzamento C2

Tavola di riferimento: VE407_P00GN01OSTST03_A.

Lunghezza campi di avanzamento= 6m.

Si prevede l'applicazione della sezione di avanzamento C2 nella zona in terreni sciolti prevista all'imbocco sud.

Per il rivestimento di prima fase sono previsti i seguenti principali interventi:

- ✓ 2+2 drenaggi in avanzamento L=36.00 m con sovrapposizione minima 12.00 m di 60 mm di diametro e 4 mm di spessore (perforazione D=90 mm);
- ✓ preconsolidamento al contorno del cavo con 40 tubi metallici acciaio S355 H di 114.3 mm di diametro e 10 mm di spessore (perforazione D=140 mm), valvolati (1valv/m) e iniettati di L=18.00 m con sovrapposizione 6.00 m;
- ✓ preconsolidamento al contorno del cavo con 71 colonne di jet grouting D=600mm, L=18.00 m con sovrapposizione 6.00 m;
- ✓ preconsolidamento al fronte con 36 colonne di micro jet grouting D=300mm armati con chiodi al fronte in vetroresina di 60 mm di diametro e 10 mm di spessore L=18.00 m con sovrapposizione 6.00 m;
- ✓ scavo a piena sezione con sfondi di profondità massima di 1.00 m;
- ✓ spritz-beton fibrorinforzato al fronte sp=10 cm ogni fine campo e spessore 5 cm sul 30% degli sfondi;
- ✓ rivestimento di prima fase costituito da spritz-beton fibrorinforzato sp=25 cm e da centine metalliche 2IPN180 con passo 1.00 m.

Per il rivestimento definitivo sono previsti i seguenti principali interventi:

- ✓ getto dell'arco rovescio armato di 70 cm di spessore da eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di 36.0 m (circa 3 diametri);
- ✓ getto delle murette armate da eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di 36.0 m (circa 3 diametri);
- ✓ impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		
VE407	<i>Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo</i>	

rivestimento interno costituito da un getto in calcestruzzo armato, di spessore variabile trasversalmente e longitudinalmente a partire da un valore minimo in chiave di calotta variabile tra 0.60 m e 1.30 m da eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di 72.0 m (circa 6 diametri).

1.4 Piazzola di sosta - Sezione di avanzamento B0

Tavola di riferimento: VE407_P00GN01OSTST04_A.

Lunghezza campi di avanzamento=12m.

Sono previsti i seguenti principali interventi:

Per il rivestimento di prima fase sono previsti i seguenti principali interventi:

- ✓ 2+2 drenaggi in avanzamento L=36.00 m con sovrapposizione minima 12.00 m di 60 mm di diametro e 4 mm di spessore (perforazione D=90 mm);
- ✓ scavo a piena sezione con sfondi di profondità massima di 1.20 m;
- ✓ spritz-beton fibrorinforzato al fronte sp=10 cm ogni fine campo e spessore 5 cm sul 10% degli sfondi;
- ✓ rivestimento di prima fase costituito da spritz-beton fibrorinforzato sp=25 cm e da centine metalliche 2IPN180 con passo 1.20 m;
- ✓ 10/9 bulloni in acciaio ad ancoraggio continuo Superswellex L=6.00 m passo trasversale 2.00m passo longitudinale 1.20 m disposti a quinconce.

Per il rivestimento definitivo fase sono previsti i seguenti principali interventi:

- ✓ getto dell'arco rovescio di 70 cm di spessore da eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di 36.0 m (circa 3 diametri);
- ✓ getto delle murette armate da eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di 36.0 m (circa 3 diametri);
- ✓ impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- ✓ -rivestimento interno costituito da un getto in calcestruzzo, di spessore variabile trasversalmente a partire da un valore minimo in chiave di calotta di 0.60 m eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di 72.0 m (circa 6 diametri).

1.5 Bypass e Galleria di emergenza - Sezione di avanzamento B0

Tavola di riferimento: VE407_P00GN01OSTST05_A.

Lunghezza campi di avanzamento=6m.

Si prevede la realizzazione di quattro Bypass pedonali, distanziati 300 m, alle seguenti progressive riferite alla galleria principale:

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		
VE407	<i>Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo</i>	

GN01_BPP01	9+657.00
GN01_BPP02	9+957.00
GN01_BPP03	10+257.00
GN01_BPP04	10+557.00

Per il rivestimento di prima fase dei Bypass e della Galleria di Emergenza sono previsti i seguenti principali interventi:

- ✓ 2+2 drenaggi in avanzamento L=12.00 m con sovrapposizione minima 6.00 m di 60 mm di diametro e 4 mm di spessore (perforazione D=90 mm);
- ✓ scavo a piena sezione con sfondi di profondità massima di 1.20 m;
- ✓ spritz-beton fibrorinforzato al fronte sp=10 cm ogni fine campo e spessore 5 cm sul 10% degli sfondi;
- ✓ rivestimento di prima fase costituito da spritz-beton fibrorinforzato sp=25 cm e da centine metalliche 2IPN180 con passo 1.20 m;
- ✓ eventuali bulloni in acciaio ad ancoraggio continuo Superswellex L=6.00 m.

Per il rivestimento definitivo fase sono previsti i seguenti principali interventi:

- ✓ getto dell'arco rovescio di 70 cm di spessore da eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di 18.0 m (circa 3 diametri);
- ✓ getto delle murette armate da eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di 18.0 m (circa 3 diametri);
- ✓ impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- ✓ -rivestimento interno costituito da un getto in calcestruzzo, di spessore variabile trasversalmente a partire da un valore minimo in chiave di calotta di 0.60 m eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di 36.0 m (circa 6 diametri).

1.6 Galleria di emergenza - Sezione di avanzamento C1

Tavola di riferimento: VE407_P00GN01OSTST06_A.

Lunghezza campi di avanzamento=6m.

Si prevede l'applicazione della sezione di avanzamento C1 nelle zone detensionate di imbocco.

Per il rivestimento di prima fase sono previsti i seguenti principali interventi:

- ✓ 2+2 drenaggi in avanzamento L=12.00 m con sovrapposizione minima 6.00 m di 60 mm di diametro e 4 mm di spessore (perforazione D=90 mm);

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		
VE407	<i>Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo</i>	

- ✓ preconsolidamento al contorno del cavo con 17 tubi metallici acciaio S355 H di 114.3 mm di diametro e 10 mm di spessore (perforazione D=140 mm), valvolati (1valv/m) e iniettati di L=10.00 m con sovrapposizione 4.00 m;
- ✓ preconsolidamento al fronte con 15 chiodi al fronte in vetroresina cementati in foro di 60 mm di diametro e 10 mm di spessore (perforazione D=100 mm) L=12.00 m con sovrapposizione 6.00 m;
- ✓ scavo a piena sezione con sfondi di profondità massima di 1.00 m;
- ✓ spritz-beton fibrorinforzato al fronte sp=10 cm ogni fine campo e spessore 5 cm sul 30% degli sfondi;
- ✓ rivestimento di prima fase costituito da spritz-beton fibrorinforzato sp=25 cm e da centine metalliche 2IPN180 con passo 1.00 m.

Per il rivestimento definitivo fase sono previsti i seguenti principali interventi:

- ✓ getto dell'arco rovescio di 70 cm di spessore da eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di 18.0 m (circa 3 diametri);
- ✓ getto delle murette armate da eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di 18.0 m (circa 3 diametri);
- ✓ impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- ✓ -rivestimento interno costituito da un getto in calcestruzzo, di spessore variabile trasversalmente a partire da un valore minimo in chiave di calotta variabile tra 0.50 m e 0.90 m eseguirsi entro la distanza massima dal fronte di 36.0 m (circa 6 diametri).

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		
VE407	<i>Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo</i>	

6 APPLICAZIONE LINEE GUIDA

Il quadro geologico geotecnico e la previsione del comportamento deformativo del fronte e del cavo permetteranno nel corso degli avanzamenti di disporre di criteri progettuali per l'applicazione delle sezioni tipo e delle relative variabilità degli interventi previsti.

Accanto all'analisi del comportamento deformativo un ruolo fondamentale è rappresentato dalla raccolta dei dati geomeccanici al fronte tramite l'esecuzione sistematica dei rilievi geologici strutturali del fronte di scavo. L'analisi congiunta dei dati guiderà la scelta in merito alla messa in opera degli interventi di sostegno, presostegno e preconsolidamento.

Sulla base di tali valori sarà possibile l'applicazione delle seguenti linee guida con riferimento alle seguenti tre condizioni:

1 – se i valori di estrusione e di convergenza misurati risultano coerenti con quanto ipotizzato dalle previsioni progettuali si procede con la sezione tipo indicata per la tratta in esame;

2 – se le condizioni al contorno dell'ammasso non consentono di normalizzare i valori di monitoraggio, si procederà all'applicazione di una differente sezione tipo scelta tra quelle più conservative progettualmente previste per ciascuna tratta omogenea;

3 – se anche a seguito della modifica della sezione tipo si raggiungono limiti superiori previsti per le deformazioni, la stazione appaltante valuterà le conseguenti azioni in accordo a quanto previsto dalla vigente normativa (art.106 – D.Lvo. 50/2016) nel caso di significativa difformità rispetto alle previsioni progettuali.

7 APPLICAZIONE DEL MONITORAGGIO ALLE SEZIONI TIPO

Il monitoraggio in corso d'opera presenta un mezzo forte di controllo della coerenza progettuale e dell'applicabilità delle condizioni al contorno ipotizzate in fase di progettazione.

Esso permette di verificare le seguenti condizioni:

- ✓ verificare la rispondenza di quanto misurato in situ rispetto alle ipotesi di progetto;
- ✓ verificare l'intensità degli interventi previsti (numero di consolidamenti al fronte, lunghezze delle sovrapposizioni, passo delle centine, ecc.) in relazione alla risposta deformativa del fronte e dello stato tensionale nei rivestimenti;
- ✓ verificare la corretta applicazione delle sezioni tipologiche previste per ciascuna tratta omogenea.

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		
VE407	<i>Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo</i>	

L'interpretazione dei dati di monitoraggio si basa principalmente sulla "corretta interpretazione" del comportamento tenso-deformativo al fronte e al contorno del cavo con una analisi completa di tutti i dati provenienti dal monitoraggio.

In altri termini valutando contemporaneamente il rilievo geologico, le misure di estrusione, di convergenza si può valutare e ipotizzare il meccanismo di collasso dal cavo e i margini rispetto a tale situazione per poter eventualmente intervenire in una nuova taratura del progetto realizzato in opera.

Per meglio interpretare i dati di monitoraggio si è soliti stabilire dei "**valori di soglia**" che risultano essere dei valori di riferimento limite rispetto alle ipotesi progettuali.

Sono quindi introdotti i seguenti valori di soglia:

- ✓ **Soglia di attenzione.** Al superamento di tale soglia si eseguirà un'accurata verifica dell'esecuzione delle fasi costruttive previste e si valuterà tempestivamente l'intensificazione della frequenza delle letture per controllare l'evoluzione delle grandezze significative, orientati dalla presenza o meno di eventuali segni premonitori di instabilità dell'evoluzione temporale delle misure, valutando la successiva stabilizzazione della risposta;
- ✓ **Soglia di allarme.** Il superamento di tale soglia indica l'approssimarsi ad una condizione di difformità rispetto alle previsioni di progetto e in tal caso si aumenterà ulteriormente la prevista frequenza delle misure per verificare l'eventuale progressiva stabilizzazione della risposta, in modo tale che la stazione Appaltante possa valutare le conseguenti azioni in accordo a quanto previsto dalla vigente normativa (art.106 – D.Lvo. 50/2016) nel caso di significative difformità rispetto alle previsioni progettuali.

Qualora le velocità di variazione delle grandezze misurate non si annullino in breve termine, le operazioni di scavo si arresteranno e si applicheranno tempestivamente dei provvedimenti atti a contrastare la tendenza al comportamento instabile del cavo.

7.1 Stazioni di monitoraggio strumentate

Il Capitolato Anas prevede:

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		 an as GRUPPO FS ITALIANE
VE407	<i>Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo</i>	

Tabella 10-1: Caratteristiche delle Stazioni

stazione	Posizione	Letture	Durata
Imbocchi	Per ogni imbocco	Giornaliera	Per tutta la durata del cantiere
Gallerie superficiali urbane	Ogni 100 m o meno	Giornaliera o inferiore	Per tutta la durata del cantiere
Gallerie superficiali extraurbane	Ogni 250 m o meno	Giornaliera o inferiore	Per tutta la durata del cantiere
Fondamentali	Ogni 1000 m o meno	Giornaliera (se significativa) o superiore	Fino al collaudo (Strumentazione esterna)
Principali	500 m o meno	Giornaliera o inferiore	Oltre il passaggio del fronte (≥ 5 diametri) o fino al getto del rivestimento definitivo
Secondarie	Ogni 50 m o meno	Ogni fase lavorativa o inferiore	Oltre il passaggio del fronte (3 diametri) o fino al getto del rivestimento definitivo
Monitoraggio al fronte	Ogni campo di lavoro	Ogni 10 m	Fino al getto del rivestimento definitivo
Rilievo del fronte di scavo (in terreni sciolti e lapidei)	Ogni 10 m	Ogni 10 m	-----

Caratteristiche Stazioni di monitoraggio in corso d'opera, Capitolato Speciale di Appalto, Anas

Tabella 10-2: Caratteristiche delle Stazioni

Stazione	Posizione	Letture (*)	Durata (*)
Imbocchi	Per ogni imbocco	Giornaliera	Per tutta la durata del cantiere
Gallerie superficiali urbane	100 m o meno	Giornaliera o inferiore	Fino al collaudo
Gallerie superficiali extraurbane	250 m o meno	Giornaliera o inferiore	Fino al collaudo
Fondamentali	1000 m o meno	Giornaliera (se significativa)	Fino al collaudo
Principali	500 m o meno	Giornaliera	Fino al collaudo
Monitoraggio conci prefabbricati	100 m o meno	Giornaliera o inferiore	

(*) Letture da effettuare, dopo il collaudo, con frequenza semestrale o inferiore, per la vita dell'opera

Caratteristiche Stazioni di monitoraggio in esercizio, Capitolato Speciale di Appalto, Anas

Nel caso in esame la galleria naturale ha lunghezza pari a **1490m**, pertanto, le stazioni di misura saranno articolate come segue:

- ✓ (2) Stazioni per gli imbocchi;
- ✓ (4) Stazioni fondamentali – coincidenti con le sezioni di calcolo.

Le progressive delle stazioni di monitoraggio per la galleria principale sono le seguenti:

- ✓ Stazione 1 di imbocco [progr.9+380.00](#)
- ✓ Stazione 2 fondamentale (calcolo) [progr.9+480.00](#)
- ✓ Stazione 3 fondamentale (calcolo) [progr.10+560.00](#)
- ✓ Stazione 4 fondamentale (calcolo) [progr.10+660.00](#)
- ✓ Stazione 5 fondamentale (calcolo) [progr.10+820.00](#)
- ✓ Stazione 6 di imbocco [progr.10+840.00](#)

Nel caso in esame la galleria d'emergenza ha lunghezza pari a **1332m**, pertanto, le stazioni di misura saranno articolate come segue:

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		
VE407	<i>Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo</i>	

- ✓ (2) Stazioni per gli imbocchi;
- ✓ (2) Stazioni fondamentali – coincidenti con le sezioni di calcolo.

Le progressive delle stazioni di monitoraggio per la galleria principale sono le seguenti:

- ✓ Stazione 7 di imbocco progr.0+050.00
- ✓ Stazione 8 fondamentale (calcolo) progr.0+165.00 (progr.9+480.00 dell'AP)
- ✓ Stazione 9 fondamentale (calcolo) progr.1+225.00 (progr.10+640.00 dell'AP)
- ✓ Stazione 10 di imbocco progr.1+370.00

Le misure effettuate si divideranno in:

- ✓ misure all'interno del cavo;
- ✓ misure all'esterno del cavo (per le stazioni di imbocco, strumenti piezometri ed inclinometri).

Nella tabella seguente si riportano le strumentazioni installate nelle varie stazioni di monitoraggio:

QUANTITA' STRUMENTAZIONI GALLERIA PRINCIPALE							
STRUMENTO	QUANTITA' SU STAZIONI N.						TOTALE
	1	2	3	4	5	6	
CC	2	2	2	2	2	2	12
CP	5	5	5	5	5	5	30
SG	6	6	6	6	6	6	36
SGC	16	16	16	16	16	16	96
Estensimetro multibase		3	3	3	3		12
Inclinometro esterno	1					1	2
Piezometro esterno	1					1	2

QUANTITA' STRUMENTAZIONI GALLERIE DI EMERGENZA					
STRUMENTO	QUANTITA' SU STAZIONI N.				TOTALE
	7	8	9	10	
CC	2	2	2	2	8
CP	5	5	5	5	20
SG	6	6	6	6	24
SGC	16	16	16	16	64
Estensimetro multibase		3	3		6
Inclinometro esterno	1			1	2
Piezometro esterno	1			1	2

Con:

- CC Celle di carico al piede della centina rivestimento prima fase;
- CP sono le Celle di pressione radiale su rivestimento prima fase;
- SG Strain Gauges su rivestimento prima fase;
- SGC Strain Gauges su rivestimento definitivo.

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		
VE407	<i>Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo</i>	

7.2 Misure delle soglie di attenzione di allarme sul rivestimento di prima fase

I valori di soglia di attenzione e di allarme risultano così definiti per una deformata C_{ATTESA} ottenuta con calcoli svolti in condizioni drenate:

- soglia di attenzione: **1.2 C_{ATTESA}**
- soglia di allarme: **1.3 $S_{ATTENZIONE}$**

I valori della deformata sono stati considerati per la fase di calcolo al getto dell'arco rovescio e risultano:

Sezione Tipo	H	Range teorico	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
(m)	Copertura	Conv. (mm)	Conv. (mm)	Conv. (mm)
B0	100,0	10,0	12,0	15,6
C1-C2	30,0	40,0	48,0	62,4
B0_PS	100,0	20,0	24,0	31,2
B0_BP	90,0	5,0	6,0	7,8
C1_BP	30,0	20,0	24,0	31,2

7.3 Valori di estrusione attesa sul fronte

Il criterio di definizione dei valori di soglia delle estrusioni non può essere basato direttamente sui risultati delle analisi numeriche alle differenze finite perché queste ultime sono sviluppate nel piano della sezione trasversale della galleria.

Si fa quindi riferimento a dei risultati di analisi numeriche tridimensionali svolte in casi confrontabili con quelli in esame, da cui si evince che il valore di estrusione del fronte è prossima al 60% della massima convergenza diametrale verticale del contorno, in presenza di pririvestimento e in assenza di consolidamento del fronte.

L'esperienza ricavata da misure di estrusione al variare della lunghezza dei tubi in VTR (Lunardi, 2000) indica che in presenza di efficaci consolidamenti, l'estrusione è circa il 25% di quella del fronte non sostenuto u_f .

Quindi otteniamo:

$$C_{ESTRUSIONE\ ATTESA} = 0,60 \times 0,25 \times u_f = 0,15 u_f$$

I valori di soglia di attenzione e di allarme per le misure di estrusione dei fronti risultano quindi così definiti:

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		
VE407	<i>Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo</i>	

- soglia di attenzione = **1.2 C**_{ESTRUSIONE ATTESA}
- soglia di allarme= **1.3 S**_{ATTENZIONE}

Si presentano in forma grafica i valori del vettore di spostamento del cavo non sostenuto per le differenti Sezioni di scavo della galleria.

Sezione Tipo	H	Range teorico	Soglia di attenzione	Soglia di allarme
(m)	Copertura	Estrusione. (mm)	Estrusione. (mm)	Estrusione. (mm)
B0	100,0	1,5	1,8	2,3
C1-C2	30,0	6,0	7,2	9,4
B0_PS	100,0	3,0	3,6	4,7
B0_BP	90,0	0,8	0,9	1,2
C1_BP	90,0	3,0	3,6	4,7

SS 51 "Alemagna" Variante di Longarone		
VE407	<i>Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo</i>	

8 CONDIZIONI DI SOSTA PROLUNGATA E SITUAZIONI DI EMERGENZA

Considerata la natura dello scavo in sotterraneo, le fasi di scavo e la sequenza delle operazioni sono state ipotizzate come ricorrenti senza soluzione di continuità.

Durante le fasi di avanzamento si potrebbero tuttavia manifestare particolari condizioni che conducono all'interruzione, programmata o meno, delle condizioni di scavo in una qualsiasi fase del ciclo produttivo previsto per la Sezione Tipo adottata.

In particolare, qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24h sarà necessario sagomare, in terreni non coesivi, il fronte a forma concava e porre in opera uno stato di betoncino fibrorinforzato di spessore di almeno 30 cm.

Se il fermo delle operazioni di avanzamento risultasse maggiore, il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il fronte di scavo consolidato, sagomato a forma concava e ricoperto di uno strato di betoncino fibrorinforzato idoneo alla stabilità e si dovrà procedere al getto contemporaneo dell'arco rovescio e delle murette a ridosso del fronte stesso.

Con riferimento alla gestione di particolari "situazioni di emergenza" durante le fasi di avanzamento, vengono di seguito fornite alcune indicazioni preliminari per la messa in sicurezza degli scavi:

- ✓ nel caso di "rilasci parziali" del fronte di scavo, si dovrà interrompere l'avanzamento al fronte applicando uno strato idoneo di betoncino fibrorinforzato e in funzione delle caratteristiche geomeccaniche rilevate procedere a un eventuale intervento aggiuntivo di consolidamento al fronte;
- ✓ qualora si verificassero "instabilità globali" del fronte sotto forma di crolli improvvisi e imprevedibili, occorrerà procedere alla messa in sicurezza del fronte mediante la creazione di un muro tampone al piede attraverso blocchi in cls o simili. Si dovrà verificare la necessità di procedere all'intasamento dei vuoti creati al contorno del cavo mediante l'iniezione di miscele cementizie iniettate in doppia fase a bassa e a alta pressione attraverso elementi strutturali in VTR opportunamente valvolati.

In ogni caso, la progettazione di dettaglio degli interventi per la messa in sicurezza del fronte di scavo e per la ripartenza potrà essere condotta solo una volta raccolte le evidenze dell'evento, (geometria della galleria, caratteristiche dell'ammasso e circolazione idrica) e la condizione contingente (prerivestimento, distanza getto rivestimento definitivo).