

SGC Grosseto Fano (E78).
Tratto Nodo di Arezzo (S. Zeno) - Selci Lama (E45).
Adeguamento a 4 corsie del tratto Le Ville - Selci Lama (E45).
Lotto 7.

PROGETTO DEFINITIVO

PG 364

ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

<p>IL GEOLOGO <i>Dott. Geol. Salvatore Marino</i> Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1069</p>	<p>PROGETTISTI SPECIALISTICI <i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p>	<p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria) GP INGENNERIA <i>GESTIONE PROGETTI INGENNERIA srl</i></p> <p>(Mandante) cooprogetti</p> <p>(Mandante) engeko</p> <p>(Mandante) AIM <i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i></p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE <i>Arch. Santo Salvatore Vermiglio</i> Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270</p>	<p><i>Ing. Moreno Panfili</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657</p>	<p>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12): <i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>
<p>L'ARCHEOLOGO <i>Dott.ssa Maria Grazia Liseno</i> Elenco MIBACT n. 1646</p>	<p><i>Ing. Claudio Muller</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 15754</p>	<p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035</p>
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO <i>Ing. Michele Consumini</i></p>	<p><i>Ing. Giovanni Suraci</i> Ordine Ingegneri Provincia di RC n. A2895</p>	
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO <i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>	<p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	

OPERE D'ARTE MAGGIORI
Gallerie naturali – Elaborati Generali
Relazione tecnica delle opere in sotterraneo
Scavo Tradizionale

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA
COMP.	PROGETTO	LIV.	ANNO	N.PROG.	
DP	LO702G	D2110			
CODICE ELAB.		T O O G N O O O S T R E O 1		A	-
D					
C					
B					
A	Emissione	Marzo '24	M.Morigi	A. Signorelli	G. Guiducci
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	3
3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	6
3.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
5. CONTESTO GEOTECNICO E GEOMECCANICO DI RIFERIMENTO.....	9
5.1. ANALISI DEL TRACCIATO	9
5.2. CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE	9
5.3. ANALISI QUALITATIVA DELLE POTENZIALI CRITICITA'	10
6. METODOLOGIA DI ANALISI	12
6.1. IMPORTANZA DEL FRONTE DI SCAVO	12
6.2. DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO ADECO RS	13
7. SEZIONI TIPO DI AVANZAMENTO E TIPOLOGIE DI INTERVENTO PREVISTE	14
7.1. SEZIONI TIPO ADOTTATE.....	14
4.1.2 Sezione tipo A0.....	15
4.1.4 Sezioni tipo B0 – B0v	17
4.1.5 Sezione tipo B2v	19
4.1.6 Sezioni tipo Piazzola di sosta	22
4.1.7 Bypass	24
8. TEMPI DI REALIZZAZIONE	27

1. PREMESSA

Nella presente relazione vengono esaminate le principali problematiche progettuali e gli aspetti tecnici relativi al progetto definitivo della galleria naturale “Le Ville”, all’interno dell’itinerario denominato “SGC Grosseto Fano (E78). Tratto Nodo di Arezzo (S. Zeno) – Selci Lama (E45), Adeguamento A 4 Corsie Del Tratto Le Ville - Selci Lama (E45), Lotto 7”.

In particolare nel seguito è riportata una descrizione generale dell’opera, la caratterizzazione geomeccanica dell’ammasso interessato dallo scavo e le fasi esecutive previste per gli avanzamenti in sotterraneo.

La presente relazione analizza l’esecuzione in sotterraneo del tratto naturale, secondo la seguente metodologia di lavoro:

- Fase conoscitiva: raccolta delle informazioni geologiche e geotecniche sull’area in esame, loro interpretazione e definizione dei parametri geotecnici di progetto;
- Fase di diagnosi: valutazione del comportamento allo scavo dei materiali attraversati in assenza di interventi. Si fa riferimento a 3 classi di comportamento del fronte a seconda dei fenomeni deformativi attesi: A (fronte stabile), B (fronte stabile a breve termine), C (fronte instabile);
- Fase di terapia: si individuano gli interventi idonei per realizzare l’opera in condizioni di sicurezza.

PROGETTAZIONE ATI:

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

La galleria Le Ville presenta un doppio fornice; la distanza tra gli assi delle gallerie stradali è pari a 30 – 35 m. Sono previsti by pass pedonali, pedo-carrabili e piazzole di sosta.

I due fornici della galleria Le Ville saranno scavati con metodo tradizionale.

Di seguito si riporta l'ubicazione degli interventi e la suddivisione tra la galleria artificiale e naturale.

	Galleria Le Ville – Dir Fano		Galleria Le Ville – Dir Grosseto	
	Pk inizio	PK fine	Pk inizio	PK fine
GA	0+850	0+870	0+770	0+795
GN	0+870	2+040	0+795	2+042
GA	2+040	2+080	2+042	2+060

La copertura massima delle gallerie è pari a circa 70 m.

Le piazzole di sosta sono collocate alle seguenti pk:

- Dir. Fano: 1+190 – 1+785
- Dir. Grosseto: 1+115 – 1+712

Con riferimento alle pk dir. Fano, si hanno i seguenti by-pass:

- 1+045 – 1+635 – 1+930, di tipo pedonale
- 1+342, di tipo pedo-carrabile

Non sono presenti sezioni in cui è previsto un allargamento per visibilità.

Le gallerie artificiali di imbocco, del tipo a portale, sono costruite previa realizzazione di paratie di micropali multitirantate.

Ciascuna piattaforma è organizzata nella seguente maniera: n. due corsie di larghezza 3,75 m e banchine laterali di 1.75m (corsia di marcia) e 0.50m (corsia di sorpasso).

Nelle seguenti figure sono riportati gli schemi funzionali della galleria in sezione corrente.

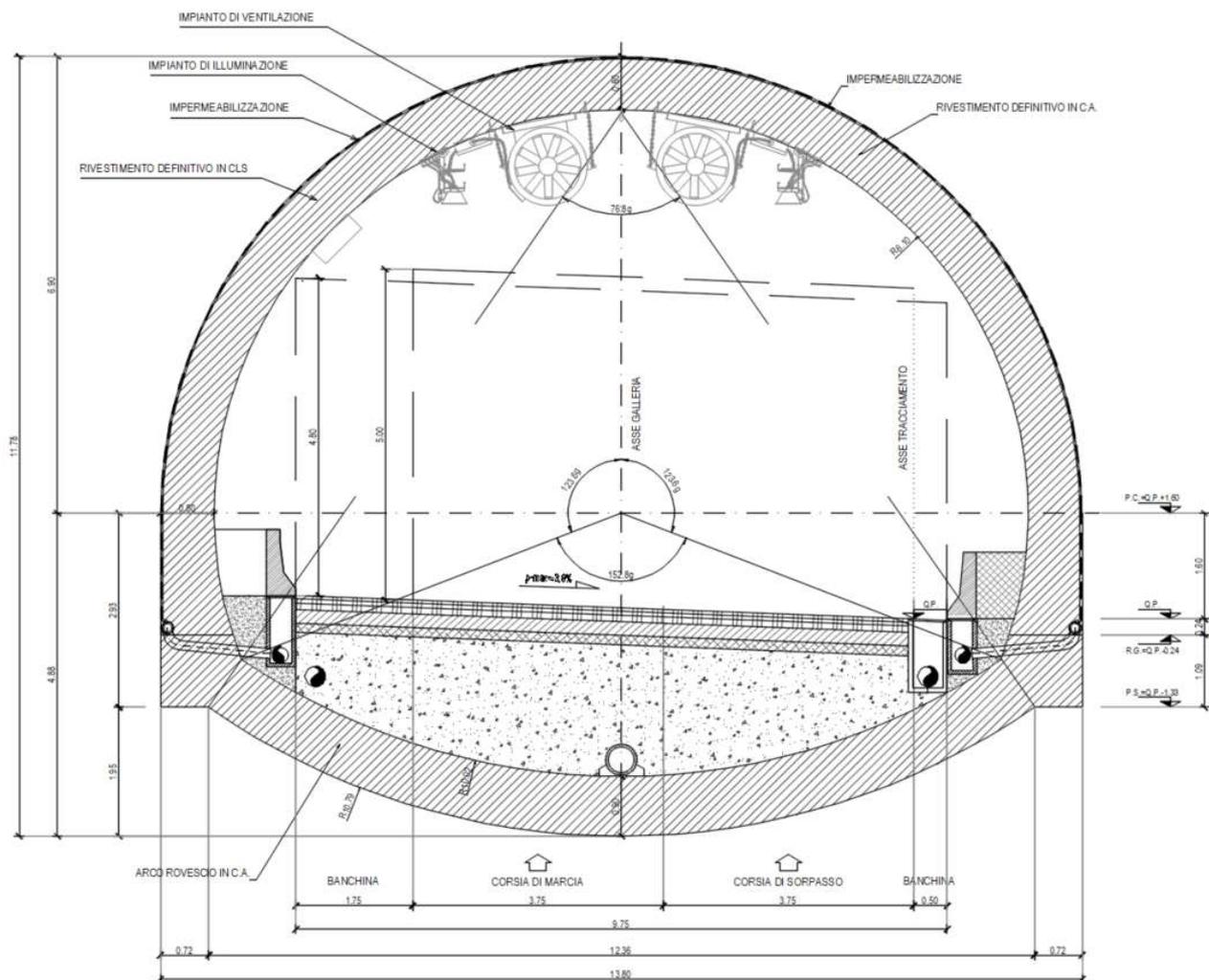


Figura 2.1: Funzionale sezione tipo standard

PROGETTAZIONE ATI:

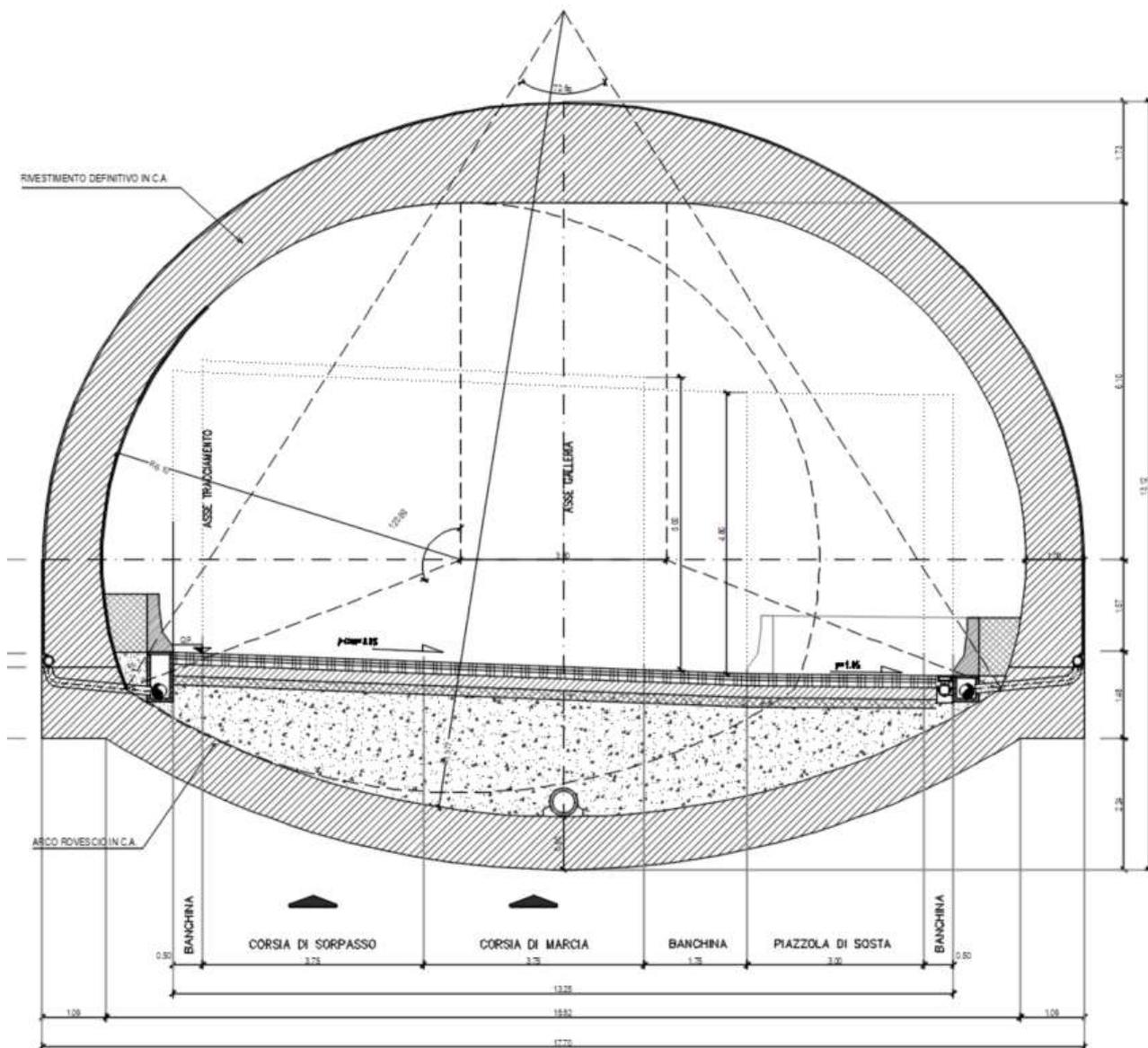


Figura 2.2: Funzionale sezione tipo Piazzola di sosta

PROGETTAZIONE ATI:

3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nel progetto è stato fatto riferimento alle seguenti Normative ed Istruzioni:

- D.M. 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. “Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”.

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

CALCESTRUZZI

UNI EN 206-1 (2006)

CLS MAGRO

- Classe di resistenza: C12/15

CLS RIVESTIMENTI DEFINITIVI GALLERIE STRADALI UNI EN 206-1 (2021); UNI 11101 (2016)

- Classe di resistenza: C28/35
- Classe di lavorabilità: S4
- Classe di esposizione: XC2
- Rapporto A/C: ≤ 0.5
- Dosaggio minimo di cemento: 300 kg/mc
- Diametro max aggregati: 25mm
- Copriferro armatura principale: 50mm

CLS PROIETTATO

- Destinazione d'uso UNI 10834: temporaneo strutturale (TS)
- Classe di resistenza: C28/35
- Classe di esposizione: XC2 (I)
- Resistenza media su carote $h/\phi = 1$ a 48h: $\geq 15\text{MPa}$
- Contenuto minimo di cemento: 450kg/mc
- Dosaggio fibre: $>15\text{kg/mc}$
- In alternativa fibre di vetro dosaggio minimo 12kg/mc
- In alternativa fibre in polipropilene dosaggio minimo 3.5-4.0kg/mc

FIBRE PER CLS PROIETTATO ACCIAIO

- In filo di acciaio trafilato a freddo $\phi \geq 0,5\text{ mm}$
- Resistenza a trazione $\geq 570\text{ N/mm}^2$
- Rapporto di aspetto l/ϕ compreso tra 50 e 80

PROGETTAZIONE ATI:

ACCIAIO PER ARMATURA CLS, PROFILATI E PIASTRE

BARRE DI ARMATURA: ACCIAIO B450C ad aderenza migliorata

- Tensione caratteristica a rottura, f_{tk} : 540MPa
- Tensione caratteristica di snervamento, f_{yk} : 450MPa

PROFILATI E PIASTRE PER CENTINE: ACCIAIO S275

- Tensione caratteristica di snervamento, f_{yk} : 275MPa
- Bulloni, classe 8.8

TUBI PER INFILAGGI: ACCIAIO S355

- Tensione caratteristica di snervamento, f_{yk} : 355MPa

TUBI IN VETRORESINA

TUBI IN VETRORESINA (VTR) TUBO 60/40 (SPESSORE 10mm)

- Perforazione: $\geq \varnothing 90\text{mm}$
- Contenuto in vetro: $\geq 50\%$
- Resistenza a trazione f_{yk} : $\geq 600\text{MPa}$
- Resistenza a taglio t : $\geq 150\text{MPa}$
- Modulo elastico E_v : $\geq 20000\text{MPa}$

MISCELE CEMENTIZIE PER CEMENTAZIONE INFILAGGI E CONSOLIDAMENTO FRONTE/CONTORNO

CEMENTAZIONE INFILAGGI

- Classe di resistenza: C20/25
- Rapporto A/C: 0.6-0.8
- Additivo fluidificante antiritiro

INIEZIONE VTR CONSOLIDAMENTO FRONTE E CONTORNO

- Classe di resistenza: C20/25
- Rapporto A/C: 0.6-0.8
- Additivo fluidificante antiritiro

DRENAGGI

- Tubi in PVC, $\varnothing 50/40\text{mm}$, larghezza fessure 1mm, distanza fessure massima: 10mm
- Rivestito con tessuto-non-tessuto 500gr/mq

IMPERMEABILIZZAZIONE E DRENAGGIO SEZIONE CORRENTE

TELI IN PVC PER IMPERMEABILIZZAZIONE

- Spessore: $2\pm 0.5\text{mm}$
- Peso specifico: 1.3g/cmq

PROGETTAZIONE ATI:

- Resistenza media a trazione: $\geq 15\text{MPa}$

TESSUTO NON TESSUTO

- Massa unitaria: 500g/mq
- Spessore: a 2.0kPa 3.8mm, a 200kPa 1.8mm
- Resistenza a punzonamento: 5.0kN
- Resistenza a trazione media: 45kN/m

PROGETTAZIONE ATI:

5. CONTESTO GEOTECNICO E GEOMECCANICO DI RIFERIMENTO

5.1. ANALISI DEL TRACCIATO

Gli scavi della galleria interessano la formazione del Macigno – Membro di Molin Nuovo con coperture che raggiungono i 70 m circa.

Sulla base delle formazioni geologiche precedentemente descritte e, in considerazione dell'interpretazione delle indagini e prove a disposizione, sono state definite le seguenti unità geotecniche:

- Unità geotecnica MAC1: formazione del Macigno;
- Unità geotecnica MAC1-Tett: formazione Macigno contatto Tettonico

Non è stata rilevata, nel corso delle campagne di indagini condotte, una significativa interazione con la falda.

5.2. CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE

Ai fini della caratterizzazione geomeccanica per la progettazione della galleria, sono stati utilizzati i dati desunti da bibliografia integrati con i parametri ottenuti dai risultati di indagini eseguite in sito e laboratorio. Per maggiori approfondimenti si faccia riferimento alla relazione geomeccanica allegata al progetto.

Di seguito si riporta una tabella di sintesi dei campi di variabilità dei parametri rappresentativi di tutte le litologie che interessano la galleria. Tali parametri saranno impiegati nelle analisi volte alla valutazione del comportamento del fronte e del cavo.

Tabella 5.1: Parametri di resistenza e deformabilità dei tratti in galleria

Domini geomeccanici	Macigno		Macigno -Tett	
	MAC1	MAC1	MAC1-Tett	MAC1-Tett
	Basse Cop	Medie Cop	Basse Cop	Medie Cop
Range Copertura	< 30	30-70	< 30	30-70
Peso di volume (kN/m ³)	24-26	24-26	24-26	24-26
Coesione (kPa)	200-300	300-450	80-100	100-200
Angolo di Attrito (°)	50-52	50-52	34-36	34-36
Modulo di deformabilità (MPa)	3000-5000	3000-5000	500-800	500-800
Coefficiente di Poisson	0.3	0.3	0.3	0.3

5.3. ANALISI QUALITATIVA DELLE POTENZIALI CRITICITA'

L'analisi del contesto geologico-stratigrafico, tettonico ed idrogeologico dell'area interessata dall'opera ha consentito una valutazione, seppur qualitativa, dei possibili scenari di rischio. Le valutazioni risentono ovviamente della quantità di dati disponibili alle profondità di intervento.

La metodologia di studio adottata ha seguito i seguenti step:

- Esame delle indagini geognostiche condotte
 - Sopralluoghi e rilievi geologici e geomeccanici
 - Identificazione dei fattori di rischio geologici, geomorfologici, geomeccanici, idrogeologici
 - Caratterizzazione e circoscrizione di ciascun fattore di rischio secondo i criteri di seguito elencati:
 - Analisi combinata, qualitativa, della probabilità di accadimento e della relativa incidenza (danno) per ciascun fattore individuato lungo il tracciato della galleria
 - Attribuzione qualitativa, per ciascuno degli aspetti analizzati, del grado di rischio (probabilità x danno=rischio)
-
- Valutazione dei rischi legati alle caratteristiche dell'ammasso roccioso
 - Presenza di corpi di frana in superficie;
 - Presenza di trovanti/blocchi
 - Instabilità del fronte e/o del cavo per la presenza di o Zone tettonizzate/superfici di taglio o Basse coperture o Transizione litologica
 - Fenomeni di subsidenza
 - Presenza di Cavità

B. Valutazione dei rischi legati alla presenza di acqua

- Venute d'acqua concentrate in fase di scavo
- Depauperamento risorse idriche ed interferenza con sorgenti e pozzi
- Carico idraulico elevato

L'analisi combinata della probabilità di accadimento e del relativo danno permette di definire le seguenti classi di rischio

- Rischio basso
- Rischio medio
- Rischio elevato

• Valutazione dei rischi legati alle caratteristiche dell'ammasso roccioso

1. Presenza di corpi di frana in superficie – Dagli studi geomorfologici allegati al progetto non si evince la presenza di frane interferenti con la galleria; solo in corrispondenza dell'imbocco lato Est, dir. Fano, si rileva una minima interferenza tra il tratto terminale della paratia di imbocco ed un fenomeno di soliflusso – Rischio basso

PROGETTAZIONE ATI:

2. Presenza di trovanti\blocchi – Le gallerie saranno scavate in contesti geomeccanici prevalentemente litoidi; non si evidenzia la presenza di formazioni sciolte con inclusioni di trovanti – Rischio trascurabile\basso
3. Instabilità del fronte e/o del cavo per la presenza di o Zone tettonizzate/superfici di taglio/strutture sepolte o Basse coperture o Transizione litologica – all’interno delle gallerie sono presenti diversi tratti in cui si riscontra la presenza di fasce tettonizzate, rappresentate nei profili geomeccanici di progetto, da cui un rischio medio
4. Fenomeni di subsidenza – l’ammasso roccioso si presenta competente e non ci sono interazioni con la falda, da cui un rischio trascurabile - basso
5. Presenza di cavità – Gli studi condotti non evidenziano la presenza di fenomeni di carsismo

B. Valutazione dei rischi legati alla presenza di acqua

Per quanto esposto precedentemente, non si rilevano rischi dovuti all’interazione degli scavi con la falda.

PROGETTAZIONE ATI:

6. METODOLOGIA DI ANALISI

Nella fase di diagnosi, sulla base degli elementi raccolti nella fase conoscitiva, si conducono previsioni sul comportamento deformativo del cavo in assenza di interventi, al fine di giungere all'individuazione di tratte a comportamento tenso-deformativo omogeneo suddivise in tre categorie di comportamento fondamentali: di tipo a fronte stabile (CASO A), di tipo a fronte stabile a breve termine (CASO B), di tipo a fronte instabile (CASO C).

6.1. IMPORTANZA DEL FRONTE DI SCAVO

La valutazione di come evolve lo stato tensionale a seguito dell'apertura di una galleria è possibile solo attraverso l'attenta analisi dei fenomeni deformativi, che fornisce utili indicazioni sul comportamento della cavità nei riguardi della stabilità a breve e a lungo termine. In particolare, l'elemento centrale per l'analisi dell'evoluzione dei fenomeni deformativi al contorno del cavo, attraverso il quale è possibile valutare la stabilità della galleria, è il comportamento del fronte di scavo. Tale comportamento è condizionato:

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

Il comportamento del fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente di tre tipi:

- A. Stabile
- B. Stabile a breve termine
- C. Instabile.

Nei paragrafi che seguono si descrivono nel dettaglio i tre casi suddetti.

Gallerie a fronte stabile (CASO A)

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

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

Gallerie a fronte stabile a breve termine (CASO B)

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

Tale situazione tensionale produce nell'ammasso roccioso al fronte una decompressione, che porta al superamento della resistenza del materiale e che induce fenomeni deformativi più accentuati del caso precedente.

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

rivestimento definitivo costituirà il margine di sicurezza a lungo termine. In caso contrario lo stato tenso-deformativo potrà evolvere verso situazioni d'instabilità del cavo.

Gallerie a fronte instabile (CASO C)

L'instabilità progressiva del fronte di scavo è attribuibile ad un'accentuazione dei fenomeni deformativi nel campo plastico, che risultano immediati e più rilevanti manifestandosi prima ancora che avvenga lo scavo, oltre il fronte stesso. Di conseguenza tali deformazioni producono una decompressione più spinta nell'ammasso roccioso oltre il fronte e conducono ad un decadimento rapido e progressivo delle caratteristiche meccaniche d'ammasso anche a causa della formazione di microfratture, talora preesistenti e alla rottura dei legami intermolecolari.

6.2. DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO ADECO RS

In funzione delle coperture previste per ciascun litotipo e dei parametri geomeccanici dell'ammasso interessato dallo scavo della galleria sono state individuate le risposte deformative allo scavo.

Con riferimento alla relazione di calcolo della galleria, la risposta prevalente è costituita da comportamento tipo A ed A\B.

Di seguito la descrizione delle sezioni tipo di scavo e consolidamento e delle carpenterie definitive predisposte per lo scavo ed il completamento delle gallerie.

PROGETTAZIONE ATI:

7. SEZIONI TIPO DI AVANZAMENTO E TIPOLOGIE DI INTERVENTO PREVISTE

7.1. SEZIONI TIPO ADOTTATE

In merito alle modalità di avanzamento delle gallerie è prevista l'adozione dello scavo a piena sezione, dove l'entità degli sfondi è funzione delle caratteristiche geomeccaniche degli ammassi attraversati e del loro comportamento allo scavo; tale metodologia di scavo consente il controllo delle deformazioni al contorno del cavo (e conseguentemente dei livelli di plasticizzazione) attraverso l'installazione del priverivestimento a ridosso del fronte. Il rivestimento definitivo di calotta e di arco rovescio sarà gettato ad una distanza funzione dello stato deformativo del priverivestimento e della pressione esercitata dall'ammasso circostante. Quali azioni di "pre-sostegno" in avanzamento al fronte si è previsto l'impiego di elementi strutturali mediante l'applicazione di infilaggi metallici nelle zone di basse coperture per evitare fenomeni di instabilità. Questo assolve alla funzione di "scaricare" il nucleo di scavo riducendo, in combinazione con il trattamento del fronte, i fenomeni estrusivi del nucleo, i valori di pre-convergenza al fronte e conseguentemente controllando lo stato di plasticizzazione dell'ammasso e le pressioni sul cavo. Tale intervento permette di evitare il decadimento dei parametri geomeccanici dell'ammasso verso condizioni residue. Quali azioni di "pre-consolidamento" in avanzamento al contorno del cavo si sono previsti elementi in VTR cementati in foro. I rivestimenti sono previsti in cemento armato. A tergo dei rivestimenti definitivi di calotta e piedritto si porrà in opera l'impermeabilizzazione, costituita da uno strato di geotessuto e da un telo in PVC. Le sezioni tipo di avanzamento prevedono gli interventi descritti nei paragrafi che seguono, intesi quali quantità medie, da calibrare in funzione del comportamento deformativo riscontrato allo scavo attraverso l'analisi delle misure e dei rilievi di un apposito monitoraggio, descritto nei successivi capitoli.

PROGETTAZIONE ATI:

4.1.2 SEZIONE TIPO A0

La sezione tipo A0 sarà impiegata nei contesti geomeccanici più favorevoli, in particolare nelle tratte a coperture maggiori con valori di GSI superiori a 55, dove lo stato tensionale al contorno della cavità in prossimità del fronte si mantiene in campo elastico e i fenomeni deformativi osservabili sono di piccola entità e tendono ad esaurirsi rapidamente. In questo caso anche il comportamento del cavo sarà stabile (rimanendo in campo elastico) e quindi non si rendono necessari interventi preventivi di consolidamento; il rivestimento definitivo costituirà allora il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine. Potrà essere previsto, per tale sezione tipo, l'abbattimento del fronte mediante esplosivo.

	Sezione	A0
	Tipo	Circolare
	Campo di scavo	-
Pre sostegno	Bullonatura radiale	-
	Infilaggi metallici	-
	VTR al fronte	-
	VTR al contorno	-
Rivestimento di I fase	Centine	sostegno di prima fase costituito da n. 2 centine IPN140 ad interasse 1.0 m
	Spritz beton	spritz beton fibrorinforzato di spessore 15 cm
	Impermeabilizzazione con telo in PVC e TNT	✓
Rivestimento di II fase	Arco rovescio	0.7
	Calotta	0.6
	Piedritti	0.6

Si prevedono le seguenti fasi operative:

1. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza massima 2m; sagomatura del fronte a forma concava e disaggio di eventuali blocchi; si prevede l'applicazione, al termine di ogni volata, di uno strato di spritz beton fibrorinforzato di spessore 5cm sul fronte ed al contorno;
2. posa in opera del rivestimento di prima fase: al termine di ogni sfondo posa in opera del priverivestimento
3. getto di murette ed arco rovescio senza vincolo di distanza dal fronte;

PROGETTAZIONE ATI:

4. posa impermeabilizzazione;
5. getto del rivestimento definitivo senza vincolo di distanza dal fronte.

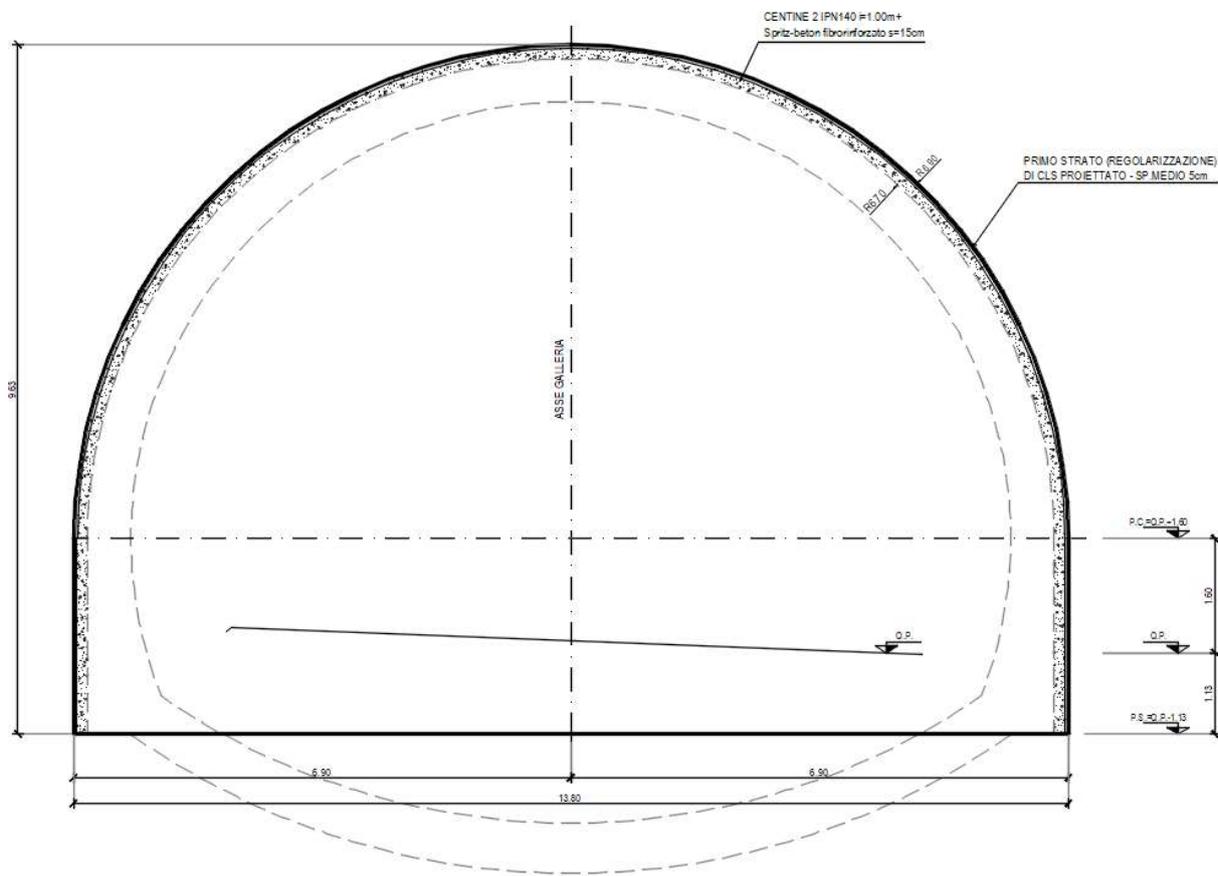


Figura 7.1: Sezione tipo A0

PROGETTAZIONE ATI:

4.1.4 SEZIONI TIPO B0 – B0v

La sezione tipo B0 sarà impiegata in contesti geomeccanici favorevoli, in particolare nelle tratte a coperture maggiori con valori di GSI nel range 45-55, dove lo stato tensionale al contorno della cavità in prossimità del fronte si mantiene in campo elastico e i fenomeni deformativi osservabili sono di piccola entità e tendono ad esaurirsi rapidamente. In questo caso anche il comportamento del cavo sarà stabile (rimanendo in campo elastico) e quindi non si rendono necessari interventi preventivi di consolidamento; il rivestimento definitivo costituirà allora il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

La sezione tipo B0v è prevista in prevalenza per lo scavo all'interno delle zone tettonizzate, con comportamento valutato al limite tra stabile (A) e stabile a breve termine (B) in cui le condizioni di fratturazione rendono necessari interventi di precontenimento in calotta.

	Sezione	B0	B0v
	Tipo	Circolare	Troncoconica
	Campo di scavo	-	12
Pre sostegno	Bullonatura radiale		
	Infilaggi metallici		presostegno al contorno con n. 39 tubi metallici ϕ 127 sp.10 mm, L = 16m, sovrapposizione 4m
	VTR al fronte		
	VTR al contorno		
Rivestimento di I fase	Centine	sostegno di prima fase costituito da n. 2 centine IPN180 ad interasse 1.0 m	sostegno di prima fase costituito da n. 2 centine IPN180 ad interasse 1.0 m
	Spritz beton	spritz beton fibrorinforzato di spessore 20 cm	spritz beton fibrorinforzato di spessore 20 cm
	Impermeabilizzazione con telo in PVC e TNT	✓	✓
Rivestimento di II fase	Arco rovescio	0.9	1.0
	Calotta	0.8	0.5-1.2
	Piedritti	0.8	0.5-1.2

Si prevedono le seguenti fasi operative:

1. esecuzione sul fronte di avanzamento, sagomato a forma concava, ed al contorno di uno strato di spritz beton di spessore 5 cm per ogni sfondo;
2. presostegno al contorno del cavo mediante tubi metallici (solo B0v);

PROGETTAZIONE ATI:

3. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza 1.0m, sagomando il fronte a forma concava ed operando il disaggio di eventuali blocchi;
4. rivestimento di prima fase: posa in opera di centine metalliche e spritz beton;
5. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;
6. getto di murette ed arco rovescio;
7. getto del rivestimento definitivo

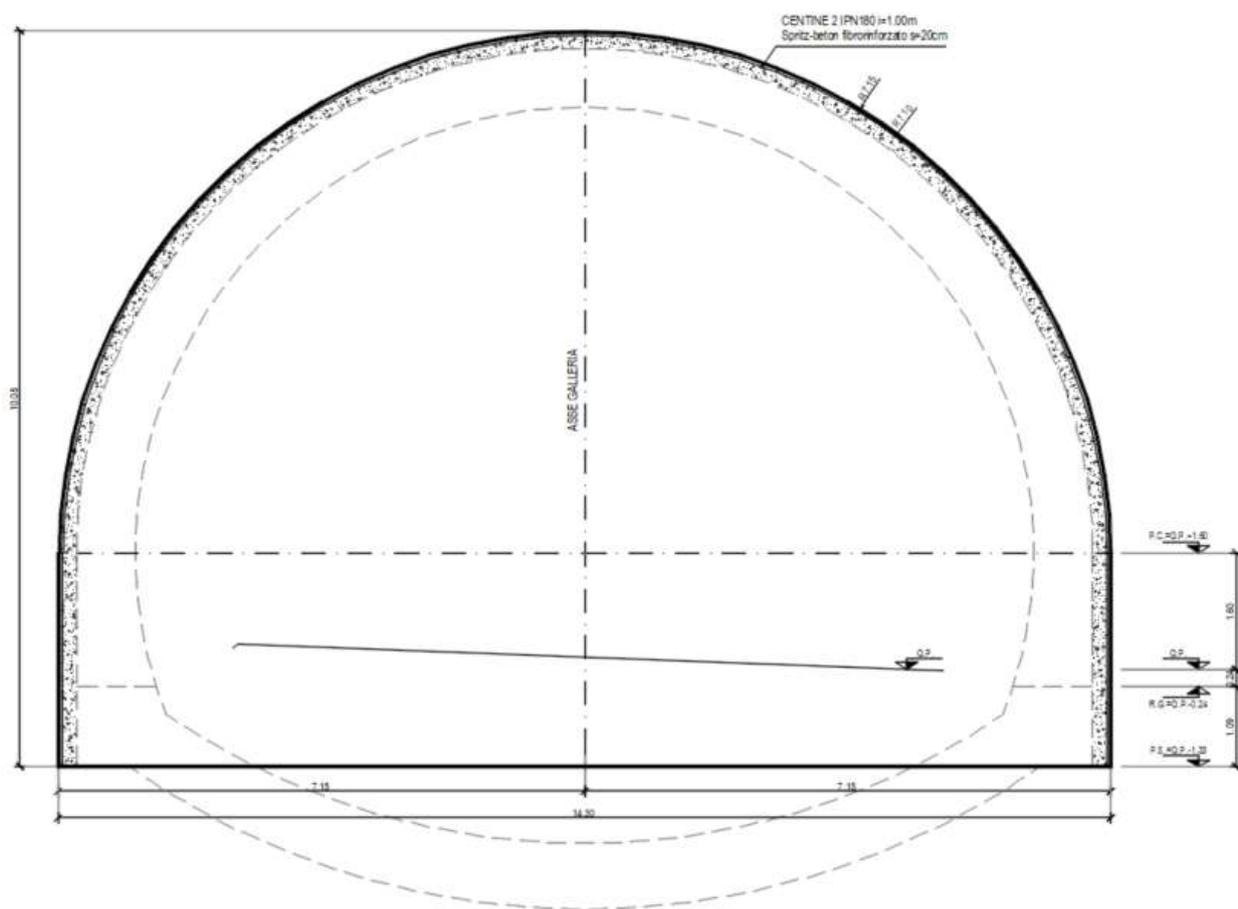


Figura 7.2: Sezione tipo B0

PROGETTAZIONE ATI:

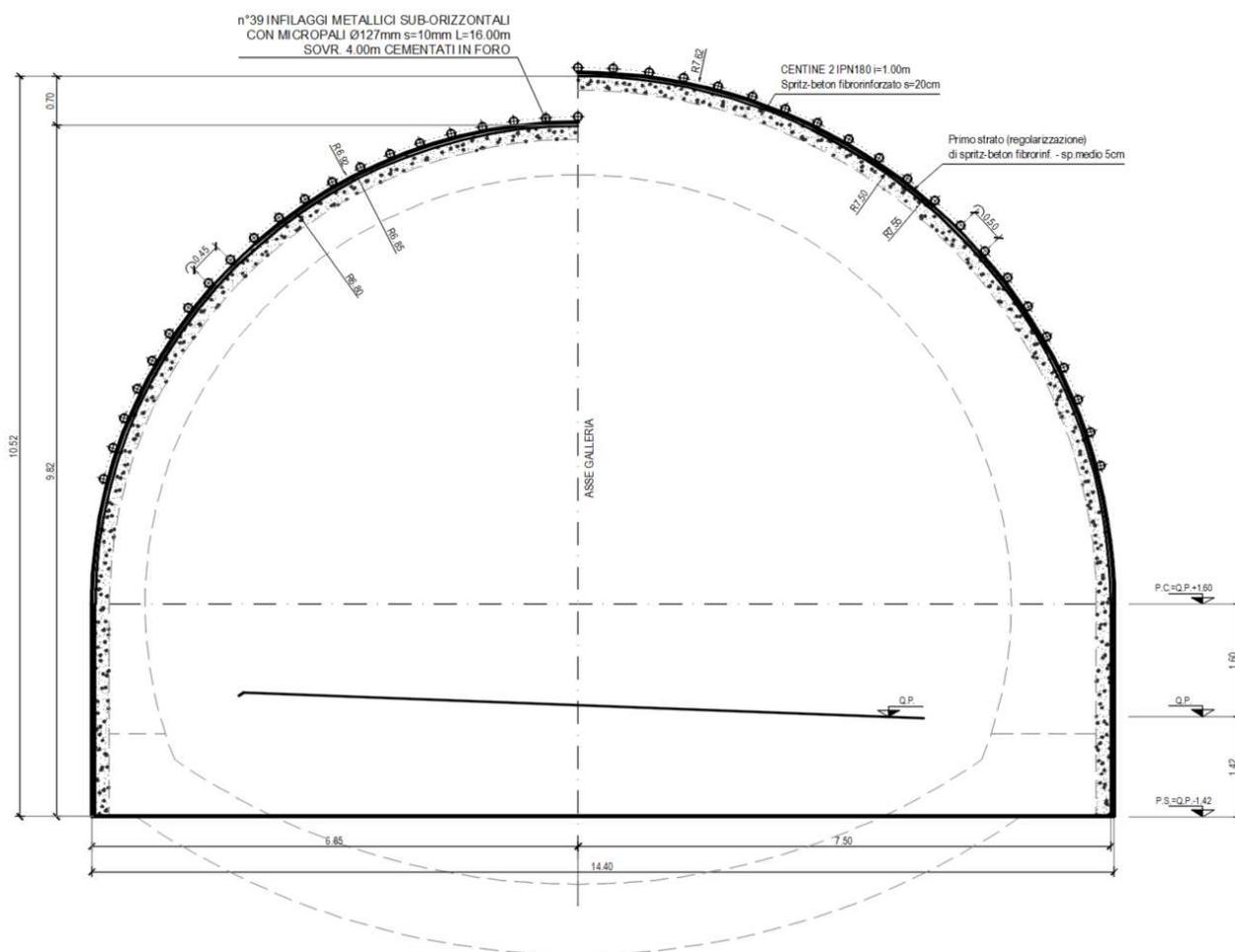


Figura 7.3: Sezione tipo B0v

4.1.5 SEZIONE TIPO B2v

La sezione tipo B2v sarà impiegata nei contesti geomeccanici più sfavorevoli, in corrispondenza degli imbocchi lato Est. In questo caso anche il comportamento del cavo sarà stabile a breve termine.

	Sezione	B2v
	Tipo	Troncoconica
	Campo di scavo	12
Pre sostegno	Bullonatura radiale	
	Infilaggi metallici	presostegno al contorno con n. 39 tubi metallici ϕ 127 sp.10 mm, L = 16m, sovrapposizione 4m

PROGETTAZIONE ATI:

	VTR al fronte	preconsolidamento al fronte costituito da n. 65 VTR cementati in foro di lunghezza L = 21m, sovrapposizione 9m
	VTR al contorno	
Rivestimento di I fase	Centine	sostegno di prima fase costituito da n. 2 centine IPN180 ad interasse 1 m
	Spritz beton	spritz beton fibrorinforzato di spessore 20 cm
	Impermeabilizzazione con telo in PVC e TNT	✓
Rivestimento di II fase	Arco rovescio	0.9
	Calotta	0.5-1.2
	Piedritti	0.5-1.2

Si prevedono le seguenti fasi operative:

1. esecuzione sul fronte di avanzamento, sagomato a forma concava, ed al contorno di uno strato di spritz beton di spessore 5 cm per ogni sfondo;
2. presostegno al contorno del cavo mediante tubi metallici;
3. Preconsolidamento del fronte mediante elementi in VTR
4. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza 1.0m, sagomando il fronte a forma concava ed operando il disaggio di eventuali blocchi;
5. rivestimento di prima fase: posa in opera di centine metalliche e spritz beton;
6. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;
7. getto di murette ed arco rovescio;
8. getto del rivestimento definitivo

PROGETTAZIONE ATI:

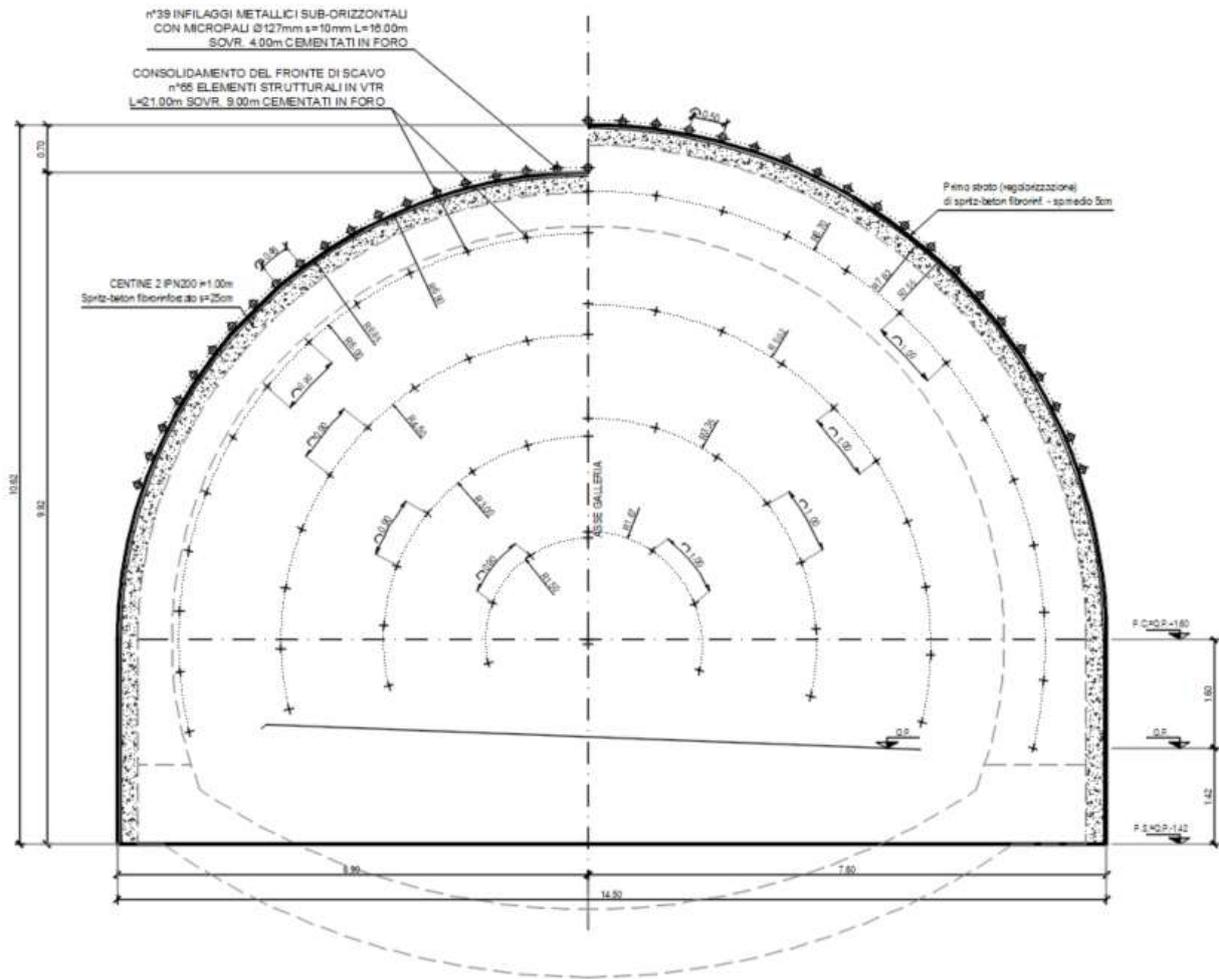


Figura 7.4: Sezione tipo B2v

PROGETTAZIONE ATI:

4.1.6 SEZIONI TIPO PIAZZOLA DI SOSTA

Le sezioni tipo piazzola di sosta sono di due tipi: la PZ-cil sarà applicata nei contesti geomeccanici più favorevoli e non presenta alcun tipo di presostegno e/o preconsolidamento in avanzamento; la sezione tipo PZ- tc sarà invece applicata nei tratti in cui la formazione litoide del Macigno si presenta cataclasata.

	Sezione	PZ-cil	PZ-tc
	Tipo	Cilindrica	Troncoconica
	Campo di scavo	-	10
Pre sostegno	Bullonatura radiale		
	Infilaggi metallici		presostegno al contorno con n. 61 tubi metallici ϕ 127 sp.10 mm, L = 15m, sovrapposizione 5m
	VTR al fronte		n.78 elementi in VTR L=20m, sovrapposiz. 10m
	VTR al contorno		
Rivestimento di I fase	Centine	sostegno di prima fase costituito da n. 2 centine IPN220 ad interasse 1.0 m	sostegno di prima fase costituito da n. 2 centine IPN220 ad interasse 1.0 m
	Spritz beton	spritz beton fibrorinforzato di spessore 25 cm	spritz beton fibrorinforzato di spessore 25 cm
	Impermeabilizzazione con telo in PVC e TNT	✓	✓
Rivestimento di II fase	Arco rovescio	0.9	0.9
	Calotta	1.0-1.73	0.6 (1.33)-1.3 (2.01)
	Piedritti	1.0	0.6-1.3

Si prevedono le seguenti fasi operative:

1. esecuzione sul fronte di avanzamento, sagomato a forma concava, ed al contorno di uno strato di spritz beton di spessore 5 cm per ogni sfondo;
2. presostegno al contorno del cavo mediante tubi metallici (PZ-tc);
3. Preconsolidamento del fronte mediante elementi in VTR (PZ-tc)
4. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza 1.0m, sagomando il fronte a forma concava ed operando il disaggio di eventuali blocchi;
5. rivestimento di prima fase: posa in opera di centine metalliche e spritz beton;
6. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;

PROGETTAZIONE ATI:

7. getto di murette ed arco rovescio ad una distanza dal fronte pari a 4 diametri per la PZ-cil e 2 diametri per la PZ-tc;
8. getto del rivestimento definitivo ad una distanza dal fronte non vincolata per la PZ-cil e pari a 4 diametri per la PZ-tc

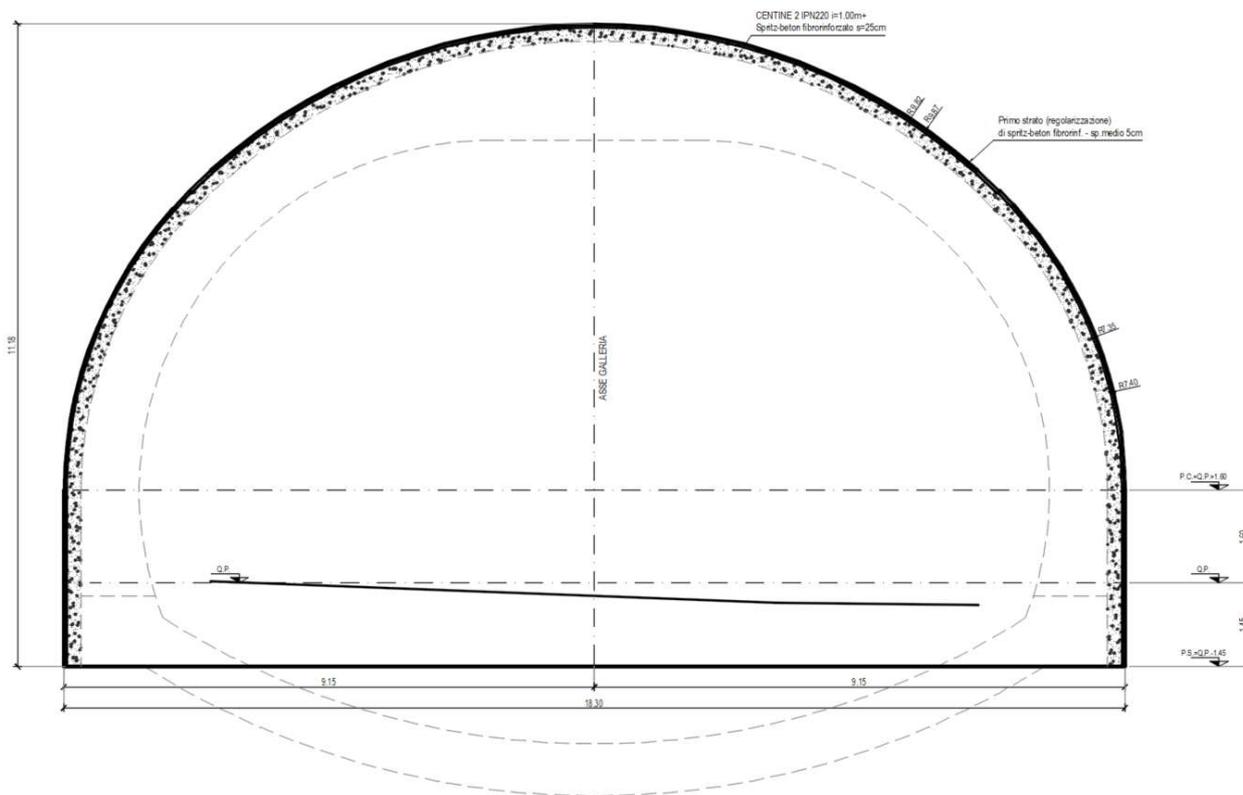


Figura 7.5: Sezione tipo PZ-cil

PROGETTAZIONE ATI:

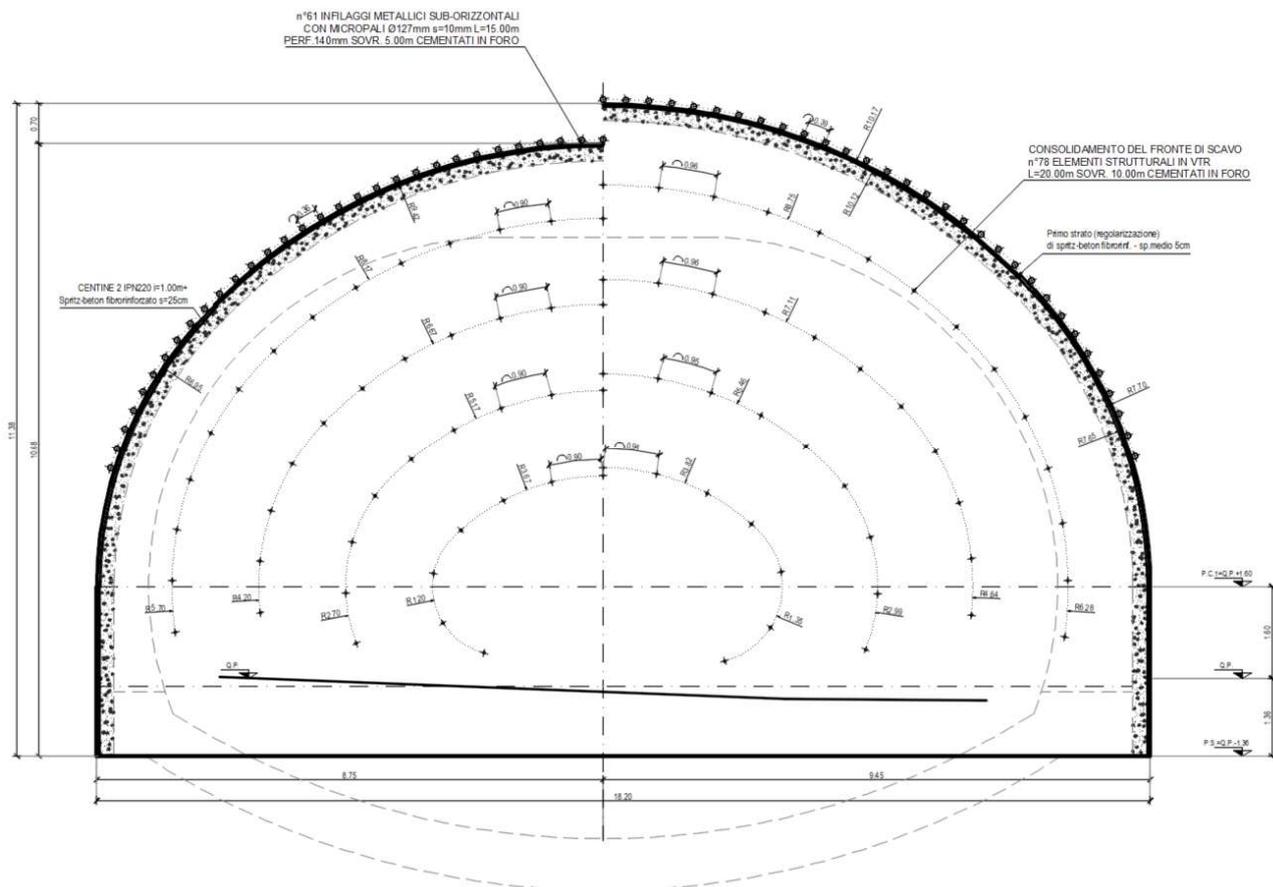


Figura 7.6: Sezione tipo PZ-tc

4.1.7 BYPASS

La sezione tipo Bypass Pedocarrabile è caratterizzata da:

- eventuali 3+3 drenaggi in avanzamento, rivestiti con calza TNT;
- pre-consolidamento del nucleo d'avanzamento mediante 36 tubi in VTR cementati in foro L=20m;
- prerivestimento composto da uno strato di 20 cm di spritz-beton proiettato fibrorinforzato e doppie centine IPN180 con passo 1.0m;
- scavo a sezione cilindrica per sfondi di lunghezza 1.0m;
- arco rovescio in ca di spessore 70 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte di 0.5Φ .
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore di 60cm gettato ad una distanza massima dal fronte 1Φ .

PROGETTAZIONE ATI:

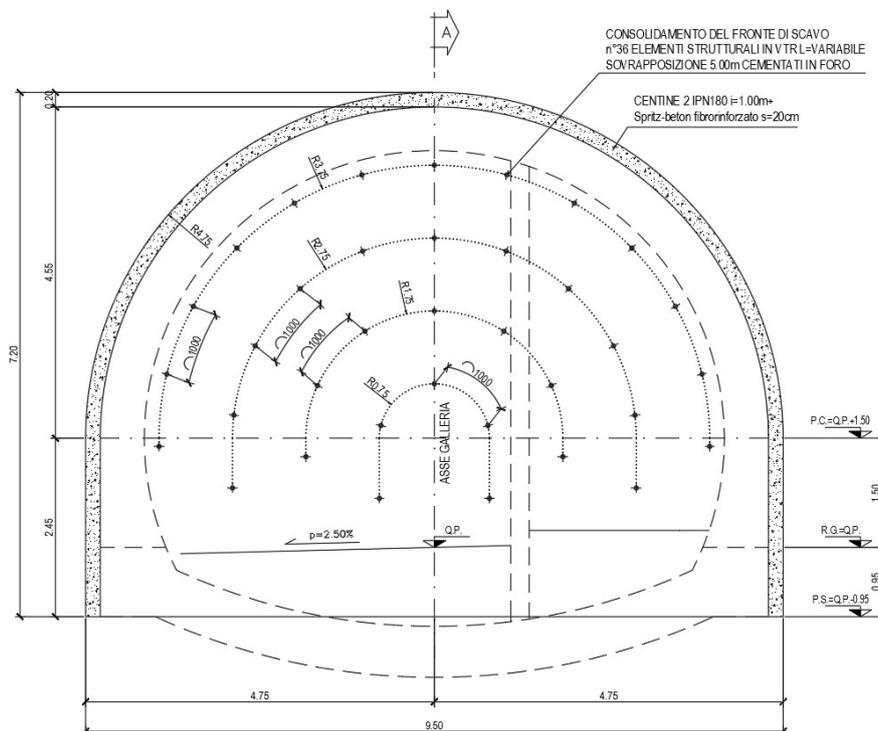


Figura 7-7 – Sezione tipo Bypass pedocarrabile

Si prevedono le seguenti fasi operative:

1. esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm (fine campo);
2. preconsolidamento al fronte mediante tubi in VTR cementati in foro;
3. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza 1.0m, sagomando il fronte a forma concava;
4. esecuzione di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm al fronte e 5 cm al contorno (ad ogni sfondo);
5. rivestimento di prima fase: posa in opera di centine metalliche e spritz beton spessore 20 cm;
6. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;
7. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza massima dal fronte di 0.5 diametri;
8. getto del rivestimento definitivo ad una distanza massima dal fronte di 1 diametro.

La sezione tipo Bypass Pedonale è caratterizzata da:

- eventuali 3+3 drenaggi in avanzamento, rivestiti con calza TNT;
- pre-consolidamento del nucleo d'avanzamento mediante 27 tubi in VTR cementati in foro aventi lunghezza variabile, sovrapposizione 5m;
- prerivestimento composto da uno strato di 16 cm di spritz-beton proiettato fibrinforzato + 4cm di spritz non fibrinforzato e doppie centine IPN160 con passo 1.0m;
- scavo a sezione cilindrica per sfondi di lunghezza 1.0m;

PROGETTAZIONE ATI:

- arco rovescio in ca di spessore 50 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte di 5m.
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore di 50cm gettato ad una distanza massima dal fronte 10m.

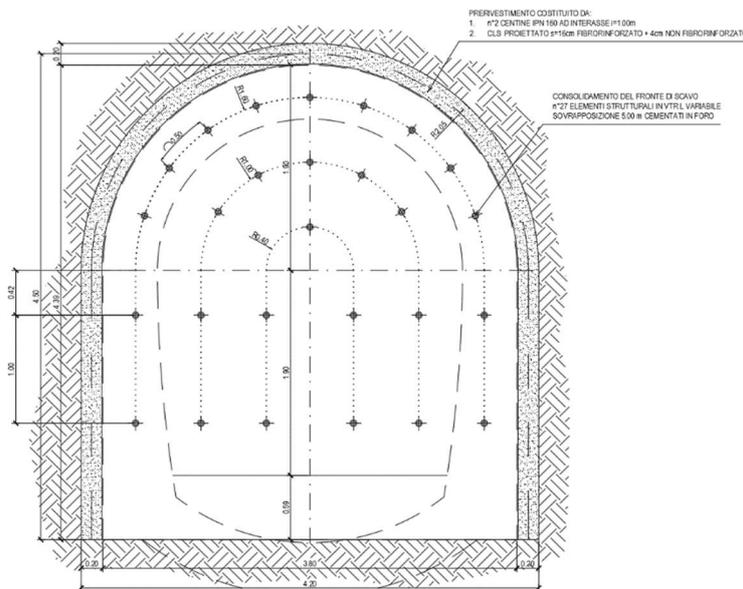


Figura 7-8 – Sezione tipo Bypass pedonale

Si prevedono le seguenti fasi operative:

1. esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm (fine campo);
2. preconsolidamento al fronte mediante tubi in VTR cementati in foro;
3. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza 1.0m, sagomando il fronte a forma concava;
4. esecuzione di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm al fronte e 5 cm al contorno (ad ogni sfondo);
5. rivestimento di prima fase: posa in opera di centine metalliche e spritz beton spessore 20 cm;
6. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;
7. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza massima dal fronte di 5m;
8. getto del rivestimento definitivo ad una distanza massima dal fronte di 10m.

PROGETTAZIONE ATI:

8. TEMPI DI REALIZZAZIONE

Di seguito vengono riportati i tempi di scavo medi relativi a ogni sezione tipo prevista.

In particolare, si fa riferimento al tempo di completamento dello scavo e la posa in opera del rivestimento di prima fase compresa la fase dell'eventuale consolidamento; per le sezioni che prevedono il getto dei rivestimenti a distanze restrittive dal fronte il ciclo delle lavorazioni si intende completo del getto dell'arco rovescio prima del successivo intervento di consolidamento.

Il ciclo delle lavorazioni si riferisce tre turni di lavoro di 8 ore nella quale non sono contemplati gli eventuali imprevisti (che possono avere una elevata incidenza) o interventi suppletivi. Inoltre, a livello di consolidamento si tiene in considerazione la sezione media di riferimento (media della variabilità prevista per le linee guida).

I tempi medi giornalieri di scavo ed i relativi giorni necessari per il completamento del campo di avanzamento sono riportati nella Tabella 8.1.

Tabella 8.1: Tempi medi di scavo e di completamento del campo per le varie sezioni tipo.

Sezione tipo	Tempi medi di scavo	Campo di Scavo	Tempi di completamento Campo di Scavo
	ml/gg	ml	gg lavorativi
PZ-tc	0.50	10	20.0
PZ-cil	0.75	-	scavo in continuità
B2V	1.00	12	12.0
B0v	0.75	12	16.0
B0	1.20	-	scavo in continuità
A0	1.50	-	scavo in continuità
Bypass pedocarrabile	2.00	-	scavo in continuità
Bypass pedonale	2.00	-	scavo in continuità