

S.G.C. E78 GROSSETO - FANO

Tratto Selci Lama (E45) - S. Stefano di Gaifa.
Adeguamento a 2 corsie del tratto della Variante di Urbania

PROGETTO DEFINITIVO

ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorini</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111 settore a-b-c</p> <p><i>Ing. Moreno Parifini</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657</p> <p><i>Ing. Claudio Muller</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 15754</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)</p> <p>GPI INGEGNERIA GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</p> <p>cooprogetti cocoprogetti</p> <p>engeko</p> <p>AIM Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</p> <p>IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 2):</p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035</p>
<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Salvatore Marino</i></p> <p>Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1069</p>		
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Vincenzo Catone</i></p>		
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</p> <p><i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>		

OPERE D'ARTE MAGGIORI

Gallerie

Elaborati generali

Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV.PROG.	ANNO	T00GN00OSTRE01_A		
DPAN247	D	22	CODICE ELAB. T00GN00OSTRE01	A	-
D					
C					
B					
A	Emissione		Dic. '21	Morigi	Signorelli
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO
					APPROVATO

INDICE

1.	<u>PREMESSA.....</u>	<u>2</u>
2.	<u>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</u>	<u>3</u>
3.	<u>DESCRIZIONE DELLE OPERE</u>	<u>4</u>
4.	<u>CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DELL'OPERA</u>	<u>7</u>
5.	<u>CONTESTO GEOTECNICO E GEOMECCANICO DI RIFERIMENTO</u>	<u>10</u>
6.	<u>CRITERI DI PROGETTO E DI CALCOLO</u>	<u>12</u>
6.1.	CRITERI DI PROGETTO	12
6.2.	CRITERI DI SCELTA DELLE SEZIONI DI CALCOLO	13
7.	<u>SEZIONI TIPO DI SCAVO E INTERVENTI PREVISTI.....</u>	<u>16</u>
7.1.	SEZIONE TIPO A0.....	16
7.2.	SEZIONE TIPO B1.....	17
7.3.	SEZIONE TIPO B2V.....	18
7.4.	SEZIONE TIPO C1	20
8.	<u>METODO DI SCAVO E TEMPI DI REALIZZAZIONE</u>	<u>22</u>
9.	<u>INCIDENZA ARMATURE DELLE SEZIONI TIPO</u>	<u>24</u>
9.1.	SEZIONE TIPO A0.....	24
9.2.	SEZIONE TIPO B1.....	24
9.3.	SEZIONE TIPO B2V.....	25
9.4.	SEZIONE TIPO C1	25

1. PREMESSA

La presente relazione è redatta nell'ambito del Progetto Definitivo per l'adeguamento a 2 corsie del tratto della Variante di Urbania, rientrante nel tronco Selci Lama – S.Stefano di Gaifa della E78 Grosseto Fano, e definisce le tecniche di scavo, le tempistiche realizzative e le sezioni tipo adottate per la realizzazione delle gallerie:

- Galleria Il Monte (lunghezza complessiva pari a 780 m);
- Galleria Urbania I (lunghezza complessiva pari a 700 m);
- Galleria Urbania II (lunghezza complessiva pari a 750 m);
- Galleria Urbania III (lunghezza complessiva pari a 650 m).

Inoltre, si riportano le tabelle riassuntive delle incidenze di armatura, adottate nei computi, relative alle sezioni tipo delle gallerie naturali.

PROGETTAZIONE ATI:

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- 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”;
- DM 05-11-01, n.6792 e s.m.i.: “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”;

PROGETTAZIONE ATI:

3. DESCRIZIONE DELLE OPERE

La costruzione della SGC Grosseto – Fano è iniziata negli anni '60 con la realizzazione di vari tratti ormai aperti al traffico, sia in Toscana che nelle Marche. Il tracciato si sviluppa per la maggior parte della sua lunghezza in coincidenza o come variante di alcune strade statali esistenti (SS 223 di Paganico, SS 73 Senese - Aretina, SS 73 bis di Bocca Trabaria) per le quali si è già provveduto negli anni addietro ad adeguarne le caratteristiche piano – altimetriche e di sezione.

Nell'area oggetto di intervento il traffico che percorre l'itinerario della Grosseto Fano è ad oggi costretto ad attraversare il centro abitato di Urbania dapprima percorrendo la S.S. 73 bis e poi deviando sulla SP4 Metaurense che in qualche modo bypassa il centro storico ma rimane all'interno di un territorio fortemente urbanizzato e presenta una serie di intersezioni con la viabilità urbana.

L'intervento in progetto interessa interamente il Comune di Urbania ed ha un'estensione totale di circa 6,0 km, con una sezione stradale tipo C1 secondo il D.M. 2001.

Nell'ambito della realizzazione di questo tracciato è previsto lo scavo delle gallerie naturali "Il Monte", "Urbania I", "Urbania II" e "Urbania III".

Le sezioni tipo *standard* delle gallerie prevedono una carreggiata costituita da due corsie di larghezza pari a 3.75 m ciascuna, una banchina in destra di larghezza 1.5 m e una banchina in sinistra di larghezza 1.50 m. La sagoma interna di queste sezioni, riportata in Figura 3.1, presenta una geometria policentrica con raggio di calotta pari a 7.47 m (con piano dei centri a +0.92 m dalla q.p.), raggio dei piedritti pari a 7.75 m (con piano dei centri a +0.76 m dalla q.p.) e raggio dell'arco rovescio pari a 18.47 m. Laddove la sezione di scavo è cilindrica, l'area di scavo è pari a circa 153.94 mq, mentre dove è previsto l'utilizzo di sezioni troncoconiche, l'area di scavo è compresa tra 160.38 e 184.50 mq circa, rispettivamente per la sezione di scavo minima e massima.

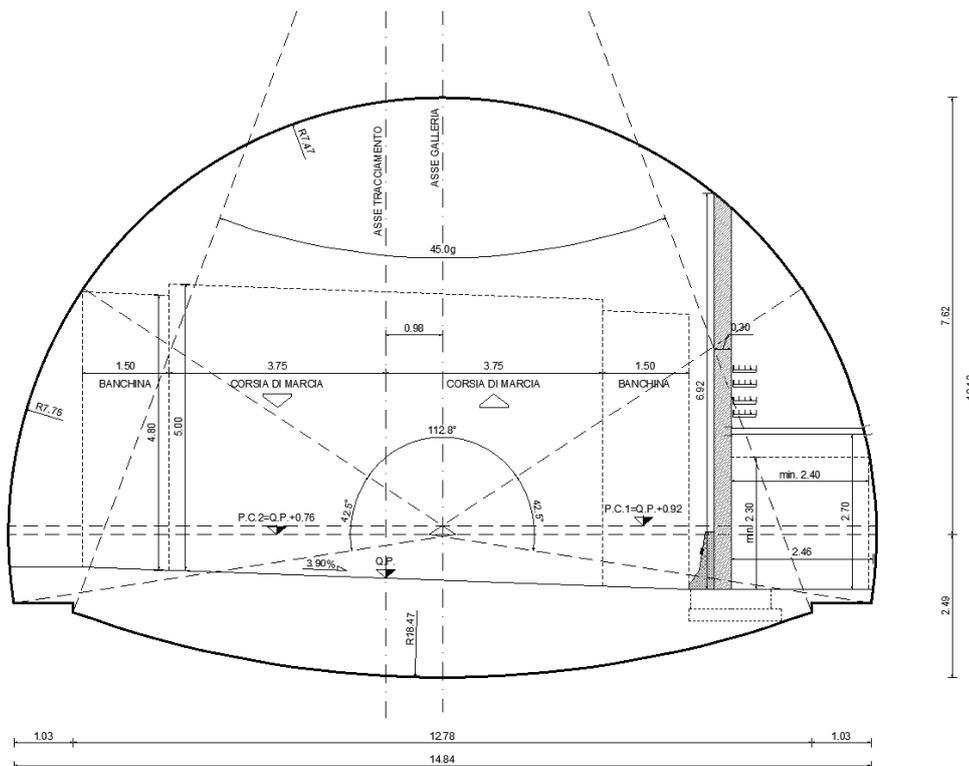


Figura 3.1: Sezione tipo funzionale standard.

PROGETTAZIONE ATI:

La galleria Il Monte è compresa tra le progressive pk 0+750.5 e pk 1+486.5 per una lunghezza totale di circa 780 m ed è costituita da 1 tratto in naturale e da 2 tratti in artificiale, in corrispondenza degli imbocchi. Nel tratto compreso tra le progressive pk 1+060.0 e pk 1+140.0, per una parte della tratta scavata in naturale caratterizzata da basse coperture, è prevista la realizzazione di un intervento di consolidamento dall'alto, mediante la realizzazione di pali plastici. La copertura massima è dell'ordine di circa 45 m.

La galleria Urbania I è compresa tra le progressive pk 1+717.5 e pk 2+425.0 per una lunghezza totale di circa 700 m ed è costituita da 1 tratto in naturale e da 2 tratti in artificiale, in corrispondenza degli imbocchi. La copertura massima è dell'ordine di circa 80 m.

La galleria Urbania II è compresa tra le progressive pk 2+633.0 e pk 3+395.0 per una lunghezza totale di circa 750 m ed è costituita da 1 tratto in naturale e da 2 tratti in artificiale, in corrispondenza degli imbocchi. La copertura massima è dell'ordine di circa 80 m.

La galleria Urbania III è compresa tra le progressive pk 3+910.0 e pk 4+600.0 per una lunghezza totale di circa 650 m ed è costituita da 1 tratto in naturale e da 2 tratti in artificiale, in corrispondenza degli imbocchi. La copertura massima è dell'ordine di 27 m.

Nelle figure seguenti si riportano degli stralci planimetrici delle quattro gallerie:



Figura 3.2: Stralci planimetrico della galleria "Il Monte"



Figura 3.3: Stralci planimetrico della galleria "Urbania I"

PROGETTAZIONE ATI:

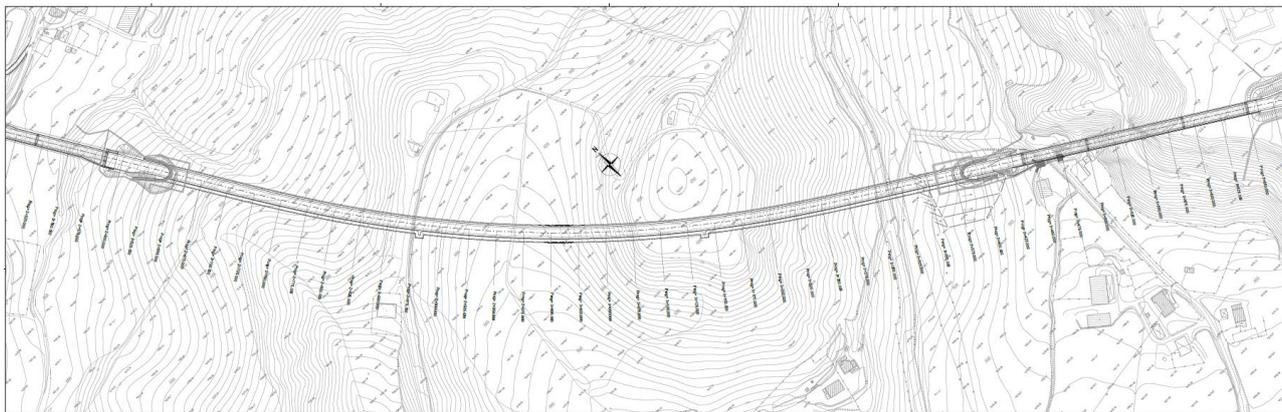


Figura 3.4: Stralcio planimetrico della galleria "Urbania II"



Figura 3.5: Stralcio planimetrico della galleria "Urbania III"

PROGETTAZIONE ATI:

4. CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DELL'OPERA

CALCESTRUZZO

- CALCESTRUZZO MAGRO

Classe di resistenza: C12/15

- CALCESTRUZZO PER OPERE STRUTTURALI

Classe di resistenza: C25/30

Classe di esposizione: XC2

Classe di consistenza: S4

Diametro massimo degli inerti: 25mm

- CLS PROIETTATO

Classe: 28/35

Resistenza media su carote $h/\varnothing=1$ (a 48h): $\geq 15\text{MPa}$

Contenuto minimo di cemento: 300kg/mc

Dosaggio di fibre: $>30\text{kg/mc}$

In alternativa fibre di vetro dosaggio min. 12kg/mc

In alternativa fibre in polipropilene dosaggio min. 3.5 – 4.0 kg/mc

FIBRE PER CLS PROIETTATO ACCIAIO

Filo trafilato a freddo $\varnothing \geq 0.5\text{mm}$

Resistenza a trazione $\geq 570\text{N/mm}^2$

Rapporto di aspetto l/\varnothing compreso tra 50 e 80

FIBRE PER CLS PROIETTATO (alternativo) FIBRE DI VETRO/POLIPROPILENE

Resistenza a trazione $\geq 550\text{N/mm}^2$

Rapporto di aspetto l/\varnothing compreso tra 50 e 80

ACCIAIO

- ARMATURA

PROGETTAZIONE ATI:

ACCIAIO B450C

Tensione caratteristica a rottura f_{tk} : 540MPa

Tensione di snervamento, f_{yk} : 450MPa

- ARMATURA MICROPALI

ACCIAIO S355

Tensione di snervamento, f_{yk} : 355MPa

- PROFILATI E PIASTRE PER CENTINE

ACCIAIO S275

Tensione caratteristica di snervamento, f_{yk} : 275MPa

MISCELE CEMENTIZIE

- PER CEMENTAZIONE INFILAGGI

Classe di resistenza cls: C20/25

Rapporto a/c: 0.6 - 0.7

Additivo fluidificante e antiritiro

- PER INIEZIONI DI CONSOLIDAMENTO FRONTE

Classe di resistenza cls: C20/25

Rapporto a/c: 0.6÷0.7

Additivo fluidificante e antiritiro

ELEMENTI STRUTTURALI IN VETRORESINA

piatti in VTR 40x6 mm ad aderenza migliorata mediante riporto di sabbia
quarzosa e sabbia resinata

contenuto di vetro $\geq 60\%$

Resistenza a trazione f_{yk} : 500MPa

Resistenza a taglio τ : 140MPa

Modulo elastico E_v : 15000MPa

Perforazione: $\geq \varnothing 90\text{mm}$

PROGETTAZIONE ATI:

In alternativa tubi VTR Tubo 60/40 spessore 10 mm

Perforazione: $\geq \varnothing 90\text{mm}$

contenuto di vetro $\geq 50\%$

Resistenza a trazione f_{yk} : 450MPa

Resistenza a taglio τ : 485MPa

Modulo elastico E_v : 20000MPa

DRENAGGI

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

TELI IN PVC PER IMPERMEABILIZZAZIONE

Spessore: $2 \pm 0.5\text{mm}$

Peso specifico: $1.3\text{g/cm}^2 \pm 2\%$

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

TESSUTO NON TESSUTO

Massa unitaria: 500g/mq

Spessore: $\geq 3.0\text{ mm}$ a 2kPa, $\geq 1.9\text{ mm}$ a 200kPa

Resistenza a punzonamento: $\geq 4.0\text{ kN}$

Resistenza a trazione media: $\geq 20\text{ kN/m}$

5. CONTESTO GEOTECNICO E GEOMECCANICO DI RIFERIMENTO

Ai fini della caratterizzazione geomeccanica dei terreni per la progettazione delle gallerie, sono stati utilizzati i dati desunti da bibliografia, integrati con i parametri ottenuti dai risultati di indagini eseguite in sito e sui campioni indisturbati prelevati. Attraverso l'applicazione della classificazione G.S.I. (Hoek & Marinos, 2001), per le formazioni a carattere litoide strutturalmente complesse e attraverso l'uso dei parametri di resistenza che caratterizzano il modello di Hoek-Brown, si sono ricavati, attraverso interpolazione, gli intervalli equivalenti dei parametri relativi al modello di Mohr-Coulomb. Per i terreni si sono desunti, direttamente dalle informazioni a disposizione, i parametri secondo il modello di Mohr-Coulomb.

Partendo quindi dai risultati delle indagini ($GSI, m_i, H, \sigma_{ci}, \gamma$), si sono valutati i parametri di resistenza $c'-\phi'$ determinati attraverso la linearizzazione del criterio di rottura di Hoek-Brown:

$$\phi' = \sin^{-1} \left[\frac{6\alpha m_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{\alpha-1}}{2(1+\alpha)(2+\alpha) + 6\alpha m_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{\alpha-1}} \right]$$

$$c' = \frac{\sigma_{ci} [(1+2\alpha)s + (1-\alpha)m_b \sigma'_{3n}] (s + m_b \sigma'_{3n})^{\alpha-1}}{(1+\alpha)(2+\alpha) \sqrt{1 + \frac{6\alpha m_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{\alpha-1}}{(1+\alpha)(2+\alpha)}}}$$

Dove:

- $\alpha = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} (e^{-GSI/15} - e^{-20/3})$
- $m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI-100}{28-14D}\right)$ (Valore ridotto del parametro m_i)
- $\sigma'_{3n} = \frac{\sigma'_{3max}}{\sigma_{ci}}$
- $\sigma'_{3max} = \sigma'_{cm} 0.47 \left(\frac{\sigma'_{cm}}{\gamma H}\right)^{-0.94}$ (Limite superiore tensione di confinamento)
- $\sigma'_{cm} = \sigma_{ci} \frac{(m_b + 4s - \alpha(m_b - 8s)) \left(\frac{m_b + s}{4}\right)^{\alpha-1}}{2(1+\alpha)(2+\alpha)}$ (Resistenza globale dell'ammasso)
- σ_{ci} (Resistenza a compressione della roccia intatta)
- $s = \exp\left(\frac{GSI-100}{9-3D}\right)$ (Parametro legato all'assetto geostrutturale)
- GSI *Geological Strength Index*
- D *Fattore di disturbo*
- m_i *Parametro di Hoek e Brown della roccia intatta*
- H *Altezza della copertura*

Successivamente, a completamento della caratterizzazione dell'ammasso roccioso, è stato valutato il modulo elastico del materiale, attraverso la seguente formula proposta da Hoek (anch'essa implementata nel programma RocLab v. 1.032 della Rocscience), che tiene in conto sia le proprietà qualitative dell'ammasso roccioso (GSI), sia gli effetti del danneggiamento provocato dalla tipologia di scavo (D):

PROGETTAZIONE ATI:

$$E = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} 10^{\left(\frac{GSI-10}{40}\right)}$$

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

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

Tratto	Lunghezza tratto	GSI	mi	σ_c [Mpa]	Copertura [m]		Parametri					
							c' [Kpa]		Φ' [°]		E [Gpa]	
							min	max	min	max	min	max
1	25.5	30 - 40	7	10 - 20	5	15	40	70	40	45	1	2.5
2	266.15	30 - 40	7	10 - 20	15	30	70	150	40	45	1	2.5
3	25.5	30 - 40	7	10 - 20	10	15	40	70	40	45	1	2.5
4	92	-	-	-	3	10	30	50	27	30	0.3	0.35
5	59.5	30 - 40	7	10 - 20	10	25	30	50	27	30	0.3	0.35
6	186	30 - 40	7	10 - 20	20	45	80	185	38	43	1	2.5
7	68	30 - 40	7	10 - 20	5	30	50	150	45	55	1	2.5

Gli intervalli proposti risultano essere indicativi e talora ampi a causa di una dispersione dei dati osservati e soprattutto al fine di tenere conto del grado di alterazione e della eterogeneità presente in diverse tratte delle formazioni. I valori inferiori dell'intervallo si applicano principalmente a campi di copertura modesti ovvero in presenza di stati tensionali contenuti.

L'analisi dei dati disponibili ha permesso di individuare le caratteristiche geotecniche in modo puntuale, con riferimento alla singola opera. Le caratteristiche di resistenza e di deformabilità sono state stimate mediante i risultati delle indagini eseguite (risultati delle prove di laboratorio, correlazioni disponibili in letteratura per i risultati delle prove in sito).

Al fine del calcolo delle opere si è ritenuto opportuno caratterizzare dal punto di vista del comportamento meccanico le formazioni presenti facendo riferimento alla meccanica delle terre, attribuendo alle proprietà fisico meccaniche valori diversi in funzione dei risultati delle indagini ottenuti per le diverse profondità e del diverso comportamento meccanico del terreno in funzione dell'opera in progetto.

L'insieme delle indagini in asse al tracciato ha permesso la ricostruzione del profilo stratigrafico con un grado di dettaglio idoneo alle esigenze progettuali (si vedano i profili geomeccanici delle gallerie).

6. CRITERI DI PROGETTO E DI CALCOLO

6.1. CRITERI DI PROGETTO

Le gallerie naturali sono state progettate utilizzando la tecnica di scavo ADECO-RS. Tale metodo, in fase progettuale, si articola in tre fasi: una fase conoscitiva, riferita alla conoscenza geologica, geomeccanica ed idrogeologica del mezzo e all'analisi degli equilibri naturali preesistenti; una fase di diagnosi, riferita all'analisi e alla previsione, per via teorica, del comportamento del mezzo in termini di risposta deformativa, nell'ipotesi di assenza d'interventi di stabilizzazione, in funzione delle condizioni di stabilità del nucleo-fronte (categorie A, B e C); una fase di terapia, riferita, prima, alla definizione delle modalità di scavo e stabilizzazione del mezzo al fine di regimare, in accordo con le categorie di comportamento A, B e C, la risposta deformativa e poi alla valutazione, per via teorica, dell'efficacia delle soluzioni scelte; in questa fase sono composte le sezioni tipo prevedendo l'applicazione e le possibili variabilità in funzione del reale comportamento deformativo della galleria in fase di scavo che sarà misurato durante la costruzione della galleria.

Il comportamento del fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente ricondotto alle seguenti tre categorie di comportamento.

- CATEGORIA A: Galleria a fronte stabile
- CATEGORIA B: Galleria a fronte stabile a breve termine
- CATEGORIA C: Galleria a fronte instabile

Le tre categorie precedentemente introdotte secondo il metodo ADECO-RS sono definite secondo le seguenti caratteristiche.

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

PROGETTAZIONE ATI:

rapido e progressivo delle caratteristiche meccaniche d'ammasso anche a causa della formazione di microfrazture, talora preesistenti e alla rottura dei legami intermolecolari.

Nella figura seguente si riporta un esempio delle tre tipologie di comportamento del fronte di scavo:

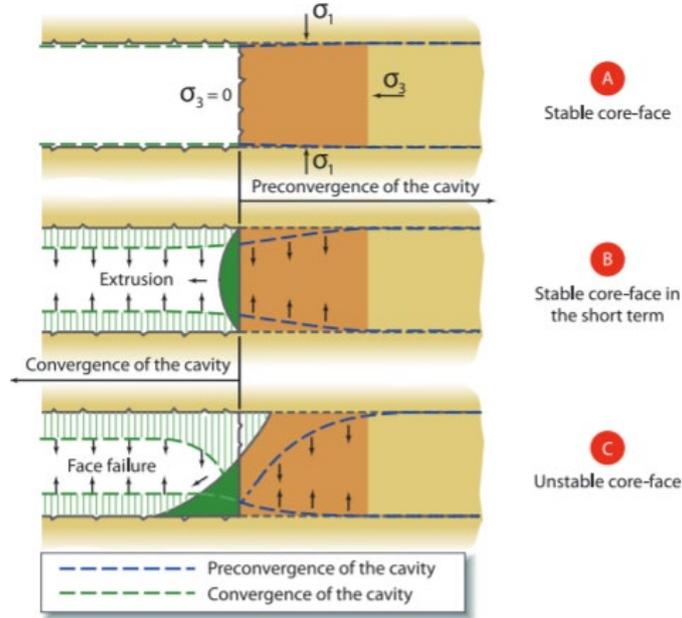


Figura 6.1: Definizione delle categorie di comportamento in riferimento alla stabilità del fronte di scavo

6.2. CRITERI DI SCELTA DELLE SEZIONI DI CALCOLO

Le quattro gallerie, previste nel progetto, attraversano in parte le medesime unità geologiche. Tale condizione ha consentito di poter individuare delle tratte omogenee, in termini di caratteristiche meccaniche degli ammassi, comuni a tutte e quattro le gallerie.

Le analisi sono quindi svolte esaminando le 4 sezioni tipologiche previste (A0, B1, B2v, C1), in corrispondenza delle tratte a comportamento omogeneo che presentano condizioni geomeccaniche sfavorevoli, dettate dalla massima copertura litostatica e dalle scarse caratteristiche di resistenza e deformabilità dell'ammasso attraversato. Infatti, queste condizioni influiscono negativamente sia sullo stato tensionale agente sulla struttura, sia sulle deformazioni e convergenze indotte durante le fasi di scavo. Pertanto, tutte le verifiche effettuate per le varie sezioni tipo sono rappresentative e valide per le restanti tratte delle gallerie, in quanto caratterizzate da contesti geomeccanici migliori rispetto a quelli che caratterizzano le tratte esaminate.

Nelle tabelle seguenti si riportano i tratti a comportamento omogeneo per le 4 gallerie, dove sono evidenziate le sezioni di analisi e le corrispondenti sezioni tipologiche previste nella tratta.

Tabella 6.1: Tratte omogenee - Galleria Il Monte

Tratta	Lunghezza tratto [m]	Sezioni di analisi	SEZIONI	Valori medi			Copertura Media [m]
				c' [Kpa]	Φ' [°]	E [Gpa]	
1	25.5		B2V/C1	55	42.5	1.75	10
2	266.15		A/B1/B2V	110	42.5	1.75	22.5
3	25.5		B2V/C1	55	42.5	1.75	12.5

PROGETTAZIONE ATI:

4	92		PALI PLASTICI	40	28.5	0.325	6.5
5	59.5	C1	C1	40	28.5	0.325	17.5
6	186		A/B1/B2V	130	40.5	1.75	32.5
7	68		B2V/C1	100	50	1.75	17.5

Tabella 6.2: Tratte omogenee - Galleria Urbania I

Tratta	Lunghezza tratto [m]	Sezioni di analisi	SEZIONI	Valori medi			Copertura Media [m]
				c' [Kpa]	Φ' [°]	E [Gpa]	
1	42.5		B2V/C1	92.5	46.5	1.75	12.5
2	47.52		A/B1	597.5	61	10	30
3	30.27		A/B1	185	46	1.75	42.5
4	39.71		A/B1	667.5	61	10	47.5
5	124.26	A	A/B1	190	35.5	1.75	62.5
6	167.44		B1/B2V/C1	245	43	1.75	65
7	92.62		A/B1	150	39.5	1.75	40
8	59.5		B2V/C1	100	46	1.75	15

Tabella 6.3: Tratte omogenee - Galleria Urbania II

Tratta	Lunghezza tratto [m]	Sezioni di analisi	SEZIONI	Valori medi			Copertura Media [m]
				c' [Kpa]	Φ' [°]	E [Gpa]	
1	25.5		B2V/C1	20	25	0.2	7.5
2	35.53		A/B1	92.5	46.5	1.75	15
3	98.41		A/B1	587.5	61.5	10	27.5
4	100		B1/B2V/C1	40	28.5	0.7	45
5	120		A/B1	667.5	58.5	10	47.5
6	40.59		A/B1	245	43	1.75	67.5
7	67.01	B1/B2V/C1	B1/B2V/C1	40	28.5	0.7	77.5
8	72.4		A/B1	252.5	43	1.75	65
9	56.61		A/B1	637.5	59.5	10	37.5
10	30.21		A/B1	560	62.5	10	20
11	51		B2V/C1	87.5	47.5	1.75	10

Tabella 6.4: Tratte omogenee - Galleria Urbania III

Tratta	Lunghezza tratto [m]	Sezioni di analisi	SEZIONI	Valori medi			Copertura Media [m]
				c' [Kpa]	Φ' [°]	E [Gpa]	
1	76.5	C1	C1	20	25	0.2	10
2	112.28		A/B1	560	62.5	10	20
3	38.98		A/B1/B2V	252.5	43	1.75	22.5
4	52.74	B1	B1/B2V/C1	40	28.5	0.5	17.5
5	232.63		A/B1/B2V	92.5	46.5	1.75	17.5

PROGETTAZIONE ATI:

6	42.5		B2V/C1	52.5	47.5	1.75	7.5
---	------	--	--------	------	------	------	-----

In particolare, si è scelto di esaminare le sezioni tipo nelle seguenti tratte:

1. La sezione tipo **A**
 - a. Galleria Urbania 1 – tratto 5
2. La sezione tipo **B (B1/B2v)**
 - a. Galleria Urbania 2 – tratto 7
 - b. Galleria Urbania 3 – tratto 4
3. La sezione tipo **C1**
 - a. Galleria Il Monte – tratto 5
 - b. Galleria Urbania 2 – tratto 7
 - c. Galleria Urbania 3 – tratto 1

PROGETTAZIONE ATI:

7. SEZIONI TIPO DI SCAVO E INTERVENTI PREVISTI

Si riporta di seguito la descrizione delle sezioni tipo di scavo e consolidamento previste per le gallerie naturali “Il Monte”, “Urbania I”, “Urbania II” e “Urbania III”.

7.1. SEZIONE TIPO A0

La sezione tipo A0, cilindrica policentrica, è caratterizzata da:

- Sfondo massimo 3.0 m;
- n. 1+1 drenaggi in avanzamento (eventuali, in presenza di acqua), L=30.0m e sovrapposizione pari a 10.m, ciechi i primi 5 m da bocca foro e microfessurati i restanti 25 m;
- protezione del fronte con uno strato di 10 cm di spritz-beton a protezione di ogni voltata;
- prerivestimento composto da un primo strato di 5 cm di spritz-beton fibrorinforzato, centine 2IPN180 con passo $p = 1.00 \div 1.50$ m e da un secondo strato di 20 cm di spritz-beton fibrorinforzato;
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- Arco rovescio in calcestruzzo armato di spessore pari a 60 cm eseguito ad una distanza dal fronte di scavo non vincolata;
- Calotta in calcestruzzo (non armato) di spessore pari a 60 cm eseguito ad una distanza dal fronte di scavo non vincolata.

Si riporta in Figura 7.1 la sezione trasversale della sezione.

Si prevedono le seguenti fasi operative:

1. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza massima 3.0 m;
2. eseguire uno strato di spritz beton di spessore 10 cm prima di ogni volata;
3. rivestimento di prima fase: al termine di ogni sfondo posa in opera di centine metalliche e spritz beton;
4. posa impermeabilizzazione;
5. getto di murette ed arco rovescio senza vincolo di distanza dal fronte;
6. getto del rivestimento definitivo senza vincolo di distanza dal fronte.

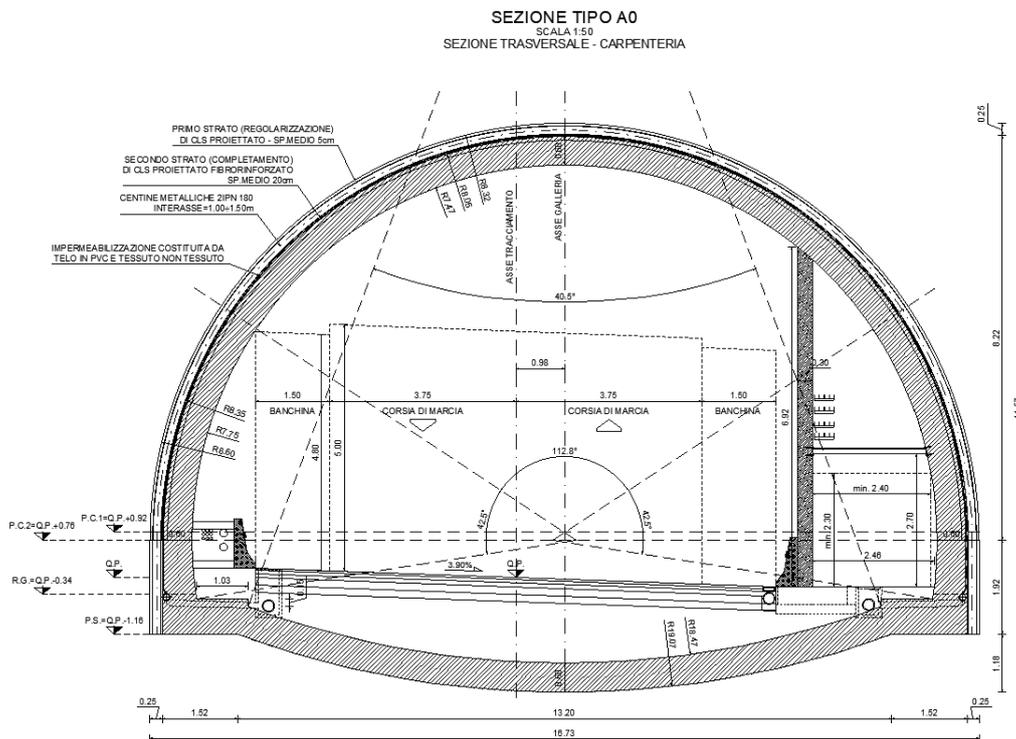


Figura 7.1: Sezione tipo A0

7.2. SEZIONE TIPO B1

La sezione tipo B1, troncoconica policentrica, è caratterizzata da:

- Campo di scavo di lunghezza $L = 8.5$ m;
- Sfondo massimo 1.0 m;
- n. 1+1 drenaggi in avanzamento (eventuali, in presenza di acqua), $L=30.0$ m e sovrapposizione pari a 10.m, ciechi i primi 5 m da bocca foro e microfessurati i restanti 25 m;
- protezione del fronte con uno strato di 15 cm di spritz-beton alla fine di ogni campo;
- presostegno al contorno con n. 53 tubi metallici $\phi 139.7$ sp. 10.0 mm in perforo $\phi 160$, $L = 12.0$ m, lunghezza utile 8.5 m;
- priverivestimento composto da un primo strato di 5 cm di spritz-beton fibrorinforzato, centine 2IPN200 con passo $p = 1.00$ m e da un secondo strato di 20 cm di spritz-beton fibrorinforzato;
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- Arco rovescio in calcestruzzo armato di spessore pari a 70 cm eseguito ad una distanza dal fronte di scavo massima di 3 diametri;
- Calotta in calcestruzzo armato di spessore variabile compreso tra $70 \div 145$ cm eseguito ad una distanza dal fronte di scavo massima di 5 diametri.

Si riporta in Figura 7.2 la sezione trasversale della sezione.

Si prevedono le seguenti fasi operative:

1. esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz beton di spessore 15 cm (fine campo);
2. presostegno al contorno del cavo mediante tubi metallici;

PROGETTAZIONE ATI:

3. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza massima 1.0 m sagomando il fronte a forma concava;
4. eseguire uno strato di spritz beton di spessore 10 cm prima sfondo;
5. rivestimento di prima fase: al termine di ogni sfondo posa in opera di centine metalliche e spritz beton;
6. posa impermeabilizzazione;
7. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza dal fronte di scavo di 2 diametri; in funzione della risposta deformativa del cavo si potrà valutare la necessità di arretrare tale getto entro la distanza massima di 3 diametri dal fronte di scavo;
8. getto del rivestimento definitivo ad una distanza dal fronte di scavo di 4 diametri; in funzione della risposta deformativa del cavo si potrà valutare la necessità di arretrare tale getto entro la distanza massima di 5 diametri dal fronte di scavo.

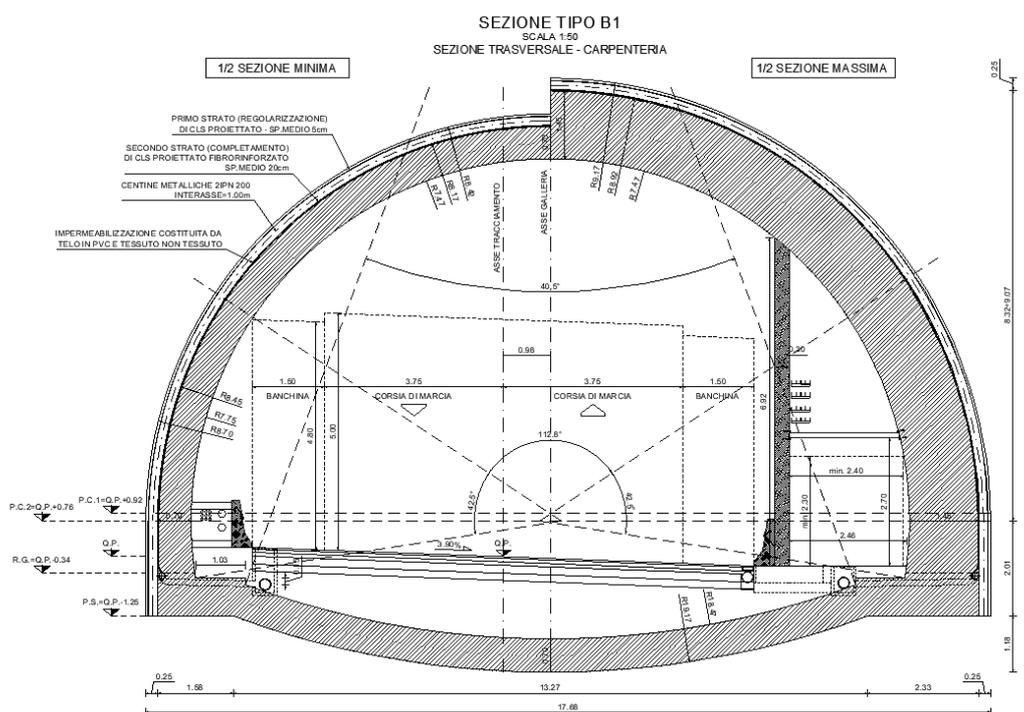


Figura 7.2: Sezione tipo B1

7.3. SEZIONE TIPO B2V

La sezione tipo B2v, troncoconica policentrica, è caratterizzata da:

- Campo di scavo di lunghezza $L = 8.5$ m;
- Sfondo massimo 1.0 m;
- n. 1+1 drenaggi in avanzamento (eventuali, in presenza di acqua), $L=30.0$ m e sovrapposizione pari a 10.m, ciechi i primi 5 m da bocca foro e microfessurati i restanti 25 m;
- protezione del fronte con uno strato di 15 cm di spritz-beton alla fine di ogni campo;
- presostegno al contorno con n. 53 tubi metallici ϕ 139.7 sp. 10.0 mm in perforo ϕ 160, $L = 12.0$ m, lunghezza utile 8.5 m;
- preconsolidamento al fronte costituito da n. 56 VTR cementati in foro di lunghezza $L = 15.0$ m, lunghezza utile 8.5 m;

- priverivestimento composto da un primo strato di 5 cm di spritz-beton fibrorinforzato, centine 2IPN200 con passo $p = 1.00$ m e da un secondo strato di 20 cm di spritz-beton fibrorinforzato;
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- Arco rovescio in calcestruzzo armato di spessore pari a 70 cm eseguito ad una distanza dal fronte di scavo massima di 3 diametri;
- Calotta in calcestruzzo armato di spessore variabile compreso tra 70÷145 cm eseguito ad una distanza dal fronte di scavo massima di 5 diametri.

Si riporta in Figura 7.3 la sezione trasversale della sezione.

Si prevedono le seguenti fasi operative:

1. esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz beton di spessore 15 cm (fine campo);
2. presostegno al contorno del cavo mediante tubi metallici;
3. preconsolidamento al fronte con elementi in VTR;
4. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza massima 1.0 m sagomando il fronte a forma concava;
5. eseguire uno strato di spritz beton di spessore 10 cm prima sfondo;
6. rivestimento di prima fase: al termine di ogni sfondo posa in opera di centine metalliche e spritz beton;
7. posa impermeabilizzazione;
8. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza dal fronte di scavo di 2 diametri; in funzione della risposta deformativa del cavo si potrà valutare la necessità di arretrare tale getto entro la distanza massima di 3 diametri dal fronte di scavo;
9. getto del rivestimento definitivo ad una distanza dal fronte di scavo di 4 diametri; in funzione della risposta deformativa del cavo si potrà valutare la necessità di arretrare tale getto entro la distanza massima di 5 diametri dal fronte di scavo.

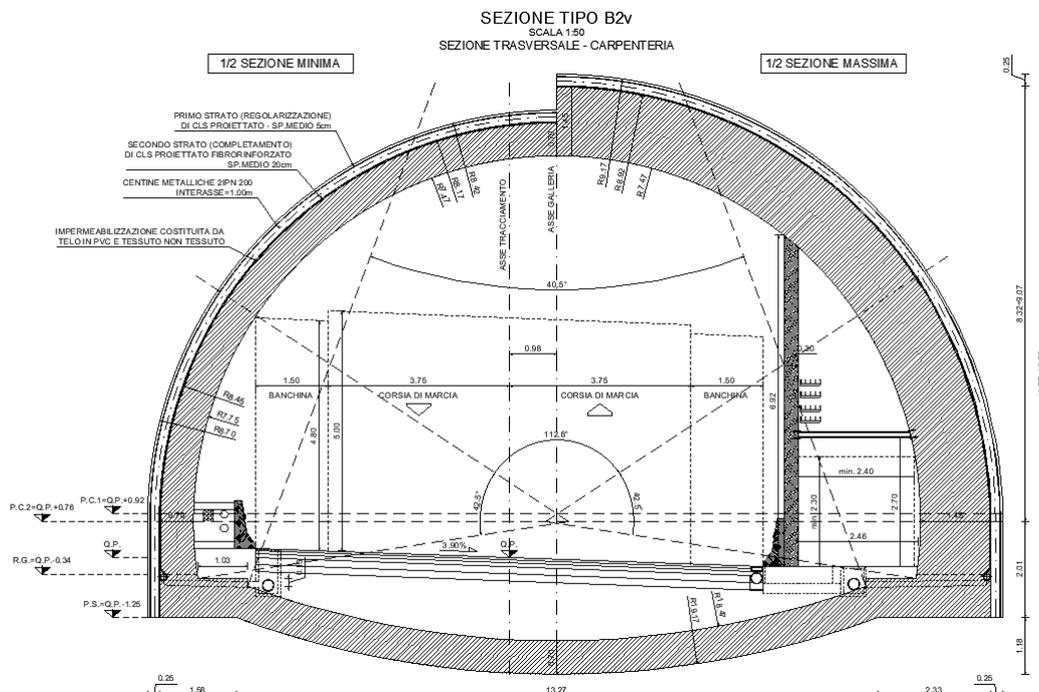


Figura 7.3: Sezione tipo B2v

PROGETTAZIONE ATI:

7.4. SEZIONE TIPO C1

La sezione tipo C1, troncoconica policentrica, è caratterizzata da:

- Campo di scavo di lunghezza $L = 8.5$ m;
- Sfondo massimo 1.0 m;
- n. 1+1 drenaggi in avanzamento (eventuali, in presenza di acqua), $L=30.0$ m e sovrapposizione pari a 10.m, ciechi i primi 5 m da bocca foro e microfessurati i restanti 25 m;
- protezione del fronte con uno strato di 15 cm di spritz-beton alla fine di ogni campo;
- presostegno al contorno con n. 53 tubi metallici ϕ 139.7 sp. 10.0 mm in perforo ϕ 160, $L = 12.0$ m, lunghezza utile 8.5 m e n°53 tubi valvolati (2v/m) in VTR ϕ 60/40 mm iniettati valvola per valvola in due passate, lunghezza totale $L = 15.0$ m, lunghezza utile $L_u = 8.5$ m e interasse trasversale 75 cm;
- preconsolidamento al fronte costituito da n. 70 VTR cementati in foro di lunghezza $L = 15.0$ m, lunghezza utile 8.5 m;
- prerivestimento composto da un primo strato di 5 cm di spritz-beton fibrorinforzato, centine 2IPN200 con passo $p = 1.00$ m e da un secondo strato di 20 cm di spritz-beton fibrorinforzato;
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- Arco rovescio in calcestruzzo armato di spessore pari a 70 cm eseguito ad una distanza dal fronte di scavo massima di 2 diametri;
- Calotta in calcestruzzo armato di spessore variabile compreso tra 70÷145 cm eseguito ad una distanza dal fronte di scavo massima di 5 diametri.

Si riporta in Figura 7.4 la sezione trasversale della sezione.

Si prevedono le seguenti fasi operative:

1. esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz beton di spessore 15 cm (fine campo);
2. preconsolidamento al contorno del cavo mediante tubi in VTR valvolati ed iniettati;
3. presostegno al contorno del cavo mediante tubi metallici;
4. preconsolidamento al fronte con elementi in VTR;
5. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza massima 1.0 m sagomando il fronte a forma concava;
6. eseguire uno strato di spritz beton di spessore 10 cm prima sfondo;
7. rivestimento di prima fase: al termine di ogni sfondo posa in opera di centine metalliche e spritz beton;
8. posa impermeabilizzazione;
9. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza dal fronte di scavo di 2 diametri; in funzione della risposta deformativa del cavo si potrà valutare la necessità di arretrare tale getto entro la distanza massima di 3 diametri dal fronte di scavo;
10. getto del rivestimento definitivo ad una distanza dal fronte di scavo di 4 diametri; in funzione della risposta deformativa del cavo si potrà valutare la necessità di arretrare tale getto entro la distanza massima di 5 diametri dal fronte di scavo.

8. METODO DI SCAVO E TEMPI DI REALIZZAZIONE

Le quattro gallerie naturali previste in progetto saranno scavate con il metodo di scavo tradizionale.

In presenza di ammassi poco fratturati, e solo in caso di applicazione della sezione tipo A0, lo scavo potrà avvenire mediante abbattimento della roccia con esplosivo.

Per quanto riguarda tutte le altre tratte delle gallerie, e per le sezioni tipo B1, B2v e C1, dove lo scavo avviene in ammassi rocciosi fratturati e molto fratturati, l'abbattimento della roccia sarà avverrà mediante mezzi meccanici.

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 (C1, B2v e B1) il ciclo delle lavorazioni si intende completo del getto dell'arco rovescio prima del successivo intervento di consolidamento.

Il ciclo delle lavorazioni si riferisce ad un turno 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.

Per il getto del rivestimento definitivo l'unica differenza per le varie sezioni tipo può essere rappresentata dalla presenza o meno della armatura di calotta. I tempi di riferimento di getto si intendono settimanali prevedendo per una settimana 5gg lavorativi ad unico turno di lavoro (8 ore/gg) (Tabella 8.2). Inoltre, si ipotizza un campo di getto di rivestimento definitivo di calotta pari a 8.5m.

Per i tempi di getto degli archi rovesci per le sezioni che non necessitano di misure restrittive di getto dal fronte (sezione tipo A0), in genere si può tenere conto che un campo di getto di 8.5m (scavo getto e parziale maturazione) può durare circa 2.5 gg. In questo caso vista la completa interferenza di tale lavorazione con il restante ciclo produttivo dell'avanzamento (impossibilità di veicolare sopra l'arco rovescio) si intende che tale lavorazione viene eseguita abitualmente nel fine settimana rientrando nel computo dello scavo medio giornaliero.

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
C1	0.75	8.5	6.4
B2v	1.0	8.5	8.5
B1	1.2	8.5	10.2
A0	2.5	-	scavo in continuità

Tabella 8.2: Tempi medi di completamento del rivestimento definitivo.

Sezione tipo	Tempi medi rivestimento	Ipotesi concio di getto	Tempi di completamento concio di rivestimento
	concio/settimana	ml	gg lavorativi
armata	1.5	12	4.6
non armata	2.0	12	3.5

PROGETTAZIONE ATI:

9. INCIDENZA ARMATURE DELLE SEZIONI TIPO

Si riportano le tabelle relative alle incidenze delle armature calcolate per le diverse sezioni tipo adottate per le quattro gallerie.

9.1. SEZIONE TIPO A0

Per quanto riguarda la calotta, non sono previste armature.

Tabella 9.1: Incidenza armatura arco rovescio sezione A0

<i>Arco rovescio</i>			
	Diametro barre [mm]	Passo [cm]	Incidenza [kg/m ³]
<i>Trasversali</i>	20	20	42.81
<i>Longitudinali</i>	16	30	17.15
<i>Spilli, cavallotti e sovrapposizioni</i>			11.99
<i>Totale</i>			71.95
<i>Totale arrotondato a multipli di 5 kg</i>			75

9.2. SEZIONE TIPO B1

Tabella 9.2: Incidenza armatura arco rovescio sezione B1

<i>Arco rovescio</i>			
	Diametro barre [mm]	Passo [cm]	Incidenza [kg/m ³]
<i>Trasversali</i>	24	20	50.19
<i>Longitudinali</i>	16	30	13.39
<i>Spilli, cavallotti e sovrapposizioni</i>			12.72
<i>Totale</i>			76.29
<i>Totale arrotondato a multipli di 5 kg</i>			80

Tabella 9.3: Incidenza armatura calotta sezione B1

<i>Calotta</i>			
	Diametro barre [mm]	Passo [cm]	Incidenza [kg/m ³]
<i>Trasversali</i>	24	20	35.707
<i>Longitudinali</i>	16	30	9.810
<i>Spilli, cavallotti e sovrapposizioni</i>			9.104
<i>Totale</i>			54.621
<i>Totale arrotondato a multipli di 5 kg</i>			55

9.3. SEZIONE TIPO B2V

Tabella 9.4: Incidenza armatura arco rovescio sezione B2v

<i>Arco rovescio</i>			
	Diametro barre [mm]	Passo [cm]	Incidenza [kg/m ³]
<i>Trasversali</i>	24	20	50.19
<i>Longitudinali</i>	16	30	13.39
<i>Spilli, cavallotti e sovrapposizioni</i>			12.72
Totale			76.29
Totale arrotondato a multipli di 5 kg			80

Tabella 9.5: Incidenza armatura calotta sezione B2v

<i>Calotta</i>			
	Diametro barre [mm]	Passo [cm]	Incidenza [kg/m ³]
<i>Trasversali</i>	24	20	35.71
<i>Longitudinali</i>	16	30	9.81
<i>Spilli, cavallotti e sovrapposizioni</i>			9.10
Totale			54.62
Totale arrotondato a multipli di 5 kg			55

9.4. SEZIONE TIPO C1

Tabella 9.6: Incidenza armatura arco rovescio sezione C1

<i>Arco rovescio</i>			
	Diametro barre [mm]	Passo [cm]	Incidenza [kg/m ³]
<i>Trasversali</i>	24	20	50.19
<i>Longitudinali</i>	16	30	13.39
<i>Spilli, cavallotti e sovrapposizioni</i>			12.72
Totale			76.29
Totale arrotondato a multipli di 5 kg			80

Tabella 9.7: Incidenza armatura calotta sezione C1

<i>Calotta</i>			
	Diametro barre [mm]	Passo [cm]	Incidenza [kg/m ³]
<i>Trasversali</i>	24	20	35.71
<i>Longitudinali</i>	16	30	9.81
<i>Spilli, cavallotti e sovrapposizioni</i>			9.10
Totale			54.62
Totale arrotondato a multipli di 5 kg			55

PROGETTAZIONE ATI: