

**E45 - SISTEMAZIONE STRADALE DEL NODO DI PERUGIA
Tratto Madonna del Piano - Collestrada**

PROGETTO DEFINITIVO

PG 372

ANAS - DIREZIONE TECNICA

<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Marco Leonardi</i> Ordine Geologi Regione Lazio n. 1541</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A25143511 settore a-b-c</p> <p><i>Ing. Moreno Panfili</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657</p> <p><i>Ing. Giovanni C. Alfredo Dalenz Cultrera</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14069</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)</p> <p>GP INGENGNERIA GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</p> <p>(Mandante)</p> <p>cooprogetti</p> <p>engeko</p> <p>AIM Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</p> <p>(Mandante)</p> <p>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Arch. Santo Salvatore Vermiglio</i> Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270</p>		
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Alessandro Micheli</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_B		
DTPG372	D	22	CODICE ELAB. T00GN00OSTRE01	B	-
D					
C					
B	Rev. a seguito istruttorie Prot. U.0834569 e U.0862037	Gen. '23	Martelli	Signorelli	Guiducci
A	Emissione	Ottobre '22	Martelli	Signorelli	Guiducci
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1.	<u>PREMESSA.....</u>	<u>2</u>
2.	<u>NORMATIVA</u>	<u>3</u>
1.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3.	<u>DESCRIZIONE DELL'OPERA</u>	<u>4</u>
4.	<u>CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DELL'OPERA</u>	<u>12</u>
5.	<u>CRITERI DI PROGETTO E DI CALCOLO</u>	<u>14</u>
5.1.	CRITERI DI PROGETTO	14
5.2.	CRITERI DI SCELTA DELLE SEZIONI DI CALCOLO	15
6.	<u>SEZIONI TIPO DI SCAVO E INTERVENTI PREVISTI.....</u>	<u>16</u>
6.1	SEZIONE TIPO B0 E PROTESI	16
6.2	SEZIONE TIPO B1.....	17
6.3	SEZIONE TIPO B1V.....	18
6.4	SEZIONE TIPO B2V.....	19
6.5	SEZIONE TIPO C3V	21
6.6.	SEZIONE TIPO BPZ.....	22
6.7.	SEZIONE TIPO CPZ.....	24
6.8.	SEZIONE TIPO BYPASS PEDOCARRABILE	25
6.9.	SEZIONE TIPO BYPASS PEDONALE	26
7.	<u>TEMPI DI REALIZZAZIONE.....</u>	<u>27</u>

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo è redatta nell'ambito della progettazione definitiva della galleria Collestrada, facente parte del progetto denominato "E45 – Sistemazione stradale del Nodo di Perugia Tratto Madonna del Piano – Collestrada".

Nell'ambito del progetto è prevista la realizzazione di una galleria a doppio fornice. In questa relazione si illustrano le scelte progettuali, le tecniche di scavo, sezioni tipo adottate e le tempistiche realizzative della galleria naturale.

PROGETTAZIONE ATI:

2. NORMATIVA

1.1 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”.
- DM 05-11-01, n.6792 e s.m.i.: “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”;
- Linee guida ANAS per la progettazione della sicurezza nelle Gallerie Stradali secondo la normativa vigente.

PROGETTAZIONE ATI:

3. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il Progetto Definitivo riguarda il Tratto Madonna del Piano – Collestrada che costituisce parte dell'intervento cosiddetto Nodo di Perugia e nello specifico rappresenta il tratto compreso tra gli svincoli di Montebello (Madonna del Piano) e Balanzano e l'innesto a Collestrada della SS75 Centrale Umbra, di fatto una variante alla E45 in ambito Ponte San Giovanni. L'opera riveste fondamentale importanza per la viabilità di scorrimento intorno all'area perugina, in quanto consente di separare i flussi di traffico locale da quelli di attraversamento regionale ed interregionale che gravitano sul nodo di Perugia ove confluiscono quattro arterie stradali particolarmente trafficate: la E45 Orte-Ravenna, il raccordo autostradale Perugia-Bettolle, la Perugia-Ancona e la Perugia-Foligno-Flaminia.

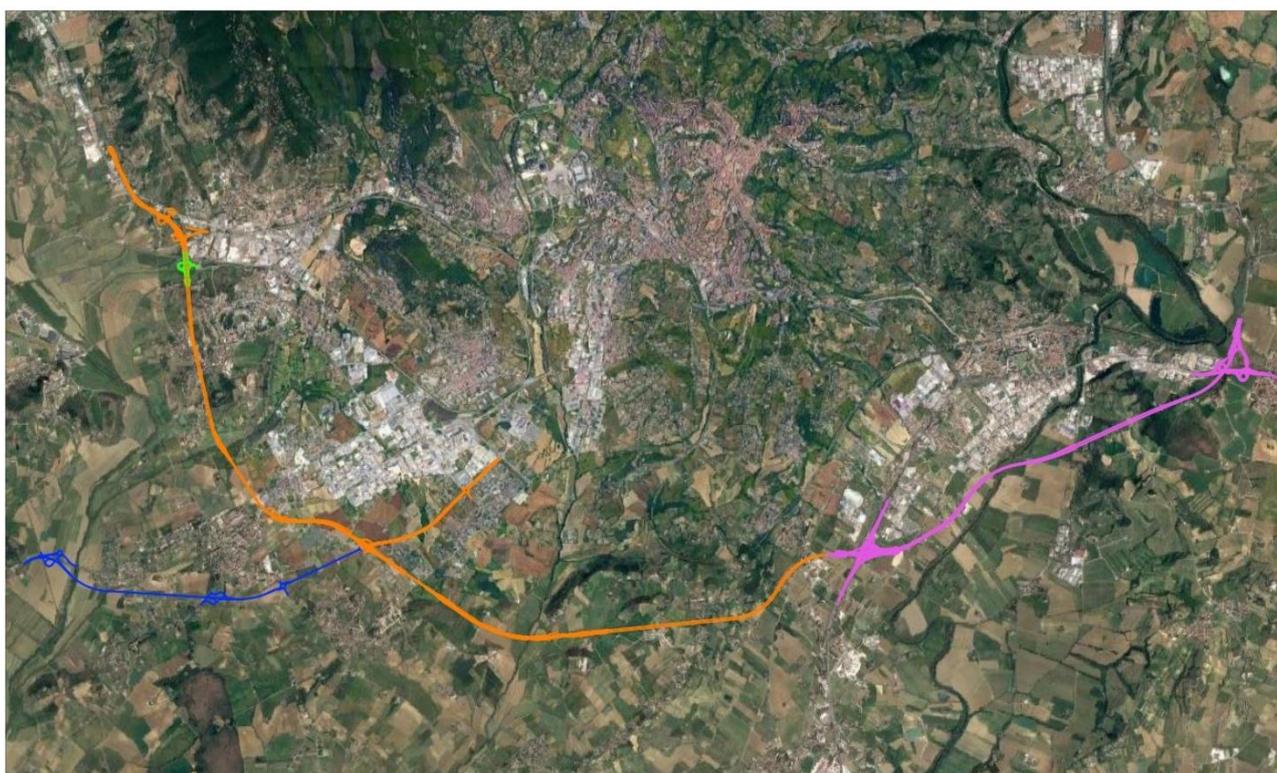


Figura 3.1 – Nodo di Perugia (in arancione) e Tratto Madonna del Piano-Collestrada (in magenta) su base ortofotografica Google Satellite

Nodo e il Tratto Madonna del Piano – Collestrada non costituiscono due interventi l'uno alternativo all'altro, ma al contrario possono risultare sinergici in quanto i due tracciati risultano ciascuno il prolungamento dell'altro. L'intervento in oggetto si localizza sul lato meridionale di Perugia, dalla variante alla E45, tra la località Madonna del Piano, nei pressi dello svincolo di Montebello, e lo svincolo di Collestrada, per uno sviluppo complessivo di circa 7 km prevedendo la realizzazione di 2 svincoli, all'inizio e alla fine della variante.

PROGETTAZIONE ATI:

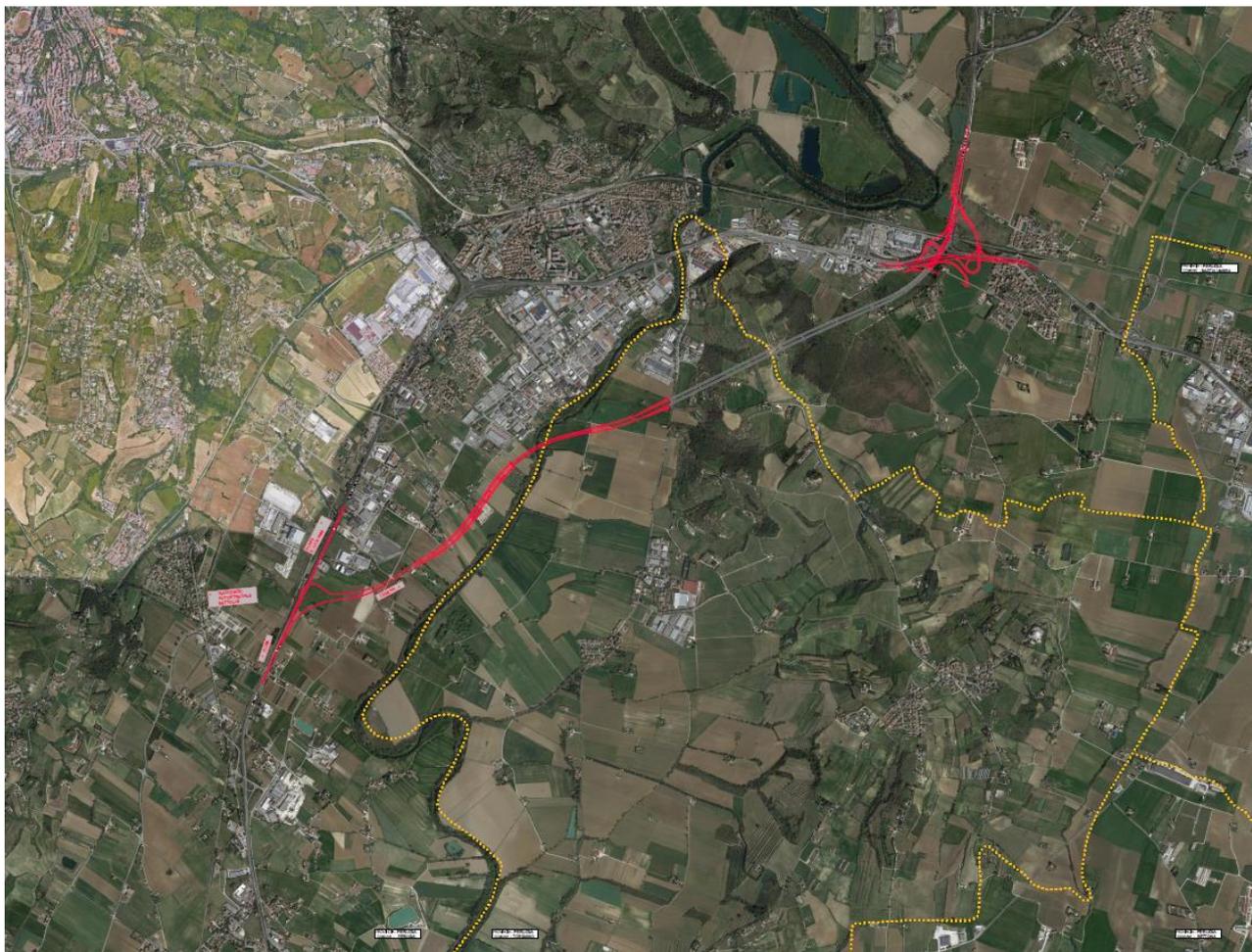


Figura 3.2 – Localizzazione del Progetto Definitivo - Tratto Madonna del Piano – Collestrada su base ortofotografica

Il tracciato ha una lunghezza complessiva di 5,75 km e va ad interessare una parte del territorio di Perugia e del comune di Torgiano.

La galleria Collestrada presenta un doppio fornice al cui interno ha sede una strada tipo B. La galleria è caratterizzata da due tratte in artificiale e una tratta, centrale, in naturale. Sono presenti sia bypass di collegamento pedonale sia bypass di collegamento carrabili tra le due canne. Nella tratta in artificiale in corrispondenza dell'imbocco sud e della tratta in naturale la piattaforma stradale ha una larghezza pari a 9.75 m e una pendenza trasversale massima pari a 2.5%. Nella tratta in artificiale in prossimità dell'imbocco nord è presente un allargamento per visibilità. Nella canna sinistra la piattaforma ha una larghezza massima pari a 11.15 m e la pendenza trasversale massima è pari 5.9%. Nella canna destra la piattaforma ha una larghezza massima pari a 15.38 m e la pendenza trasversale massima è pari 5.8%. In entrambi i fornici sono presenti piazzole di sosta caratterizzate da una larghezza pari a 3.00 m più 0.50 m di banchina e la lunghezza pari a 45 m.

Nello specifico, nella zona d'imbocco sud la tratta in artificiale è caratterizzata da una prima parte realizzata mediante scavo di sbancamento limitato, sul lato destro della carreggiata destra e sul lato sinistro della carreggiata sinistra, da due paratie di pali in C.A. trivellati di grande diametro. All'interno dello scavo si prevede la realizzazione di due scatolare in C.A. che saranno successivamente ritombati e sui quali è prevista la risistemazione della via Ferriera. Il ritombamento degli scatolari è

PROGETTAZIONE ATI:

sostenuto da un muro a gravità che si eleva tra i due scatolari. La successiva tratta di galleria artificiale è realizzata con il metodo Milano. La scelta di tale metodo è dettata esigenze di cantierizzazione. Infatti, procedendo prima alla realizzazione della tratta in artificiale con il metodo Milano, è possibile deviare Via Ferriera al di sopra della tratta artificiale e procedere alla realizzazione della tratta in scatolare senza dover interrompere la viabilità esistente. Proseguendo in direzione Collestrada si entra nella tratta in naturale. La galleria naturale prevede lo scavo tradizionale mediante tecniche di scavo meccanico. Oltre alle tradizionali tecniche di scavo a foro cieco, si è dovuto procedere, nelle tratte a basse coperture, con tecniche di consolidamento dall'alto, quali la realizzazione di una protesi su pali in C.A. e la realizzazione di pali in calcestruzzo nel terreno di copertura della galleria. Inoltre, in alcune tratte in cui è prevista la realizzazione della protesi su pali si è dovuto procedere alla realizzazione di un rilevato avente la funzione di piano di lavoro, necessario alla realizzazione della protesi e dei pali trivellati. La scelta di forzare la prosecuzione della galleria naturale anche in zone in cui manca la copertura, limitatamente a tratte di breve estensione, è dettata solo ed esclusivamente da esigenze di carattere ambientale. Infatti, tale scelta si rende necessaria al fine di ridurre l'impatto che la realizzazione dell'opera ha sia sui sistemi faunistici sia paesaggistici. Proseguendo verso nord si incontra la seconda tratta in artificiale, sempre realizzata con il metodo Milano al fine di limitare gli scavi, fino al superamento della Strada Ospedalone San Francesco dove termina la tratta in artificiale e ci si raccorda a due opere d'arte minori.

Di seguito si riportano le progressive che segnano l'inizio delle diverse tratte della galleria Collestrada:

Asse sx

Inizio GA – scatolare pk 4+607.276;
Inizio GA – metodo Milano pk 4+646.705;
Inizio GN – pk 4+740;
Inizio consolidamento dall'alto pk – 5+875.45;
Inizio protesi – pk 5+930;
Inizio consolidamento dall'alto – pk 6+078;
Fine consolidamento dall'alto – pk 6+132;
Inizio GA – metodo Milano – pk 6+315;
Fine GA – pk 6+819.849.

Asse dx

Inizio GA – scatolare pk 4+588.233;
Inizio GA – metodo Milano pk 4+627.661;
Inizio GN – pk 4+700;
Inizio consolidamento dall'alto pk – 5+872;
Inizio protesi – pk 5+920;
Inizio consolidamento dall'alto – pk 6+000;
Fine consolidamento dall'alto – pk 6+054;
Inizio GA – metodo Milano – pk 6+350;
Fine GA – pk 6+830.649.

Di seguito si riportano alcuni esempi di sezioni tipo adottate per la galleria Collestrada:

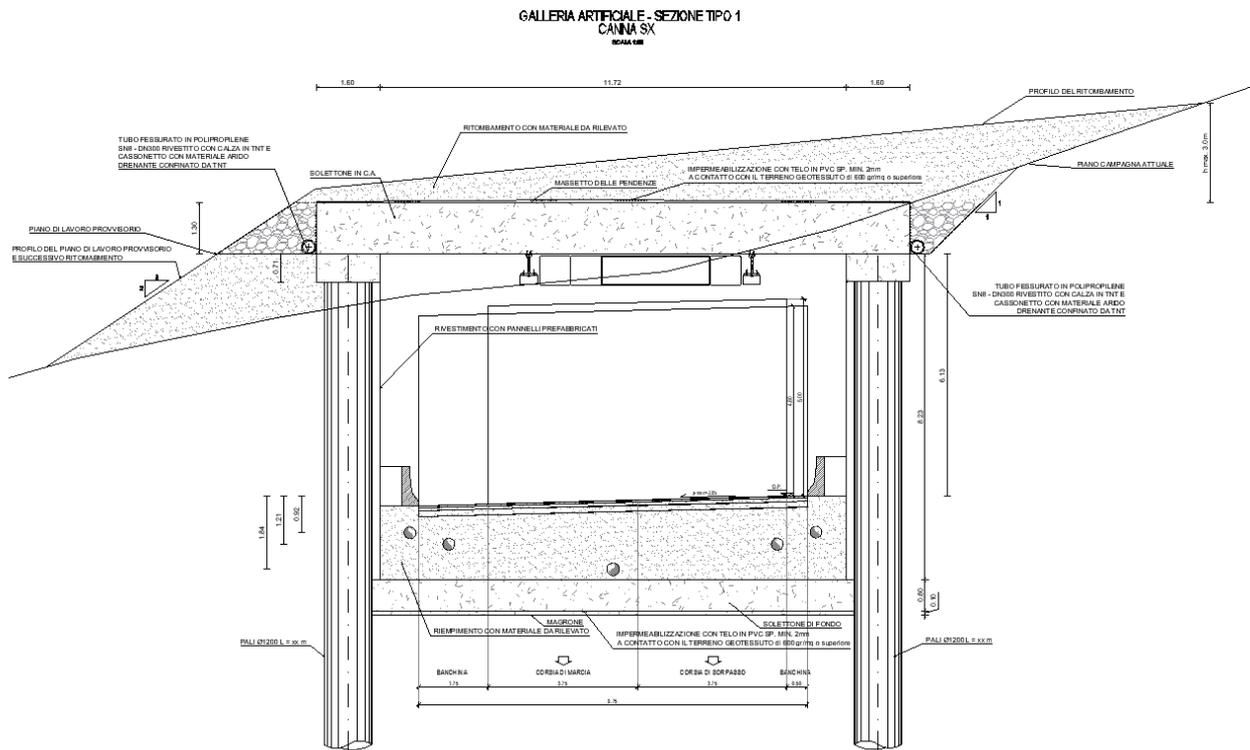


Figura 3.3: Esempio di sezione tipo adottata per la tratta in artificiale metodo Milano

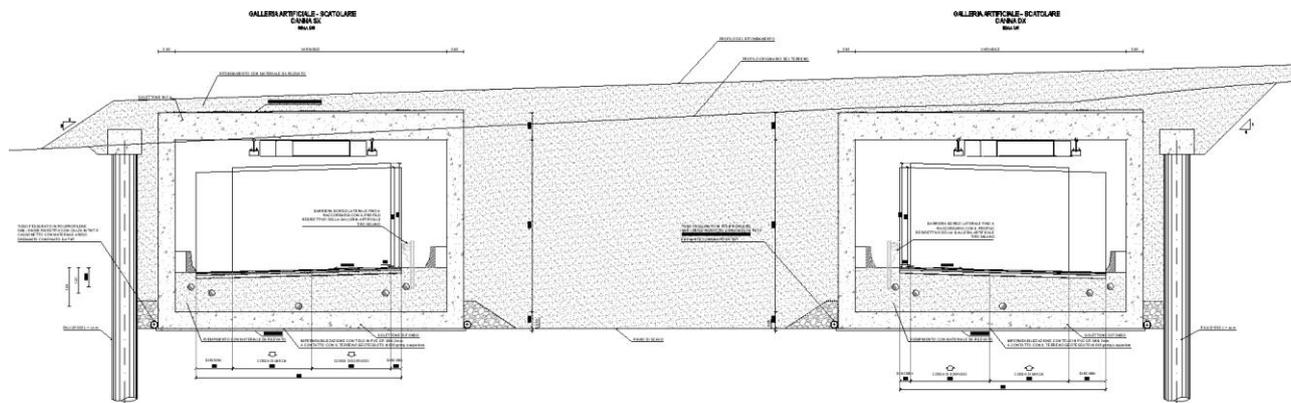


Figura 3.4: Esempio di sezione tipo adottata per la tratta in artificiale con scatolare

PROGETTAZIONE ATI:

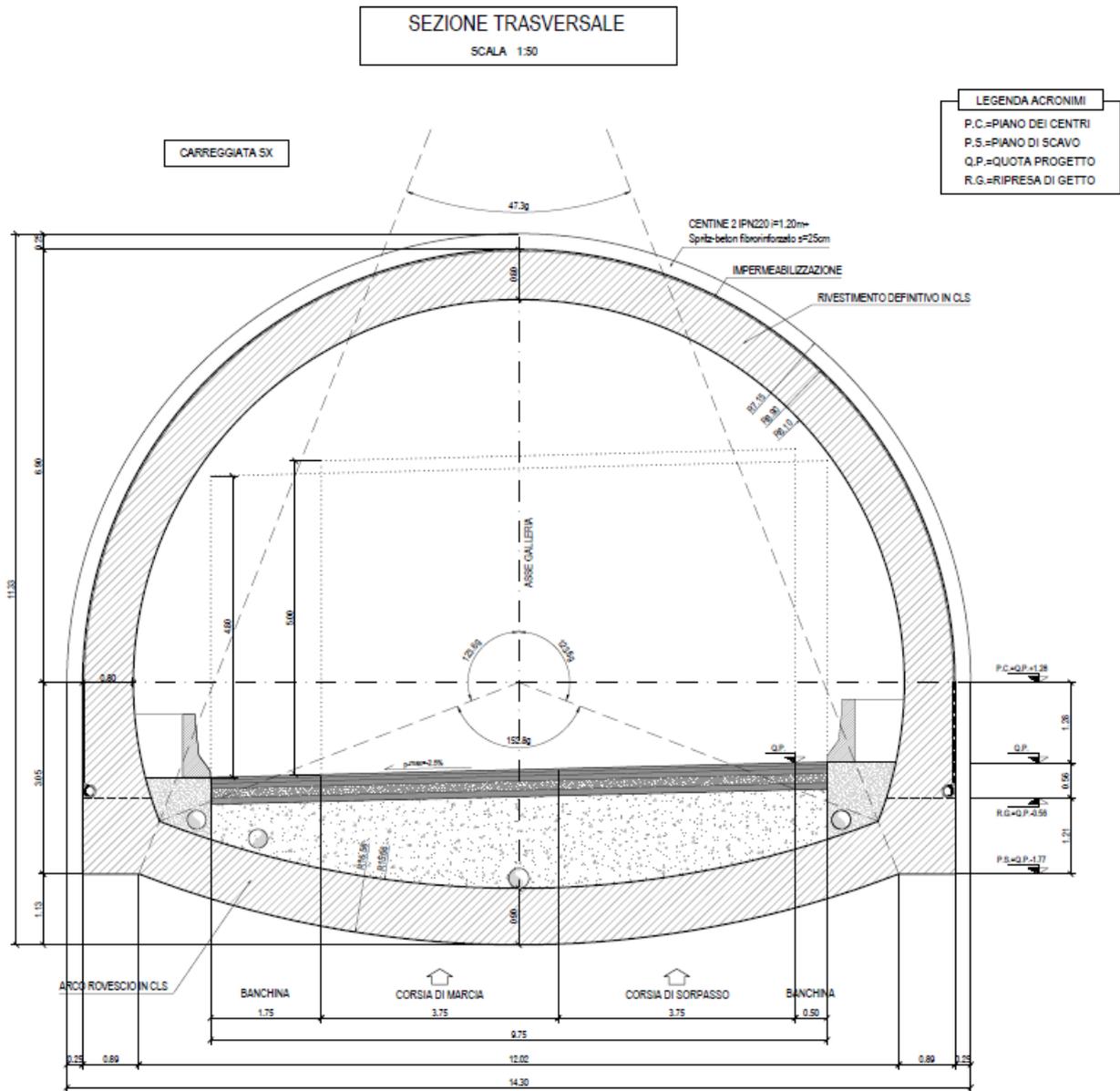


Figura 3.5: Esempio sezione tipo corrente adottata in naturale

PROGETTAZIONE ATI:

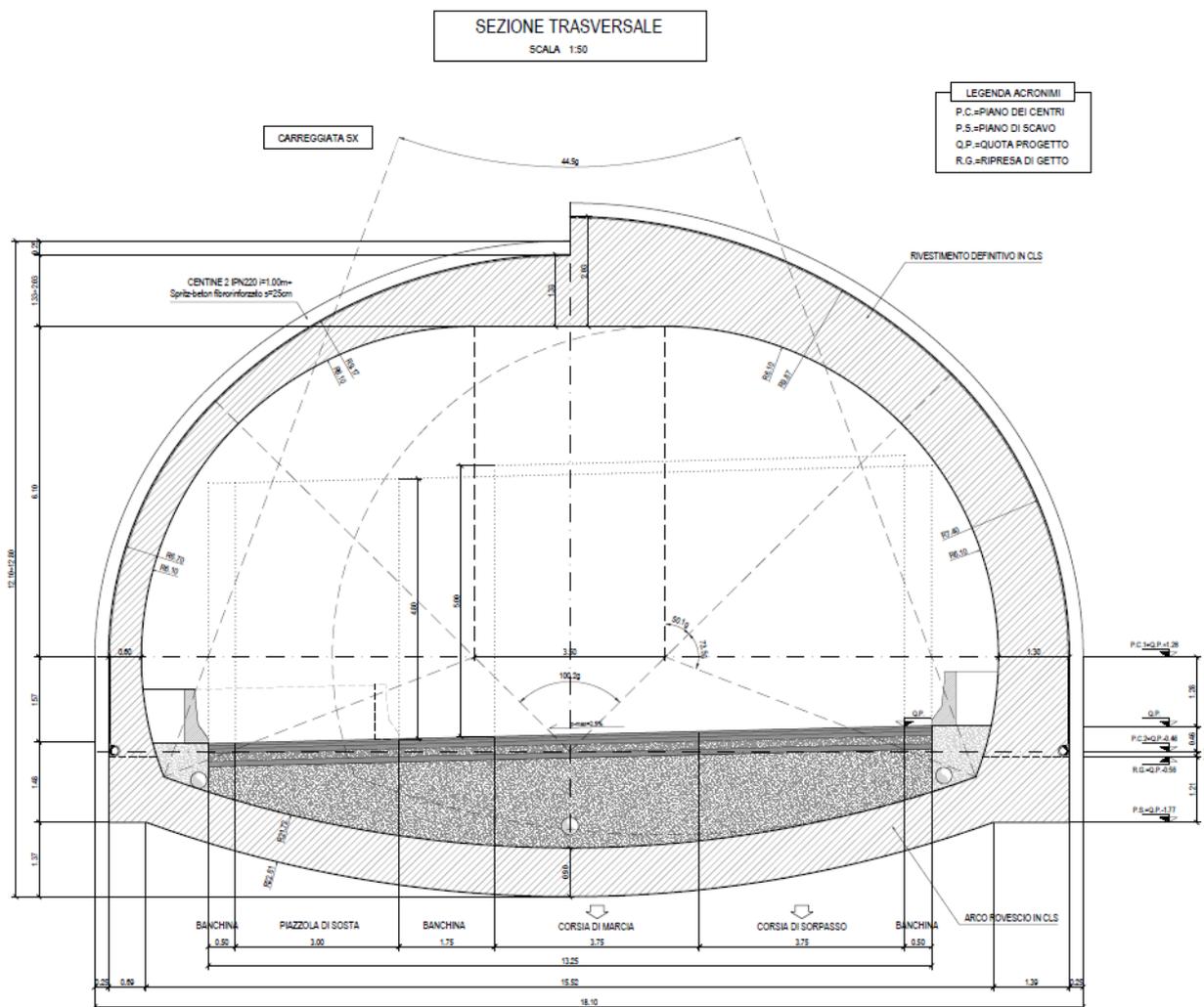


Figura 3.6: Esempio sezione tipo in piazzola adottata in naturale

Di seguito si riporta la planimetria della galleria Collestrada:

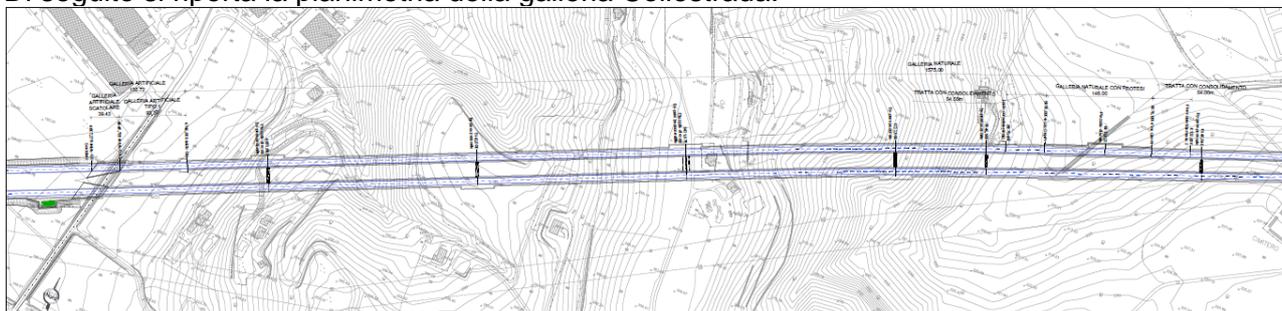


Figura 3.7: Stralcio planimetrico della galleria con vista su imbocco sud

PROGETTAZIONE ATI:

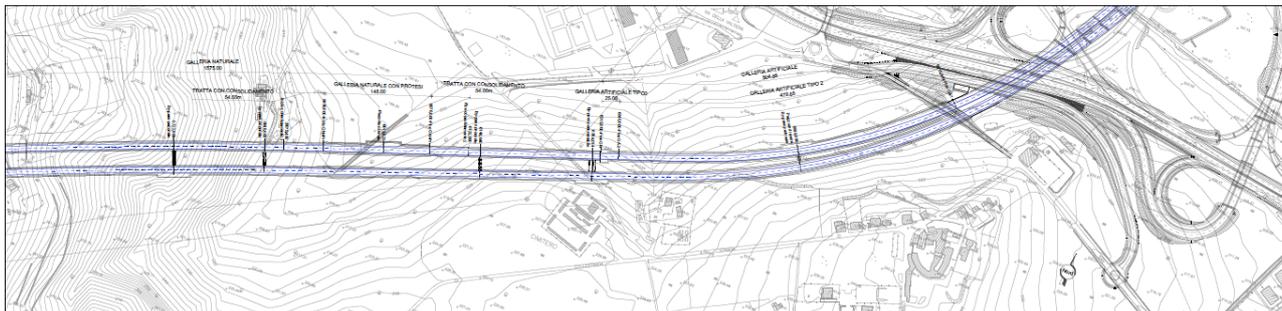


Figura 3.8: Stralcio planimetrico della galleria con vista su imbocco nord

Lungo il tracciato della galleria sono presenti 7 piazzole (4 per l'asse sinistro – canna nord, 3 per l'asse destro – canna sud) poste con interasse massimo di 582m circa e 7 by pass di collegamento tra le 2 fornici, di cui 5 pedonali e 2 pedocarrabili.

Si riportano nelle figure seguenti gli stralci planimetrici degli imbocchi delle due gallerie:

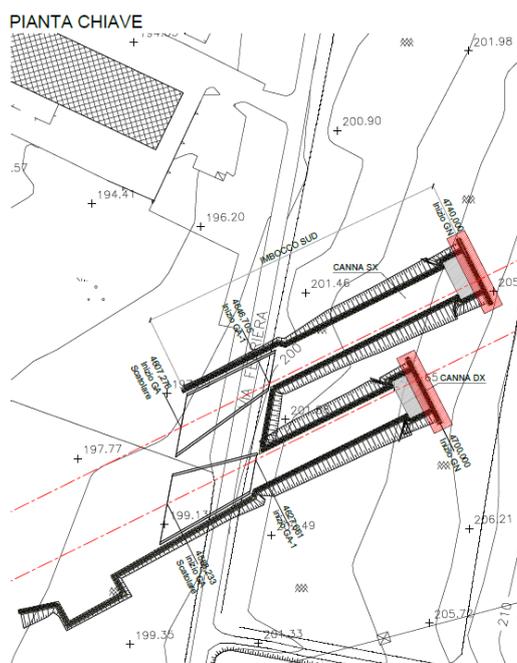


Figura 3.9: Planimetria imbocco sud Madonna del Piano

PROGETTAZIONE ATI:

PIANTA CHIAVE

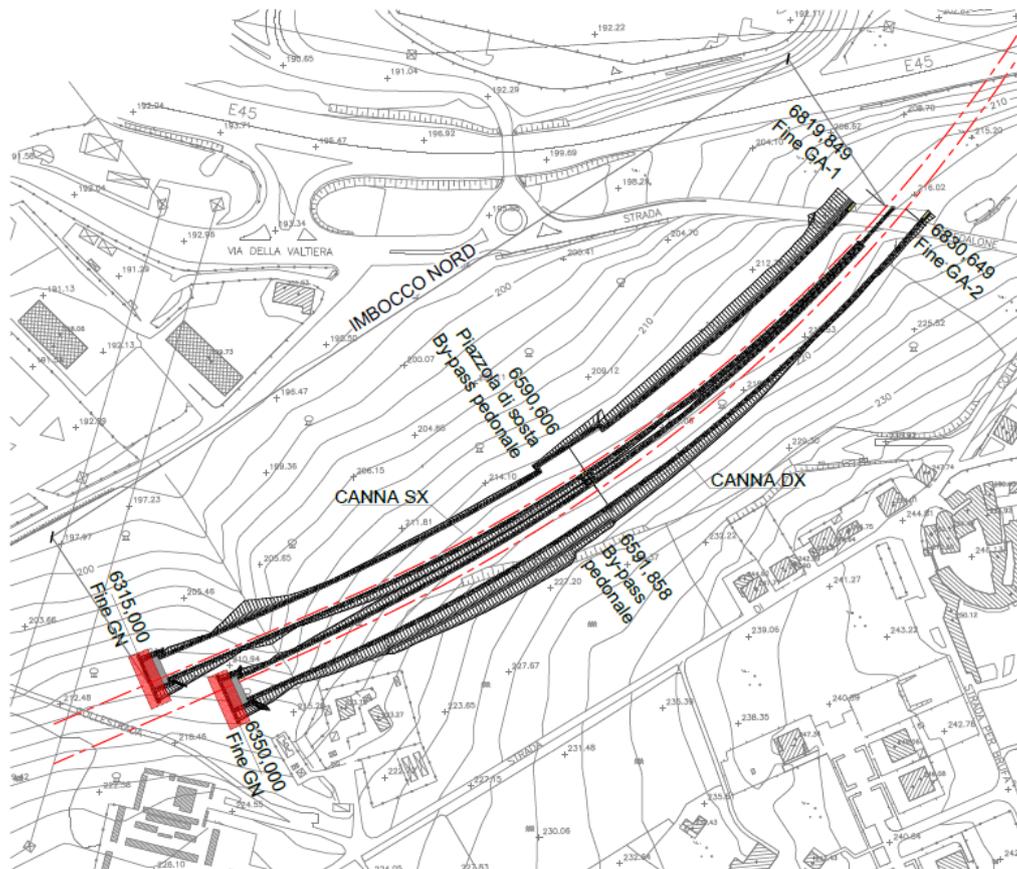


Figura 3.10: Planimetria imbocco nord Collestrada

Il collegamento tra galleria naturale e galleria artificiale sarà effettuato tramite la realizzazione di muro tampono e waterstop- Il telo di impermeabilizzazione sarà risvoltato in corrispondenza del muro tampono.

4. CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DELL'OPERA

GALLERIA NATURALE

CARATTERISTICHE MATERIALI

CALCESTRUZZI

CLS MAGRO UNI EN 206-1 (2006)

- Classe di resistenza: C12/15

CLS RIVESTIMENTI DEFINITIVI 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: 340 kg/mc
- Diametro max aggregati: 25mm
- Copriferro armatura principale: 50mm

CLS PER PALI DI CONSOLIDAMENTO UNI EN 206-1 (2021); UNI 11101 (2016)

- Classe di resistenza: C12/15
- Classe di esposizione: X0

CLS PER STRUTTURA E PALI PROTESI UNI EN 206-1 (2021); UNI 11101 (2016)

- Classe di resistenza: C25/30
- Classe di lavorabilità: S4
- Classe di esposizione: XC2
- Rapporto A/C: ≤ 0.6
- Dosaggio minimo di cemento: 300 kg/mc
- Diametro max aggregati: 30mm
- 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: $>30\text{kg/mc}$
- 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 $\phi \geq 0,5$ mm
- resistenza a trazione ≥ 570 N/mm²
- rapporto di aspetto l/ϕ compreso tra 50 e 80

ACCIAIO PER ARMATURA CLS, PROFILATI E PIASTRE

BARRE DI ARMATURA: ACCIAIO B450C ad aderenza migliorata

PROGETTAZIONE ATI:

- Tensione caratteristica a rottura, ftk: 540MPa
 - Tensione caratteristica di snervamento, fyk: 450MPa
- PROFILATI E PIASTRE PER CENTINE: ACCIAIO S275**
- Tensione caratteristica di snervamento, fyk: 275MPa
 - Bulloni, classe 8.8
- TUBI PER INFILAGGI: ACCIAIO S355**
- Tensione caratteristica di snervamento, fyk: 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 fyk: $\geq 450\text{MPa}$ (SECONDO UNI EN 61:1978)
- Resistenza a taglio t: $\geq 150\text{MPa}$ (SECONDO ASTM D 732 85)
- Modulo elastico Ev: $\geq 20000\text{MPa}$ (SECONDO SECONDO UNI EN 61:1978)

MISCELE CEMENTIZIE PER CEMENTAZIONE INFILAGGI E CONSOLIDAMENTO FRONTE/CONTORNO

CEMENTAZIONE INFILAGGI

- Classe di resistenza: C20/25
- Rapporto A/C: 0.6-0.7
- Additivo fluidificante antiritiro

INIEZIONE VTR CONSOLIDAMENTO FRONTE E CONTORNO

- Classe di resistenza: C20/25
- Rapporto A/C: 0.6-0.7
- 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 SEZIONE CORRENTE

- Teli per impermeabilizzazione realizzato con guaina in PVC
- Spessore = $2\text{mm} \pm 5\%$, $g \geq 1.3\text{g/cm}^2 \pm 2\%$
- Resistenza a trazione: $\geq 15\text{MPa}$

TESSUTO NON TESSUTO:

- Massa unitaria $\geq 500\text{gr/m}^2$
- Resistenza a punzonamento $\geq 4.0\text{ kN}$
- Resistenza a trazione media $\geq 20\text{ kN/m}$

PROGETTAZIONE ATI:

5. CRITERI DI PROGETTO E DI CALCOLO

5.1. 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

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

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

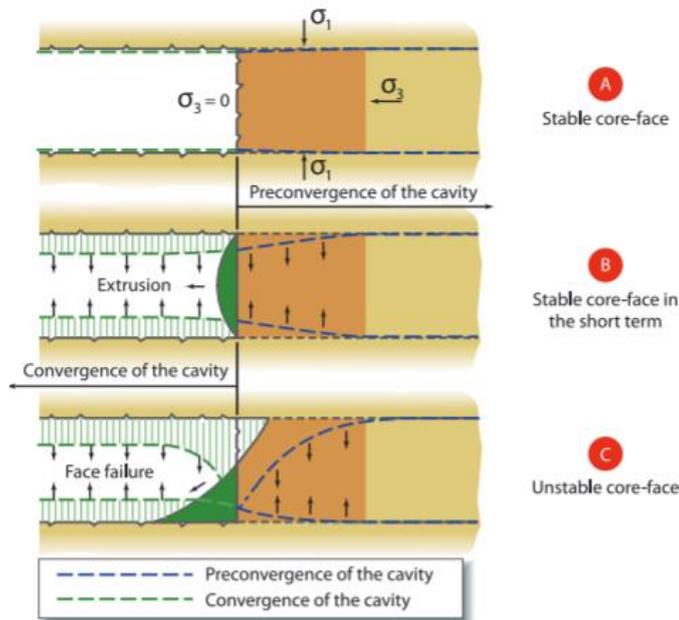


Figura 5.1: Definizione delle categorie di comportamento in riferimento alla stabilità del fronte di scavo

5.2. CRITERI DI SCELTA DELLE SEZIONI DI CALCOLO

Per le due canne previste in progetto sono state pensate 7 sezioni tipo, di cui 2 piazzole. La galleria è stata divisa in tratte omogenee in termini di comportamento e parametri meccanici dell'ammasso.

Individuate le tratte, sono state decise le percentuali di applicazione delle sezioni tipo sulla base di considerazioni sul comportamento geomeccanico e tipologia di litologia. Assegnate le sezioni tipologiche, per ogni tratta e per ogni galleria, si è proceduto a individuare la sezione di calcolo per ogni sezione tipo sulla base delle condizioni geomeccaniche più 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.

6. SEZIONI TIPO DI SCAVO E INTERVENTI PREVISTI

Si riporta di seguito la descrizione delle sezioni tipo di scavo e consolidamento previste per la galleria naturale.

6.1 SEZIONE TIPO B0 E PROTESI

La sezione tipo B0 viene prevista in corrispondenza dell'intervento di protesi e in contesti geomeccanici particolarmente favorevoli, 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 B0 è caratterizzata da:

- eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, $L=24$, sovrapp.= 8 m, rivestiti con calza TNT;
- prerivestimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton proiettato fibrorinforzato e doppie centine IPN220 con passo 1.2 m;
- scavo a sezione cilindrica per sfondi di lunghezza massima pari a 1.2 m;
- arco rovescio in ca di spessore 90 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte max 4Φ ;
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore 80 cm gettato ad una distanza dal fronte non vincolata.

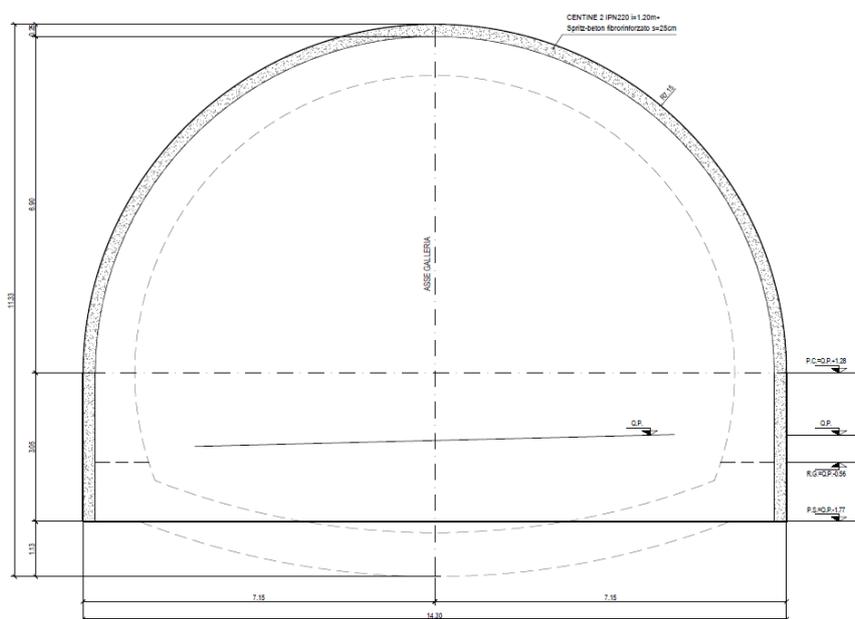


Figura 6-1 – Sezione tipo B0

Si prevedono le seguenti fasi operative:

1. esecuzione sul fronte di avanzamento di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm (fine campo);

PROGETTAZIONE ATI:

2. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza massima 1.2m, sagomando il fronte a forma concava;
3. esecuzione di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm al fronte e 5 cm al contorno (ad ogni sfondo);
4. rivestimento di prima fase: posa in opera di centine metalliche e spritz beton spessore 25cm;
5. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;
6. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza dal fronte max 4Φ ;
7. getto del rivestimento definitivo ad una distanza non vincolata.

6.2 SEZIONE TIPO B1

La sezione tipo B1 viene prevista in contesti geomeccanici in cui il comportamento del mezzo nelle vicinanze del fronte di scavo inizia ad evidenziare fenomeni di instabilità. In questi contesti, per garantire una maggiore sicurezza durante le lavorazioni di scavo, sono previsti interventi di consolidamento del nucleo d'avanzamento mediante l'utilizzo di elementi in VTR.

La sezione tipo B1 è caratterizzata da:

- eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, L=24 m, sovrapp.= 8 m, rivestiti con calza TNT;
- prerivestimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton proiettato fibrorinforzato e doppie centine IPN220 con passo 1.0 m;
- pre-consolidamento del nucleo d'avanzamento mediante 50 tubi in VTR cementati in foro, lunghezza totale 18m e sovrapposizione 6m;
- scavo a sezione cilindrica per sfondi di lunghezza massima pari a 1.0m;
- arco rovescio in ca di spessore 90 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte max 4Φ ;
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore 80 cm gettato ad una distanza dal fronte max 8Φ .

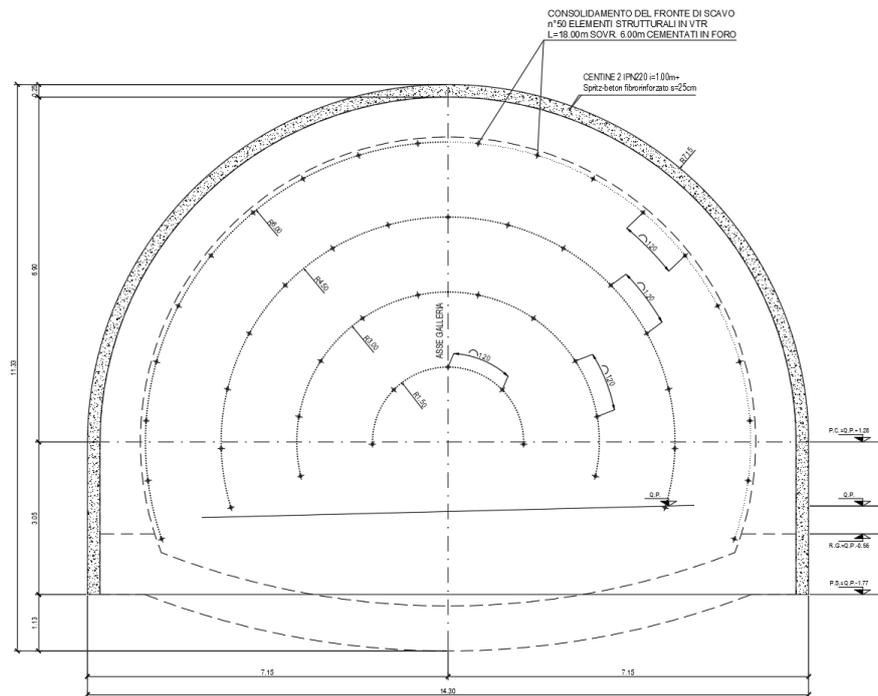


Figura 6-2 – Sezione tipo B1

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 massima 1.0 m, 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 25cm;
6. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;
7. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza dal fronte max 4Φ ;
8. getto del rivestimento definitivo ad una distanza max 8Φ .

6.3 SEZIONE TIPO B1V

La sezione tipo B1v è prevista nelle tratte omogenee in cui sono presenti zone caratterizzate da disturbi tettonici. In particolare è prevista la sua applicazione in prossimità delle basse coperture, in corrispondenza dell'intervento mediante l'esecuzione dei pali plastici.

La sezione tipo B1v è caratterizzata da:

- eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, L=24 m, sovrapp. = 8 m, rivestiti con calza TNT;
- presostegno al contorno con 39 tubi metallici $\Phi 139.7$ sp. 10mm, L=16m, sovrapposizione 4.0m
- priverstimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton fibrinforzato e doppie centine IPN220 con passo 1.0m;

PROGETTAZIONE ATI:

- scavo a sezione tronco conica per sfondi di lunghezza pario a 1.0m;
- arco rovescio in ca di spessore 100 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte 4Φ.
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore di 50cm (sezione minima) e 120cm (sezione massima) gettato ad una distanza massima dal fronte 8Φ.

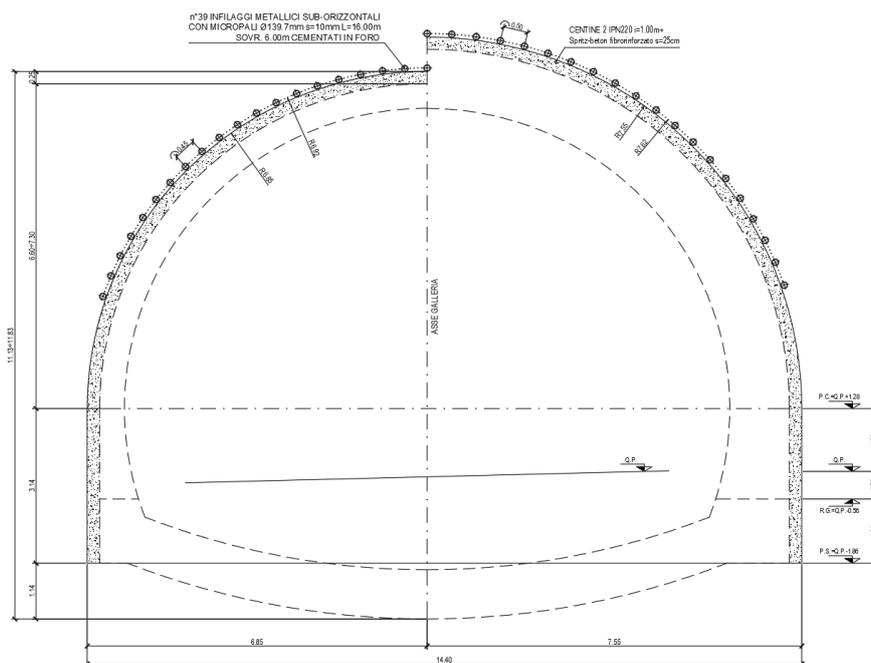


Figura 6-3 – Sezione tipo B1v

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. presostegno al contorno del cavo mediante tubi metallici;
3. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza pari a 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 pari a 25cm;
6. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;
7. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza dal fronte pari a 4Φ;
8. getto del rivestimento definitivo ad una distanza max 8Φ.

6.4 SEZIONE TIPO B2V

La sezione tipo B2v è prevista nelle tratte a basse coperture, nelle zone che presentano una possibile interazione degli scavi con la porzione alterata della formazione marnoso-arenacea. In questi contesti si prevede l'adozione di interventi di consolidamento del fronte e di presostegno del cavo in modo

PROGETTAZIONE ATI:

tale da consolidare il nucleo d'avanzamento del fronte e di effettuare un presostegno del cavo in virtù dell'ammasso disturbato.

La sezione tipo B2v è caratterizzata da:

- Eventuali 3+3 drenaggi in avanzamento, L=24 m, sovrapp.=12 m, rivestiti con calza TNT;
- pre-contenimento del cavo mediante n.39 tubi metallici ϕ 139.7mm sp. 10mm lunghezza 16 m e sovrapposizione di 4m;
- pre-consolidamento del nucleo d'avanzamento mediante 55 tubi in VTR cementati in foro, lunghezza totale 18m e sovrapposizione 6m;
- prerivestimento composto da uno strato di 20 cm di spritz-beton proiettato fibrorinforzato e doppie centine IPN180 con passo 1.0m;
- scavo a sezione tronco conica per sfondi di lunghezza 1.0m;
- arco rovescio in ca di spessore 100 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte di 4 Φ .
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore di 50cm (sezione minima) e 120cm (sezione massima) gettato ad una distanza massima dal fronte 8 Φ .

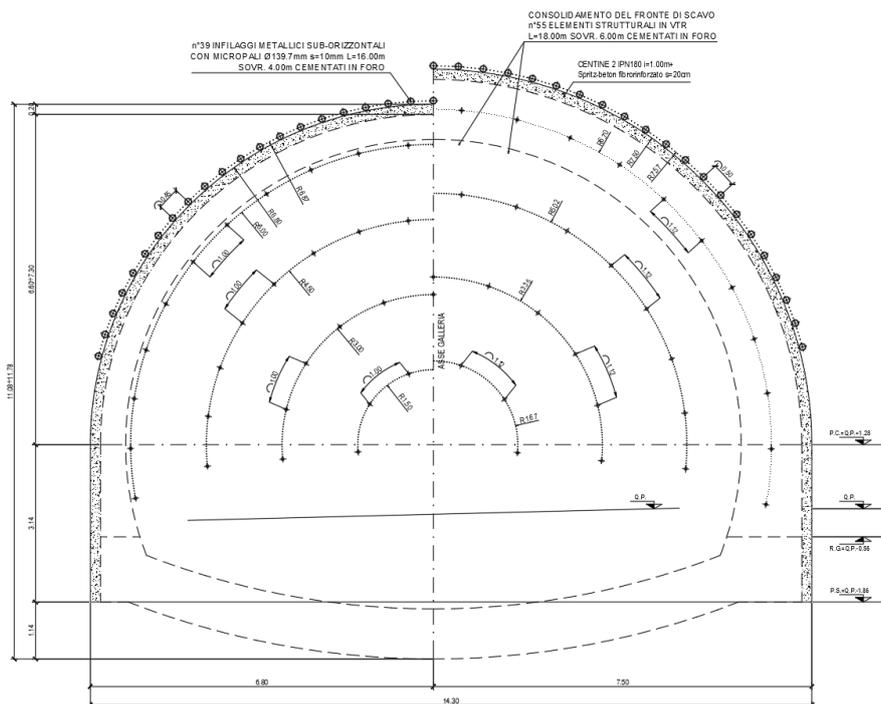


Figura 6-4 – Sezione tipo B2v

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. presostegno al contorno del cavo mediante tubi metallici iniettati;
3. preconsolidamento al fronte mediante tubi in VTR cementati in foro;

PROGETTAZIONE ATI:

4. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza 1.0m, sagomando il fronte a forma concava;
5. esecuzione di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm al fronte e 5 cm al contorno (ad ogni sfondo);
6. rivestimento di prima fase: posa in opera di centine metalliche e spritz beton spessore 25 cm;
7. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;
8. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza massima dal fronte di 4 diametri;
9. getto del rivestimento definitivo ad una distanza massima dal fronte di 8 diametri.

6.5 SEZIONE TIPO C3V

La sezione tipo C3v è prevista in corrispondenza degli imbocchi, in cui lo scavo è coinvolto da formazioni di ridotte caratteristiche di resistenza e deformabilità. La sezione, a differenza della precedente, dispone di un preconsolidamento sul contorno di scavo costituito da 53 elementi in VTR che garantiscono un'ulteriore azione protettiva e di rinforzo sulla stabilità del cavo.

La sezione tipo C3v è caratterizzata da:

- eventuali 3+3 drenaggi in avanzamento, L=24 m, sovrapp.=12 m, rivestiti con calza TNT;
- pre-contenimento del cavo mediante n.39 tubi metallici ϕ 139.7mm sp. 10mm lunghezza 16 m e sovrapposizione di 6m;
- preconsolidamento al contorno del cavo mediante 53 tubi in VTR valvolati ed iniettati con miscele cementizie, lunghezza 18m, sovrapposizione 8m;
- pre-consolidamento del nucleo d'avanzamento mediante 65 tubi in VTR cementati in foro, lunghezza totale 18m e sovrapposizione 8m;
- prerivestimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton proiettato fibrorinforzato e doppie centine IPN200 con passo 1.0m;
- scavo a sezione tronco conica per sfondi di lunghezza 1.0m;
- arco rovescio in ca di spessore 100 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte di 1 Φ .
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore di 50cm (sezione minima) e 120cm (sezione massima) gettato ad una distanza massima dal fronte 5 Φ .

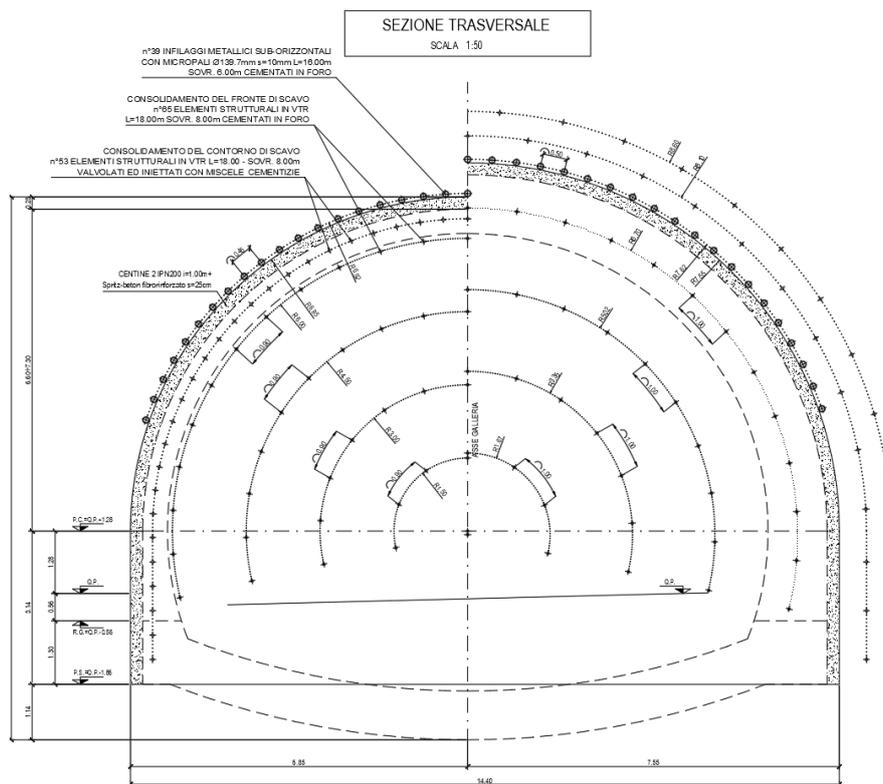


Figura 6-5 – Sezione tipo C3v

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 contorno del cavo mediante tubi in VTR valvolati ed iniettati;
3. preconsolidamento al fronte mediante tubi in VTR cementati in foro;
4. presostegno al contorno del cavo mediante tubi metallici iniettati;
5. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza 1.0m, sagomando il fronte a forma concava;
6. esecuzione di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm al fronte e 5 cm al contorno (ad ogni sfondo);
7. rivestimento di prima fase: posa in opera di centine metalliche e spritz beton spessore 25 cm;
8. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;
9. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza massima dal fronte di 1 diametro;
10. getto del rivestimento definitivo ad una distanza massima dal fronte di 5 diametri.

6.6. SEZIONE TIPO BPZ

La sezione tipo BPZ è prevista in contesti geomeccanici favorevoli, dove 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. 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.

PROGETTAZIONE ATI:

La sezione tipo BPZ è caratterizzata da:

- eventuali 3+3 drenaggi in avanzamento, L=24 m, sovrapp.=12 m, rivestiti con calza TNT;
- prerivestimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton proiettato fibrorinforzato e doppie centine IPN220 con passo 1.0m;
- scavo a sezione cilindrica per sfondi di lunghezza 1.0m;
- arco rovescio in ca di spessore 90 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte di 4Φ.
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore di 100cm gettato ad una distanza massima dal fronte non vincolata.

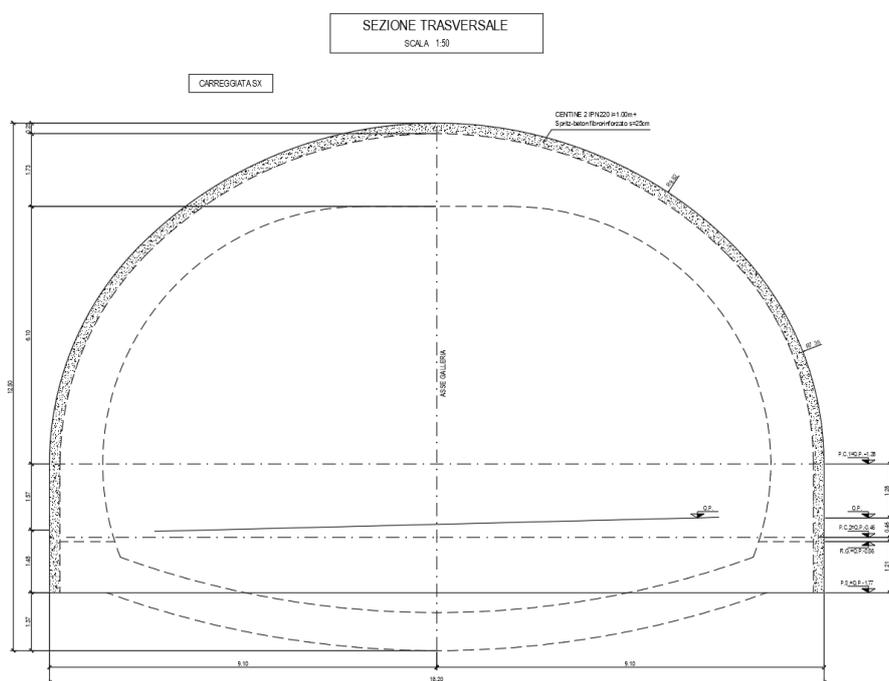


Figura 6-6 – Sezione tipo BPZ

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. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza 1.0m, sagomando il fronte a forma concava;
3. eseguire uno strato di spritz beton di spessore 10 cm al fronte e 5 cm al contorno (ad ogni sfondo);
4. rivestimento di prima fase: al termine di ogni sfondo posa in opera di centine metalliche e spritz beton spessore 25 cm;
5. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;
6. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza max 4Φ;
7. getto del rivestimento definitivo ad una distanza non vincolata.

PROGETTAZIONE ATI:

6.7. SEZIONE TIPO CPZ

La sezione tipo CPZ è prevista nelle zone di bassa copertura e per far fronte alle situazioni in cui lo scavo è coinvolto da formazioni di ridotte caratteristiche di resistenza e deformabilità.

La sezione tipo CPZ è caratterizzata da:

- eventuali 3+3 drenaggi in avanzamento, L=24 m, sovrapp.=14 m, rivestiti con calza TNT;
- pre-contenimento del cavo mediante n.71 tubi metallici ϕ 139mm sp. 10mm lunghezza 15 m e sovrapposizione di 5m;
- pre-consolidamento del nucleo d'avanzamento mediante 78 tubi in VTR cementati in foro aventi lunghezza 15m, sovrapposizione 5m;
- prerivestimento composto da uno strato di 25 cm di spritz-beton proiettato fibrorinforzato e doppie centine IPN220 con passo 1.0m;
- scavo a sezione tronco conica per sfondi di lunghezza 1.0m;
- arco rovescio in ca di spessore 90 cm e murette gettate ad una distanza massima dal fronte di 2 Φ .
- impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- rivestimento definitivo di calotta in ca dello spessore di 60cm (sezione minima) e 130cm (sezione massima) gettato ad una distanza massima dal fronte 4 Φ .

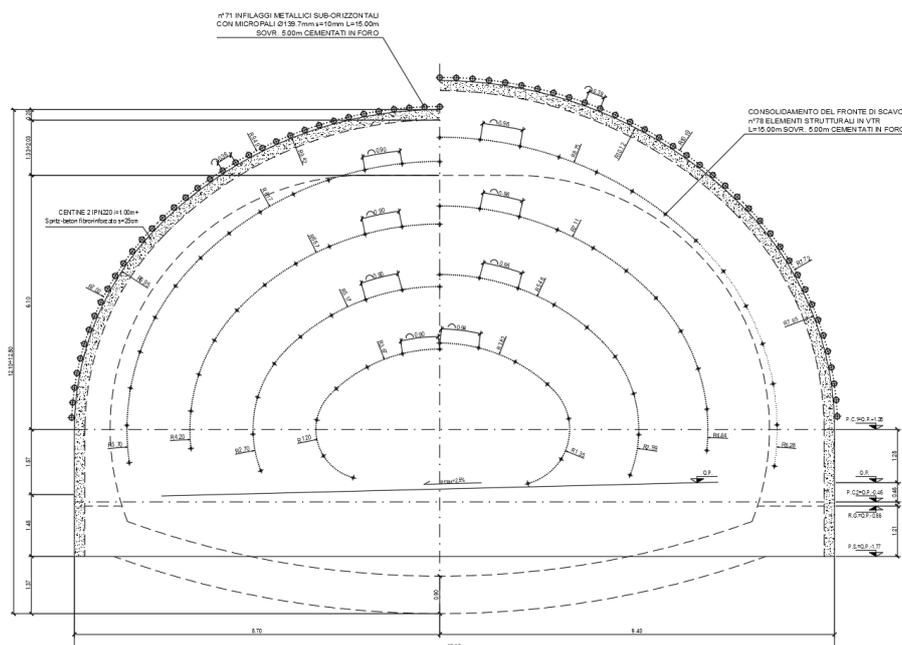


Figura 6-7 – Sezione tipo CPZ

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. presostegno al contorno del cavo mediante tubi metallici;
4. scavo: esecuzione scavo a piena sezione per singoli sfondi di lunghezza 1.0m, sagomando il fronte a forma concava;

PROGETTAZIONE ATI:

5. esecuzione di uno strato di spritz beton di spessore 10 cm al fronte e 5 cm al contorno (ad ogni sfondo);
6. rivestimento di prima fase: posa in opera di centine metalliche e spritz beton spessore 25 cm;
7. posa impermeabilizzazione e sistema di drenaggio;
8. getto di murette ed arco rovescio eseguito ad una distanza massima dal fronte di 2 diametri;
9. getto del rivestimento definitivo ad una distanza massima dal fronte di 4 diametri.

6.8. SEZIONE TIPO BYPASS PEDOCARRABILE

La sezione tipo Bypass 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 aventi lunghezza variabile, sovrapposizione 5m;
- 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 .

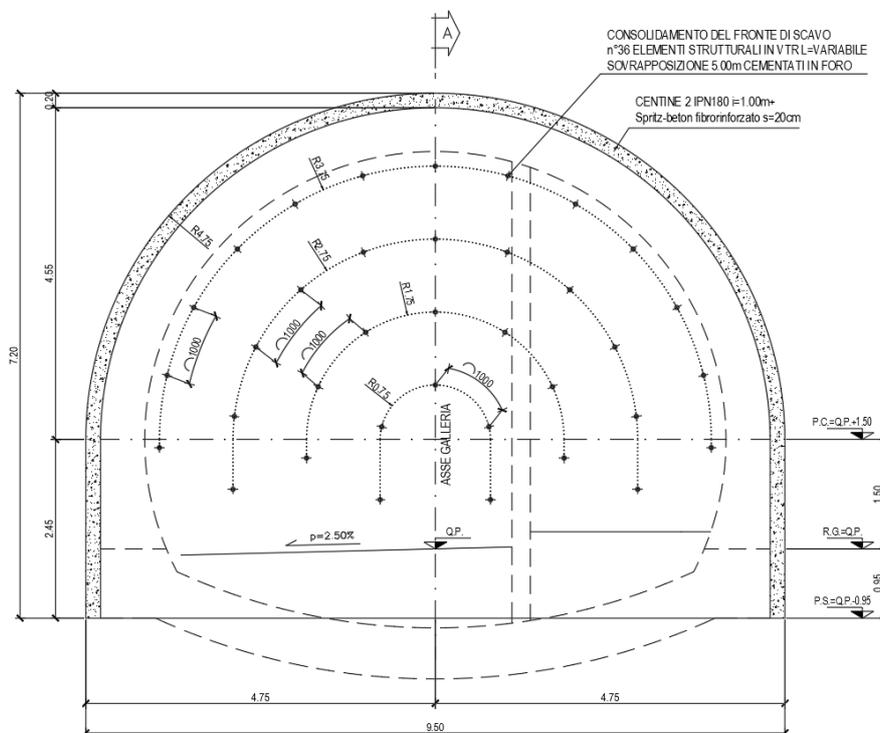


Figura 6-8 – Sezione tipo Bypass pedocarrabile

PROGETTAZIONE ATI:

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.

6.9. SEZIONE TIPO BYPASS PEDONALE

La sezione tipo Bypass 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 fibrorinforzato + 4cm di spritz non fibrorinforzato e doppie centine IPN160 con passo 1.0m;
- scavo a sezione cilindrica per sfondi di lunghezza 1.0m;
- 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.

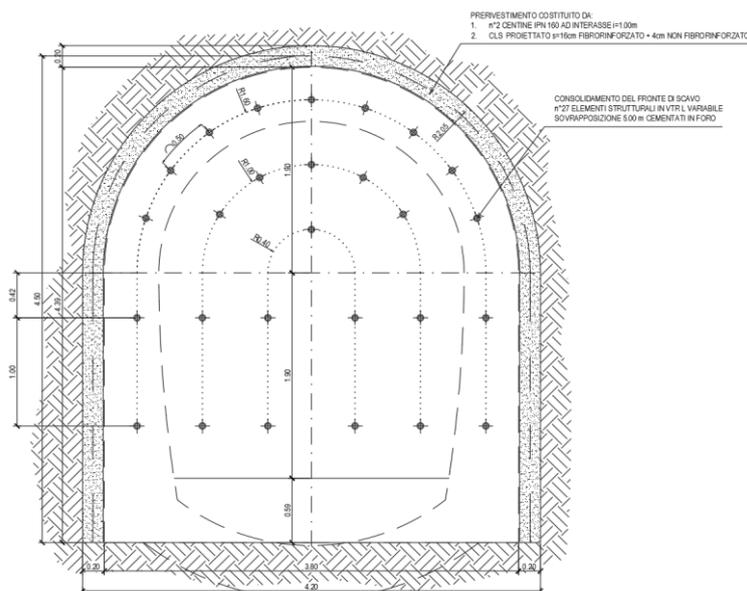


Figura 6-9 – Sezione tipo Bypass pedonale

PROGETTAZIONE ATI:

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.

7. 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 (B1, B1V, B2V, C3V, BPZ e CPZ) 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 7.1.

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 sono mostrati in Tabella 7.2. Inoltre, si ipotizza un campo di getto di rivestimento definitivo di calotta pari a 12m.

Per i tempi di getto degli archi rovesci per le sezioni che non necessitano di misure restrittive di getto dal fronte (sezione tipo B0/protesi), in genere si può tenere conto che un campo di getto di 12m (scavo getto e parziale maturazione) può durare circa 3.0 gg per le sezioni. 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 7.1: 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
C/PZ	0.75	12	16.0
B/PZ	1.50	-	scavo in continuità
C3V	0.75	12	16.0
B2V	1.00	12	12.0
B1V	1.20	12	10.0

PROGETTAZIONE ATI:

B1	1.50	12	8.0
B0/protesi	2.00	-	scavo in continuità
Bypass pedocarrabile	2.00	-	scavo in continuità
Bypass pedonale	2.00	-	scavo in continuità

Tabella 7.2: 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	1.4	12	5.0

PROGETTAZIONE ATI: