

S.S. "Tosco Romagnola"
**Lavori di adeguamento della S.S. 67 nel tratto tra la
Località S.Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di
Dicomano**
Variante di Rufina (FI) – LOTTI 2A e 2B

PROGETTO DEFINITIVO

COD. FI462

PROGETTAZIONE:
REGGRUPPAMENTO
TEMPORANEO PROGETTISTI

MANDATARIA:

MANDANTI



**PRO
ITER**
Progetto
Infrastrutture
Territorio s.r.l.



sinergo



**IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI
SPECIALISTICHE:**

ing. Riccardo Formichi- soc. Pro Iter Srl
Ordine Ingegneri provincia di Milano n. 18045

IL GEOLOGO:

geol. Massimo Mezzanzanica- soc. Pro Iter Srl
Ordine Geologi della Lombardia n. 762

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

ing. Massimo Mangini- soc. Erre Vi A Srl
Ordine Ingegneri provincia di Varese n. 1502

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Francesco Pisani

PROTOCOLLO:

DATA:



ASSE PRINCIPALE
GALLERIA MONTEBONELLO
OPERE IN SOTTERRANEO
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REVISIONE	SCALA
PROGETTO ACNO00113 LIV.PROG D 20		P01-GN01-OST-DC21-A.DOCX			A	-
		CODICE ELAB. P01 GN01 OST DC21				
D						
C						
B						
A	EMISSIONE		10/2023	BELLINI	RIVOLTINI	FORMICHI
REV		DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

CODIFICA DOCUMENTO P01-GN 01-OST-DC 21	PROGETTAZIONE MANDATARIA  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.		MANDANTI   		REV. A	FOGLIO 2 di 24
					Data 10/2023	

INDICE

1	PREMESSA.....	3
1.1	Descrizione generale dell'intervento	3
1.2	Galleria naturale Montebonello	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
2.1	Elaborati progettuali.....	5
2.2	Normative e Linee guida di riferimento	5
3	DESCRIZIONE DELLE SEZIONI TIPO DI SCAVO.....	6
3.1	Sezione tipo GN-A1.....	6
3.2	Sezione tipo GN-A2.....	8
3.3	Sezione tipo PS-A2.....	9
3.4	Sezione tipo GN-B1.....	11
3.5	Sezione tipo PS-B1	13
3.6	Sezione tipo GN-B2	14
3.7	Sezione tipo GN-C1-1	16
3.8	Sezione tipo GN-C1-2	17
3.9	Sezione tipo GN-C1-IMB.....	19
3.10	Sezione tipo N-CE-A2	21
3.11	Sezione tipo N-CE-B1	22
4	INDICAZIONI PER LA VERIFICA DELL'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO DI PROGETTO.....	23

CODIFICA DOCUMENTO P01-GN 01-OST-DC 21	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI  ZITAZIA s.r.l. INGEGNERIA, VALUTAZIONE, AMBIENTE	 sinergo	A
			Data 10/2023	

1 PREMESSA

1.1 Descrizione generale dell'intervento

Il progetto definitivo dei lavori di adeguamento della S.S. 67 è limitato al tratto tra la località S. Francesco in Comune di Pelago e l'abitato di Dicomano, Variante di Rufina (FI) – coincidente ai lotti 2A e 2B già appartenenti al complesso dei lotti del precedente Progetto Preliminare.

Il suddetto Progetto Preliminare, limitatamente ai due lotti 2A e 2B, ha quindi costituito la base di riferimento per lo sviluppo del servizio, e quindi a partire da quest'ultimo, sono state eseguite dapprima delle analisi di criticità, e successivamente apportate le modifiche necessarie alla compiutezza del tracciato in assenza degli altri lotti, oltre che le azioni di progetto tese alla riduzione delle criticità riscontrate; sono state individuate due diverse soluzioni progettuali di tracciato, mirate al superamento delle criticità riscontrate nel tracciato del progetto preliminare redatto dalla Provincia di Firenze.

L'intervento consiste in tronco stradale, e dei relativi svincoli, che si snoda in destra idraulica Sieve per circoscrivere l'abitato di Rufina (FI). La strada è assimilabile ad una tipologia definita "C1" (D.M. 05/11/2001).

Nello specifico tale intervento risulta definirsi (in direzione sud nord) dal primo tratto dallo svincolo lato Masseto della strada statale SS 67 'Tosco Romagnola' fino all'intersezione con la strada comunale Colognese, in corrispondenza della frazione di Montebonello, ed al secondo tratto da questa intersezione a quella esistente, a rotatoria, per rientrare sulla SS67 in località Scopeti.

L'obiettivo principale del progetto è la realizzazione di un tracciato che, per sue caratteristiche funzionali e di sicurezza, rispetti le normative e le esigenze della mobilità del territorio in relazione alla percorrenza degli elevati flussi di traffico che percorrono i tragitti diretti verso e da Firenze sulla direttrice romagnola.

Altro obiettivo strettamente connesso a questo, ed assolutamente non di secondo ordine, è il forte miglioramento della sicurezza generale delle condizioni e della qualità della vita dei centri abitati che si sono sviluppati lungo il tracciato della attuale S.S. 67 Tosco Romagnola, che traggono enorme beneficio in termini di rumorosità, vibrazioni, e di riduzione ed allontanamento del conseguente inquinamento atmosferico.

Lungo l'asse stradale insistono 3 opere d'arte maggiori e una galleria:

- Viadotto Sieve 1
- Viadotto Argomenna
- Galleria Montebonello
- Viadotto Sieve 2

1.2 Galleria naturale Montebonello

La galleria Montebonello è costituita da un unico fornice in cui alloggia una piattaforma stradale bidirezionale tipo C1 con singola carreggiata di larghezza 10.5 m costituita da due corsie (una per ciascun senso di marcia) da 3.75 m e due banchine da 1.50 m. Risulta situata fra le progressive di progetto km 2+019.50 (imbocco Sud) e 2+986.80 (imbocco Nord) e presenta una lunghezza complessiva di 967.3 m.

L'imbocco Sud è costituito da un tratto in artificiale, di lunghezza 46 m, compreso tra le progressive km 2+019.50 e km 2+066.00; il primo tratto, di lunghezza 10.95 m, prevede una struttura a becco di flauto seguito da 4.55 m di galleria a portale (sezione circolare), da 27 m di galleria artificiale (sezione a piedritti verticali) e da 4 m di concio d'attacco in corrispondenza della dima d'imbocco (pk km 2+066) per lo scavo della galleria in naturale. Il tratto della dima, galleria artificiale e portale verrà completamente ritombato con materiale di risulta dagli scavi; una canaletta posta ai limiti del ritombamento garantirà l'allontanamento delle acque meteoriche provenienti dal pendio a monte.

Il tratto in artificiale dell'imbocco Nord ha invece una lunghezza limitata di 4.80m, dettata dalla conformazione del pendio e degli scavi per la trincea d'approccio all'attacco della galleria naturale; la parete di attacco è ubicata alla progressiva km 2+982.00 da cui parte, estendendosi fino al km 2+986.80, il concio d'attacco, in

CODIFICA DOCUMENTO P01-GN 01-OST-DC 21	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 4 di 24
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data 10/2023	

corrispondenza della dima d'imbocco di lunghezza 4 m; a seguire, una parete di chiusura in c.a. rivestita con pietra naturale, dello spessore massimo di 80 cm. Anche in questo caso la dima e il concio verranno completamente ritombati in fase definitiva con materiale proveniente dagli scavi e Una canaletta posta ai limiti del ritombamento garantirà l'allontanamento delle acque meteoriche provenienti dal pendio a monte.

La copertura massima della galleria naturale è pari a circa 100 m.

All'imbocco Sud è stato identificato uno strato di materiale costituito da depositi eluvio-colluviali sovrastante un primo strato di materiale roccioso detensionato; in tale contesto per gli scavi di approccio della galleria naturale si è resa pertanto necessaria la realizzazione di una berlinese provvisoria contrastata da uno o più ordini di ancoraggi di tipo passivo in funzione dell'altezza dello scavo che raggiunge circa 16m di profondità. Lo scavo di sbancamento fino quota di testa della berlinese è previsto con una pendenza del 4:7.

Per l'approccio allo scavo in sotterraneo all'imbocco Nord sono invece previste unicamente delle scarpate con pendenze 5:1 e berme di larghezza 2m ogni 5m di altezza, ad eccezione della prima scarpata che raggiunge un'altezza di circa 7.80m. La parete frontale di imbocco verrà scavata sempre con pendenza 5:1, ma senza berme, per un'altezza massima di circa 16m. Per le scarpate che rimarranno a vista dopo la sistemazione finale, gli interventi previsti (rete in aderenza e chiodature) assumeranno carattere definitivo.

Oggetto della presente relazione è la descrizione delle linee guida per l'applicazione delle diverse sezioni di scavo della galleria naturale, applicata lungo il tracciato come da "Profilo geomeccanico e progettuale di previsione della galleria" [6].

CODIFICA DOCUMENTO P01-GN 01-OST-DC 21	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 5 di 24
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data 10/2023	

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Elaborati progettuali

- [1] T00-GE01-GEO-RE02-A - Galleria Montebonello - Relazione geostrutturale-geomeccanica
- [2] T00-GE02-GET-RE01-A - Galleria Montebonello - Relazione geotecnica generale
- [3] P01-GN01-GEN-RE01-A - Galleria Montebonello - Relazione tecnica generale galleria
- [4] P01-GN01-GEN-RE03-A - Galleria Montebonello - Monitoraggio - Relazione tecnica
- [5] P01-GN01-OST-RE22-A - Galleria Montebonello - Relazione geomeccanica opere in sotterraneo
- [6] P01-GN01-OST-FG21-A - Galleria Montebonello - Profilo geomeccanico e progettuale di previsione della galleria
- [7] P01-GN01-OST-RE01-A - Galleria Montebonello - Relazione tecnica e di calcolo galleria
- [8] P01-GN01-OST-DT06-A - Galleria Montebonello - Sezione tipo GN-A1 - Scavo e consolidamenti e Carpenteria
- [9] P01-GN01-OST-DT07-A - Galleria Montebonello - Sezione tipo GN-A2 - Scavo e consolidamenti e Carpenteria
- [10] P01-GN01-OST-DT08-A - Galleria Montebonello - Sezione tipo GN-A2 - Carpenteria centine e particolari costruttivi
- [11] P01-GN01-OST-DT09-A - Galleria Montebonello - Sezione tipo PS-A2 - Scavo e consolidamenti e Carpenteria
- [12] P01-GN01-OST-DT10-A - Galleria Montebonello - Sezione tipo PS-A2 - Carpenteria centine e particolari costruttivi
- [13] P01-GN01-OST-DT11-A - Galleria Montebonello - Sezione tipo GN-B1 - Scavo e consolidamenti e Carpenteria
- [14] P01-GN01-OST-DT12-A - Galleria Montebonello - Sezione tipo GN-B1 - Carpenteria centine e particolari costruttivi
- [15] P01-GN01-OST-DT13-A - Galleria Montebonello - Sezione tipo PS-B1 - Scavo e consolidamenti e Carpenteria
- [16] P01-GN01-OST-DT14-A - Galleria Montebonello - Sezione tipo PS-B1 - Carpenteria centine e particolari costruttivi
- [17] P01-GN01-OST-DT17-A - Galleria Montebonello - Sezione tipo GN-C1-1 - Scavo e consolidamenti e Carpenteria (Campo 12m)
- [18] P01-GN01-OST-DT18-A - Galleria Montebonello - Sezione tipo GN-C1-2 - Scavo e consolidamenti e Carpenteria (Campo 9m)
- [19] P01-GN01-OST-DT19-A - Galleria Montebonello - Sezione tipo GN-C1-1, GN-C1-2 e GN-C1_IMB - Carpenteria centine e particolari costruttivi (Campi 12-9-5.75m)
- [20] P01-GN01-OST-DT20-A - Galleria Montebonello - Sezione tipo GN-C1-IMB - Scavo e consolidamenti e Carpenteria
- [21] P01-GN01-OST-DT22-A - Galleria Montebonello - Sezione tipo N-CE-A2 - Scavo e consolidamenti
- [22] P01-GN01-OST-DT23-A - Galleria Montebonello - Sezione tipo N-CE-B1 - Scavo e consolidamenti
- [23] P01-GN01-OST-DT25-A - Galleria Montebonello - Sezione tipo N-CE-A2-B1 - Carpenteria centine e particolari costruttivi

2.2 Normative e Linee guida di riferimento

- [24] Norme Tecniche delle Costruzioni 2018 – NTC 2018
- [25] Circolare 21/01/2019, n. 7 C.S.LL.PP – Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018

CODIFICA DOCUMENTO P01-GN 01-OST-DC 21	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	6 di 24
			Data 10/2023	

3 DESCRIZIONE DELLE SEZIONI TIPO DI SCAVO

I modelli di comportamento dell'ammasso roccioso considerati, necessariamente semplificati, sono di tipo omogeneo e isotropo. Nella realtà fisica, l'ammasso è caratterizzato da disomogeneità e anisotropia: pertanto è plausibile la manifestazione di condizioni tensio-deformative non simmetriche, ancor più evidenti in condizioni di basse coperture. Ben coscienti delle semplificazioni adottate, si è comunque tenuto conto, individuando opportuni interventi di confinamento per le varie sezioni tipo, di un comportamento dell'ammasso anche potenzialmente difforme da quanto evidenziato dai risultati delle analisi. Inoltre, si è tenuto conto di problematiche particolari (basse coperture, intensa fatturazione) difficilmente modellabili, predisponendo opportune sezioni tipo e specifici interventi di consolidamento. Le sezioni tipo adottate prevedono pertanto gli interventi di seguito descritti.

3.1 Sezione tipo GN-A1

3.1.1 Campo di applicazione

Nella formazione PLO 2 (GSI=50) in ammassi di classe III con coperture < 70 m.

3.1.2 Tratta di applicazione

La sezione tipo GN-A1 si applica tra le progressive km 2+295 e km 2+341 per circa il 30% della tratta.

3.1.3 Fasi operative

Lo scavo è previsto a piena sezione, indicativamente mediante esplosivo, con sfondi di lunghezza massima pari a 3.0m. La sezione prevede i seguenti interventi:

- N° 1+1 perforazioni di prospezione e drenaggio, L=36m, sovrapposizione minima 6m
- Rivestimento di prima fase composto da uno strato di 20 cm di betoncino (5+10 cm di betoncino fibrorinforzato mediante fibre metalliche 30kg/m³ e 5 cm di betoncino non fibrorinforzato di regolarizzazione) e chiodi radiali tipo SuperSwellex Pm24 L=5.5m, passo 1.5x1.8m.
- Strato di betoncino proiettato fibrorinforzato sul fronte di scavo, spessore 5cm ogni sfondo, 10 cm in caso di soste prolungate.
- Impermeabilizzazione costituita da manto in PVC protetto con uno strato di tessuto non tessuto.
- Rivestimento definitivo in arco rovescio (calcestruzzo armato - spessore 60cm) e sulle murette, gettato ad una distanza dal fronte non vincolata.
- Rivestimento definitivo in calotta (calcestruzzo non armato - spessore 50cm), gettato ad una distanza massima dal fronte non vincolata.

Si riportano nelle immagini seguenti la sezione di scavo e la carpenteria della Sezione tipo GN-A1

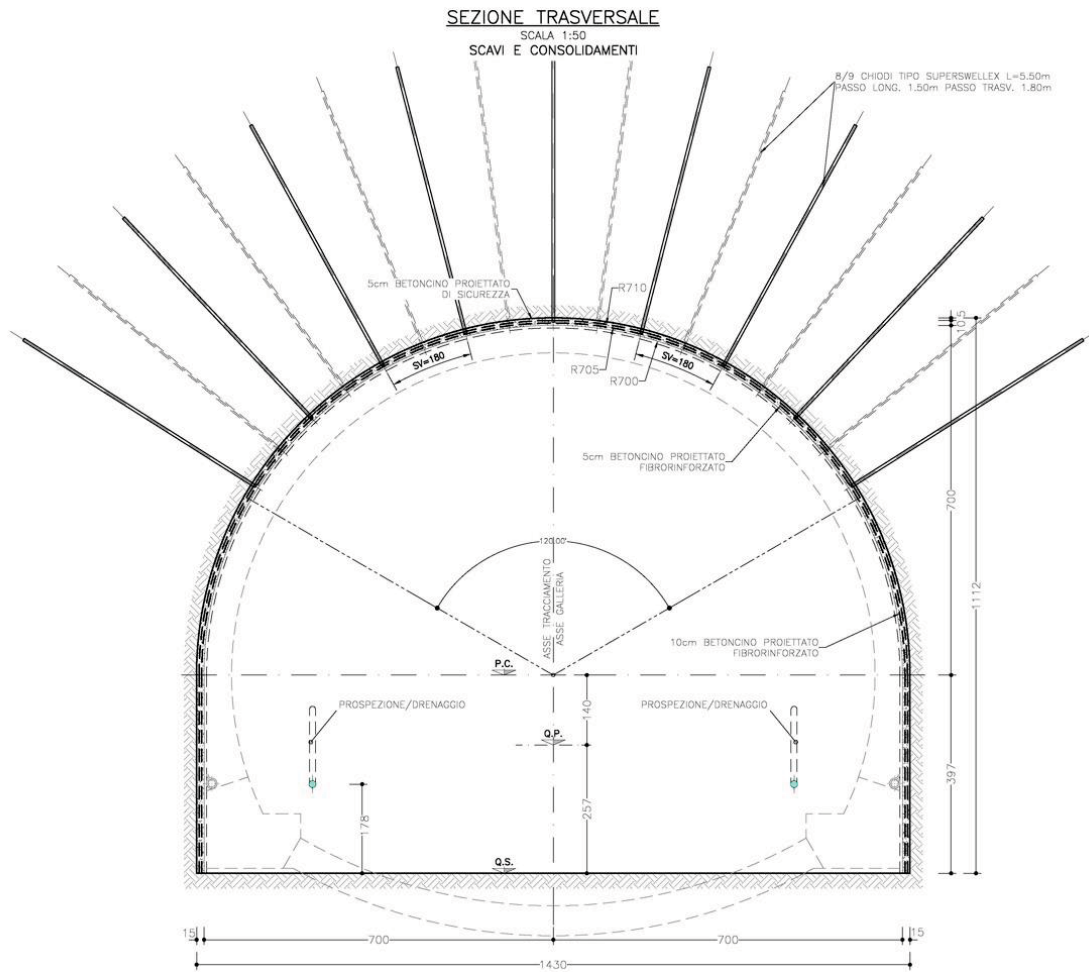


Figura 1 – Sezione GN-A1 – Sezione di scavo.

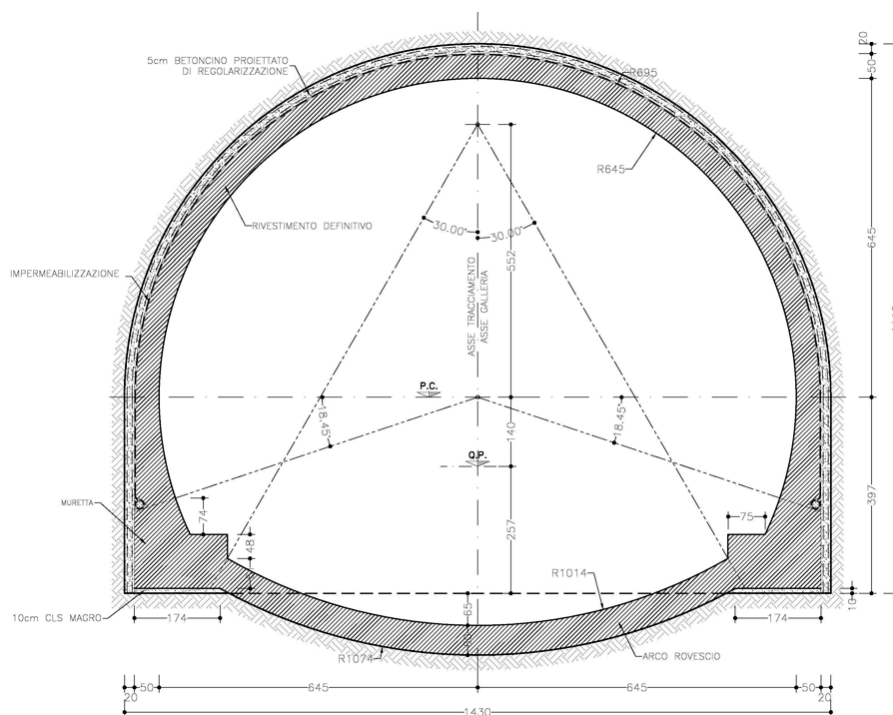


Figura 2 – Sezione GN-A1 – Carpenteria.

CODIFICA DOCUMENTO P01-GN 01-OST-DC 21	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 8 di 24
	MANDATARIA PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI EFREMA EFREMA S.p.A. s.r.l.	sinergo D_VA D_VisionArchitecture	
			Data 10/2023	

3.2 Sezione tipo GN-A2

3.2.1 Campo di applicazione

Nella formazione PLO 1 (GSI=40) in ammassi di classe IV con coperture $20\text{ m} < H < 40\text{ m}$.

Nella formazione PLO 2 (GSI=50) in ammassi di classe III con coperture $70\text{ m} < H < 90\text{ m}$.

3.2.2 Tratta di applicazione

La sezione tipo GN-A2 si applica:

- tra le progressive km 2+117 e km 2+295 per circa il 70% della tratta;
- tra le progressive km 2+295 e km 2+341 per circa il 70% della tratta;
- tra le progressive km 2+390 e km 2+626 per circa il 60% della tratta;
- tra le progressive km 2+735 e km 2+964 per circa l'80% della tratta.

3.2.3 Fasi operative

Lo scavo è previsto a piena sezione, indicativamente mediante mezzi meccanici (eventualmente esplosivo), con sfondi di lunghezza massima pari a 1.5m. La sezione prevede i seguenti interventi:

- N° 1+1 perforazioni di prospezione e drenaggio, L=36m, sovrapposizione minima 6m
- Rivestimento di prima fase composto da uno strato di 30 cm di betoncino (5+20 cm di betoncino fibrorinforzato mediante fibre metalliche 30kg/m³ e 5 cm di betoncino non fibrorinforzato di regolarizzazione) e doppie centine IPN180, passo 1.5 m.
- Strato di betoncino proiettato fibrorinforzato sul fronte di scavo, spessore 5cm ogni sfondo, 10 cm in caso di soste prolungate.
- Impermeabilizzazione costituita da manto in PVC protetto con uno strato di tessuto non tessuto.
- Rivestimento definitivo in arco rovescio (calcestruzzo armato - spessore 70cm) e sulle murette, gettato ad una distanza dal fronte non vincolata.
- Rivestimento definitivo in calotta (calcestruzzo generalmente non armato, armato in corrispondenza delle nicchie - spessore 60cm), gettato ad una distanza massima dal fronte non vincolata.

Si riportano nelle immagini seguenti la sezione di scavo e la carpenteria della Sezione tipo GN-A2.

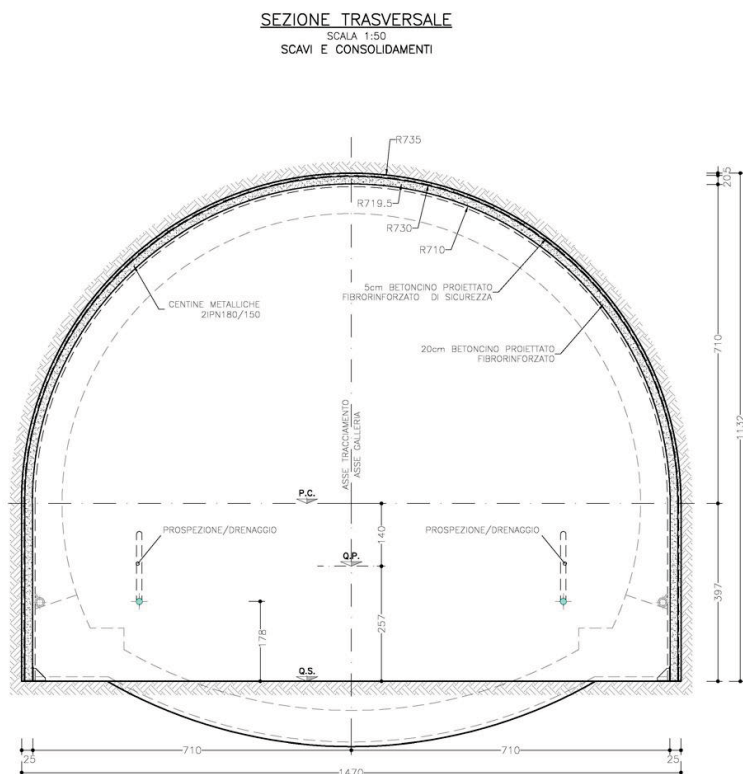


Figura 3 – Sezione GN-A2 – Sezione di scavo.

CODIFICA DOCUMENTO P01-GN 01-OST-DC 21	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI EFREMA INGEGNERIA, SPAZI, URBANISMO	sinergo	D_VA D_VisionArchitecture
				Data 10/2023

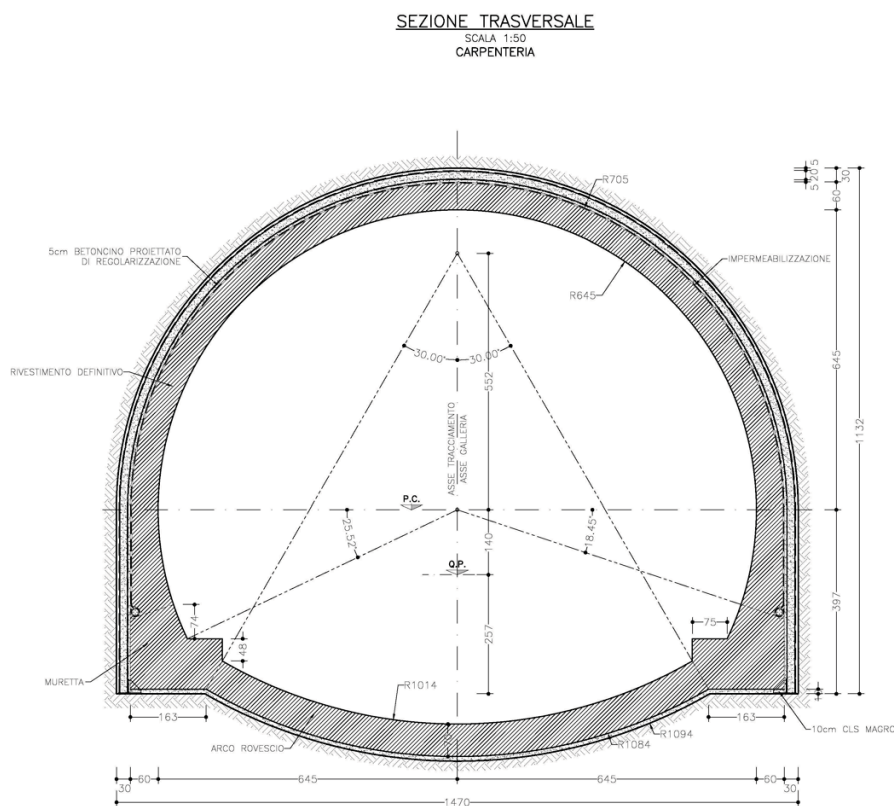


Figura 4 – Sezione GN-A2 – Carpenteria.

3.3 Sezione tipo PS-A2

3.3.1 Campo di applicazione

In corrispondenza delle piazzole, nella formazione PLO 2 (GSI=50) in ammassi di classe III con coperture 70 m < H < 90 m.

3.3.2 Tratta di applicazione

La sezione tipo PS-A2 si applica nella piazzola tra le progressive km 2+341 e km 2+390.

3.3.3 Fasi operative

Lo scavo è previsto a piena sezione, indicativamente mediante mezzi meccanici (eventualmente esplosivo), con sfondi di lunghezza massima pari a 1.5m. La sezione prevede i seguenti interventi:

- N° 1+1 perforazioni di prospezione e drenaggio, L=36m, sovrapposizione minima 6m
- Rivestimento di prima fase composto da uno strato di 35 cm di betoncino (5+25 cm di betoncino fibrorinforzato mediante fibre metalliche 30kg/m³ e 5 cm di betoncino non fibrorinforzato di regolarizzazione) e doppie centine IPN220 passo 1.5 m.
- Strato di betoncino proiettato fibrorinforzato sul fronte di scavo, spessore 5cm ogni sfondo, 10 cm in caso di soste prolungate.
- Impermeabilizzazione costituita da manto in PVC protetto con uno strato di tessuto non tessuto.
- Rivestimento definitivo in arco rovescio (calcestruzzo armato - spessore 80cm) e sulle murette, gettato a una distanza massima dal fronte compresa tra 1.5 Ø e 3.0 Ø.
- Rivestimento definitivo in calotta (calcestruzzo non armato - spessore 70cm), gettato ad una distanza massima dal fronte non vincolata.

Si riportano nelle immagini seguenti la sezione di scavo e la carpenteria della Sezione tipo PS-A2.

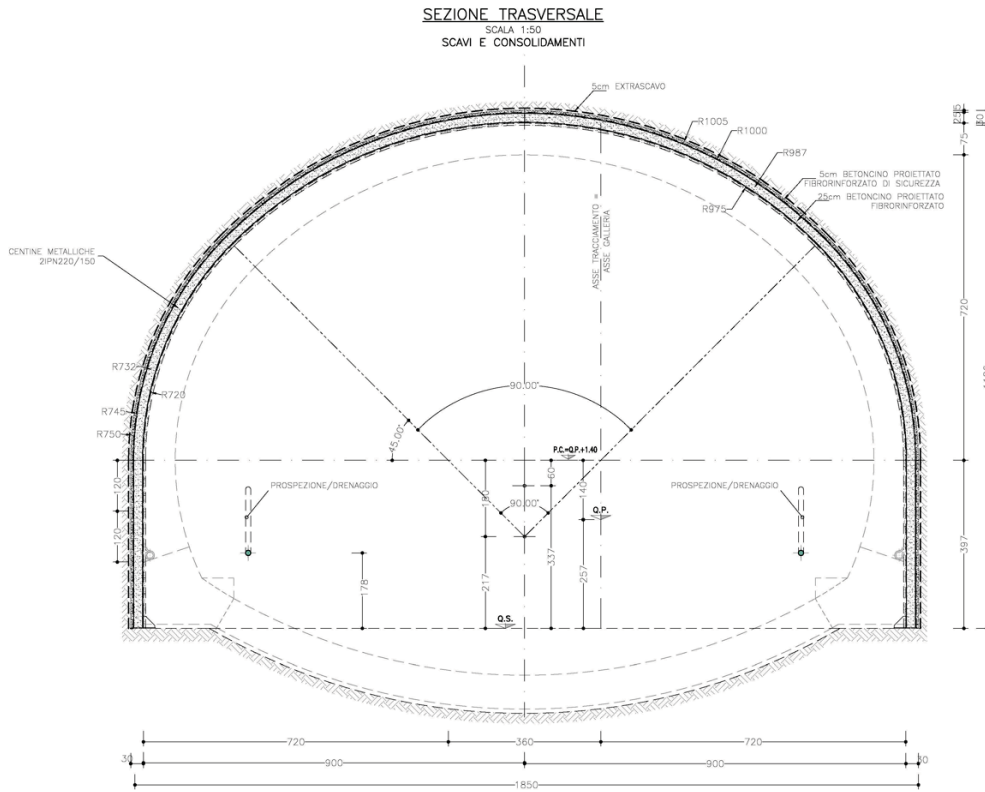


Figura 5 – Sezione PS-A2 – Sezione di scavo.

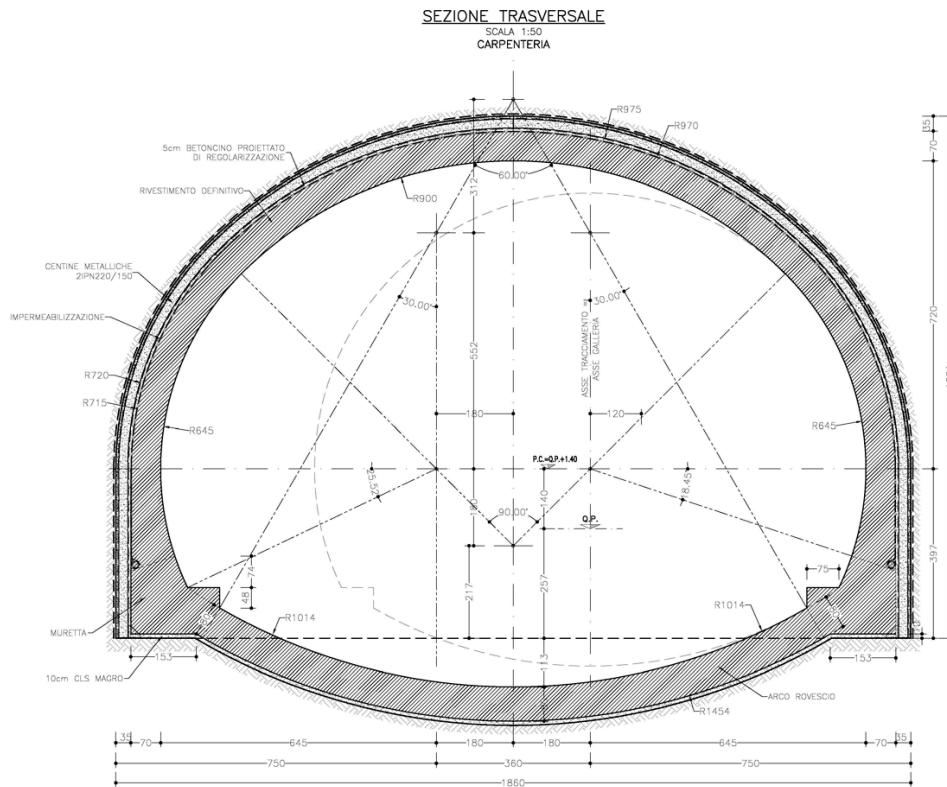


Figura 6 – Sezione PS-A2 – Carpenteria.

CODIFICA DOCUMENTO P01-GN 01-OST-DC 21	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	11 di 24
			Data 10/2023	

3.4 Sezione tipo GN-B1

3.4.1 Campo di applicazione

Nella formazione PLO 1 (GSI=40) in ammassi di classe IV con coperture $40\text{ m} < H < 60\text{ m}$.

Nella formazione PLO 2 (GSI=50) in ammassi di classe III con coperture $90\text{ m} < H < 100\text{ m}$.

3.4.2 Tratta di applicazione

La sezione tipo GN-B1 si applica:

- tra le progressive km 2+117 e km 2+295 per circa il 30% della tratta;
- tra le progressive km 2+390 e km 2+626 per circa il 40% della tratta;
- tra le progressive km 2+675 e km 2+699 per il 100% della tratta;
- tra le progressive km 2+735 e km 2+964 per circa il 20% della tratta.

3.4.3 Fasi operative

Lo scavo è previsto a piena sezione, indicativamente mediante mezzi meccanici, con sfondi di lunghezza 1.2m. La sezione prevede i seguenti interventi:

- N° 1+1 perforazioni di prospezione e drenaggio, L=36m, sovrapposizione minima 6m.
- Preconsolidamento del fronte di scavo mediante n. 60 ancoraggi autoperforanti R38N, L=18m, sovrapposizione 6m.
- Rivestimento di prima fase composto da uno strato di 30cm di betoncino (5+25 cm di betoncino fibrorinforzato mediante fibre metalliche 30kg/m³ e 5 cm di betoncino non fibrorinforzato di regolarizzazione) e doppie centine IPN180 a passo 1.2m.
- Strato di betoncino proiettato fibrorinforzato sul fronte di scavo, spessore 5cm ogni sfondo, 10 cm in caso di soste prolungate.
- Impermeabilizzazione costituita da manto in PVC protetto con uno strato di tessuto non tessuto.
- Rivestimento definitivo in arco rovescio (calcestruzzo armato - spessore 80cm) e sulle murette, gettato a una distanza massima dal fronte compresa tra 1.5 Ø e 3.0 Ø.
- Rivestimento definitivo in calotta (calcestruzzo armato - spessore 70cm), gettato ad una distanza massima dal fronte non vincolata. In corrispondenza delle nicchie è prevista la posa di un'armatura integrativa di calotta.

Si riportano nelle immagini seguenti la sezione di scavo e la carpenteria della Sezione tipo GN-B1.

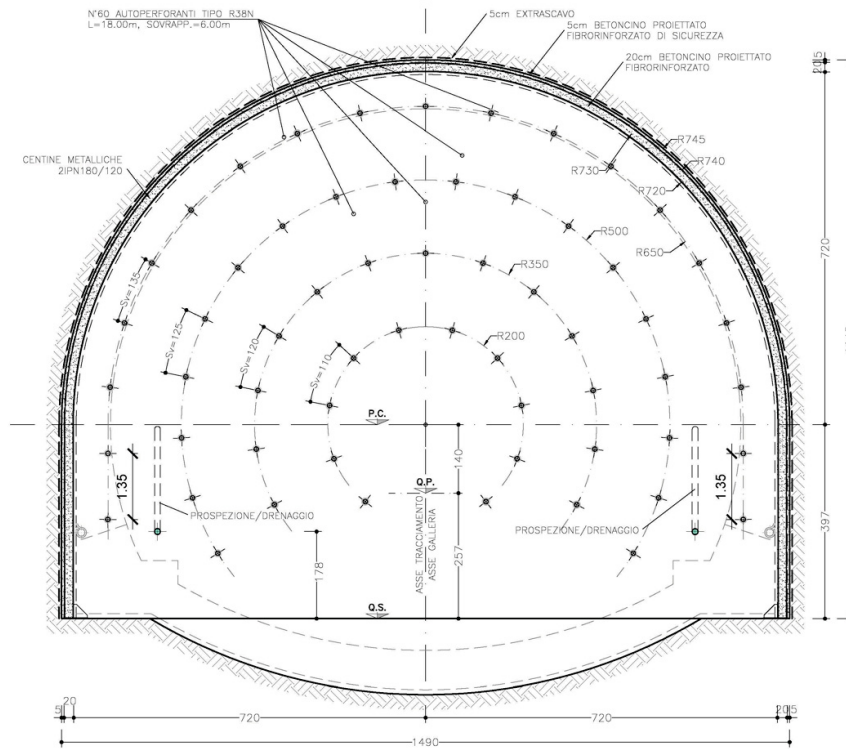


Figura 7 – Sezione GN-B1 – Sezione di scavo.

SEZIONE TRASVERSALE
SCALA 1:50
CARPENTERIA

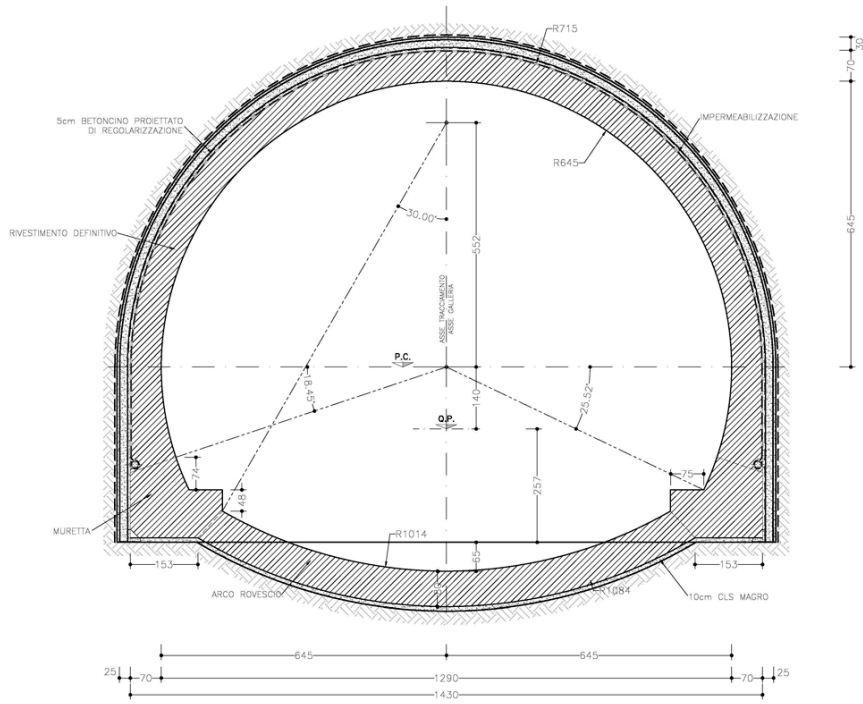


Figura 8 – Sezione GN-B1 – Carpenteria.

CODIFICA DOCUMENTO P01-GN 01-OST-DC 21	PROGETTAZIONE MANDATARIA PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI EFREMA s.r.l. INGEGNERIA - VALUTAZIONE	sinergo	D_VA D_VisionArchitecture	REV. A	FOGLIO 13 di 24
					Data 10/2023	

3.5 Sezione tipo PS-B1

3.5.1 Campo di applicazione

In corrispondenza delle piazzole:

- nella formazione PLO 1 (GSI=40) in ammassi di classe III con coperture $40\text{ m} < H < 70\text{ m}$;
- nella formazione PLO 2 (GSI=50) in ammassi di classe III con coperture $H > 90\text{ m}$.

3.5.2 Tratta di applicazione

La sezione tipo PS-B1 si applica nella piazzola tra le progressive km 2+626 e km 2+675.

3.5.3 Fasi operative

Lo scavo è previsto a piena sezione, indicativamente mediante mezzi meccanici, con sfondi di lunghezza 1.2m. La sezione prevede i seguenti interventi:

- N° 1+1 perforazioni di prospezione e drenaggio, $L=36\text{m}$, sovrapposizione minima 6m.
- Preconsolidamento del fronte di scavo mediante n. 85 ancoraggi autoproforanti R38N, $L=18\text{m}$, sovrapposizione 6m.
- Rivestimento di prima fase composto da uno strato di 35 cm di betoncino (5+25 cm di betoncino fibrorinforzato mediante fibre metalliche $30\text{kg}/\text{m}^3$ e 5 cm di betoncino non fibrorinforzato di regolarizzazione) e doppie centine IPN220 passo 1.2 m.
- Strato di betoncino proiettato fibrorinforzato sul fronte di scavo, spessore 5cm ogni sfondo, 10 cm in caso di soste prolungate.
- Impermeabilizzazione costituita da manto in PVC protetto con uno strato di tessuto non tessuto.
- Rivestimento definitivo in arco rovescio (calcestruzzo armato - spessore 90cm) e sulle murette, gettato a una distanza massima dal fronte compresa tra $1.5\ \varnothing$ e $3.0\ \varnothing$.
- Rivestimento definitivo in calotta (calcestruzzo armato - spessore 80cm), gettato ad una distanza massima dal fronte non vincolata.

Si riportano nelle immagini seguenti la sezione di scavo e la carpenteria della Sezione tipo PS-B1.

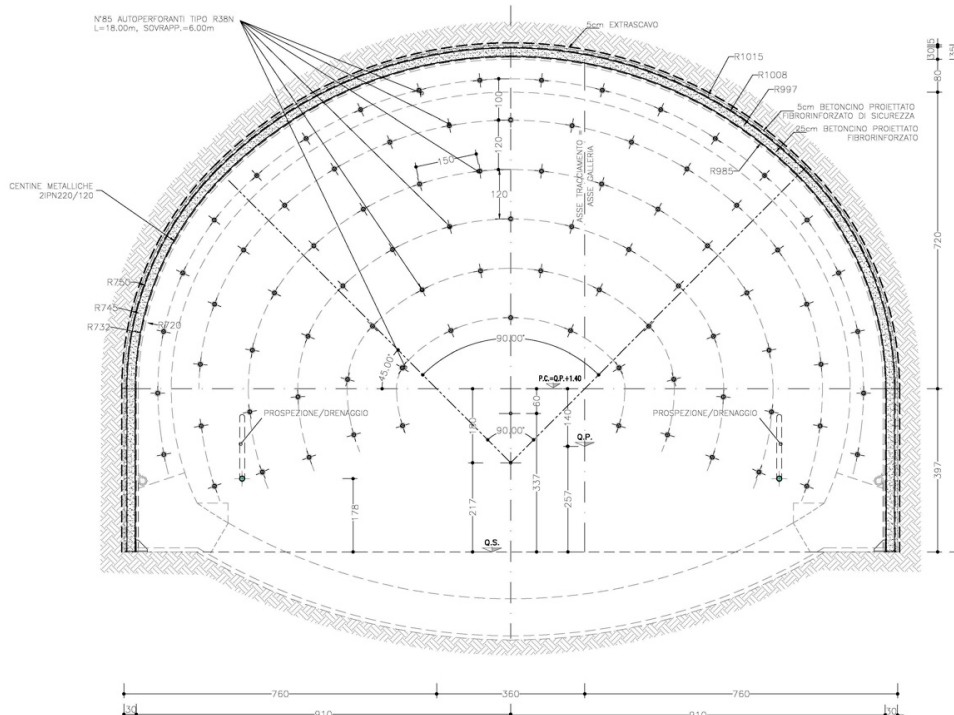


Figura 9 – Sezione PS-B1 – Sezione di scavo.

CODIFICA DOCUMENTO P01-GN 01-OST-DC 21	PROGETTAZIONE	REV.	FOGLIO
	MANDATARIA PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI	A 14 di 24
   		Data 10/2023	

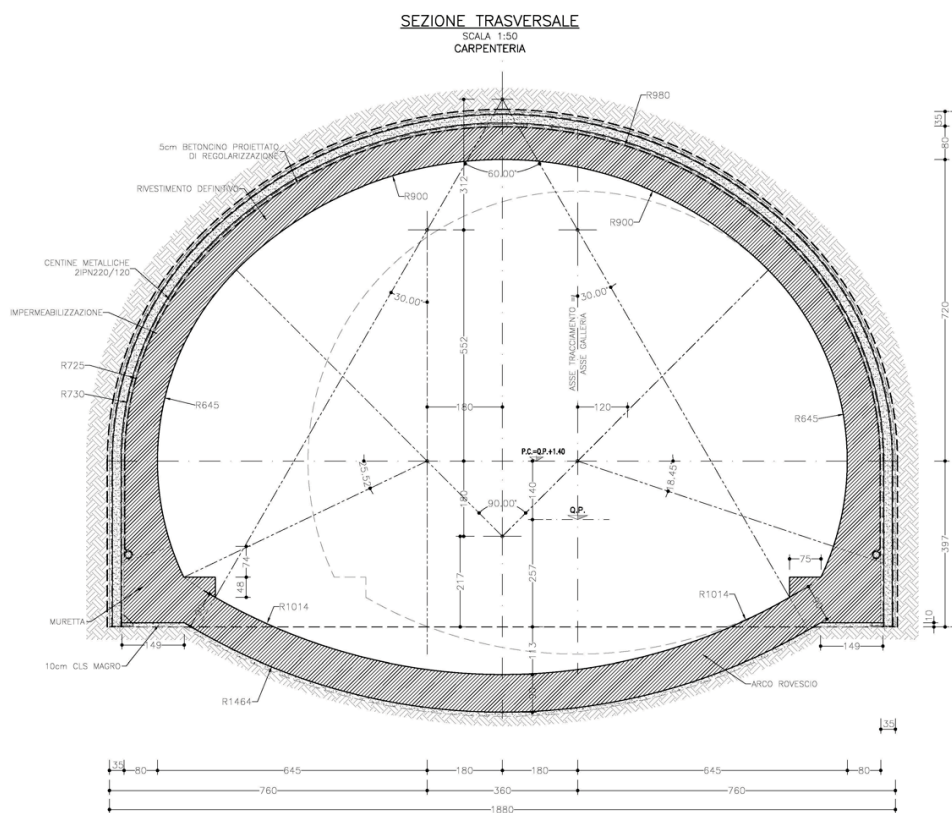


Figura 10 – Sezione PS-B1 – Carpenteria.

3.6 Sezione tipo GN-B2

3.6.1 Campo di applicazione

In corrispondenza della faglia.

3.6.2 Tratta di applicazione

La sezione tipo GN-B2 si applica in corrispondenza della faglia tra le progressive km 2+699 e km 2+735.

3.6.3 Fasi operative

Lo scavo è previsto a piena sezione, indicativamente mediante mezzi meccanici, con sfondi di lunghezza 1.0m. La sezione prevede i seguenti interventi:

- N° 2+2 perforazioni di prospezione e drenaggio, L=36m, sovrapposizione minima 6m, attrezzate con tubazioni in PVC fessurate e rivestite con calza in TNT.
- Preconsolidamento del fronte di scavo mediante n. 66 ancoraggi autoperforanti R38N, L=18m, sovrapposizione 9m.
- Preconsolidamento del contorno di scavo mediante n. 27 ancoraggi autoperforanti R51N, L=9m, passo longitudinale 2 m, trasversale 0.6 m.
- Rivestimento di prima fase composto da uno strato di 30cm di betoncino (5+25 cm di betoncino fibrorinforzato mediante fibre metalliche 30kg/m³ e 5 cm di betoncino non fibrorinforzato di regolarizzazione) e doppie centine IPN180 a passo 1.0m.
- Strato di betoncino proiettato fibrorinforzato sul fronte di scavo, spessore 5cm ogni sfondo, 10 cm in caso di soste prolungate.
- Impermeabilizzazione costituita da manto in PVC protetto con uno strato di tessuto non tessuto.
- Rivestimento definitivo in arco rovescio (calcestruzzo armato - spessore 90cm) e sulle murette, gettato a una distanza massima dal fronte compresa tra 1.5 \emptyset e 3.0 \emptyset .
- Rivestimento definitivo in calotta (calcestruzzo armato - spessore 80cm), gettato ad una distanza massima dal fronte non vincolata.

CODIFICA DOCUMENTO P01-GN 01-OST-DC 21	PROGETTAZIONE MANDATARIA PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.		MANDANTI ERFAMA s.r.l. <small>ENERGIA, ACQUA, AMBIENTE</small>	sinergo	D_VA <small>DVisionArchitecture</small>	REV. A	FOGLIO 15 di 24
							Data 10/2023

Si riportano nelle immagini seguenti la sezione di scavo e la carpenteria della Sezione tipo GN-B2.

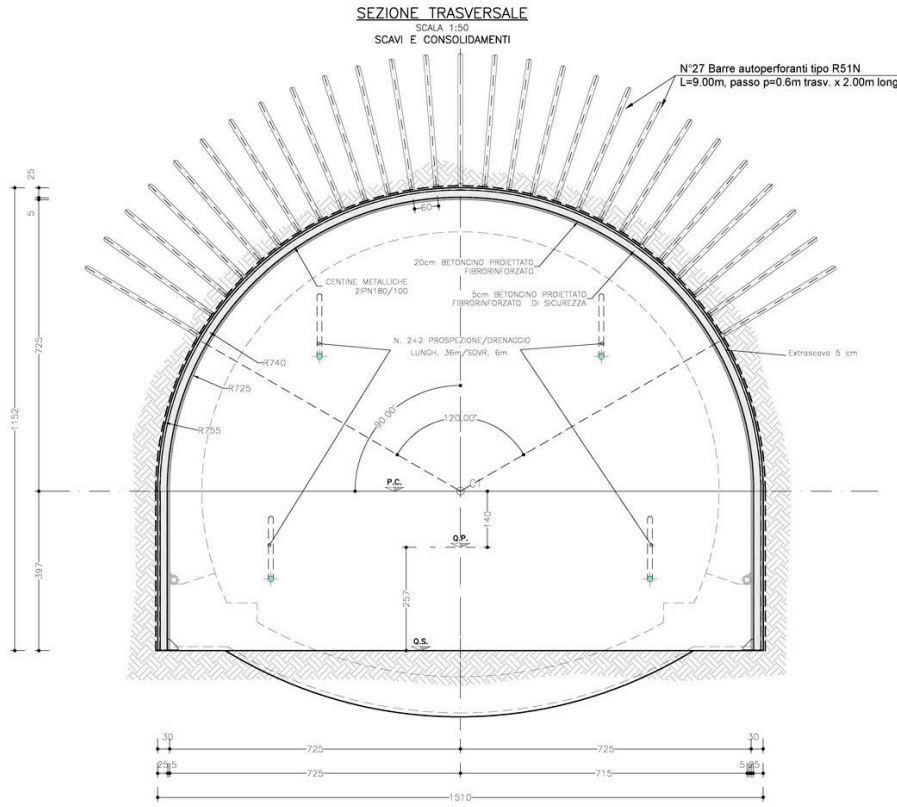


Figura 11 – Sezione GN-B2 – Sezione di scavo.

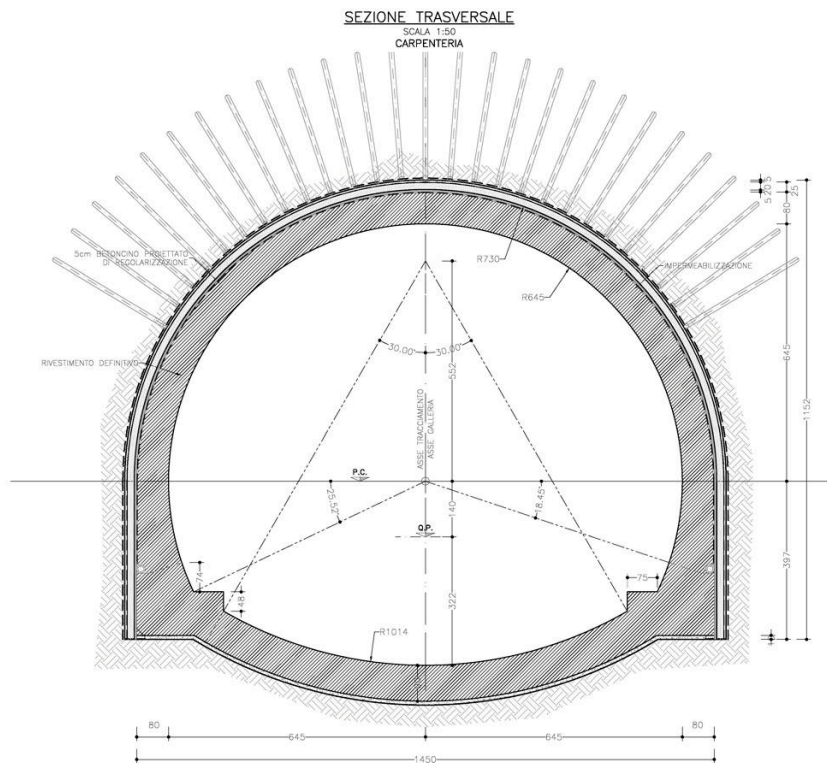


Figura 12 – Sezione GN-B2 – Carpenteria.

CODIFICA DOCUMENTO P01-GN 01-OST-DC 21	PROGETTAZIONE MANDATARIA PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI ERFEMA ERFEMA S.p.A. s.r.l. INGEGNERIA - ARCHITETTURA	sinergo	D_VA D_VisionArchitecture	REV. A	FOGLIO 16 di 24
					Data 10/2023	

3.7 Sezione tipo GN-C1-1

3.7.1 Campo di applicazione

All'imbocco nord della galleria naturale, dopo la sezione IMB, nella formazione PLO 2 in basse coperture.

3.7.2 Tratta di applicazione

La sezione tipo GN-C1-1 si applica all'imbocco nord tra le progressive km 2+964 e km 2+976.

3.7.3 Fasi operative

Lo scavo è previsto a piena sezione, indicativamente mediante mezzi meccanici, con sfondi di lunghezza 1.0m e campi di lunghezza 12.0m. La sezione prevede i seguenti interventi:

- N° 1+1 perforazioni di prospezione e drenaggio, L=36m, sovrapposizione minima 6m.
- Protezione del contorno dello scavo mediante n. 39 infilaggi metallici, $\varnothing=127.9\text{mm}$ s=10mm L=15m, sovrapposizione minima 3.0m, cementati con malta cementizia.
- Preconsolidamento del fronte di scavo mediante n. 60 autoproforanti R38N, L=18m, sovrapposizione 6m.
- Rivestimento di prima fase composto da uno strato di 30cm di betoncino (5+20 cm di betoncino fibrorinforzato mediante fibre metalliche 30kg/m³ e 5 cm di betoncino non fibrorinforzato di regolarizzazione) e doppie centine IPN180 a passo 1.0m.
- Strato di betoncino proiettato fibrorinforzato sul fronte di scavo, spessore 5cm ogni sfondo, 10 cm a fine campo.
- Impermeabilizzazione costituita da manto in PVC protetto con uno strato di tessuto non tessuto.
- Rivestimento definitivo in arco rovescio (calcestruzzo armato - spessore 90cm) e sulle murette, gettato a una distanza massima dal fronte compresa tra $0.5 \varnothing$ e $1.5 \varnothing$.
- Rivestimento definitivo in calotta (calcestruzzo armato - spessore variabile da 50 a 125cm), gettato ad una distanza massima dal fronte non vincolato.

Si riportano nelle immagini seguenti la sezione di scavo e la carpenteria della Sezione tipo GN-C1-1.

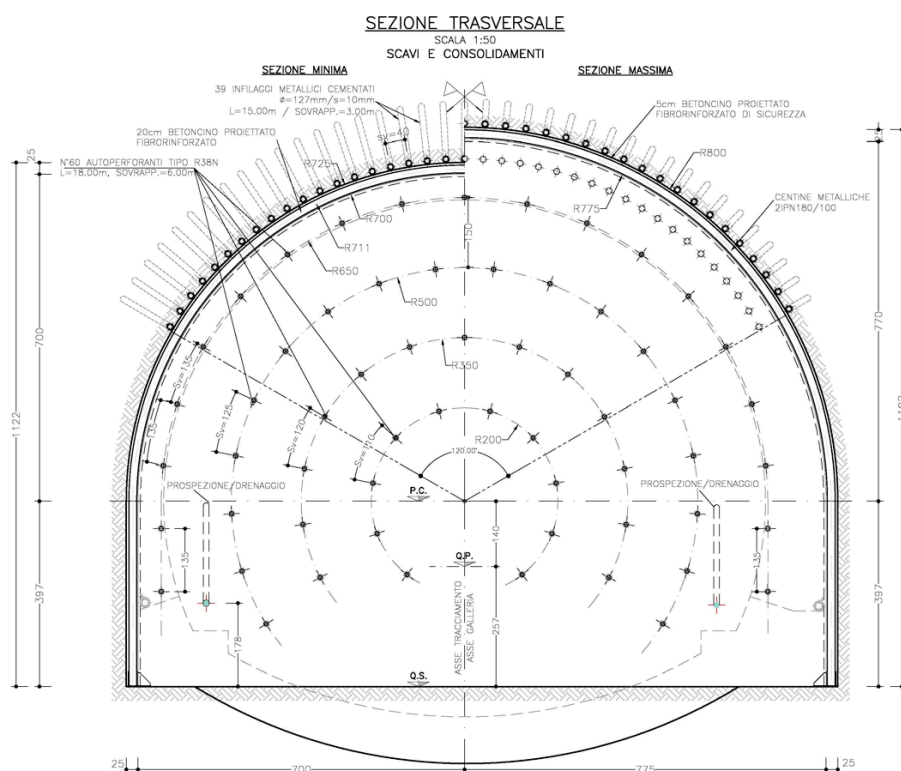


Figura 13 – Sezione GN-C1-1 – Sezione di scavo.

CODIFICA DOCUMENTO P01-GN 01-OST-DC 21	PROGETTAZIONE MANDATARIA PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI sinergo DIREZIONE SANITARIA ASSISTENZA	D_VA D_VisionArchitecture	REV. A	FOGLIO 17 di 24
				Data 10/2023	

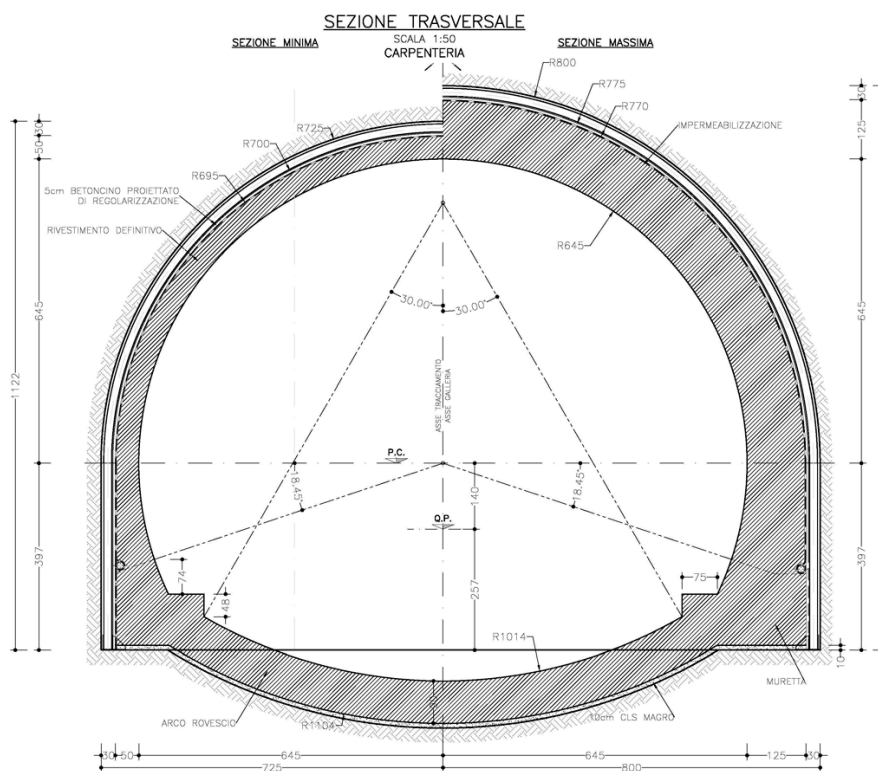


Figura 14 – Sezione GN-C1-1 – Carpenteria.

3.8 Sezione tipo GN-C1-2

3.8.1 Campo di applicazione

All'imbocco sud della galleria naturale, dopo la sezione IMB, nella formazione PLO 1 in basse coperture.

3.8.2 Tratta di applicazione

La sezione tipo GN-C1-2 si applica all'imbocco sud tra le progressive km 2+072 e km 2+117.

3.8.3 Fasi operative

Lo scavo è previsto a piena sezione, indicativamente mediante mezzi meccanici, con sfondi di lunghezza 1.0m e campi di lunghezza 9.0m. La sezione prevede i seguenti interventi:

- N° 1+1 perforazioni di prospezione e drenaggio, L=36m, sovrapposizione minima 6m.
- Protezione del contorno dello scavo mediante n. 39 infilaggi metallici, $\varnothing=127.9\text{mm}$ s=10mm L=15m, sovrapposizione minima 6.0m, cementati con malta cementizia.
- Preconsolidamento del fronte di scavo mediante n. 60 autoperforanti R38N, L=18m, sovrapposizione minima 9m.
- Rivestimento di prima fase composto da uno strato di 30cm di betoncino (5+20 cm di betoncino fibrorinforzato mediante fibre metalliche 30kg/m³ e 5 cm di betoncino non fibrorinforzato di regolarizzazione) e doppie centine IPN180 a passo 1.0m.
- Strato di betoncino proiettato fibrorinforzato sul fronte di scavo, spessore 5cm ogni sfondo, 10 cm a fine campo.
- Impermeabilizzazione costituita da manto in PVC protetto con uno strato di tessuto non tessuto.
- Rivestimento definitivo in arco rovescio (calcestruzzo armato - spessore 90cm) e sulle murette, gettato a una distanza massima dal fronte compresa tra $0.5 \varnothing$ e $1.5 \varnothing$.
- Rivestimento definitivo in calotta (calcestruzzo armato - spessore variabile da 50 a 125cm), gettato ad una distanza massima dal fronte non vincolato.

Si riportano nelle immagini seguenti la sezione di scavo e la carpenteria della Sezione tipo GN-C1-2.

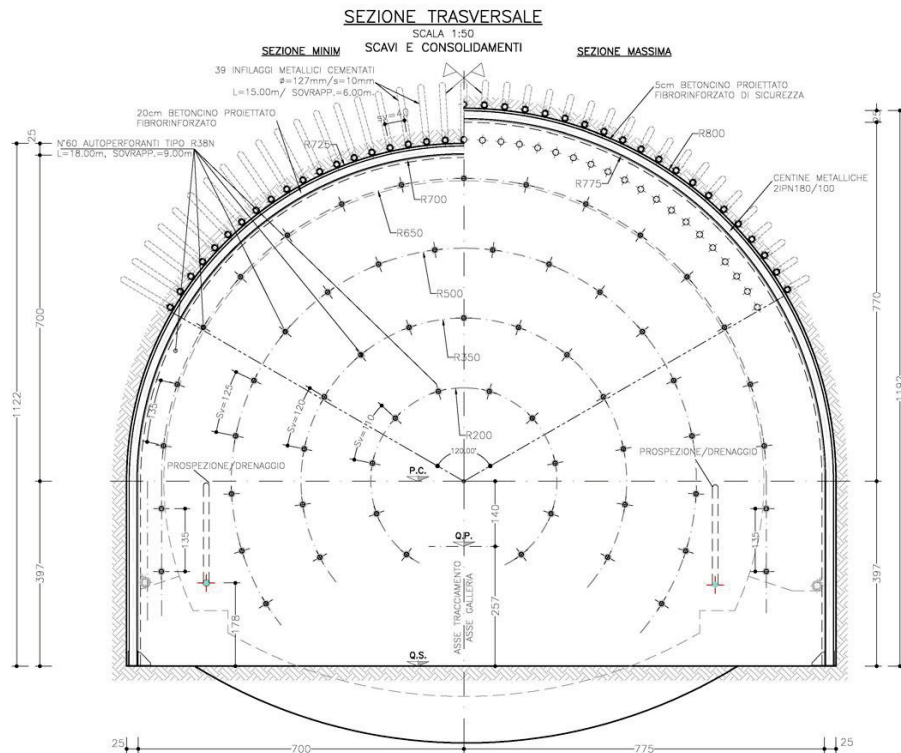


Figura 15 – Sezione GN-C1-2 – Sezione di scavo.

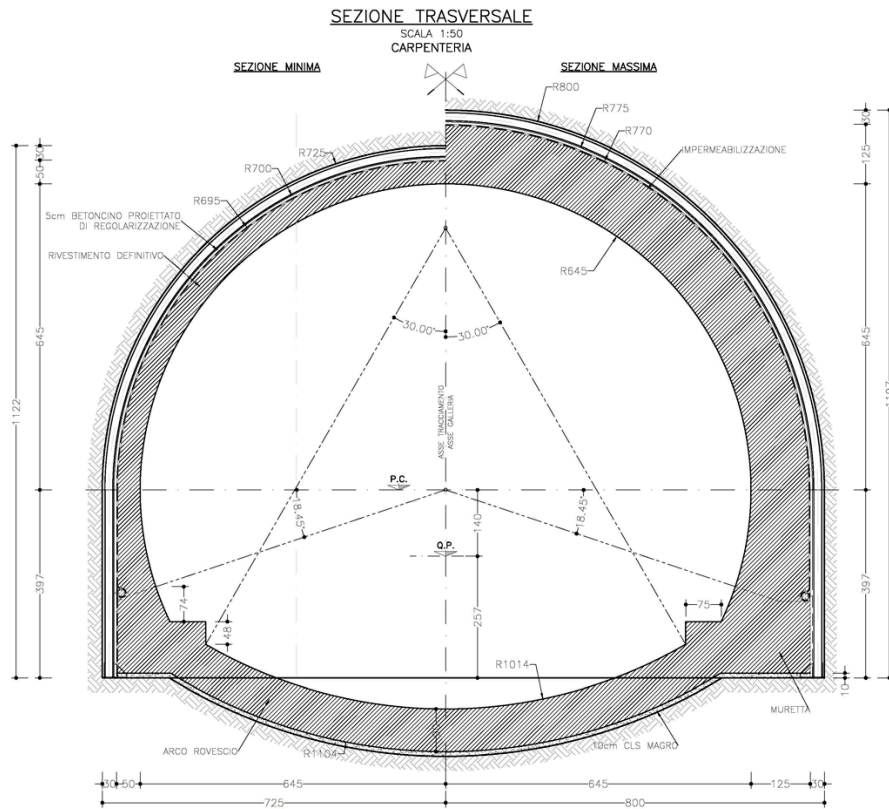


Figura 16 – Sezione GN-C1-2 – Carpenteria.

CODIFICA DOCUMENTO P01-GN 01-OST-DC 21	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    EITRIMA s.r.l. D_VA D_VisionArchitecture	A	19 di 24
			Data 10/2023	

3.9 Sezione tipo GN-C1-IMB

3.9.1 Campo di applicazione

All'imbocco sud della galleria naturale, nella formazione PLO 1 in basse coperture, e all'imbocco nord della galleria naturale, nella formazione PLO 2 in basse coperture.

3.9.2 Tratta di applicazione

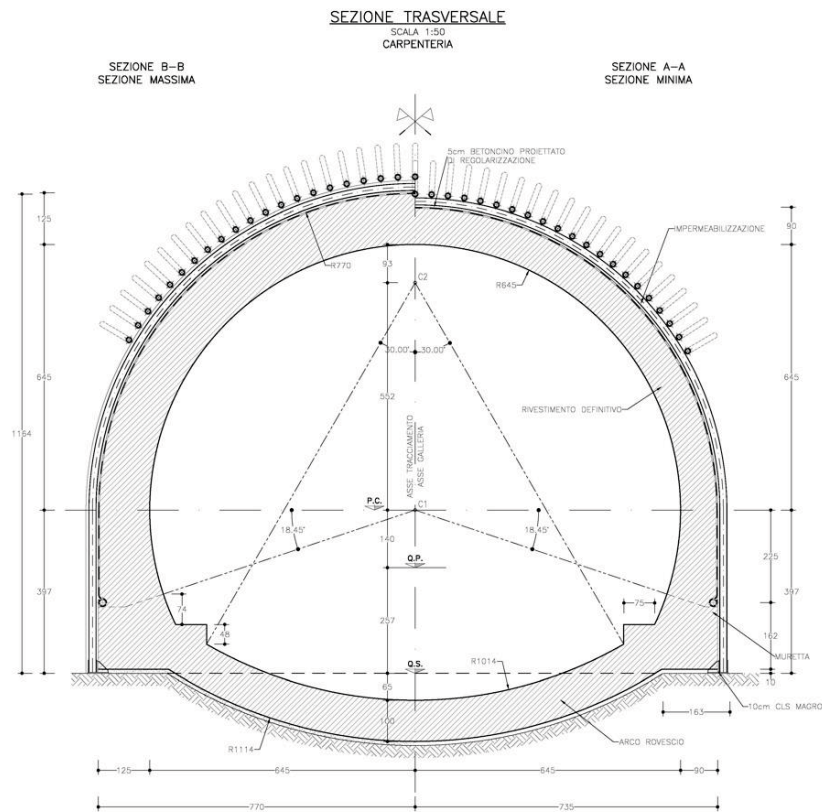
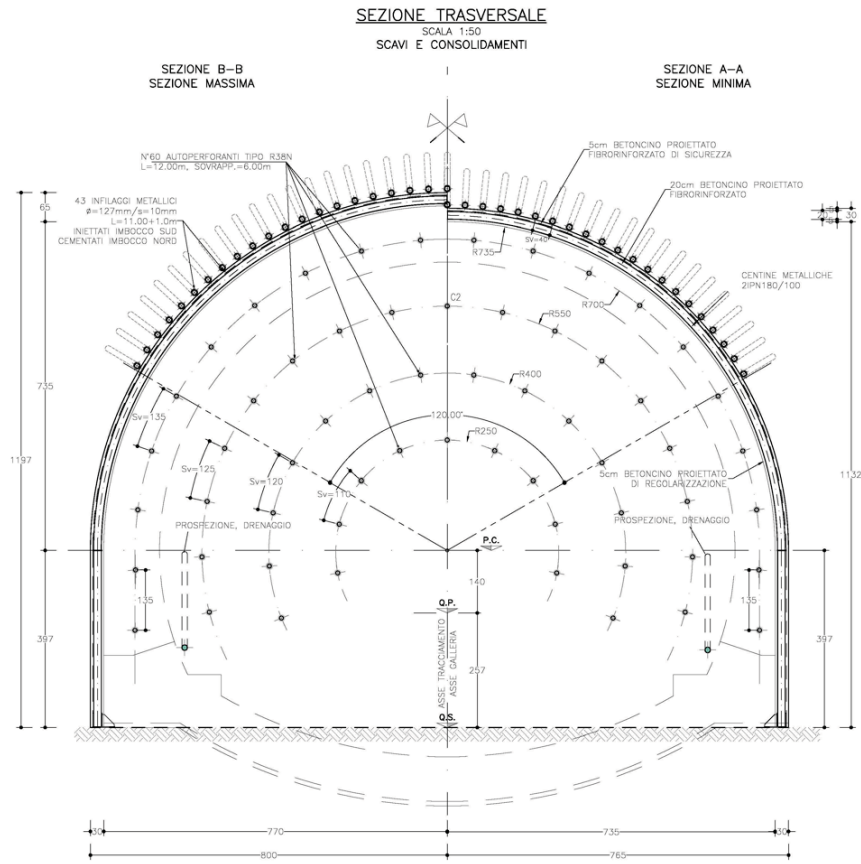
La sezione tipo GN-C1-IMB si applica ai due imbocchi tra le progressive km 2+066 e km 2+072 e tra le progressive km 2+976 e km 2+982.

3.9.3 Fasi operative

Lo scavo è previsto a piena sezione, indicativamente mediante mezzi meccanici, con sfondi di lunghezza 1.0m e campi di lunghezza 5.75 m. La sezione prevede i seguenti interventi:

- N° 1+1 perforazioni di prospezione e drenaggio, L=36m, sovrapposizione minima 6m.
- Protezione del contorno dello scavo mediante n. 43 infilaggi metallici, Ø=127.9mm s=10mm L=11+1m, cementati (imbocco nord) / iniettati (imbocco sud) con malta cementizia.
- Preconsolidamento del fronte di scavo mediante n. 60 autoperforanti R51N, L=12m, sovrapposizione minima 6m.
- Rivestimento di prima fase composto da uno strato di 30cm di betoncino (25 cm di betoncino fibrorinforzato mediante fibre metalliche 30kg/m³ e 5cm di betoncino non fibrorinforzato di regolarizzazione) e doppie centine IPN180 a passo 1.0m.
- Strato di betoncino proiettato fibrorinforzato sul fronte di scavo, spessore 5cm ogni sfondo, 10 cm a fine campo.
- Impermeabilizzazione costituita da manto in PVC protetto con uno strato di tessuto non tessuto.
- Rivestimento definitivo in arco rovescio (calcestruzzo armato - spessore 100cm) e sulle murette, gettato a una distanza massima dal fronte compresa tra 0.5 Ø e 1.5 Ø.
- Rivestimento definitivo in calotta (calcestruzzo armato - spessore variabile da 90 a 125cm), gettato ad una distanza massima dal fronte non vincolato.

Si riportano nelle immagini seguenti la sezione di scavo e la carpenteria della Sezione tipo GN-C1-IMB.



CODIFICA DOCUMENTO P01-GN 01-OST-DC 21	PROGETTAZIONE MANDATARIA PRO ITER Progetto Infrastrutture Territoriale s.r.l.		MANDANTI EFREMA s.r.l. <small>INGEGNERIA - VALUTAZIONE</small>	REV. A	FOGLIO 21 di 24
	 			Data 10/2023	

3.10 Sezione tipo N-CE-A2

3.10.1 Campo di applicazione

Nelle nicchie nella formazione PLO 1.

3.10.2 Tratta di applicazione

La sezione tipo N-CE-A2 si applica per la nicchia a progressiva km 2+745.

3.10.3 Fasi operative

Lo scavo è previsto a piena sezione, indicativamente mediante mezzi meccanici, con sfondi di lunghezza 1.5m. In fase preliminare devono essere eseguite queste due operazioni:

- Esecuzione del getto del rivestimento definitivo in c.a. della galleria corrente, lasciando esecuzione del getto del rivestimento definitivo in c.a. della galleria corrente, lasciando il risparmio per la successiva esecuzione della nicchia di collegamento e le riprese dei ferri opportunamente piegate e protette.
- Taglio delle centine della galleria corrente interferenti con il profilo di scavo della nicchia di collegamento.

In seguito, la sezione prevede i seguenti interventi:

- N° 1+1 perforazioni di prospezione e drenaggio, L=18m.
- Rivestimento di prima fase composto da uno strato di 25 cm di betoncino (5+16 cm di betoncino fibrorinforzato mediante fibre metalliche 30kg/m3 e 4 cm di betoncino non fibrorinforzato di regolarizzazione) e centine HEB160/150 a passo 1.5m.
- Strato di betoncino proiettato fibrorinforzato sul fronte di scavo, spessore 5cm ogni sfondo, 10 cm a fine nicchia.
- Impermeabilizzazione costituita da manto in PVC protetto con uno strato di tessuto non tessuto.
- Rivestimento definitivo in arco rovescio (calcestruzzo armato - spessore 70cm) e sulle murette, gettato ad una distanza massima dal fronte di 9.60m.
- Rivestimento definitivo in calotta (calcestruzzo armato - spessore 45cm), gettato ad una distanza massima dal fronte non vincolata.

Si riportano nelle immagini seguenti la sezione di scavo e la carpenteria della Sezione tipo N-CE-A2.

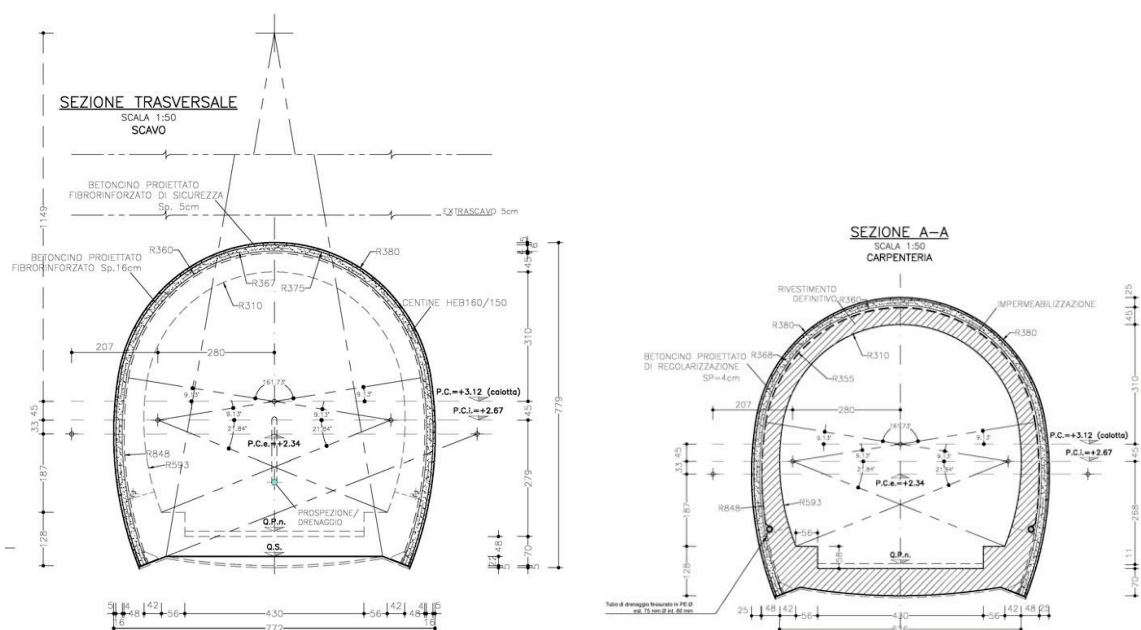


Figura 19 – Sezione N-CE-A2 – Sezione di scavo (a sx) e Carpenteria (a dx).

CODIFICA DOCUMENTO P01-GN 01-OST-DC 21	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI EREMIA s.r.l. EREMIA SPA/ITA ASSOCIATI	A	22 di 24
			Data 10/2023	

3.11 Sezione tipo N-CE-B1

3.11.1 Campo di applicazione

Nelle nicchie nella formazione PLO 2 (GSI=50) e nella formazione PLO 1 (GSI=40) con coperture 40 m < H < 60 m.

3.11.2 Tratta di applicazione

La sezione tipo N-CE-B1 si applica per le nicchie a progressiva km 2+275 e km 2+515.

3.11.3 Fasi operative

Lo scavo è previsto a piena sezione, indicativamente mediante mezzi meccanici, con sfondi di lunghezza 1.5m. In fase preliminare devono essere eseguite queste due operazioni:

- Esecuzione del getto del rivestimento definitivo in c.a. della galleria corrente, lasciando esecuzione del getto del rivestimento definitivo in c.a. della galleria corrente, lasciando il risparmio per la successiva esecuzione della nicchia di collegamento e le riprese dei ferri opportunamente piegate e protette.
- Taglio delle centine della galleria corrente interferenti con il profilo di scavo della nicchia di collegamento.

In seguito, la sezione prevede i seguenti interventi:

- N° 1+1 perforazioni di prospezione e drenaggio, L=18m.
- Preconsolidamento del fronte di scavo mediante n. 26 autoperforanti R38N, L=18m.
- Rivestimento di prima fase composto da uno strato di 25 cm di betoncino (5+16 cm di betoncino fibrorinforzato mediante fibre metalliche 30kg/m3 e 4 cm di betoncino non fibrorinforzato di regolarizzazione) e centine HEB160 a passo 1.5m.
- Strato di betoncino proiettato fibrorinforzato sul fronte di scavo, spessore 5cm ogni sfondo, 10 cm a fine nicchia.
- Impermeabilizzazione costituita da manto in PVC protetto con uno strato di tessuto non tessuto.
- Rivestimento definitivo in arco rovescio (calcestruzzo armato - spessore 70cm) e sulle murette, gettato ad una distanza massima dal fronte di 9.60m.
- Rivestimento definitivo in calotta (calcestruzzo armato - spessore 45cm), gettato ad una distanza massima dal fronte non vincolata.

Si riportano nelle immagini seguenti la sezione di scavo e la carpenteria della Sezione tipo N-CE-B1.

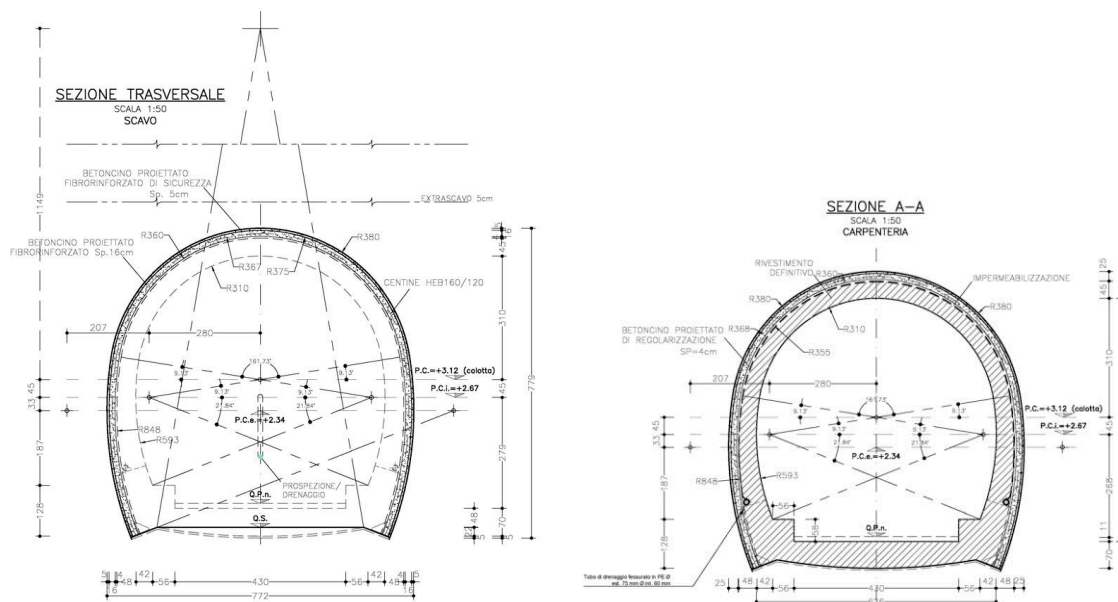


Figura 20 – Sezione N-CE-B1 – Sezione di scavo (a sx) e Carpenteria (a dx).

CODIFICA DOCUMENTO P01-GN 01-OST-DC 21	PROGETTAZIONE		REV. A	FOGLIO 23 di 24
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	Data 10/2023	

4 INDICAZIONI PER LA VERIFICA DELL'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO DI PROGETTO

In relazione alle caratteristiche geotecniche dei materiali coinvolti vengono fornite nel seguito i criteri adottati in fase progettuale per l'applicazione lungo il tracciato delle sezioni tipo e le indicazioni necessarie in fase di costruzione per la verifica delle stesse. Si evidenzia in primo luogo che lo scavo dovrà essere accompagnato da un adeguato ed efficace sistema di monitoraggio in corso d'opera [4] affinché attraverso l'acquisizione del maggior numero possibile di informazioni sia possibile valutare l'entità e le modalità di manifestazione dei fenomeni di deformazione da confrontare con le ipotesi progettuali.

Una volta analizzato il campo degli spostamenti radiali al contorno della cavità e della stabilità del fronte della stessa, sono state definite le sezioni tipo di scavo in termini di consolidamento necessario sul contorno e sul fronte per lo scavo in sicurezza della galleria.

Per ciascuna tratta a geometria costante la tipologia degli interventi di consolidamento è stata assegnata secondo una distribuzione probabilistica basata sulla caratterizzazione geomeccanica di progetto [6]. Di seguito vengono riportate le caratteristiche principali delle classi impiegate per gli interventi di consolidamento (A1/A2/B1/B2/C1/IMB)

- Classe A1: da applicarsi nella formazione formazione PLO 2 (GSI=50). Lo scavo è a piena sezione, indicativamente mediante esplosivo, con sfondi di lunghezza massima pari a 3 m. Il rivestimento di prima fase è costituito da betoncino fibrorinfozato e chiodi radiali tipo SuperSwellex. La sistemazione definitiva prevede la realizzazione del rivestimento definitivo, non armato in calotta e armato in arco rovescio.
- Classe A2: da applicarsi nella formazione formazione PLO 1 (GSI=40) in ammassi di classe IV con coperture $20\text{ m} < H < 40\text{ m}$ e nella formazione PLO 2 (GSI=50) in ammassi di classe III con coperture $70\text{ m} < H < 90\text{ m}$. Lo scavo è a piena sezione, indicativamente mediante mezzi meccanici (eventualmente esplosivo), con sfondi di lunghezza massima pari a 1.5 m. Il rivestimento di prima fase è costituito da betoncino fibrorinfozato e doppie centine IPN (tranne nelle nicchie dove sono applicate centine singole HEB). La sistemazione definitiva prevede la realizzazione del rivestimento definitivo, non armato in calotta e armato in arco rovescio.
- Classe B1: da applicarsi nella formazione PLO 1 (GSI=40) in ammassi di classe IV con coperture $40\text{ m} < H < 60\text{ m}$ e nella formazione PLO 2 (GSI=50) in ammassi di classe III con coperture $90\text{ m} < H < 100\text{ m}$. Lo scavo è previsto a piena sezione, indicativamente mediante mezzi meccanici, con sfondi di lunghezza massima pari a 1.2 m. Il rivestimento di prima fase è costituito da betoncino fibrorinfozato e doppie centine IPN (tranne nelle nicchie dove sono applicate centine singole HEB). Si predispone inoltre l'utilizzo di ancoraggi autoperforanti per il preconsolidamento del fronte. La sistemazione definitiva prevede la realizzazione del rivestimento definitivo armato in calotta e in arco rovescio.
- Classe B2: da applicarsi nella faglia a progressiva km 2+699 – 2+735 circa. Lo scavo è previsto a piena sezione, indicativamente mediante mezzi meccanici, con sfondi di lunghezza massima pari a 1.0 m. Il rivestimento di prima fase è costituito da betoncino fibrorinfozato e doppie centine IPN. Si predispone inoltre l'utilizzo di ancoraggi autoperforanti per il preconsolidamento del fronte e del contorno di scavo. La sistemazione definitiva prevede la realizzazione del rivestimento definitivo armato in calotta e in arco rovescio.
- Classe C1: da applicarsi all'imbocco delle gallerie naturali, a seguire dopo le sezioni di classe IMB. Lo scavo con geometria troncoconica è a piena sezione, indicativamente mediante mezzi meccanici, con sfondi di lunghezza 1.0 m e campi di lunghezza variabile da 12 m (sezione C1-1) a 9 m (sezione C1-2). Si prevede la protezione del contorno dello scavo mediante infilaggi metallici cementati/iniettati e il preconsolidamento del fronte mediante ancoraggi autoperforanti. Il rivestimento di prima fase è costituito da betoncino fibrorinfozato e doppie centine IPN. La sistemazione definitiva prevede la realizzazione del rivestimento definitivo armato in calotta e in arco rovescio.
- Classe IMB: da applicarsi all'imbocco delle gallerie naturali, a seguire dopo le sezioni della galleria artificiale. La classe IMB presenta le stesse caratteristiche della classe C1, con campo di lunghezza 5.75 m.

CODIFICA DOCUMENTO P01-GN 01-OST-DC 21	PROGETTAZIONE		REV.	FOGLIO
	MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture	A	24 di 24
			Data 10/2023	

Nell'ambito dello studio del comportamento tensio-deformativo della cavità a campo libero, sono state valutate, al variare del campo di avanzamento, le deformazioni ottenute in termini di convergenza e di estrusione. Tali valori, che rappresentano il riferimento per l'applicazione delle diverse sezioni tipo, dovranno essere convalidati in sito mediante un opportuno monitoraggio in galleria che, come previsto nella relazione dedicata, prevede:

- perforazioni di prospezione e drenaggi in avanzamento;
- rilievi sistematici del fronte di scavo;
- stazioni di misura delle convergenze del cavo con sistema ottico;
- strumentazione di controllo delle deformazioni del fronte di scavo tramite sistema ottico;
- stazioni di misura dello stato tensio – deformativo del rivestimento di prima fase;
- stazioni di misura dello stato tensio – deformativo del rivestimento definitivo;
- misura delle portate delle eventuali venute d'acqua intercettate durante l'avanzamento;
- monitoraggio del profilo di intradosso del rivestimento di prima fase (laserscan)
- monitoraggio dello spessore del rivestimento definitivo (georadar).

La definizione di alcuni indicatori derivanti dalle misure in campo consente di controllare l'efficacia delle scelte progettuali. Tali indicatori possono definirsi in:

- soglia di attenzione: valore di uno degli indicatori derivanti dalle misure in campo che richiede l'intensificazione della frequenza delle letture per controllare l'evoluzione delle deformazioni;
- soglia di allarme: soglia che indica l'approssimarsi ad una condizione critica di difformità rispetto alle previsioni di progetto, per la quale la stazione appaltante valuterà le conseguenti azioni in accordo a quanto previsto dalla vigente normativa (Art. 106 del D.Lvo. 50/2016).

Si riportano nel seguito i valori di soglia per le diverse misure, definiti sulla base della letteratura:

- La convergenza del cavo deve essere misurata mediante l'installazione di 5 basi ottiche posizionate sul rivestimento di prima fase alla minima distanza dal fronte. I valori di soglia dello spostamento di ciascuna mira sono pari rispettivamente all'1% del raggio di scavo (**soglia di attenzione**) e a 2% del raggio di scavo (**soglia di allarme**).
- L'estrusione del fronte viene misurata mediante 12/20 mire ottiche posizionate sul fronte di scavo. I valori di soglia, definiti a partire da correlazioni empiriche disponibili in letteratura tra la convergenza radiale e l'estrusione al fronte, sono pari anche in questo caso all'1% del raggio di scavo (**soglia di attenzione**) e a 2% del raggio di scavo (**soglia di allarme**).
- La tensione nel rivestimento di prima fase viene misurata attraverso l'installazione di coppie di barrette estensimetriche poste sulle ali delle centine. I valori di soglia delle tensioni misurate sono rispettivamente $0.77 f_{yd}$ dell'acciaio della centina (**soglia di attenzione**) e $1.00 f_{yd}$ dell'acciaio della centina (**soglia di allarme**).
- Il carico assiale nella centina trasmesso al terreno di fondazione viene controllato mediante la messa in opera di celle di carico poste sotto il piede delle centine. I valori di soglia del carico misurato sono rispettivamente $0.77 N_{yd}$ dell'acciaio della centina (**soglia di attenzione**) e N_{yd} dell'acciaio della centina (**soglia di allarme**).

Un superamento dei valori di soglia di allarme delle tensioni a seguito dell'installazione del rivestimento di prima fase dovrà essere immediatamente comunicato alla Direzione Lavori con la quale verrà concordato il modo di procedere con l'avanzamento dello scavo.