

S.S. 67 "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:
RAGGRUPPAMENTO
TEMPORANEO PROGETTISTI

MANDATARIA:



MANDANTI:



sinergo



IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI
SPECIALISTICHE:

*Ing. Riccardo Formichi – Società Pro Iter Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. 18045*

IL GEOLOGO:

*Geol. Massimo Mezzanica – Società Pro Iter Srl
Ordine Geologi della Lombardia n. 762*

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

*Ing. Massimo Mangini – Società Erre.Vi.A Srl
Ordine Ingegneri Provincia di Varese n. 1502*

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Francesco Pisani



PROTOCOLLO:

DATA:

14 - GALLERIE

14.01 - Galleria Montebello

Parte Generale

Relazione tecnica generale galleria

| CODICE PROGETTO | | NOME FILE | | REVISIONE | SCALA |
|-----------------|-------------|--------------------------|----------------|------------|-----------|
| PROGETTO | LIV. PROG. | P01-GN01-GEN-RE01-A .pdf | | | |
| ACNO0113 | D 20 | CODICE ELAB. | P01GN01GENRE01 | A | R |
| D | | | | | |
| C | | | | | |
| B | | | | | |
| A | EMISSIONE | 02/2024 | CICERI | RIVOLTINI | FORMICHI |
| REV. | DESCRIZIONE | DATA | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |

| | | | | | |
|---|---|--|--|--|---------------------------|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE MANDATARIA  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | | | REV. A | FOGLIO 2 di 28 |
| | MANDANTI  EITRIMA <small>INGEGNERIA, VALUTAZIONE AMBIENTALE</small> | | |  sinergo | |
| | | |  D_VA <small>DVisionArchitecture</small> | | Data 09/10/2023 |

INDICE

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | PREMESSA | 3 |
| 2 | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO | 4 |
| 2.1 | Normativa | 4 |
| 2.2 | Elaborati di riferimento | 4 |
| 3 | DESCRIZIONE | 6 |
| 3.1 | Sezioni tipologiche | 7 |
| 3.2 | Sistema di drenaggio | 11 |
| 4 | CONTESTO GEOLOGICO | 13 |
| 5 | PROBLEMATICHE | 14 |
| 6 | DESCRIZIONE DELLE SEZIONI TIPO DI SCAVO | 16 |
| 7 | DESCRIZIONE DELLE OPERE DI IMBOCCO | 18 |
| 7.1 | Imbocco Sud | 18 |
| 7.2 | Imbocco Nord | 22 |
| 8 | MODALITÀ DI SCAVO E FASI ESECUTIVE | 26 |
| 9 | MONITORAGGIO | 27 |
| 9.1 | Gallerie naturali | 27 |
| 9.2 | Zone di imbocco | 27 |

| | | | | |
|--|--|-------------------------------------|----------------|-------------------------------------|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE | | REV. A | FOGLIO 3 di 28 |
| | MANDATARIA PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | MANDANTI STREVA S.p.A. | sinergo | D_VA D_VisionArchitecture |
| | | | | Data 09/10/2023 |

1 PREMESSA

Nell'ambito del Progetto Definitivo della "S.S.67 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) - Lotto 2A e 2B", per conto di ANAS S.p.A., è prevista la realizzazione della galleria naturale Montebonello.

La presente relazione ha come obiettivo la descrizione delle opere nonché l'individuazione delle problematiche e delle scelte tecniche affrontate per la progettazione della galleria.

La Figura 1 mostra la collocazione della Galleria Montebonello all'interno della planimetria di progetto su ortofoto.



Figura 1 – Planimetria di progetto su ortofoto

| | | | | |
|--|--|--|--------------------|-------------------|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE | | REV. A | FOGLIO 4 di 28 |
| | MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | MANDANTI    D_VisionArchitecture | Data 09/10/2023 | |

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa

- [1] Ministero dei LL.PP. - D.M. del 17.01.2018: Aggiornamento delle "Norme tecniche per le Costruzioni".
- [2] Ministero dei LL.PP. - Circ. n.7 del 21.01.2019: Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- [3] DM 05-11-01, n. 6792 e s.m.i.: “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade” così come modificato dal DM 22-04-04 che rende le citate norme di riferimento per gli adeguamenti delle strade esistenti;
- [4] D.M. 22-04-2004, n. 67/S: “Modifica del decreto 5 novembre 2001, n.6792”;
- [5] Tutte le Norme UNI richiamate nei D.M., Istruzioni, Circolari di cui si fa menzione.
- [6] Linee Guida per la progettazione della sicurezza nelle Gallerie Stradali secondo la normativa vigente – ANAS – seconda edizione 2009.

2.2 Elaborati di riferimento

GALLERIA ARTIFICIALE MONTEBONELLO IMBOCCO SUD

- [7] P01-GA01-OST-RE02 A Relazione di calcolo Opere di sostegno imbocco
- [8] P01-GA01-OST-RE03 A Relazione di calcolo Galleria artificiale
- [9] P01-GA01-OST-FG01 A Profilo geologico-geotecnico
- [10] P01-GA01-OST-PL01 A Scavi - Planimetria
- [11] P01-GA01-OST-DT02 A Scavi - Profilo e sezioni
- [12] P01-GA01-OST-PE02 A Sviluppata e particolari
- [13] P01-GA01-OST-PL02 A Sistemazione definitiva - Planimetria
- [14] P01-GA01-OST-DT03 A Sistemazione definitiva - Profilo e sezioni
- [15] P01-GA01-OST-DI03 A Galleria artificiale - Carpenteria
- [16] P01-GA01-OST-DI04 A Portale d'imbocco - Carpenteria
- [17] P01-GA01-OST-DI05 A Muri di sostegno - Planimetrie, Prospetti e Sezioni
- [18] P01-GA01-OST-DI07 A Dima e Concio d'attacco - Carpenteria e fasi costruttive
- [19] P01-GA01-OST-DI08 A Dima - Carpenteria centine

GALLERIA ARTIFICIALE MONTEBONELLO IMBOCCO NORD

- [20] P01-GA02-OST-RE01 A Relazione di calcolo Opere di stabilizzazione imbocco
- [21] P01-GA02-OST-RE04 A Relazione di calcolo Concio d'attacco
- [22] P01-GA02-OST-FG01 A Profilo geologico-geotecnico
- [23] P01-GA02-OST-PL01 A Scavi - Planimetria
- [24] P01-GA02-OST-DT02 A Scavi - Profilo e sezioni
- [25] P01-GA02-OST-PL02 A Sistemazione definitiva - Planimetria
- [26] P01-GA02-OST-DT03 A Sistemazione definitiva - Profilo e sezioni
- [27] P01-GA02-OST-DI02 A Portale d'imbocco - Carpenteria
- [28] P01-GA02-OST-DI03 A Dima e Concio d'attacco - Carpenteria e fasi costruttive
- [29] P01-GA02-OST-DI04 A Dima - Carpenteria centine

GALLERIA MONTEBONELLO GALLERIA NATURALE

- [30] P01-GN01-GEN-RE01 A Relazione tecnica generale galleria
- [31] P01-GN01-GEN-DI21 A Planimetria generale e profilo con ubicazione uscite di sicurezza e piazzole di sosta
- [32] P01-GN01-GEN-RE03 A Monitoraggio - Relazione tecnica

| | | | | |
|--|--|---|--------------------|-------------------|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE | | REV. A | FOGLIO 5 di 28 |
| | MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | MANDANTI    EITVIA s.r.l. D_VA D_VisionArchitecture | Data 09/10/2023 | |

| | | |
|------|---------------------|--|
| [33] | P01-GN01-GEN-PE04 A | Monitoraggio - Sezioni tipologiche in galleria |
| [34] | P01-GN01-GEN-PE05 A | Monitoraggio - Planimetria e sezioni imbocco sud |
| [35] | P01-GN01-GEN-PE06 A | Monitoraggio - Planimetria e sezioni imbocco nord |
| [36] | P01-GN01-GEN-EC36 A | Tabella incidenze armature |
| [37] | P01-GN01-GEN-DC23 A | Tabella materiali |
| [38] | P01-GN01-OST-RE22 A | Relazione geomeccanica opere in sotterraneo |
| [39] | P01-GN01-OST-FG21 A | Profilo geomeccanico e progettuale di previsione della galleria |
| [40] | P01-GN01-OST-DC21 A | Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo |
| [41] | P01-GN01-OST-RE01 A | Relazione tecnica e di calcolo galleria |
| [42] | P01-GN01-OST-DT01 A | Sezione tipo GN in rettilineo e curva - Architettonico |
| [43] | P01-GN01-OST-DT03 A | Sezione tipo PS esterno curva - Architettonico |
| [44] | P01-GN01-OST-DT04 A | Sezione tipo PS interno curva - Architettonico |
| [45] | P01-GN01-OST-DT05 A | Schema planimetrico e sezione tipo accesso al cunicolo di emergenza - Architettonico |
| [46] | P01-GN01-OST-DT06 A | Sezione tipo GN-A1 - Scavo e consolidamenti e Carpenteria |
| [47] | P01-GN01-OST-DT07 A | Sezione tipo GN-A2 - Scavo e consolidamenti e Carpenteria |
| [48] | P01-GN01-OST-DT08 A | Sezione tipo GN-A2 - Carpenteria centine e particolari costruttivi |
| [49] | P01-GN01-OST-DT09 A | Sezione tipo PS-A2 - Scavo e consolidamenti e Carpenteria |
| [50] | P01-GN01-OST-DT10 A | Sezione tipo PS-A2 - Carpenteria centine e particolari costruttivi |
| [51] | P01-GN01-OST-DT11 A | Sezione tipo GN-B1 - Scavo e consolidamenti e Carpenteria |
| [52] | P01-GN01-OST-DT12 A | Sezione tipo GN-B1 - Carpenteria centine e particolari costruttivi |
| [53] | P01-GN01-OST-DT13 A | Sezione tipo PS-B1 - Scavo e consolidamenti e Carpenteria |
| [54] | P01-GN01-OST-DT14 A | Sezione tipo PS-B1 - Carpenteria centine e particolari costruttivi |
| [55] | P01-GN01-OST-DT15 A | Sezione tipo GN-B2 - Scavo e consolidamenti e Carpenteria |
| [56] | P01-GN01-OST-DT16 A | Sezione tipo GN-B2 - Carpenteria centine e particolari costruttivi |
| [57] | P01-GN01-OST-DT17 A | Sezione tipo GN-C1-1 - Scavo e consolidamenti e Carpenteria |
| | (Campo 12m) | |
| [58] | P01-GN01-OST-DT18 A | Sezione tipo GN-C1-2 - Scavo e consolidamenti e Carpenteria |
| | (Campo 9m) | |
| [59] | P01-GN01-OST-DT19 A | Sezione tipo GN-C1-1/GN-C1-2/GN-C1-IMB - Carpenteria centine e particolari costruttivi (Campi 12-9m) |
| [60] | P01-GN01-OST-DT20 A | Sezione tipo GN-C1-IMB - Scavo e consolidamenti e Carpenteria |
| [61] | P01-GN01-OST-DT22 A | Sezione tipo N-CE-A2 - Scavo e consolidamenti |
| [62] | P01-GN01-OST-DT23 A | Sezione tipo N-CE-B1 - Scavo e consolidamenti |
| [63] | P01-GN01-OST-DT25 A | Sezione tipo N-CE-A2-B1 - Carpenteria centine e particolari costruttivi |
| [64] | P01-GN01-OST-DT26 A | Strutture interne Cunicolo di emergenza - Carpenteria |
| [65] | P01-GN01-OST-DT27 A | Cunicolo di emergenza e accesso - Carpenteria |
| [66] | P01-GN01-OST-DT28 A | Uscita Cunicolo di emergenza - Carpenteria |

| | | | | |
|--|--|---|--|-------------------|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE | | REV. A | FOGLIO 6 di 28 |
| | MANDATARIA PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | MANDANTI EFREMA s.r.l. EFREMA - EFREMA ASSOCIATI | sinergo D_VA <small>DVisionArchitecture</small> | |
| | | | Data 09/10/2023 | |

3 DESCRIZIONE

La galleria Montebonello è costituita da un unico fornace e 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 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 e segue, fino al km 2+986.80, il concio d'attacco, in corrispondenza della dima d'imbocco di lunghezza 4 m, e una parete di chiusura in c.a. rivestita con pietra naturale, dello spessore massimo di 80 cm.

Il tracciato della galleria si presenta in curva destra con raggio di curvatura pari a 1100 m fra l'imbocco sud (pk 2+019.50) e la progressiva km 2+649.33; segue un tratto in clotoide fino alla pk 2+794.78 e poi un rettilo nella rimanente tratta fino all'imbocco nord (pk 2+986.80).

Dal punto di vista altimetrico il tracciato presenta un'unica pendenza longitudinale costante del 1%, in salita dall'imbocco Sud verso l'imbocco Nord.

La pendenza trasversale della piattaforma stradale raggiunge il valore massimo del 3.88% nel tratto in curva.

La copertura massima è pari a circa 100 m.

In Figura 2 è riportato il tracciato della galleria Montebonello.

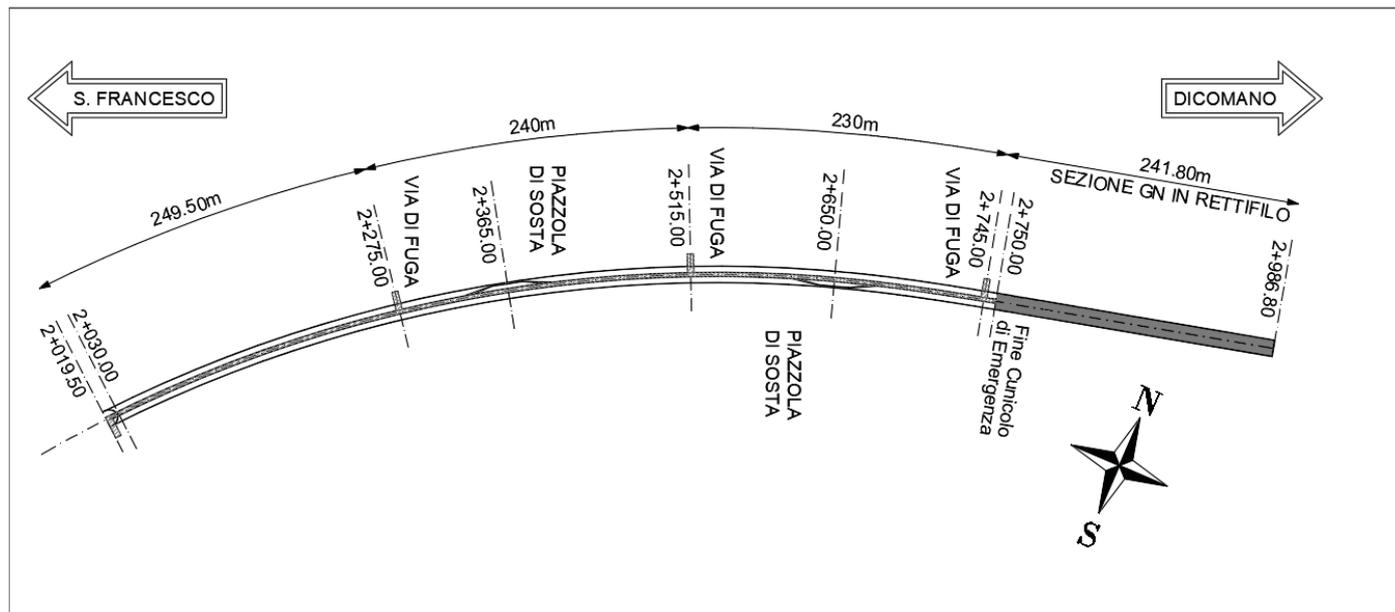


Figura 2 – Tracciato della galleria Montebonello

In ragione della lunghezza dell'opera (superiore a 500 m), è previsto un cunicolo pedonale di fuga finalizzato all'evacuazione in sicurezza degli utenti in caso di emergenza ubicato al di sotto della piattaforma stradale, avente dimensioni di 3.0 m di larghezza e 2.3 m di altezza. Tale cunicolo di emergenza si sviluppa a partire dall'imbocco Sud fino al km 2+750.00 ed è collegato al piano viabile mediante tre passaggi pedonali situati in corrispondenza di altrettante nicchie laterali appositamente realizzate e disposte lungo la galleria stessa alle progressive km 2+275, km 2+515.00 e km 2+745.00. Ne consegue che l'ultimo tratto in galleria con

| | | | | |
|--|--|--|--------------------|-------------------|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE | | REV. A | FOGLIO 7 di 28 |
| | MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture | Data 09/10/2023 | |

tracciato rettilineo risulta privo del cunicolo di emergenza e la piattaforma stradale fonda su materiale di riempimento dell'arco rovescio.

Tale configurazione soddisfa il requisito di sicurezza in esercizio che richiede la presenza di vie di fuga collocate a distanze relative non superiori a 300 m.

Il cunicolo di emergenza, centrale rispetto all'asse della galleria, risulta affiancato da cunicoli laterali aventi funzione di cunicoli di servizio ed utilizzati per disposizioni impiantistiche.

Il sistema di ventilazione nel cunicolo di fuga e nelle nicchie laterali consente di evitare il pericolo di penetrazione, all'interno degli stessi, dei fumi prodotti dalla combustione della viabilità in esercizio.

La galleria, inoltre, ospita due piazzole di sosta situate rispettivamente alle progressive km 2+365 e km 2+650, la prima in interno curva e la seconda in esterno curva; nonostante la lunghezza della galleria, inferiore ai 1000m, non richieda la realizzazione delle due piazzole di sosta, le stesse si sono rese necessarie a causa della mancanza di spazi sufficienti nella tratta all'aperto per la loro realizzazione.

3.1 Sezioni tipologiche

La Tabella 1 illustra le sezioni tipologiche previste in progetto: due sezioni correnti (GN rettilineo e GN in curva) con una larghezza della piattaforma di 10.50m e due sezioni tipo delle piazzole di sosta (PS esterno curva e PS interno curva) con una larghezza della piattaforma di 14.00m. Si evidenzia che, nonostante il tracciato sia in curva, la visibilità è sempre garantita senza dover ricorrere ad un allargamento delle corsie. Nella stessa tabella è indicata, per ciascuna sezione tipo, la presenza o meno del cunicolo di emergenza, le progressive e la lunghezza delle tratte di applicazione e il riferimento alle figure riportate nel seguito che mostrano le caratteristiche architettoniche delle sezioni.

| Denominazione sezione tipo | Geometria piattaforma stradale | Presenza Cunicolo di emergenza | Tratta di applicazione da km a km | Lunghezza di applicazione | Figura di riferimento |
|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---|------------------------------|-----------------------|
| GN rettilineo | (1.50+3.75 x 2+1.50) | no | 2+750.00 – 2+986.80 | 241.80 m | Figura 3 |
| GN in curva | (1.50+3.75 x 2+1.50) | sì | 2+019.50 – 2+341.50 (*) 2+388.50 – 2+626.50 (*) 2+673.50 – 2+750.00 (*) | 322.00m 238.00m 76.50m | Figura 4 |
| PS esterno curva | (1.5+3.75 x 2+1.50+3.00+0.50) | sì | 2+341.50 – 2+388.50 | 47.00 m | Figura 5 |
| PS interno curva | (0.50+3.00+1.5+3.75 x 2+1.50) | sì | 2+626.50 – 2+673.50 | 47.00m | Figura 6 |

(*) All'interno della tratta è presente una nicchia laterale.

Tabella 1 – Sezioni tipo previste in progetto

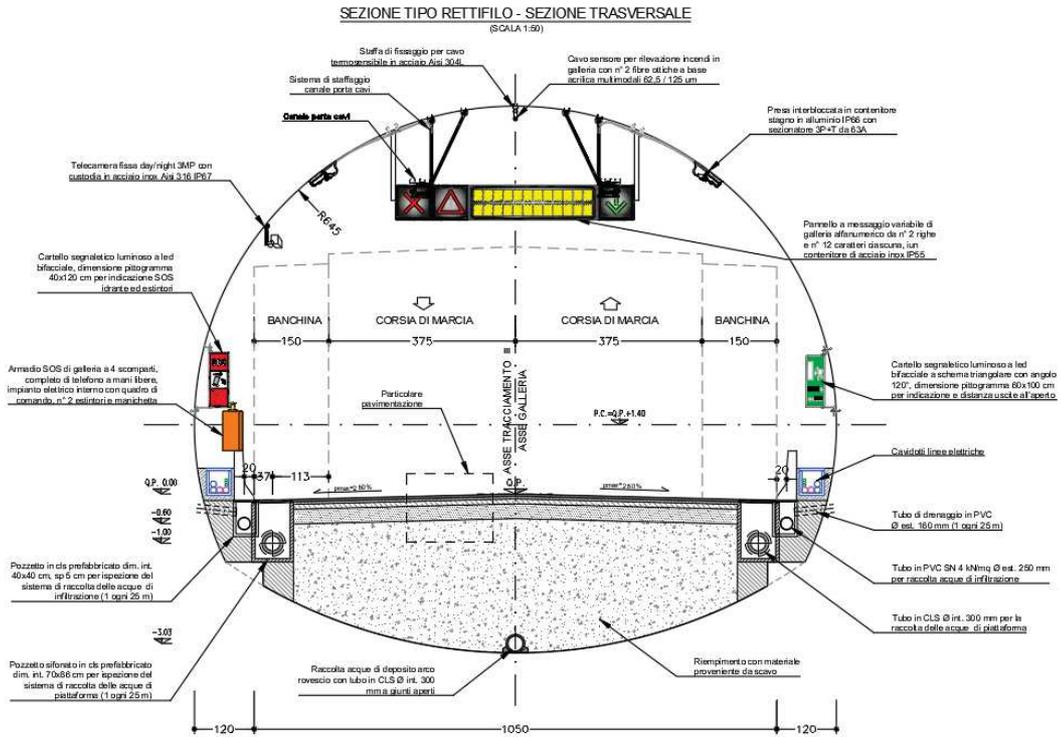


Figura 3 – Sezione tipo GN in rettilineo – Architettonico *Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.*

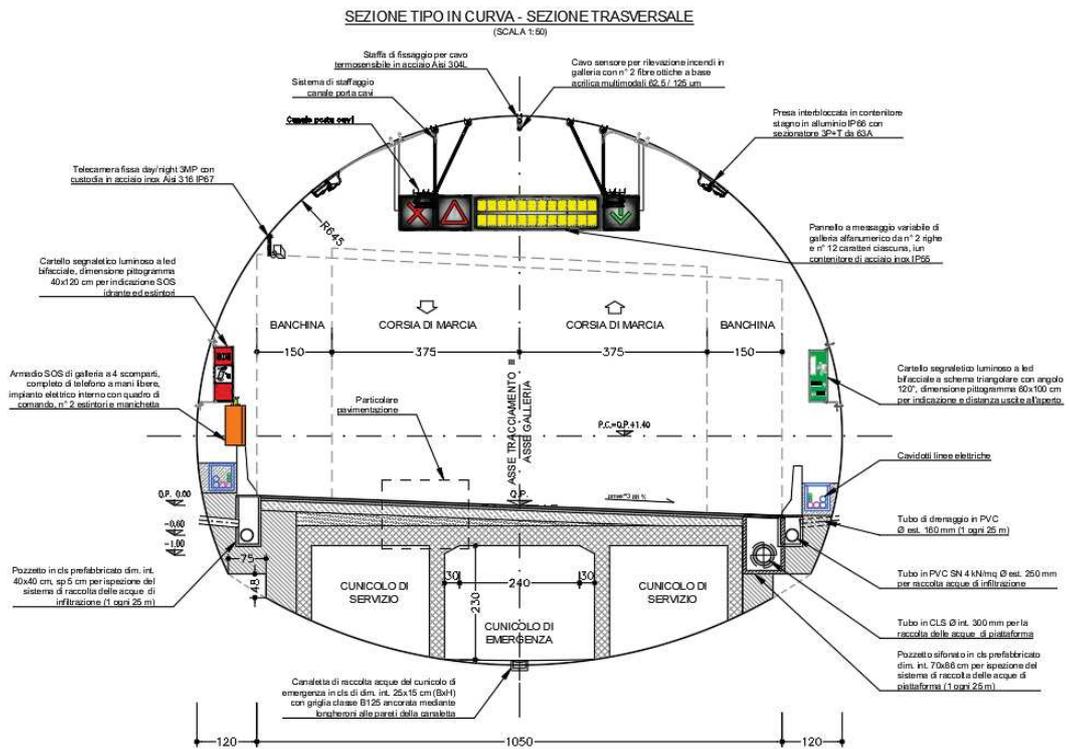


Figura 4 – Sezione tipo GN in curva – Architettonico [43]

| | | | | | | | |
|---|---|--|---|----------------|-------------------------------------|------------------|--------------------|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE MANDATARIA PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | | MANDANTI ERFEMA s.r.l. ERICA - ERICA ASSOCIATI | sinergo | D_VA D_VisionArchitecture | REV. A | FOGLIO 10 di 28 |
| | | | | | | | Data 09/10/2023 |

In Figura 7 e Figura 8 sono rappresentate una sezione longitudinale e una trasversale della nicchia che ospita due rampe di scale che permettono l'accesso al cunicolo di emergenza al di sotto della carreggiata. La nicchia ha le seguenti dimensioni interne: larghezza di 6.28m sul piano dei centri, altezza di 6.34m in asse nicchia e lunghezza di 8.60m.

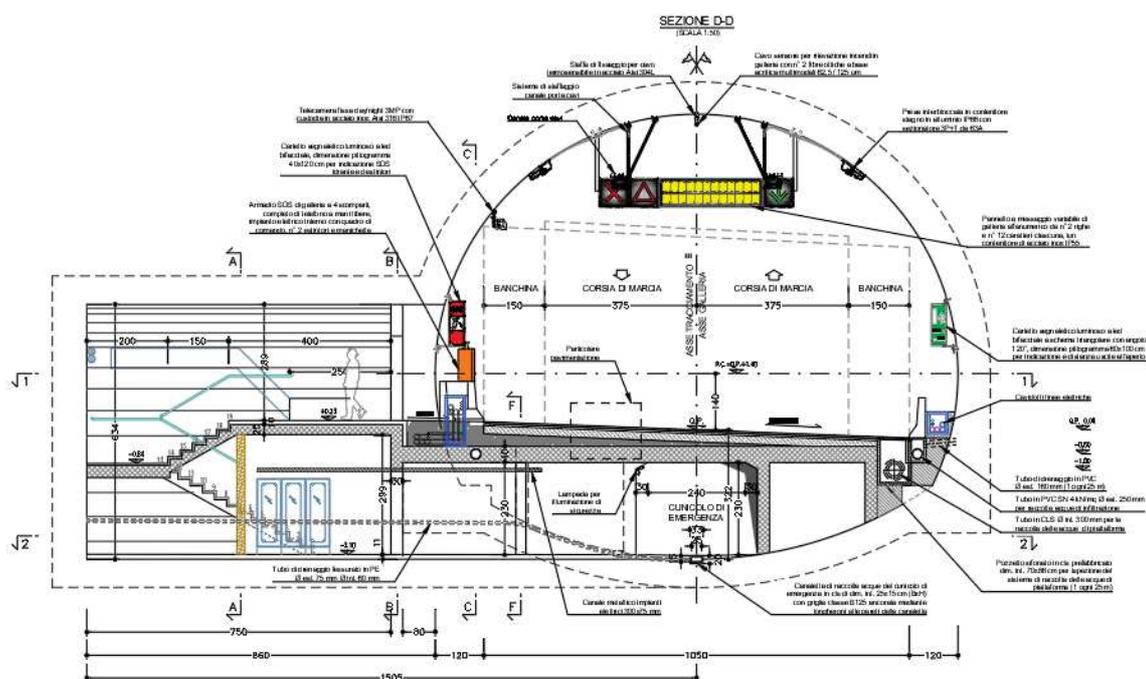


Figura 7 – Sezione tipo accesso al cunicolo di emergenza – Architettonico [45]

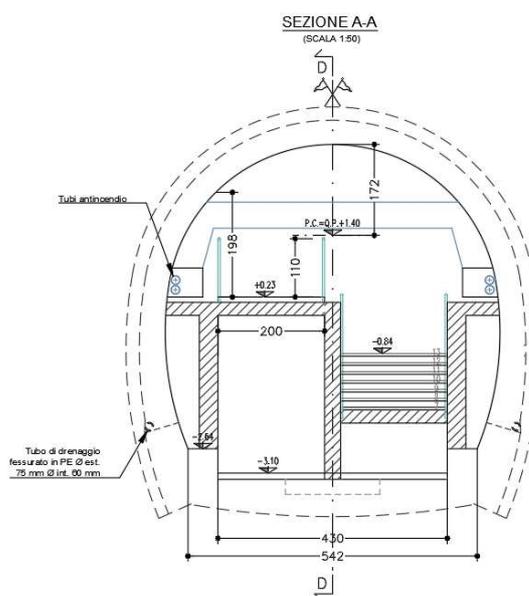


Figura 8 – Sezione trasversale nicchia – Architettonico [45]

| | | | | |
|--|--|--|---|--------------------|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE | | REV. A | FOGLIO 11 di 28 |
| | MANDATARIA PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | MANDANTI EFEMA INGEGNERIA ASSOCIATA | sinergo D_VA D_VisionArchitecture | |
| | | | Data 09/10/2023 | |

3.2 Sistema di drenaggio

Relativamente ai sistemi di drenaggio è stato previsto quanto segue:

- tubazioni in cls Φ_{int} 300mm al di sotto delle banchine, alimentate mediamente ogni 25m da pozzetti sifonati in cls prefabbricato, per la raccolta dei liquidi eventualmente scolanti sulla piattaforma (per esempio liquidi di lavaggio o accidentalmente sversati in caso di incidenti che possono coinvolgere autobotti o mezzi di trasporto di sostanze pericolose); le tubazioni, presenti sotto entrambe le banchine nella tratta di galleria in rettilineo, confluiscono in un'unica tubazione ubicata sotto banchina lato interno curva, essendo il resto del tracciato in configurazione curvilinea fino all'imbocco sud.
- due tubazioni in PVC Φ_{est} 250mm per la raccolta delle acque di infiltrazione, preliminarmente raccolte da tubazioni fessurate in PVC Φ_{est} 160 poste a tergo del rivestimento definitivo, ai piedi della calotta e a contatto con il terreno e successivamente reindirizzate attraverso un tubo in PVC non fessurato Φ_{est} 160 ogni 25m. Le tubazioni PVC Φ_{est} 250mm si trovano lungo i margini della carreggiata e vengono ispezionate mediante pozzetti aventi interasse 25m ubicati sotto al profilo redirettivo;
- la raccolta delle acque di deposito nell'arco rovescio si differenzia a seconda che la sezione presenti o meno il cunicolo di emergenza. Nel primo caso la raccolta avviene tramite una tubazione in cls Φ_{int} 300mm che sversa, attraverso un adeguato pozzetto ubicato nella zona di passaggio tra le due sezioni tipologiche, in una canaletta in cls di dimensioni interne 25x15cm con una griglia B125. Quest'ultima consente anche la raccolta delle acque di infiltrazione delle nicchie laterali, captate attraverso tubazioni fessurate poste a tergo del rivestimento delle nicchie stesse.

La Figura 9 e la Figura 10 mostrano i sistemi di drenaggio della galleria rispettivamente per il tratto senza e con il cunicolo di emergenza.

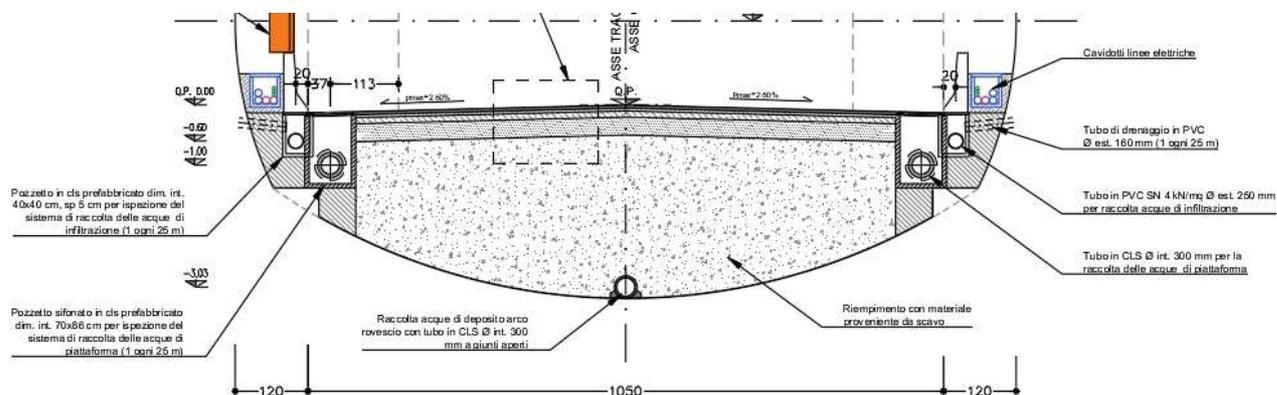


Figura 9 – Sistemi di drenaggio – Tratta senza cunicoli

| | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|-------------------------------------|---------------------------|--|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE MANDATARIA PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | | MANDANTI CIPIAZZA RICERCA, VALUTAZIONE, | | REV. A | FOGLIO 12 di 28 | |
| | sinergo | | | | D_VA D_VisionArchitecture | | |
| | | | | | | Data 09/10/2023 | |

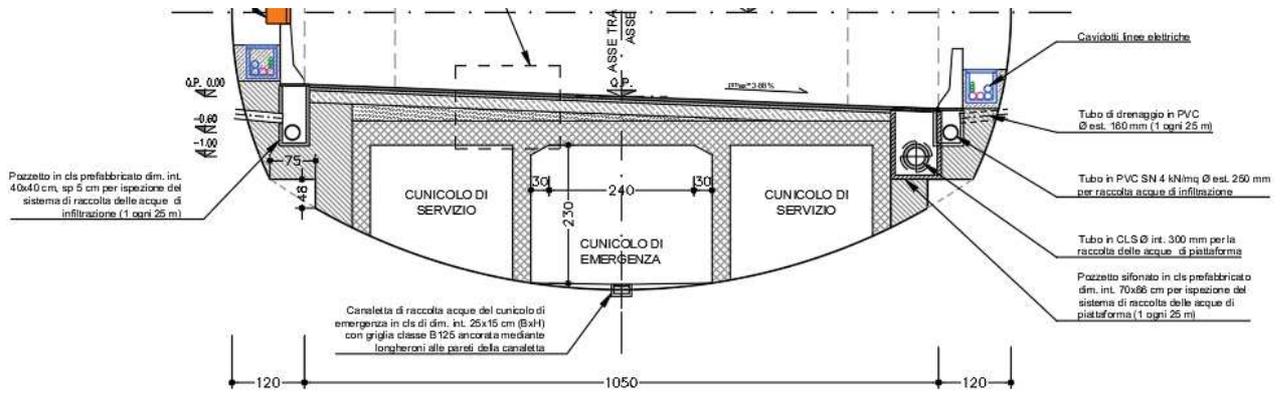


Figura 10 – Sistemi di drenaggio – Tratta con cunicoli

| | | | | | | |
|---|---|--|--|--|--------------------|--------------------|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE MANDATARIA  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | | MANDANTI    | | REV. A | FOGLIO 13 di 28 |
| | | | | | Data 09/10/2023 | |

4 CONTESTO GEOLOGICO

Il profilo geologico della galleria di Figura 11 mostra che lo scavo Galleria Montebonello coinvolge esclusivamente una formazione geologica, la formazione delle Siltiti di Poggiolo Salaiolo (PLO), che si presenta in diverse facies:

- PLO 1 - alternanze di siltiti e siltiti marnose calcaree
- PLO 2 - marne siltose / calcare marnoso
- PLO/Faglia – ammasso alterato in faglia

Fa eccezione l'imbocco Sud, dove la calotta della galleria intercetta per pochi metri lo strato superficiale della coltre eluvio colluviale (b2).

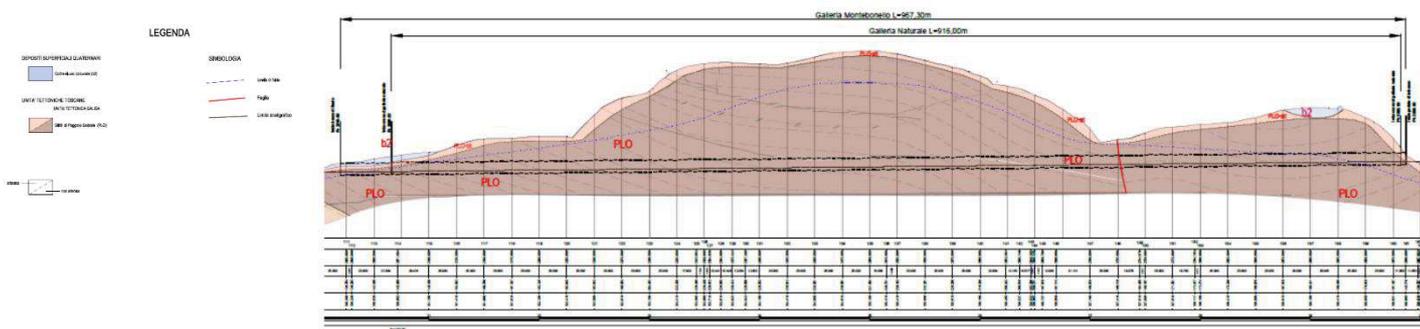
Lungo il tracciato della galleria, le litofacies PLO 1 e PLO 2 si presentano nella seguente sequenza:

- PLO 1: dall'imbocco Sud fino a pk 2+295 circa, dalla pk 2+640 alla pk 2+710 e dalla pk 2+735 alla pk 2+964 circa;
- PLO 2: da pk 2+295 circa a pk 2+640 e dalla pk 2+964 circa all'imbocco Nord;

In corrispondenza della tratta da 2+710 alla pk 2+735, la galleria presenta basse coperture ed è interessata da un tratto di faglia (PLO/Faglia) avente uno spessore tettonizzato presunto di circa 25m.

In corrispondenza dell'imbocco Sud è presente una coltre eluvio-colluviale derivanti dall'alterazione e dall'erosione del substrato di potenza circa 4-5m; l'imbocco Nord è invece caratterizzato da roccia affiorante appartenente alla formazione PLO 1.

Per una descrizione maggiormente dettagliata della stratigrafia in sito e delle formazioni geotecniche ivi presenti si rimanda alla Relazione Geomeccanica delle opere in sotterraneo [38].



| COPERTURE [m] | | 5-10 | 10-40 | 40-60 | 60-90 | 90-100 | 60-90 | 20-60 | 10-15 | 15-40 | 5-20 |
|-----------------------------|--------------------------------------|---|--|-------|---------------------------------|--------|-------|------------------------|------------|------------------------|-------|
| SEZIONI A DIVERSA GEOMETRIA | Piazzole di sosta (PS) – nicchie (N) | | | N | PS | N | | PS | N | | |
| FORMAZIONE GEOLOGICA | | b2/PLO 1 | PLO 1 | | PLO 2 | | | PLO 1 | PLO/Faglia | PLO 1 | PLO 1 |
| LITOLOGIA | | coltre eluvio-colluviale marnose calcaree | alternanze di siltiti e siltiti marnose calcaree | | marne siltose / calcare marnoso | | | marne siltose calcaree | | siltiti/marne calcaree | |

Figura 11 – Galleria Montebonello – Profilo geologico

| | | | | | |
|--|--|---|---|--|--------------------|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE | | | REV. A | FOGLIO 14 di 28 |
| | MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | MANDANTI  |  |  D_VisionArchitecture | |
| | | | | | Data 09/10/2023 |

5 PROBLEMATICHE

Il contesto geologico in cui si trova la galleria naturale è costituito da ammassi rocciosi con caratteristiche geomeccaniche generalmente buone ma presenta alcune criticità quali:

- la ridotta pendenza del pendio in corrispondenza dell'imbocco sud, caratterizzato da uno strato alterato superficiale, implica la presenza di un contatto tra materiale sciolto e roccia sana con coperture ridotte (inferiori a 20m) per la parte iniziale della galleria. Questa condizione è rischiosa da punto di vista della stabilità del fronte e della possibilità che di formazione di camini. Il consolidamento in avanzamento dei terreni costituenti il fronte e il contorno della cavità ha l'obiettivo di evitare l'innescio di instabilità a breve termine, ossia precedenti alla messa in opera del rivestimento di prima fase. In tale tratta si sono dunque previste le sezioni di scavo GN-C1-1mb e GN-C1-2 descritte nel Par. 6.
- nella parte centrale della galleria (tra la pk 2+295 e la pk 2+640), in corrispondenza delle alte coperture, si riscontra la formazione delle siltiti PLO 2 dalle buone caratteristiche geomeccaniche. Le problematiche riguardano le elevate coperture che possono generare un comportamento spingente dell'ammasso roccioso con conseguenti rilevanti convergenze. Per tali motivi è necessario prevedere il consolidamento del fronte della cavità attraverso messa in opera di adeguati interventi di sostegno in avanzamento. In tale tratta si sono dunque previste le sezioni di scavo GN-A1, GN-A2 e GN-B1 descritte nel Par. 6.
- tra la pk 2+700 circa alla pk 2+735 si incontra una tratta con coperture ridotte (circa 10m) all'interno della formazione PLO 1 dove si potrebbero presentare le stesse problematiche del tratto iniziale con basse coperture, ovvero problematiche di instabilità del fronte e la formazione di camini; inoltre è prevista una faglia che incontra il tracciato della galleria sub verticalmente. I problemi potenzialmente verificabili sono dovuti a:
 - elevato grado di fratturazione dell'ammasso roccioso;
 - crollo di volumi di roccia sia al fronte che lungo il profilo di scavo;
 - presenza di importanti venute d'acqua.

È necessario che la sequenza di scavo in prossimità della faglia sia preceduta da perforazioni di prospezione in avanzamento per determinare l'esatta ubicazione del punto sfavorevole alla quota del progetto. L'attraversamento deve essere generalmente preceduto da un efficace drenaggio del corpo della faglia e della roccia al contorno. Il consolidamento del materiale di riempimento deve essere commisurato alla sua consistenza e all'estensione della faglia. Le tecnologie usuali di consolidamento devono essere valutate in conseguenza della loro applicabilità in funzione della natura del materiale da consolidare. In tale tratta si sono dunque previste le sezioni di scavo GN-B1, GN-B2 descritte nel Par. 6.

Considerando ciò, le modalità di scavo, gli interventi di consolidamento dell'ammasso, la tipologia degli interventi di confinamento di prima fase e dei rivestimenti definitivi sono definiti mediante opportune "sezioni tipo" in funzione della risposta tensio-deformativa prevista, in modo da acquisire nel corso dell'avanzamento e di garantire in esercizio adeguati margini di sicurezza. La descrizione delle sezioni tipo di scavo è riportata al Par. 6.

Per le aree di imbocco della galleria, possono riscontrarsi le seguenti principali problematiche:

- L'imbocco Sud è caratterizzato dalla presenza di uno strato di materiale sciolto superficiale e uno strato di materiale roccioso alterato che poggiano sul substrato roccioso delle Siltiti PLO 1. Al fine di non generare volumi di sbancamento troppo elevati, si deve prevedere un'opera di sostegno

| | | | |
|--|---|--|---|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE MANDATARIA  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | REV. A | FOGLIO 15 di 28 Data 09/10/2023 |
| MANDANTI  ETREMA S.p.A. <small>INGEGNERIA - SERVIZI - AMBIENTE</small> | |  sinergo | |
|  D_VA <small>DVisionArchitecture</small> | | | |

provvisoria per gli scavi di approccio all'imbocco in sotterraneo. Nel paragrafo 7.1 è illustrata la berlinese di micropali prevista in progetto.

- L'imbocco nord si trova all'interno delle Siltiti PLO 2 aventi caratteristiche geomeccaniche buone che permettono di raggiungere il piano di scavo della galleria attraverso degli sbancamenti al 5:1. La pendenza di tali sbancamenti implica il rischio di instabilità di blocchi e quindi la necessità di prevedere la protezione degli scavi (la soluzione progettuale è illustrata al paragrafo 7.2).

| | | | | |
|--|--|--|--------------------|----------|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE | | REV. | FOGLIO |
| | MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture | A | 16 di 28 |
| | | | Data 09/10/2023 | |

6 DESCRIZIONE DELLE SEZIONI TIPO DI SCAVO

Nell'ambito della progettazione della galleria, per le sezioni tipologiche sopra menzionante, sono state individuate sette classi di scavo. Si riportano nel seguito le classi delle sezioni tipologiche e i relativi campi di applicazione.

| Classe | Campo di applicazione |
|-------------|--|
| Classe A1 | <ul style="list-style-type: none"> nella formazione PLO 2 in classe III della classificazione di Bieniawski, con GSI=50 e con coperture < 70m. |
| Classe A2 | <ul style="list-style-type: none"> nella formazione PLO 1 (GSI=40) in ammassi di classe IV con coperture 20 m < H < 40 m. nella formazione PLO 2 (GSI=50) in ammassi di classe III con coperture 70 m < H < 90 m. per lo scavo della piazzola di sosta, nella formazione PLO 2 (GSI=50) in ammassi di classe III con coperture 70 m < H < 90 m per le nicchie nella formazione identificata come PLO 1. |
| Classe B1 | <ul style="list-style-type: none"> nella formazione PLO 1 (GSI=40) in ammassi di classe IV con coperture 40 m < H < 60 m. nella formazione PLO 2 (GSI=50) in ammassi di classe III con coperture 90 m < H < 100 m. per lo scavo della piazzola di sosta, nella formazione PLO 1 (GSI=40) in ammassi di classe III con coperture 40 m < H < 70 m per le nicchie PLO 2 (GSI=50) e nella formazione PLO 1 (GSI=40) con coperture 40 m < H < 60 m. |
| Classe B2 | <ul style="list-style-type: none"> in corrispondenza della faglia |
| Classe C1-1 | <ul style="list-style-type: none"> all'imbocco nord della galleria naturale, dopo la sezione IMB, nella formazione PLO 2 in basse coperture. |
| Classe C1-2 | <ul style="list-style-type: none"> all'imbocco sud della galleria naturale, dopo la sezione IMB, nella formazione PLO 1 in basse coperture. |
| Classe IMB | <ul style="list-style-type: none"> 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. |

La Tabella 2 sintetizza gli interventi previsti per ogni classe di scavo.

| | | | | | |
|--|--|--|--------------------|-----------|--------------------|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE | | | REV. A | FOGLIO 17 di 28 |
| | MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture | Data 09/10/2023 | | |

| | GN-A1 | GN-A2 / PS-A2 | GN-B1/ PS-B1 | GN-B2 | GN-C1-1/ GN-C1-2 | GN-C1-IMB |
|--|-------|---------------|--------------|-------|------------------|-----------|
| Perforazioni di prospezione e drenaggio | X | X | X | - | X | X |
| Perforazioni di prospezione e drenaggio attrezzate con tubazioni fessurate rivestite con calza TNT | - | - | - | X(*) | - | - |
| Consolidamento al fronte con autoporforanti | - | - | X | X | X | X |
| Protezione del contorno con autoporforanti in avanzamento | - | - | - | X | - | - |
| Protezione del contorno: infilaggi metallici | - | - | - | - | X | X |
| Rivestimento Prima Fase: betoncino fibrorinforzato + chiodi radiali | X | - | - | - | - | - |
| Rivestimento Prima Fase: betoncino fibrorinforzato + doppie centine IPN | - | X | X | X | X | X |
| Impermeabilizzazione | X | X | X | X | X | X |
| Rivestimento definitivo in arco rovescio in calcestruzzo armato | X | X | X | X | X | X |
| Rivestimento definitivo in calotta in calcestruzzo non armato | X | X | - | - | - | - |
| Rivestimento definitivo in calotta in calcestruzzo armato | - | - | X | X | X | X |

(*) Solo per la tratta in faglia tra la pk 2+700 e la pk 2+735

Tabella 2 – Sezioni tipo di scavo – Interventi

Per ulteriori dettagli sulle sezioni tipo, sulle classi di scavo e sul dimensionamento delle stesse si faccia riferimento alla e alla “Relazione di calcolo galleria naturale” **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** Per la rappresentazione grafica delle sezioni di scavo si faccia riferimento agli elaborati riportati al Par. 2.2.

| | | | | |
|--|--|---|--------------------|----------|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE | | REV. | FOGLIO |
| | MANDATARIA PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | MANDANTI ERFEMA ERFEMA S.p.A. s.r.l. | A | 18 di 28 |
| | | | Data 09/10/2023 | |

7 DESCRIZIONE DELLE OPERE DI IMBOCCO

7.1 Imbocco Sud

La sistemazione definitiva dell'imbocco Sud della galleria Montebonello prevede un tratto in artificiale di 46.50m (da pk 2+019.50 a pk 2+066.00) di cui 4m di dima, 27m di galleria artificiale, 4.55m di portale e 10.95m di becco di flauto. Il tratto della dima, galleria artificiale e portale verrà completamente ritombato con materiale di risulta dagli scavi. Una canaletta posta al piede del ritombamento garantirà l'allontanamento delle acque meteoriche provenienti dal pendio a monte.

La planimetria dell'imbocco sud e il modello 3d dello stesso sono riportati rispettivamente in Figura 13 e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

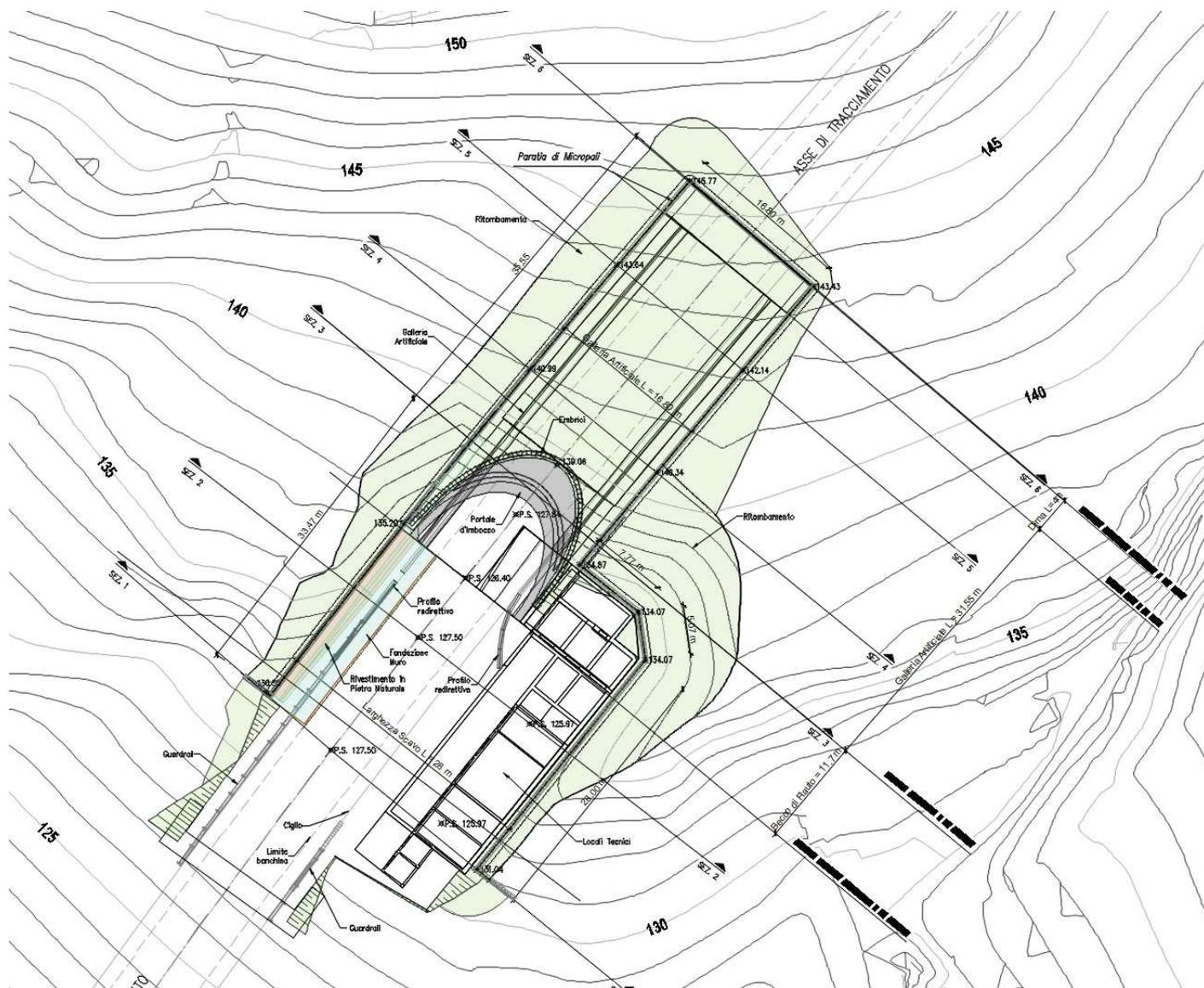


Figura 12 – Imbocco Sud Galleria Montebonello – Planimetria in fase definitiva

| | | | | |
|--|--|--|----------------|-------------------------------------|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE | | REV. A | FOGLIO 19 di 28 |
| | MANDATARIA PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | MANDANTI STZMA S.p.A. SOCIETA' VALENTIA ASSOCIATI | sinergo | D_VA D_VisionArchitecture |
| | | | | Data 09/10/2023 |

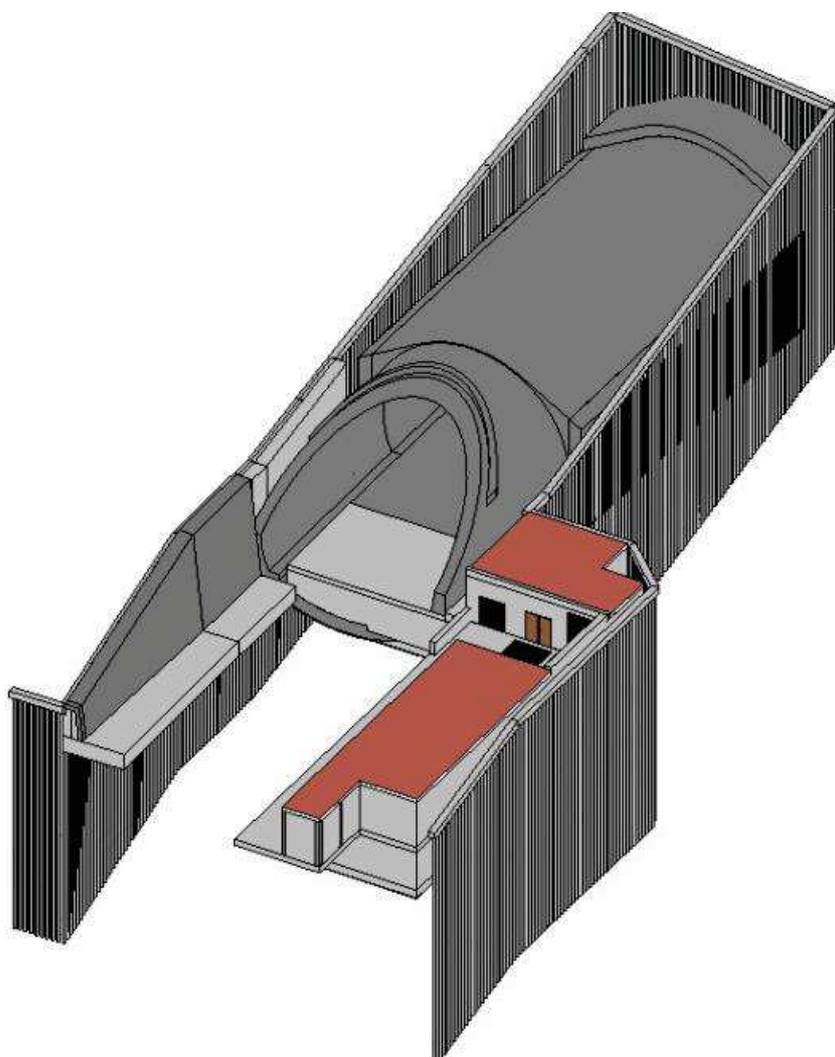


Figura 13 – Imbocco Sud Galleria Montebonello – fase definitiva – Modello 3D

Le dimensioni interne della sezione nel tratto in artificiale sono le medesime della sezione GN della galleria naturale, ovvero tali da ospitare una piattaforma di 10.50m, corrispondente a due corsie (una per senso di marcia) da 3.75m e le banchine da 1.50m.

Nella parte destra dell'imbocco è presente un manufatto che ha il duplice scopo di permettere l'uscita dal cunicolo di emergenza che si trova sotto la piattaforma stradale e di garantire l'approvvigionamento d'aria per il funzionamento del sistema di ventilazione (si veda Figura 14).

| | | | | |
|--|--|--|--|--------------------|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE | | REV. A | FOGLIO 20 di 28 |
| | MANDATARIA PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | MANDANTI EFEMA INGEGNERIA ASSOCIATA | sinergo D_VA <small>DVisionArchitecture</small> | |
| | | | Data 09/10/2023 | |

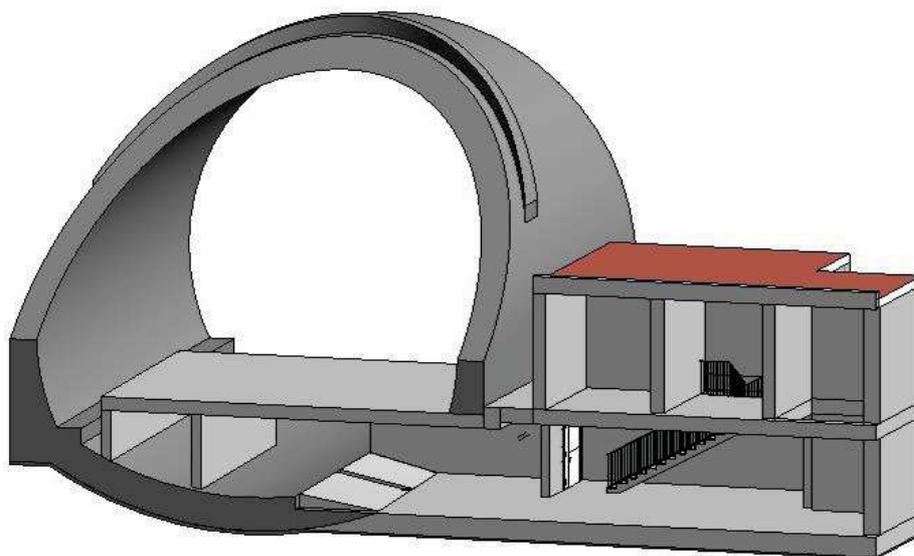


Figura 14 – Imbocco Sud Galleria Montebonello – Becco di flauto e uscita del cunicolo di emergenza

L'uscita dal cunicolo avviene all'interno di un piazzale che ospita anche i locali tecnici, le vasche per il trattamento delle acque di piattaforma e antincendio interrato.

All'esterno del becco di flauto, per una lunghezza di circa 22 m, è previsto un muro di sostegno di altezza decrescente da circa 7m fino a 2.50m quando la strada arriva circa a livello del piano campagna. Per migliorare l'inserimento ambientale dell'opera, l'elevazione del muro di sostegno verrà rivestita con pietre naturali.

Come illustrato al Par. 4 e Par. 5, all'imbocco Sud è presente uno strato di materiale sciolto costituito da depositi eluvio-colluviali; in tale contesto per gli scavi di approccio della galleria naturale si è resa necessaria la realizzazione di una berlinese provvisoria contrastata da uno o più ordini di ancoraggi attivi 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.

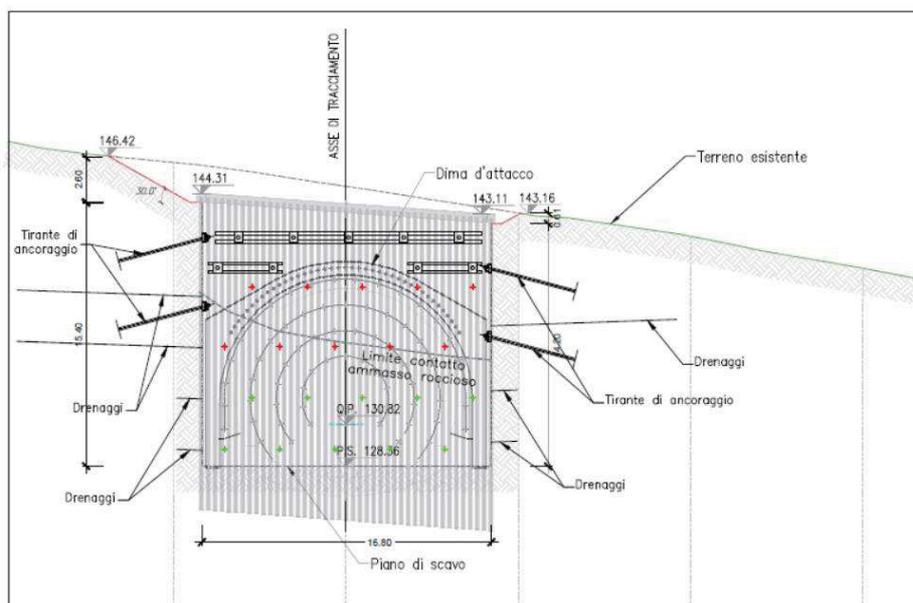


Figura 15 – Imbocco Sud Galleria Montebonello – Paratia d'imbocco

| | | | | | | |
|---|---|---|----------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE MANDATARIA PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | MANDANTI ERREMA ERREMA SPA S.p.A. s.r.l. | sinergo | D_VA D_VisionArchitecture | REV. A | FOGLIO 21 di 28 |
| | | | | | Data 09/10/2023 | |

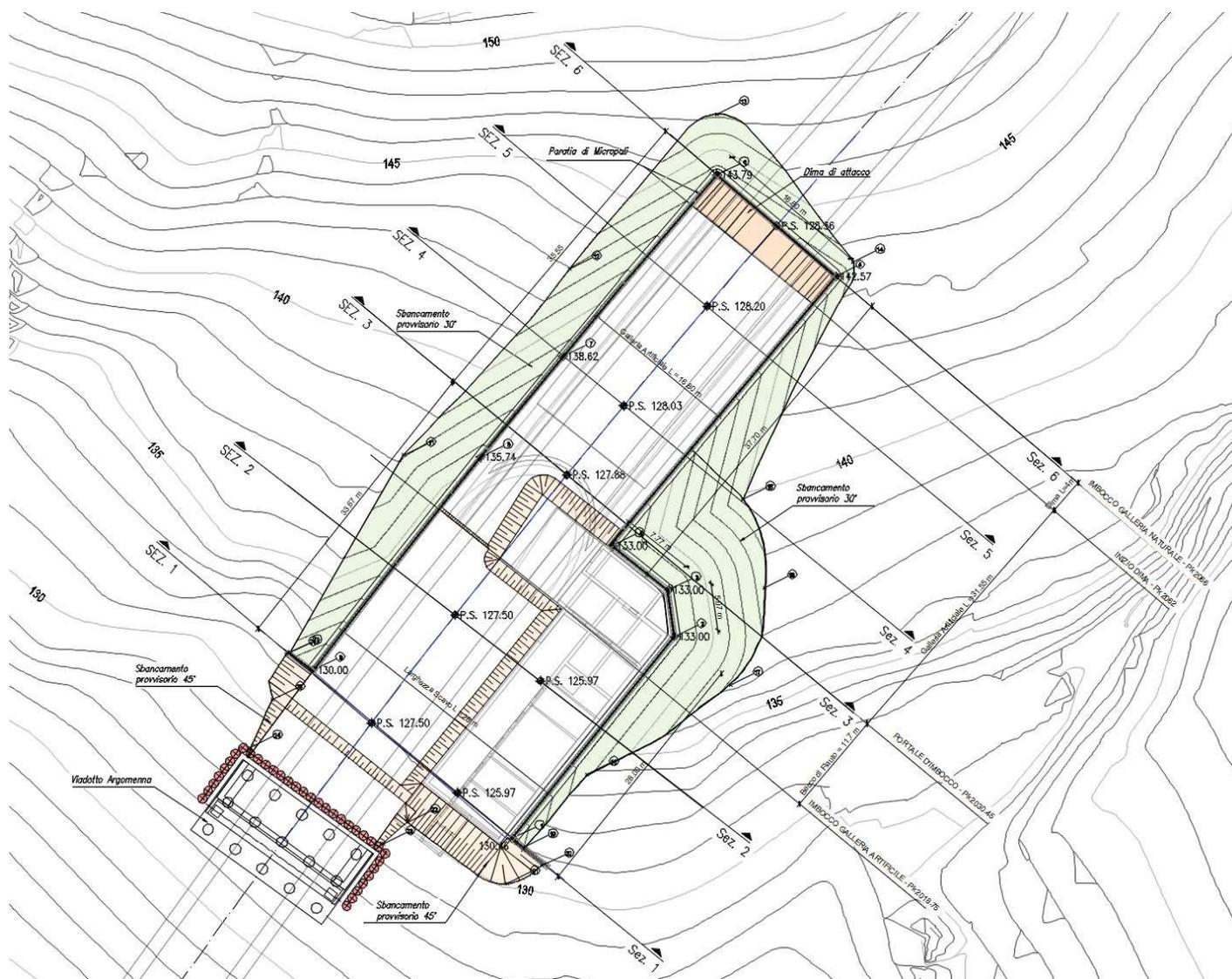


Figura 16 – Imbocco Sud Galleria Montebonello – Pianta scavi

La berlinese risulta costituita da micropali $\phi 240$ mm armati con tubi in acciaio S355 $\phi 193.7$ spessore 12mm, lunghezza variabile da 20m a 10m, disposti a passo 0.4m e collegati in testa mediante una trave di testata in calcestruzzo armato. Gli ancoraggi sono costituiti da tiranti attivi a trefoli, inclinati di 15° sul piano orizzontale. Il primo ordine è disposto a circa 2m dalla trave di testata mentre, nelle sezioni con altezza di scavo maggiore di 7m, si prevede anche un secondo ordine di ancoraggi, posto a circa 4 m dal primo. Le travi di ripartizione dei tiranti sono costituite da profilati 2HEB160 in acciaio S235. La berlinese viene rivestita da uno strato di betoncino proiettato (spessore medio 10 cm, minimo 5 cm) armato con rete elettrosaldata $\phi 8$ maglia 15cm x 15cm.

Per allontanare l'acqua eventualmente presente dietro alla paratia, sono previsti dei drenaggi lunghi (L=12m) in corrispondenza della coltre e della roccia alterata e dei drenaggi corti (L=1.5m) nell'ammasso roccioso

| | | | | |
|--|--|---|---|--------------------|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE | | REV. A | FOGLIO 22 di 28 |
| | MANDATARIA PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | MANDANTI EFREMA EFREMA S.p.A. s.r.l. | sinergo D_VA D_VisionArchitecture | |
| | | | Data 09/10/2023 | |

7.2 Imbocco Nord

L'imbocco Nord della galleria Montebonello si trova a ridosso, a una distanza di circa 10m, della spalla Sud del viadotto Sieve 2.

Il tratto in artificiale dell'imbocco nord ha una lunghezza totale di 4.80m (da pk 2+982.00 a pk 2+956.80), di cui un tratto di 4m di concio d'attacco gettato sotto la dima e una parete di chiusura dallo spessore totale di 80cm. La dima viene realizzata in fase provvisoria per garantire la sicurezza dello scavo della galleria naturale ma perde la sua funzione in fase definitiva quando tutta la resistenza è affidata al concio d'attacco. La dima e il concio verranno completamente ritombati in fase definitiva con materiale proveniente dagli scavi. Una canaletta posta ai limiti del ritombamento garantirà l'allontanamento delle acque meteoriche provenienti dal pendio a monte.

Il tratto in artificiale si chiude con una parete frontale con un rivestimento in pietra naturale.

La planimetria dell'area di interesse e il profilo in asse galleria in fase definitiva sono riportati rispettivamente in Figura 17 e Figura 18. In Figura 19 è riportata la sezione iniziale dell'imbocco Nord.

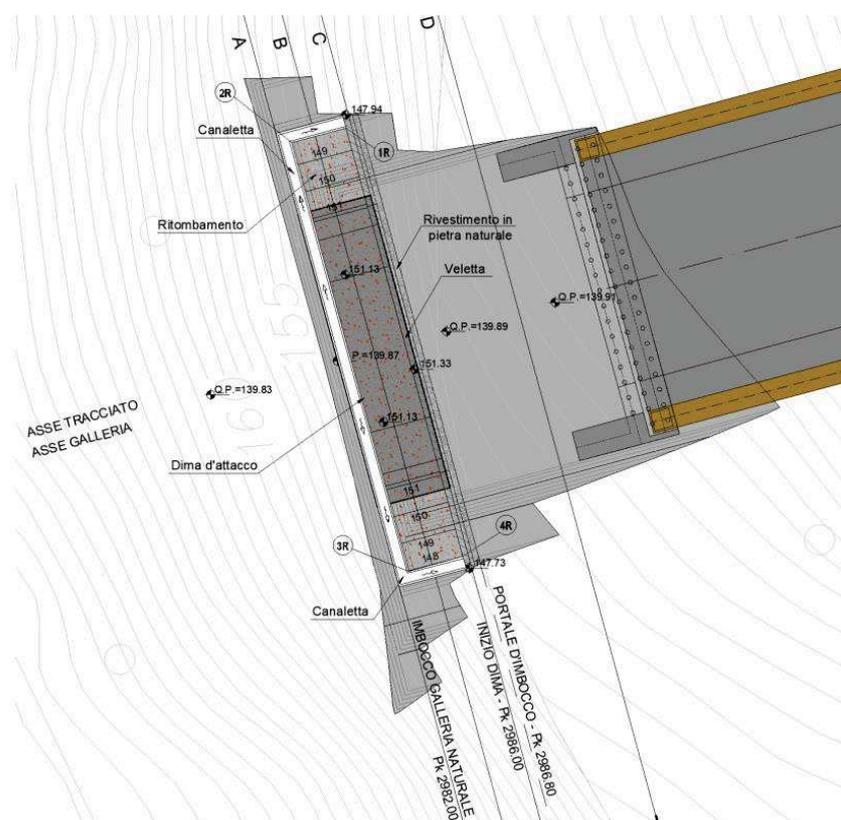


Figura 17 Planimetria tratta artificiale – Galleria Montebonello - Imbocco Nord Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.

| | | | | | | | | |
|--|---|--|---|--|-------------------------------------|--|--------------------|--|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE MANDATARIA PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | | MANDANTI STZMA SOCIETÀ A R.L. SOCIETÀ ASSOCIATE | | REV. A | | FOGLIO 23 di 28 | |
| | sinergo | | | | D_VA D_VisionArchitecture | | Data 09/10/2023 | |

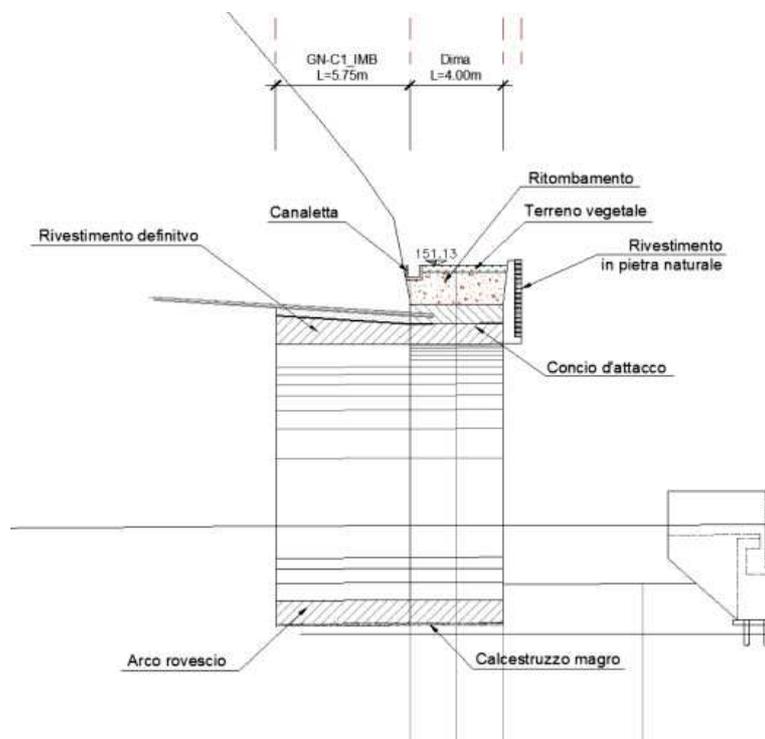


Figura 18 Profilo tratta artificiale – Galleria Montebonello - Imbocco Nord - Profilo longitudinale

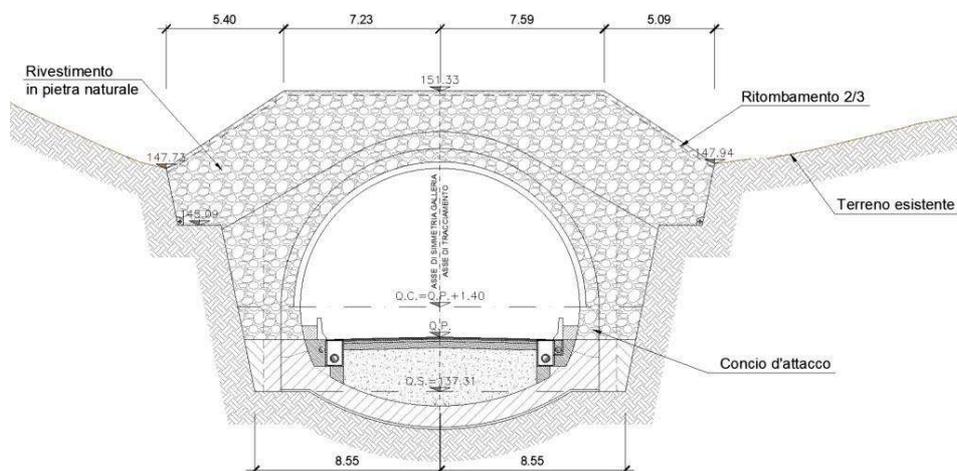


Figura 19: Parete di imbocco – Galleria Montebonello - Imbocco Nord - Portale

Come riscontrabile dalla Figura 20, per l'approccio allo scavo in sotterraneo all'imbocco Nord, sono previste delle scarpate con pendenze 5:1 e berme di larghezza 2m ogni 5m di altezza ad eccezione della prima scarpata che raggiunge un'altezza fino a circa 7.80m, in corrispondenza del prolungamento del getto della calotta della dima inclinato di 30°. La parete frontale di imbocco verrà scavata sempre con pendenza 5:1 ma senza berme per un'altezza massima di circa 16m (si veda Figura 21). Le scarpate a quote inferiori saranno a contatto con il getto delle opere definitive (dima) o ritombate e assumono perciò un carattere provvisorio. Le scarpate a quote più elevate rimarranno a cielo aperto e assumeranno perciò carattere definitivo.

| | | | | |
|--|--|---|---|--------------------|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE | | REV. A | FOGLIO 24 di 28 |
| | MANDATARIA PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | MANDANTI STZMA SOCIETA' STRUTTURALE S.p.A. | sinergo D_VA D_VisionArchitecture | |
| | | | Data 09/10/2023 | |

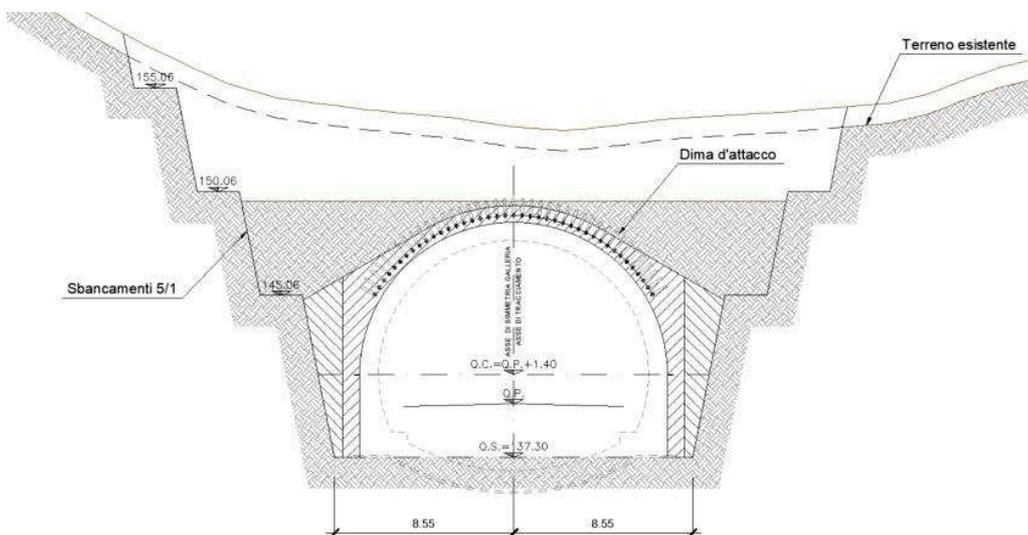


Figura 20: Imbocco Nord Galleria Montebonello - Sezione trasversale parete d'imbocco

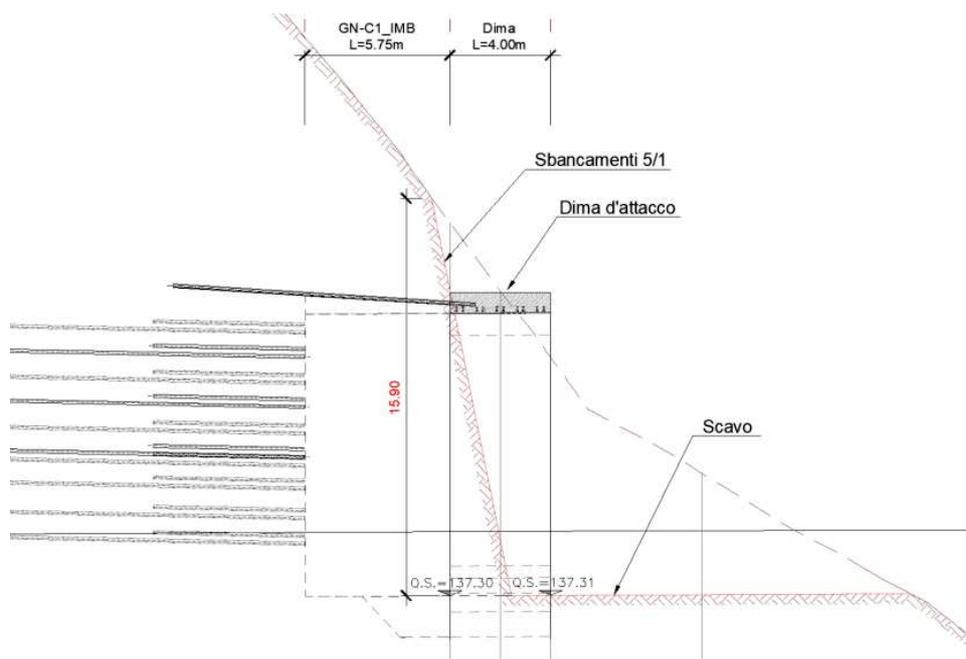


Figura 21: Imbocco Nord Galleria Montebonello - Profilo in asse galleria

La sicurezza della scarpata verrà garantita mediante l'utilizzo di:

- rete a doppia torsione a maglia esagonale 8x10cm in filo d'acciaio $\phi 2.7\text{mm}$.
- Funi metalliche di rinforzo $\phi 0.6''$ a trefoli di acciaio ($f_{ptk} \geq 1800\text{ MPa}$, $f_{pyk} \geq 1600\text{ MPa}$) disposte in senso diagonale rispetto alla maglia dei chiodi.
- barre in acciaio B450C, L=3m, con diametro di 26 mm, tensione di snervamento $f_{yk} = 450\text{Mpa}$ e diametro minimo di perforazione $D_{perf} = 51\text{ mm}$, disposte con maglia romboidale 3m x 4m.

Le barre verranno posizionate con direzione ortogonale al versante in modo da semplificarne l'installazione.

PARTICOLARE RETE E CHIODI

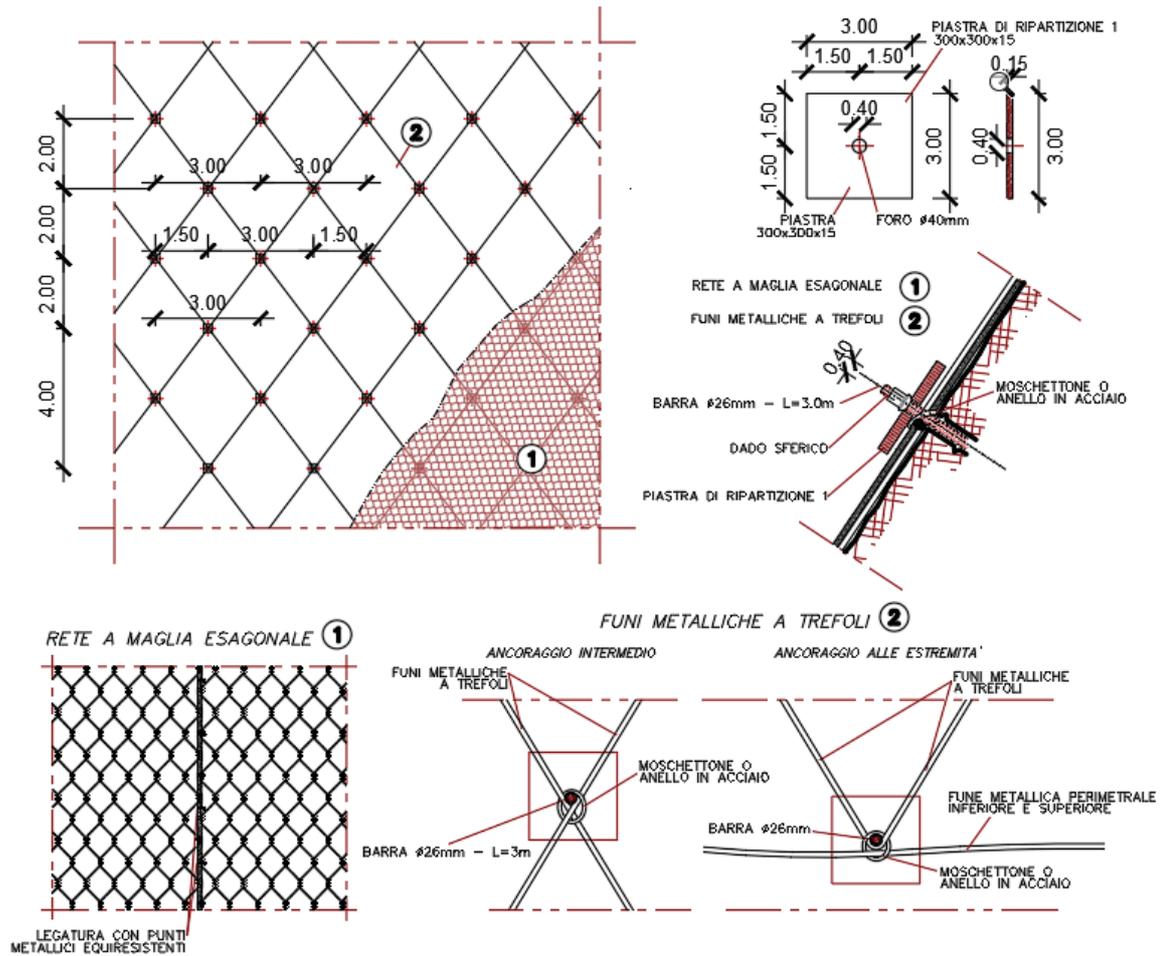


Figura 22: Imbocco Nord Galleria Montebonello – Interventi di stabilizzazione del versante

| | | | | |
|--|--|--|--------------------|----------|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE | | REV. | FOGLIO |
| | MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture | A | 26 di 28 |
| | | | Data 09/10/2023 | |

8 MODALITÀ DI SCAVO E FASI ESECUTIVE

Relativamente alla metodologia di scavo, si prevede un avanzamento a piena sezione prevalentemente con mezzi meccanici ed eventualmente mediante esplosivo nel caso di ammasso consistente e resistente.

Le modalità esecutive per la realizzazione della galleria in oggetto di studio prevedono schematicamente le seguenti fasi di lavoro:

- Esecuzione degli interventi in avanzamento (infilaggi, consolidamento al fronte e al contorno, ove previsti).
- Scavo a piena sezione con esecuzione degli eventuali interventi radiali e del rivestimento di prima fase (betoncino ed eventuali centine) mediante le modalità definite nei relativi elaborati di progetto.
- Scavo e getto dell'arco rovescio, armato secondo necessità, a distanza dal fronte di scavo vincolata ad eccezione che per le sezioni di scavo GN-A1 e GN-A2.
- Posa in opera dell'impermeabilizzazione in calotta e getto del rivestimento definitivo in calcestruzzo, armato secondo le necessità, a distanza dal fronte di scavo non vincolata.

Per quanto riguarda l'imbocco Sud che è interessato parzialmente da materiale sciolto ed è prevista la realizzazione di una berlinese di imbocco, si prevede:

- Scavi di sbancamento con mezzi meccanici fino alla quota di realizzazione della paratia berlinese;
- Esecuzione dei micropali.
- Per fasi successive scavi di sbancamento con mezzi meccanici fino a una quota di 0.50m inferiore a quella dei tiranti.
- Esecuzione delle perforazioni per ancoraggi e fori di drenaggio.
- Esecuzione dei tiranti.
- Ripresa degli scavi fino a fondo scavo.
- In corrispondenza della parete di attacco della galleria:
 - Scavo per ribassi successivi non superiori a 2.5m.
 - Esecuzione dopo ogni ribasso di tutti gli interventi previsti sulla porzione di fronte appena scoperta dallo scavo, compresi betoncino proiettato fibrorinforzato, infilaggi in acciaio e autoperforanti in acciaio, come da sezione di imbocco.
 - Esecuzione della dima di attacco.
 - Inizio scavi in sotterraneo.

Infine, per quanto riguarda l'imbocco Nord caratterizzato da roccia e sbancamenti 5/1, si prevedono le seguenti fasi:

- Ove necessario, esecuzione del disaggio del versante.
- scavi di sbancamento con mezzi meccanici o, in subordine, esplosivo con abbattimento controllato, fino alla quota della berma, con ribassi non superiori a 2.00m.
- esecuzione delle perforazioni per posa chiodatura e fori di drenaggio.
- posa della rete in aderenza, delle chiodature e delle funi.
- scavo di ribasso fino a fondo scavo ed esecuzione delle lavorazioni come da step precedenti.

| | | | | |
|--|--|--|--------------------|--------------------|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE | | REV. A | FOGLIO 27 di 28 |
| | MANDATARIA  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | MANDANTI    D_VA D_VisionArchitecture | Data 09/10/2023 | |

9 MONITORAGGIO

9.1 Gallerie naturali

Per poter acquisire durante la realizzazione delle gallerie naturali il maggior numero possibile di informazioni qualitativamente significative ai fini progettuali, e valutare:

- l'entità e le modalità di manifestazione dei fenomeni di deformazione;
- l'efficacia degli interventi di consolidamento e di confinamento e delle modalità costruttive,

è stato definito un sistema di monitoraggio in corso d'opera, parte integrante del progetto, che consenta di confermare e, se necessario, integrare per tempo gli interventi progettati.

Come illustrato in [32] e in [33], il sistema di monitoraggio in galleria è costituito da:

- 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).

9.2 Zone di imbocco

Per le opere d'imbocco viene predisposto un piano di monitoraggio che consenta di acquisire in corso d'opera il maggior numero possibile di informazioni qualitativamente significative, di verificare l'idoneità degli interventi e delle modalità esecutive previste in progetto e di controllare che i valori di spostamento delle strutture siano compatibili con la funzionalità statica delle opere e congruenti con quelli stimati in progetto.

Inoltre, per acquisire le informazioni necessarie per operare nelle zone di imbocco in condizioni di sicurezza, verrà predisposto un sistema di monitoraggio delle pareti rocciose interessate dagli scavi concentrando l'attenzione verso quelle situazioni che possono innescare fenomeni di crollo particolarmente gravi. I movimenti lungo le fratture maggiori sono evidenza diretta dell'innescio dei possibili crolli e a questo scopo si può prevedere di monitorare in continuo tali aperture con strumentazione posta nelle aree di limite dell'ammasso potenzialmente instabile e/o di blocchi delimitati da fratture in fase di apertura avanzata.

Come illustrato in [32][34][35], si prevede dunque l'adozione di una rete di monitoraggio costituita dagli strumenti, quali:

- Per le opere d'imbocco viene predisposto un piano di monitoraggio che consenta di acquisire in corso d'opera il maggior numero possibile di informazioni qualitativamente significative, di verificare l'idoneità degli interventi e delle modalità esecutive previste in progetto e di controllare che i valori di spostamento delle strutture siano compatibili con la funzionalità statica delle opere e congruenti con quelli stimati in progetto.

| | | | |
|--|---|--|--|
| CODIFICA DOCUMENTO P01-GN01-GEN-RE 01 | PROGETTAZIONE MANDATARIA  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l. | REV. A | FOGLIO 28 di 28 Data 09/10/2023 |
| MANDANTI  CITIZMA <small>INGEGNERIA - SERVIZI - AMBIENTE</small> | |  sinergo | |
|  D_VA <small>DVisionArchitecture</small> | | | |

- Inoltre, per acquisire le informazioni necessarie per operare nelle zone di imbocco in condizioni di sicurezza, verrà predisposto un sistema di monitoraggio delle pareti rocciose interessate dagli scavi concentrando l'attenzione verso quelle situazioni che possono innescare fenomeni di crollo particolarmente gravi. I movimenti lungo le fratture maggiori sono evidenza diretta dell'innescare dei possibili crolli e a questo scopo si può prevedere di monitorare in continuo tali aperture con strumentazione posta nelle aree di limite dell'ammasso potenzialmente instabile e/o di blocchi delimitati da fratture in fase di apertura avanzata.