

Provincia di Cuneo
S.S. 28 del Colle di Nava
Lavori di realizzazione della Tangenziale di Mondovì con collegamento alla S.S. 28 Dir – 564 e al casello A6 "Torino–Savona" – III Lotto (Variante di Mondovì)

PROGETTO DEFINITIVO

COD. TO08

PROGETTAZIONE:
RAGGRUPPAMENTO
TEMPORANEO PROGETTISTI

MANDATARIA:



MANDANTI:



MATILDI+PARTNERS

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Ing. Andrea Renso – TECHNITAL
Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A2413

IL GEOLOGO:

Geol. Emanuele Fresia – TECHNITAL
Ordine Geologi Veneto n. A501

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Barrasso – MATILDI + PARTNERS
Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. A9513

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Giuseppe Danilo Malgeri

PROTOCOLLO:

DATA:

IL PROGETTISTA:

Ing. Carlo Vittorio Matildi
Bologna–n.A6457

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

COORDINAMENTO PROGETTAZIONE E PROGETTAZIONE STRADALE:

Ing. Carlo Vittorio Matildi – MATILDI + PARTNERS
Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. 6457/A

COORDINAMENTO PROGETTAZIONE E

COORDINATORE STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE:

Ing. Edoardo Piccoli – TECHNITAL

Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A3381

OPERE D'ARTE MAGGIORI GALLERIA:

Ing. Corrado Pesce – TECHNITAL

Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A1984

OPERE D'ARTE MAGGIORI PONTI E MINORI:

Ing. Stefano Isani – MATILDI + PARTNERS

Ordine Ingegneri Provincia di Bologna n. A4550

GEOTECNICA:

Ing. Alessandro Rizzo – TECHNITAL

Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. A19598

IDROLOGIA ED IDRAULICA:

Ing. Simone Venturini – TECHNITAL

Ordine Ingegneri Provincia di Verona n. A2515

01 – INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO

Relazione tecnica generale

CODICE PROGETTO		NOME FILE		PROGR. ELAB.	REV.	SCALA:
DPT000008D16		01.04_P00_EG00_GEN_RE02_B		01.04		
		CODICE ELAB. P00EG00GENRE02			D	/
D	Istruttorie CSLPP	Aprile 2021	Matildi+Partners	Barrasso	Isani	Matildi
B	Istruttoria ANAS	Maggio 2020	Matildi+Partners	Barrasso	Isani	Matildi
A	EMISSIONE	Marzo 2020	Matildi+Partners	Barrasso	Isani	Matildi
REV.	DESCRIZIONE	DATA	SOCIETA'	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

SOMMARIO

1	INQUADRAMENTO.....	1
1.1	Asse principale.....	2
1.2	Asse secondario.....	3
1.3	Valutazione tracciati alternativi.....	4
1.3.1	Asse principale.....	4
1.3.2	Asse secondario – collegamento Rione Borgato.....	8
2	PROGETTO STRADALE.....	10
2.1	Descrizione degli interventi.....	10
2.1.1	Asse principale.....	10
2.1.2	Asse Borgato.....	11
2.2	Criteri di progettazione stradale.....	11
2.2.1	Inquadramento normativo e criteri progettuali.....	11
2.3	Caratteristiche di piattaforma del tracciato.....	12
2.3.1	Sezioni stradale tipo.....	12
2.3.2	Asse principale.....	12
2.3.3	Asse Borgato.....	14
2.3.4	Elementi Marginali.....	15
2.3.5	Sagoma trasversale.....	17
2.3.6	Pendenza delle scarpate.....	17
2.3.7	Piazzole di sosta.....	17
2.4	Verifica della pavimentazione stradale.....	17
2.4.1	Metodo di calcolo.....	17
2.4.2	Traffico di progetto.....	18
2.4.3	Descrizione della verifica attraverso l'AASHTO.....	20
2.4.4	Caratteristiche strutturali:calcolo dello "Structural Number".....	20
2.4.5	Calcolo del traffico in assi standard Equivalenti (N8,2ton).....	22
2.4.6	Calcolo del traffico in assi standard Equivalenti (N8,2ton).....	22
2.4.7	Verifica della sovrasruttura.....	24
2.5	Caratteristiche geometriche.....	25
2.5.1	Asse Principale.....	25

2.5.2	Asse Secondario.....	26
2.6	Dispositivi di ritenuta.....	28
3	GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E GEOTECNICA	30
4	GEOGNOSTICA E GEOTECNICA.....	37
5	SISMICA.....	42
6	IDROLOGIA E IDRAULICA.....	44
7	ARCHEOLOGIA	47
8	OPERE D'ARTE MAGGIORE	52
8.1	Viadotto Ellero	52
8.2	Ponte sul torrente Ermena	59
8.3	Galleria Naturale.....	62
9	OPERE D'ARTE MINORE.....	67
9.1	Galleria artificiale – sovrappasso faunistico	67
9.2	Opere di sostegno.....	68
9.2.1	Asse principale - Muri.....	68
9.2.2	Asse secondario - Paratia.....	68
10	INSERIMENTO AMBIENTALE.....	70
10.1	Morfologia del paesaggio	71
10.2	Inquadramento geologico e geomorfologico	74
10.3	Inquadramento idrogeologico	77
10.4	Inquadramento floristico ed ecosistemico	79
10.5	Inquadramento paesaggistico	82
11	PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE.....	83
12	INTERFERENZE	90
13	ESPROPRI	93
14	CANTIERIZZAZIONE	94
15	IMPIANTI TECNOLOGICI	96

15.1	Infrastrutture all'aperto.....	97
15.2	Galleria artificiale.....	97
15.3	Galleria naturale	98
15.4	Cabine elettriche.....	102
15.4.1	Cabina Est	104
15.4.2	Cabina Ovest.....	105

1 INQUADRAMENTO

La nuova tangenziale di Mondovì (Cuneo) rientra nel piano di riordino del sistema viario del Piemonte Sud Occidentale. La circonvallazione si svilupperà interamente nel territorio comunale di Mondovì e drenerà il flusso di traffico proveniente dal quadrante Sud-Est collegando la S.S. 28, la S.P. 5 e la S.S. 564 con l'Autostrada A6 Torino-Savona presso lo svincolo di Mondovì.

La progettazione e realizzazione della suddetta arteria stradale è stata suddivisa in 3 lotti funzionali, Figura 1, dei quali i primi due sono stati già completati e pienamente operativi, mentre il terzo è oggetto della presente progettazione.

Il lotto n° 3 di cui al presente Progetto Definitivo è lungo 2.667 m circa e, con una direzione sostanzialmente Ovest-Est, assicura a Sud del centro abitato il collegamento fra la S.P. 5 Villanova – Mondovì e la S.S. 28 del Colle di Nava.

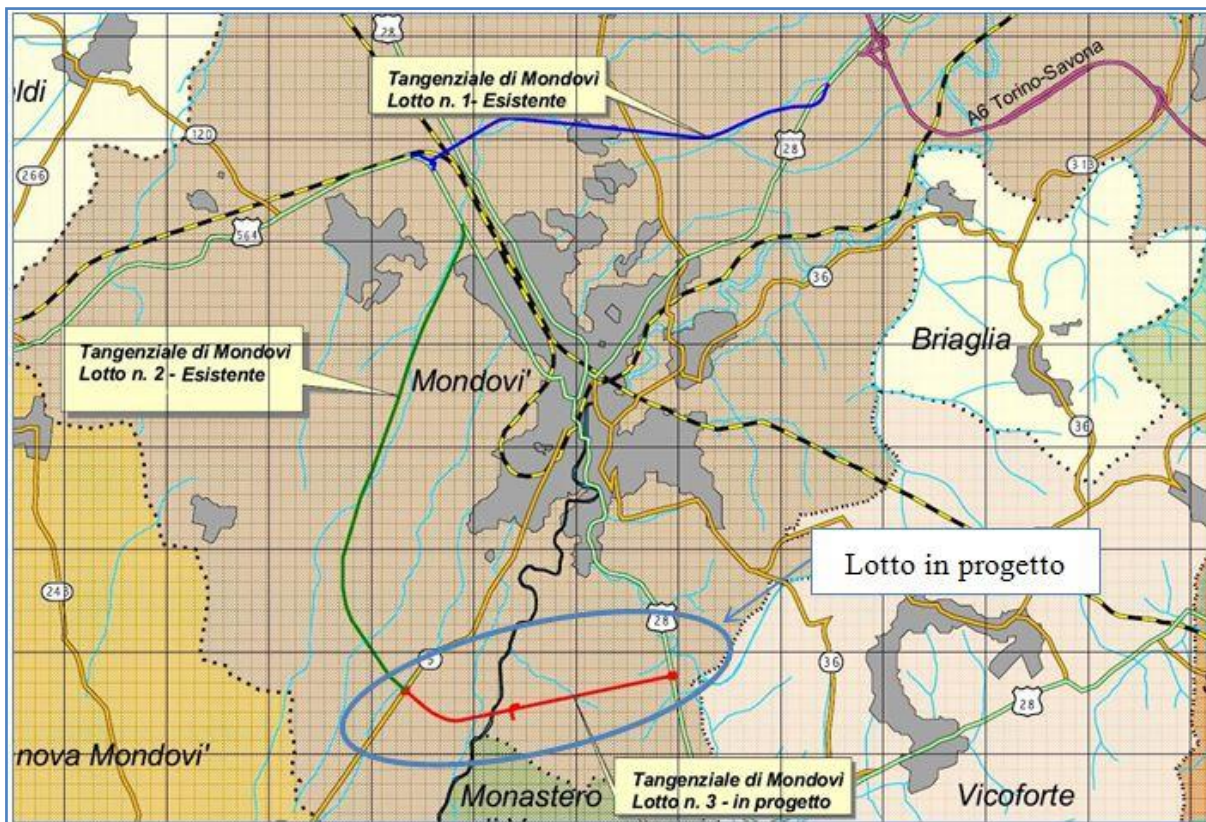


Figura 1 Tangenziale di Mondovì. Inquadramento geografico a grande scala

1.1 Asse principale

L'arteria, in analogia con i lotti precedenti, è una identificabile come strada di classe C1 a doppio senso di marcia con corsie da 3,75 m, banchine laterali da 1,5 m ed elementi marginali secondo normativa per una velocità di progetto minima di 60 Km/h e massima di 100 Km/h.

L'intervento ha inizio sull'esistente rotatoria nella S.P. 5 Villanova – Mondovì, termine del 2° lotto già realizzato, e prosegue verso Est. Dopo un tratto in rilevato, trincea e galleria artificiale lungo circa 700 m scavalca il Torrente Ellero tramite un viadotto che raggiunge in sponda destra il piede della collina monregalese di S. Lorenzo, ad una quota inferiore rispetto a Via Vecchia di Frabosa. Al viadotto fa pertanto seguito la galleria naturale S. Lorenzo, che attraversa una dorsale collinare allungata in direzione Nord – Sud. L'opera in sotterraneo sottopassa non solo Via Vecchia di Frabosa ma anche altre due viabilità ad essa parallele, poste a quota assai maggiore, Via delle Oche e Via Vecchia di Monastero. Al termine della galleria il tracciato prosegue verso oriente con un breve tratto all'aperto lungo circa un centinaio di metri e si collega, tramite una rotatoria, con la S.S. 28.

La progettazione del tracciato ha inteso perfezionare i principi informatori del progetto preliminare, a parità di localizzazione delle sezioni iniziali e finali grazie alla definizione di un ampio andamento curvilineo con raggio minimo di 700 m, più sicuro rispetto al lungo rettilineo con una curva di 400 m di raggio al termine presente nel preliminare, riuscendo al contempo a ridurre significativamente l'intrusione visiva dell'intervento grazie ad una riduzione di quota del viadotto Ellero di oltre 10 m.

Le opere d'arte presenti sono, di conseguenza, la nuova galleria artificiale alla progr. km 0+375 con sezione rettangolare ed uno sviluppo di 150 m, il confermato Viadotto Ellero alla progr. km 0+735, composto da quattro campate per una lunghezza totale di 240 m, e la galleria S Lorenzo, anch'essa confermata, alla progr. km 1+125 con uno sviluppo totale di circa 1.412 m comprensivi dei tratti in artificiale agli imbocchi di lunghezza pari a circa 60 m lato Ovest e 55 m sul lato Est. La copertura della galleria naturale varia tra un minimo di circa 10 m in zona imbocco fino ad un massimo di 110 m nel settore centrale.

La figura seguente riporta il profilo di progetto a scale alterate.

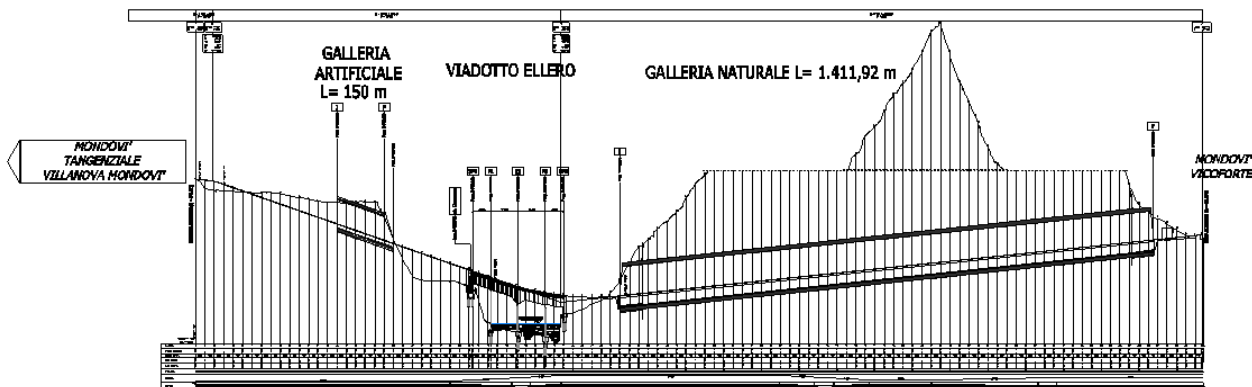


Figura 2 Profilo di progetto

1.2 Asse secondario

Il Progetto Preliminare prevedeva anche uno svincolo sulla Via Vecchia di Frabosa, fra il viadotto Ellero e la Galleria S Lorenzo, per il collegamento con il Rione Borgato di Mondovì. Lo stesso Comune di Mondovì, con nota prot 22002 del 05-07.2018, ha richiesto una modifica al Progetto Preliminare con la soppressione del citato svincolo e la realizzazione, in sua vece ed in posizione distaccata rispetto al tracciato principale (circa 1,5 Km a nord), di un collegamento fra il rione Borgato ed il Km 31 della S.S.28 mediante un ponte che scavalca il torrente Ermena in ambito urbano (Figura 3).

La scelta progettuale è stata fortemente influenzata dalla corografia dei luoghi, dall'assetto geomorfologico nonché dalla antropizzazione marcata del territorio.

L'intervento si inserisce nella viabilità esistente, sia lato S.S.28 che lato rione Borgato, tramite due rotonde; il nuovo tratto di strada compreso tra le due ha uno sviluppo di circa 107m di cui 84m sono rappresentati dal ponte che scavalca il torrente Ermena con due luci.

L'intervento prevede inoltre la riorganizzazione della viabilità del Rione Borgato e ampliamento del parco comunale a presidio della cappella della Annunziata.

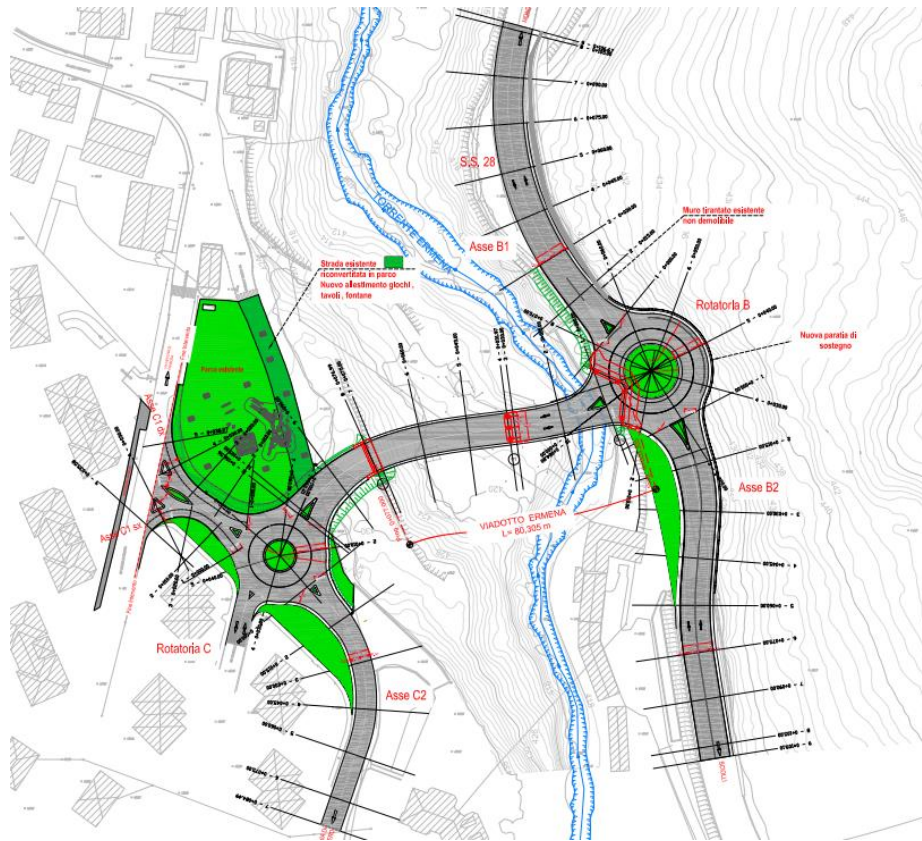


Figura 3 Asse secondario – Collegamento Rione Borgato con S.S.28

1.3 Valutazione tracciati alternativi

1.3.1 Asse principale

In sede di progettazione definitiva si sono studiate alcune possibili varianti al tracciato di progetto preliminare al fine di ridurre la pericolosità geomorfologica che caratterizza l'imbocco ovest della galleria S. Lorenzo.

Qui, infatti, il sondaggio S3 eseguito nel 2003 aveva evidenziato uno spessore di circa 20 m di sabbie limose (unità di Cassano Spinola) in appoggio sul substrato marnoso delle Marne di S. Agata oltre ad alcuni evidenti fenomeni deformativi che ricadono all'interno di una più ampia ed antica frana quiescente che interessa l'intero versante ovest del rilievo. Trattasi in particolare di due frane di scivolamento ritenute (da parte della documentazione bibliografica consultata) almeno in parte attive. Il tracciato di progetto preliminare impegnava entrambe queste frane con l'asse principale e con le piste di svincolo, gravando quindi su aree potenzialmente instabili. Un primo miglioramento progettuale si è avuto con la soppressione dello svincolo sostituito, come da richiesta del Comune di Mondovì, con il ponte sul Rione Borgato.

In tale contesto il progetto definitivo ha studiato ed indagato, oltre alla soluzione del progetto preliminare, anche due possibili varianti, passanti rispettivamente a nord e sud, che mantengono immutati i punti di inizio e fine intervento, apportando una variante planoaltimetrica in corrispondenza dell'imbocco ovest della galleria; in entrambi i casi si è scelto di abbassare la quota di scavalco del torrente Ellero per ridurre la lunghezza del viadotto, minimizzare l'impatto paesaggistico dell'intervento e ricercare terreni più stabili al piede del versante interferito.

In questa ottica, nell'ambito della campagna geognostica del progetto definitivo effettuata in una prima fase e svoltasi nella primavera del 2019, sono stati eseguiti i sondaggi S5 – S5bis – S5ter ed S13, disposti lungo un allineamento nord – sud parallelo a via Vecchia di Frabosa, al fine di verificare quale tracciato fosse in grado di evitare in modo migliore le perimetrazioni di frana e/o imboccare la galleria San Lorenzo con i minori spessori possibili delle coperture potenzialmente instabili. Ottenuti ed interpretati i risultati dei carotaggi, unitamente a quelli dell'indagine geofisica concentrata nelle medesime aree, i rimanenti sondaggi sono stati realizzati lungo il nuovo tracciato individuato (variante nord – alternativa 2) secondo un allineamento disposto circa est – ovest parallelo allo sviluppo dell'asse stradale.

Il sondaggio S5-pz del 2019, posto accanto al vecchio sondaggio S3 2003 ha confermato uno spessore di oltre 20 m di sabbie limose poggianti sul substrato marnoso.

I sondaggi rispettivamente S13-i 2019 ed S5bis-i 2019 più a sud, ed S6-i 2019 a nord, hanno invece riscontrato spessori nell'ordine di 10 m di sabbie limose. I medesimi valori sono sostanzialmente confermati anche da una serie di tomografie sismiche condotte sempre nel 2019, le quali mettono anche in luce un approfondimento dei terreni più lenti, e quindi meno addensati, al piede del versante in corrispondenza del tracciato di preliminare e della variante sud. L'opzione di tracciato a sud inoltre è risultata interferire planimetricamente con una frana potenzialmente attiva segnalata da molta documentazione bibliografica, mentre il tracciato più a nord non interferisce con perimetrazioni note.

In tale contesto, e fermo restando che a parità di terreni anche la soluzione nord non può ritenersi del tutto esente da una pericolosità geomorfologica, pur sensibilmente ridotta, il progetto definitivo ha sviluppato la soluzione in variante nord, ritenuta migliorativa sia dal punto di vista geomorfologico sia stradale rispetto al tracciato di preliminare poiché fra le altre cose, come scritto, è stata abbassata la livelletta stradale garantendo comunque i franchi sulla massima piena e si è ottenuto un migliore inserimento del viadotto sull'Ellero; è stata inoltre inserita una curva in galleria con raggio superiore a 1000 m che elimina il lungo e pericoloso rettilineo del preliminare ed è stato allungato il tratto all'aperto a fine intervento, compreso fra l'imbocco est della galleria e la rotonda sulla SS28, per garantire una sufficiente visibilità all'immissione nella rotatoria.

Per maggiore chiarezza di seguito in Figura 4 si riporta il tracciato adottato nel progetto definitivo, variante nord – alternativa 2, confrontato con la soluzione del progetto preliminare (alternativa 1) e con la succitata variante sud (alternativa 3). Nella medesima figura sono riportate sinteticamente le indagini eseguite nel 2019 e quelle pregresse, reperite da bibliografia o ereditate dalla precedente fase progettuale.

In Figura 5 sono invece rappresentate le diverse opzioni di tracciato analizzate montate sulla scheda SIFRAP redatta da Arpa e contenente le perimetrazioni di frana censite sul territorio regionale. Come si può osservare la soluzione adottata evita le frane poste in prossimità dell’imbocco ovest che invece la soluzione di preliminare intercettava ampiamente.

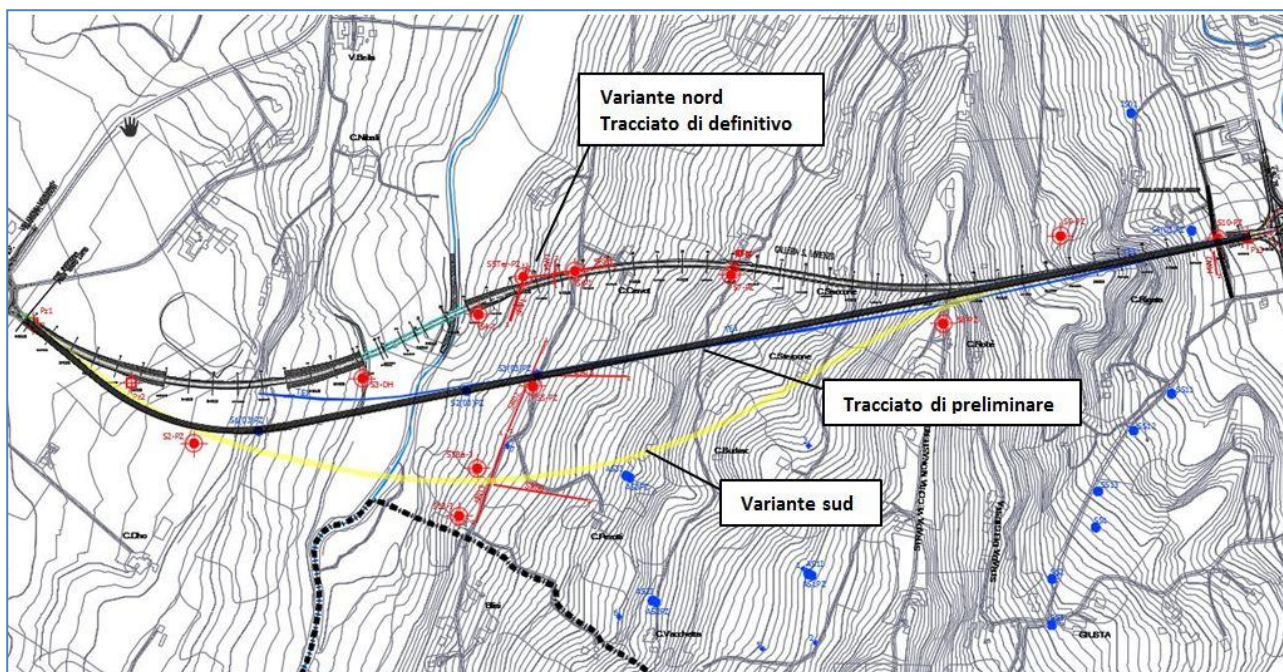


Figura 4 Varianti di tracciato studiate in sede di progettazione definitiva. Alla soluzione di preliminare è stata preferita la variante nord in quanto ritenuta migliorativa dal punto di vista stratigrafico e geomorfologico. In rosso sono riportate le indagini di progetto definitivo ed in blu quelle pregresse

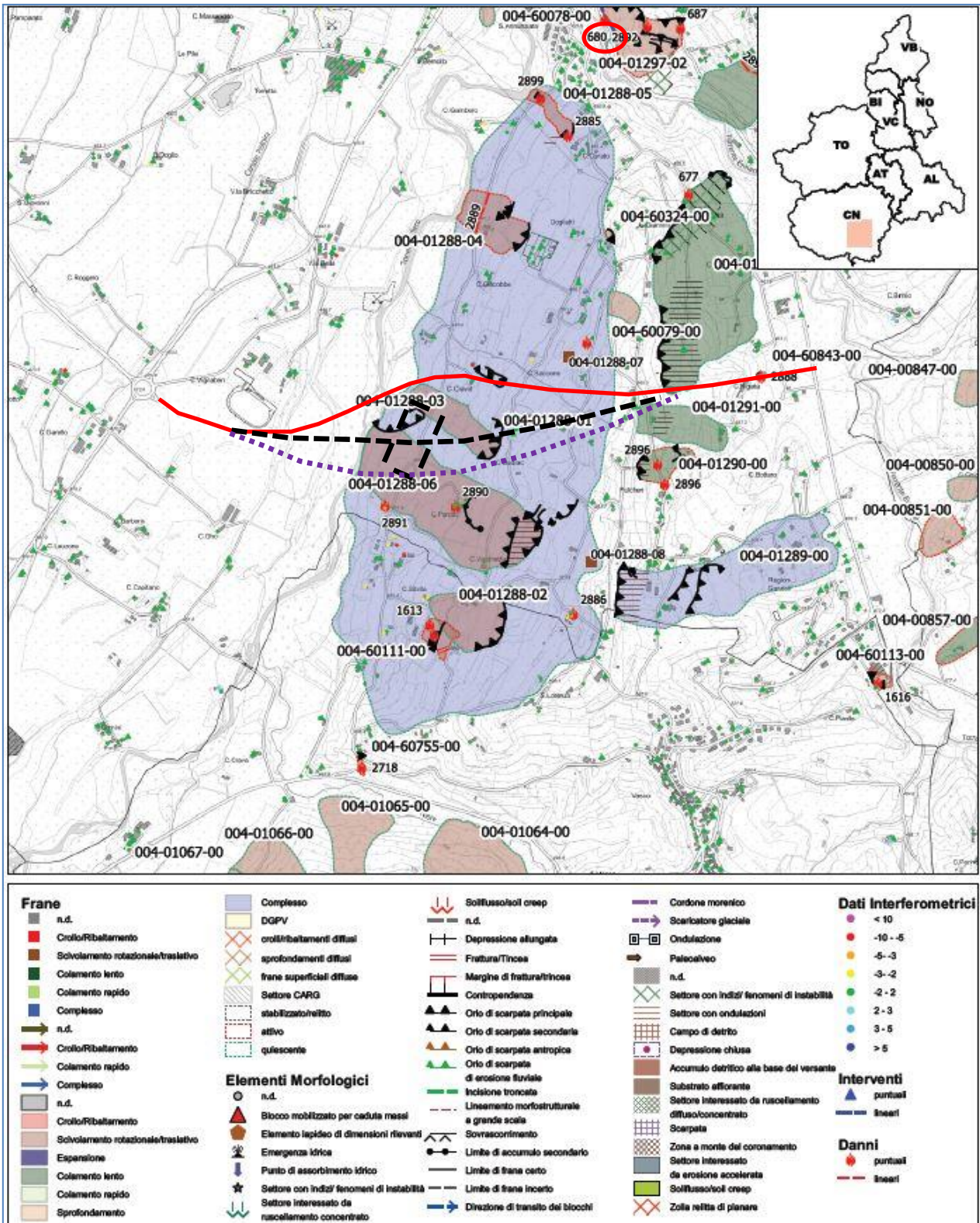


Figura 5 Opzioni di tracciato montate sulla scheda Sifrap redatta dall'Arpa riportante la perimetrazione delle frane censite. Al centro tratteggiato nero il tracciato di preliminare con l'area impegnata dallo svincolo. In alto e in rosso la variante nord (tracciato di progetto definitivo) che evita l'interferenza con le frane censite. In basso puntinato viola la variante sud

1.3.2 Asse secondario – collegamento Rione Borgato

In ottemperanza a quanto richiesto dal Comune di Mondovì, overosia valutare la possibilità di analizzare un collegamento mediante un nuovo ponte sul torrente Ermena fra il rione Borgato ed il Km 31 della SS28, in una prima fase preliminare, si sono analizzate 4 possibili soluzioni, sviluppate a partire delle prime indicazioni fornite dal Comune stesso.

Tutte le ipotesi sono state informate dalla volontà di ottenere il miglioramento del collegamento stradale tra i due versanti, collegamento oggi fornito solo da un ponte storico inadeguato e proibito al traffico pesante nonché a senso unico di marcia, limitando in ogni caso le interferenze sia con la cappella della S.S. Annunziata che con la viabilità esistente e gli accessi carrai privati presenti in sinistra orografica.

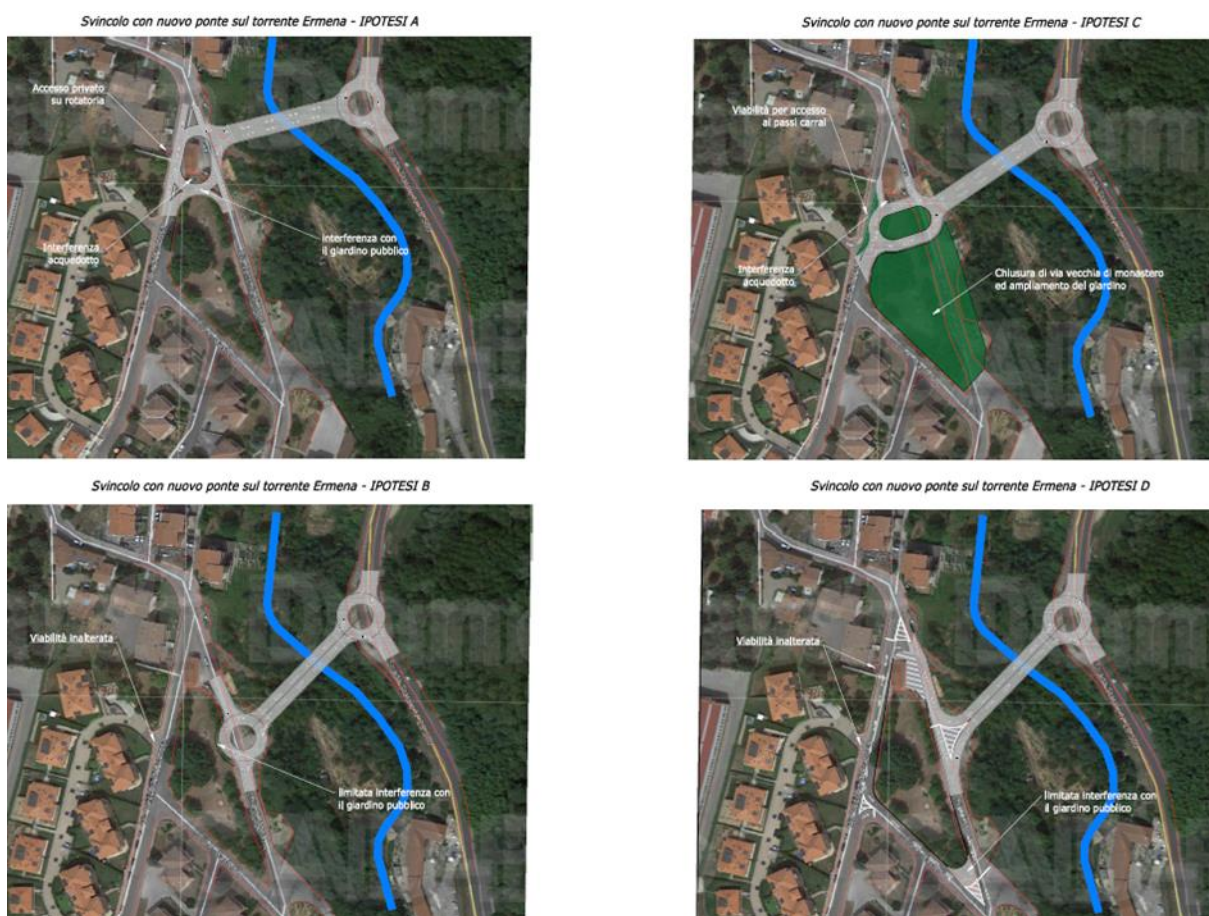


Figura 6 Asse secondario – Collegamento Rione Borgato con S.S.28 – Ipotesi preliminari

L'ipotesi A, ottimale dal punto di vista stradale, è stata scartata perché inglobava all'interno della rotatoria in sinistra orografica la cappella della SS Annunziata, rendendone ardua la fruizione.

L'ipotesi B, migliore dal punto di vista della accessibilità alla cappella, risultava inadeguata per l'eccessiva pendenza dell'attraversamento, superiore al 10%.

L'ipotesi C, pur migliorando lievemente la pendenza longitudinale del ponte, occupava l'area absidale della cappella, laddove trova oggi sede un'attrezzatura a servizio dell'acquedotto, rendendo inoltre più complesso lo sbarco in via Frabosa Vecchia, per la presenza di innumeri passi carrai.

L'ipotesi D, infine, presentava le stesse problematiche dell'ipotesi B, appena mitigate dall'eliminazione della rotonda in sinistra orografica, a prezzo, tuttavia, di una peggiore funzionalità dell'intersezione.

In ogni caso, tutte queste ipotesi progettuali hanno evidenziato in destra orografica un posizionamento non ottimale della rotonda sulla S.S. n. 28, risultando la stessa posta in corrispondenza di un alto muro intirantato a presidio del versante instabile realizzato con non poche difficoltà durante i lavori di rettifica della statale negli anni '70.

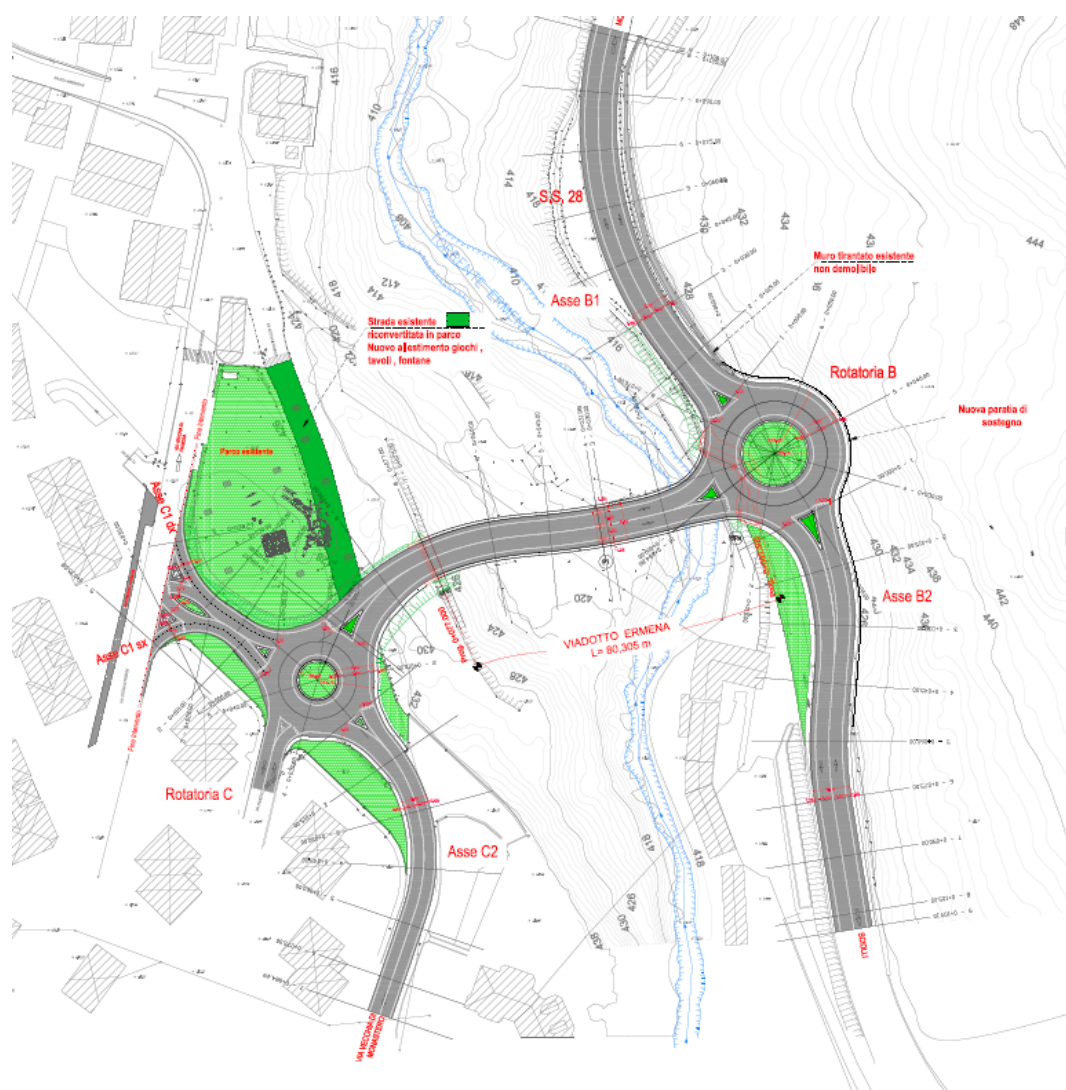


Figura 7 Asse secondario – Collegamento Rione Borgato con S.S.28

Alla luce delle sopracitate problematiche, attentamente analizzate anche con i tecnici del Comune che ha richiesto questo intervento, è stata individuata la soluzione finale sotto rappresentata, che individua la posizione della rotonda sulla statale S.S. 28 circa 50 m a monte, senza interferire con il muro intirantato, e

attraversa l'alveo del torrente Ermena pressoché in modo perpendicolare al suo scorrimento, ponendo la rotatoria in sinistra orografica al lembo meridionale dell'area a parco, senza disturbare la fruizione della cappella della SS Annunziata. L'intervento prevede quindi la riorganizzazione della viabilità del Rione Borgato, attraverso l'inglobamento del tratto terminale di via Vecchia di Monastero al parco comunale, che diviene così a completo presidio della cappella della Annunziata. La posizione planimetrica della rotatoria è stata vincolata dalla presenza delle intersezioni esistenti, dagli accessi privati, dagli edifici attigui e dalla necessità di mantenere l'area a verde pubblico.

2 PROGETTO STRADALE

Di seguito si illustrano le caratteristiche geometriche del progetto stradale dell'asse principale e dell'asse secondario in termini di rispondenza normativa e fruibilità ai flussi di traffico.

2.1 Descrizione degli interventi

2.1.1 Asse principale

Il progetto di realizzazione della tangenziale di Mondovì prevede il completamento del 3° lotto che congiungerà la S.P. Villanova-Mondovì con la SS 28 a Sud dell'abitato di Mondovì.

Il tracciato dell'asse principale ha una lunghezza complessiva di 2667 m circa e il suo andamento ha una direzione sostanzialmente Ovest-Est. Ha inizio in corrispondenza dello svincolo esistente a rotatoria sulla S.P. 'Villanova-Mondovì, termine del II lotto, e prosegue spostandosi ad Est, superando il fiume Ellero, fino a giungere all'innesto sulla Statale 28 tramite svincolo a rotatoria.

Il tracciato di progetto si stacca dall'attuale S.P. 'Villanova-Mondovì e dopo l'innesto sulla rotatoria esistente prosegue fino ad affacciarsi alla valle determinata dall'incisione del torrente Ellero con un'ampia curva di $R=700,00$ m e con pendenza (3,49%) in trincea fino al termine della galleria artificiale posta tra la progressiva 0+375 e la progressiva-0+525. Esso continua con un tratto in rilevato e alla progressiva 0+725, per superare il torrente Ellero, ha inizio il viadotto omonimo di 240,00 m di lunghezza, al termine del quale si ha un tratto di circa 150,00 m in rilevato prima di arrivare alla progressiva 1+125 dove inizia la galleria naturale che si sviluppa planimetricamente con una doppia curva di $R = 1100$ m con interposta clotoide di flesso.

La galleria San Lorenzo attraversa la omonima collina monregalese fino al versante a Oriente di tale dorsale. Dopo 130,00 m dall'uscita s'innesta sulla S.S. 28 con uno svincolo a rotatoria.

L'altimetria del tracciato è stata definita tenendo conto della quota determinata dal franco idraulico del Torrente Ellero e dalle quote di innesto sulle viabilità esistenti al fine di intestare lo scavalco del torrente alla minore quota possibile pur mantenendo pendenze longitudinali non eccessivamente accentuate.

L'andamento altimetrico a partire dalla rotatoria inizia, di conseguenza, in leggera salita con una pendenza dell'ordine del 0.5% e poi scende fino al torrente con pendenza (3,49%), dopo un raccordo concavo R = 7000 si prosegue, infine, con pendenza costante in salita del 1,5 % fino a raggiungere la SS 28 esistente a fine lotto.

L'asse principale è stato progettato secondo gli standard di una strada extraurbana secondaria tipo C1 del DM 5/11/01 cui è associato l'intervallo di velocità di progetto 60 ÷ 100 km/h, adottando la medesima sezione stradale utilizzata nei due lotti precedenti.

2.1.2 Asse Borgato

L'intervento prevede un nuovo tratto stradale che mette in collegamento la SS 28 al km 31, attraversando il torrente Ermena, con la zona a sud dell'abitato di Mondovì in corrispondenza della chiesetta dell'Annunziata in località Rione Borgato.

Il tracciato stradale proposto si innesta sulla SS 28 subito dopo una piazzola di sosta, realizzata in occasione della rettifica che il tracciato ha avuto negli anni settanta, con una intersezione a rotatoria a tre rami di diametro esterno mt. 36,50, attraversa il torrente Ermena con un viadotto di 80,00 m di lunghezza al termine del quale, si ha un tratto di circa 30m in rilevato prima di arrivare seconda rotatoria di diametro mt. esterno 29,50.

Il tratto stradale in oggetto avrà le caratteristiche geometriche di una strada locale extraurbana di tipo C2, così come specificate nel D.M. 05/11/2005 e si è associato una velocità di progetto 30 ÷ 50 km/h.

2.2 Criteri di progettazione stradale

2.2.1 Inquadramento normativo e criteri progettuali

I principali riferimenti normativi relativamente agli aspetti stradali di tutte le infrastrutture in progetto sono:

- D.Lgs. 30/04/92, n. 285 e s.m.i.: "Nuovo Codice della Strada";
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495 e s.m.i.: "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Codice della Strada";
- D.M. 05/11/01, n. 6792 e s.m.i.: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (di solo riferimento nel caso di adeguamento di strade esistenti secondo il D.M. 22-04-04).
- D.M. 19/04/2006: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali" (di solo riferimento nel caso di adeguamento di intersezioni esistenti).

2.3 Caratteristiche di piattaforma del tracciato

2.3.1 Sezioni stradale tipo

2.3.2 Asse principale

La sezione tipo adottata, in conformità alla categoria C1 del DM 5/11/01, presenta una piattaforma pavimentata di larghezza pari a 10,50 m; in dettaglio la sezione è costituita dai seguenti elementi:

- banchine in sinistra e destra da 1,50 m;
- n° 2 corsie (1 per senso di marcia) da 3,75 m;
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,50 m;
- in trincea, cunetta alla francese di 1,00 m con a tergo banca orizzontale da 0,50 m.

Sia in viadotto che in galleria, la piattaforma manterrà la larghezza di 10,50 m.

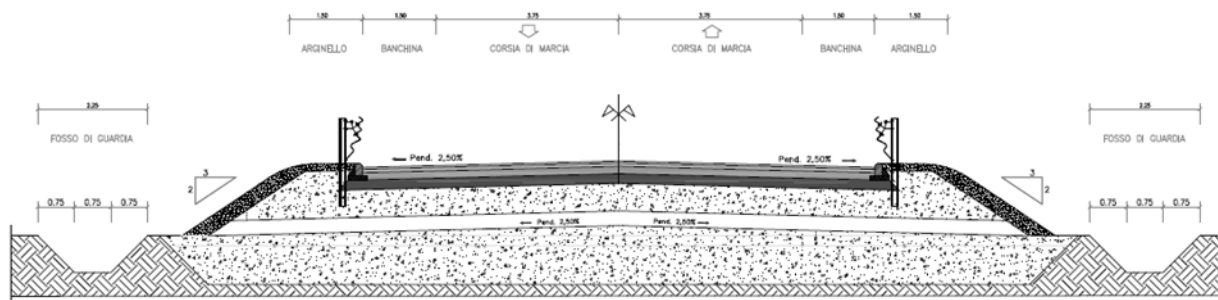


Figura 8: Asse principale – Sezione tipo in rilevato

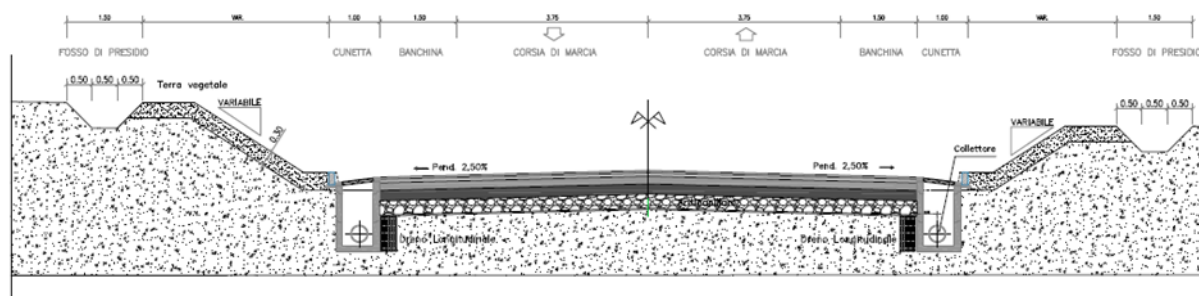


Figura 9: Asse principale – Sezione tipo in rilevato

Rotatoria asse principale

In corrispondenza della fine intervento per la connessione tra la variante e l'attuale S.S. 28 è prevista una rotatoria di progetto.

La rotatoria presenta un diametro esterno della corona giratoria di 49 m, organizzata con un'unica pseudo-corsia di larghezza pari a 6 m con banchine in dx e sx di 1,00 m. I due rami ad essa afferenti (Ramo A e Ramo B) presentano due corsie da 3,50 m e banchine in dx e sx da 1,50 m.

Essa è costituita dai seguenti elementi:

- banchine in interna ed esterna da 1,50 m;
- corsia circolante di 6,00 m;
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,50 m;

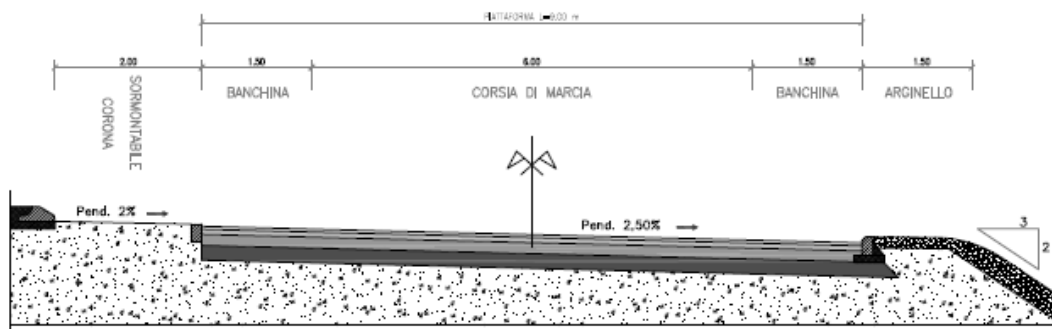


Figura 10: Rotatoria – Sezione tipo

Viabilità locale e rami di innesto

Per quanto riguarda la progettazione delle viabilità secondarie, considerando che si tratta di strade esistenti, essendo già esclusa tale tipologia di intervento dal rispetto delle indicazioni contenute nel DM 5.11.2001, secondo quanto previsto all'art. 4 della suddetta norma, la progettazione sarà improntata alla risoluzione dell'interferenza senza determinare pericolose ed inopportune discontinuità e realizzando una sezione tipo che mantenga quanto più possibile il calibro della sezione esistente, adottando comunque dimensioni non inferiori.

Nell'ambito delle viabilità interferita sono state incluse anche le strade a destinazione particolare, per le quali le caratteristiche compositive fornite dalla tabella 3.4.a del D.M 5.11.2001 e caratterizzate dal parametro "velocità di progetto" non sono applicabili. Si tratta, in ambito extraurbano, di strade agricole, forestali, consortili e simili, nelle quali le dimensioni della piattaforma vanno riferite in particolare all'ingombro dei veicoli di cui è previsto il transito.

Trattandosi di "strade bianche" con una larghezza trasversale di 3,00 m si è quindi adottata, per le deviazioni necessarie al loro ripristino, una sezione così composta:

- piattaforma di larghezza 4,00 m (composta da un frantumato cls e cemento);
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 0,50 m;
- in trincea, cunetta alla francese di 1,00 m con a tergo banca orizzontale da 0,50 m.

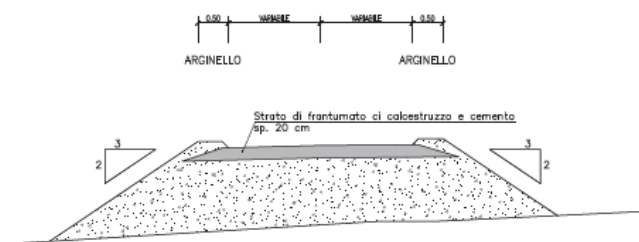


Figura 11: Viabilità locali

2.3.3 Asse Borgato

La sezione tipo adottata, in conformità alla categoria C2 del DM 5/11/01, presenta una piattaforma pavimentata di larghezza pari a 9,50 m; in dettaglio la sezione è costituita dai seguenti elementi:

- banchine in sinistra e destra da 1,25 m;
- n° 2 corsie (1 per senso di marcia) da 3,50 m;
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,50 m;
- in trincea, cunetta alla francese di 1,00 m con a tergo banca orizzontale da 0,50 m.

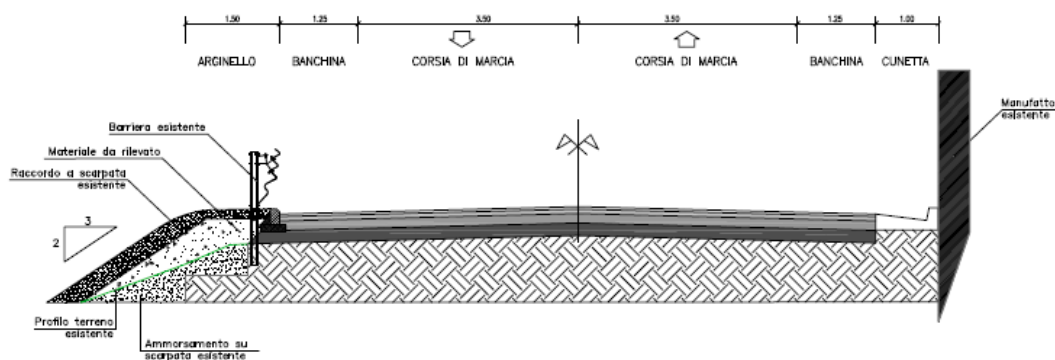


Figura 12: Asse secondario – Sezione tipo

Rotatorie asse secondario

La rotatoria presenta un diametro esterno della corona giratoria di 49 m, organizzata con un'unica pseudo-corsia di larghezza pari a 6 m con banchine in dx e sx di 1,00 m. I due rami ad essa afferenti (Ramo A e Ramo B) presentano due corsie da 3,50 m e banchine in dx e sx da 1,25 m.

Esse è costituita dai seguenti elementi:

- banchine in interna ed esterna da 1,50 m;
- corsia circolante di 6,00 m;
- in rilevato, arginello di larghezza totale pari a 1,50 m;

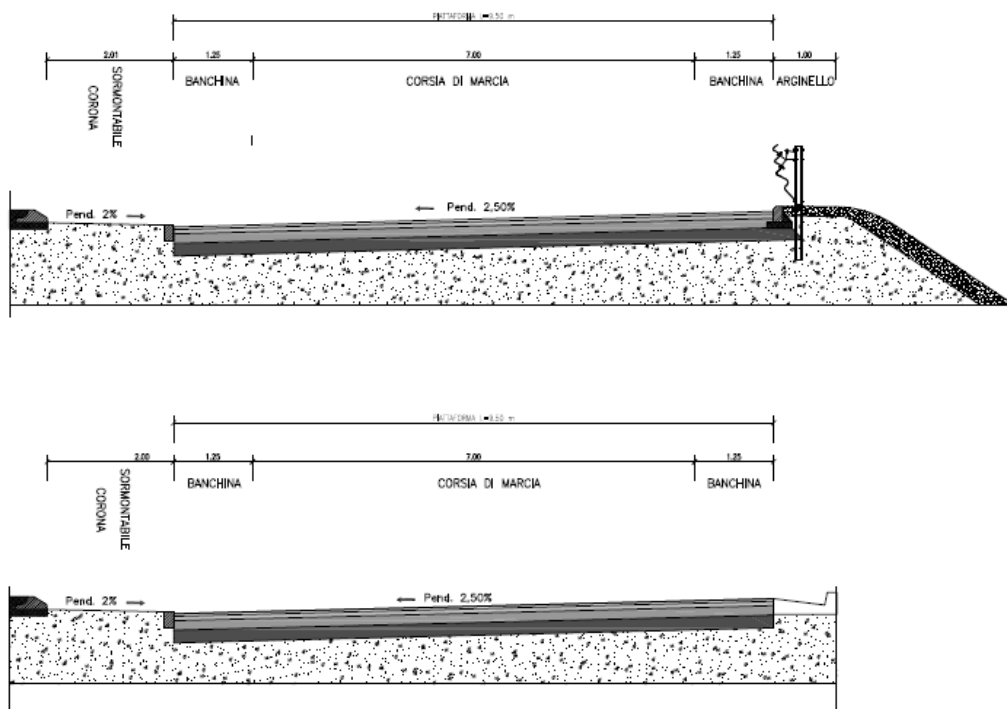


Figura 13: Rotatoria – Sezione tipo

2.3.4 Elementi Marginali

Nei tratti in rilevato le banchine laterali sono state raccordate alle scarpate mediante striscia erbosa sopraelevata, a formazione di arginello, di larghezza pari a 1,50 m per la tratta di sezione stradale tipo C1.

Nelle sezioni in trincea non è stata prevista l'installazione di barriere di sicurezza in quanto le acque di piattaforma saranno allontanate lateralmente alla banchina da cunette alla francese di opportuna dimensione in accordo al criterio indicato dalle Norme.

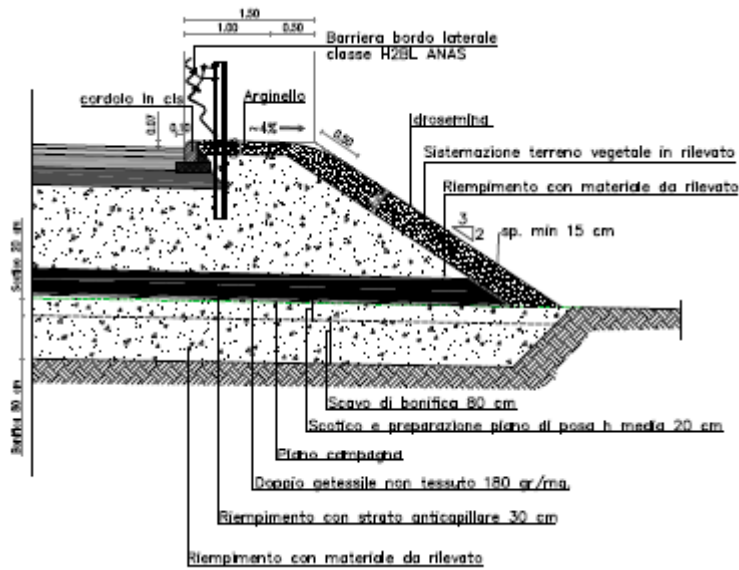


Figura 14: Elementi marginali

2.3.5 Sagoma trasversale

In rettilineo la piattaforma stradale (corsie e banchine) è stata prevista con sagoma a doppia falda e con falde pendenti del 2,5% verso l'esterno.

Le banchine, pavimentate come il resto della carreggiata, presentano pendenze uguali e concordi a quelle delle corsie (2,5%). Nelle curve circolari la pendenza di tutta la piattaforma è rivolta verso l'interno; il suo valore è commisurato al raggio della curva in accordo al criterio indicato dalle Norme.

2.3.6 Pendenza delle scarpate

La pendenza delle scarpate di rilevato è stata prevista in 2:3 (verticale:orizzontale).

La pendenza delle scarpate di trincea, tenuto conto della qualità meccanica dei terreni interessati, è stata fissata nel rapporto 1:3 (verticale:orizzontale); in entrambi i casi è stato previsto il ricoprimento con uno strato di terreno vegetale di spessore pari a 30 cm.;

2.3.7 Piazzole di sosta

In ottemperanza ai criteri del DM 5/11/01 sono state previste piazzole di sosta, ubicate ad intervalli di circa 500 m lungo i due sensi di marcia. Le dimensioni sono pari a quelle indicate dalla normativa e cioè lunghezza totale 65 m (25 m il tratto centrale e 20 m i tratti di raccordo) e larghezza complessiva, oltre la banchina, di 3,50 m.

2.4 Verifica della pavimentazione stradale

2.4.1 Metodo di calcolo

La verifica della sovrastruttura stradale flessibile è stata condotta con il metodo semiempirico dell' "AASHTO Guide for Design of Pavement Structure 1993".

Il metodo AASHTO permette di ricavare il numero totale di passaggi di assi equivalenti da 8.2t (N8.2max) che una pavimentazione di assegnate caratteristiche meccaniche riesce a sopportare prima di raggiungere il valore di PSI finale (PSI = Present Serviceability Index), in corrispondenza del quale si ritiene che la pavimentazione sia giunta al termine della sua vita utile e quindi necessita di manutenzione.

Note le caratteristiche dei materiali da impiegare (degli strati legati a bitume, di quelli in misto granulare stabilizzato, della portanza del sottofondo), ed avendo assegnato degli spessori di primo tentativo ai vari strati, è possibile convergere verso la soluzione finale, la quale prevede che il numero di assi massimo che la pavimentazione può sopportare (N8.2max) debba essere superiore o al limite uguale al traffico di progetto (N8.2) che interesserà la sovrastruttura durante la sua vita utile, derivante dall'elaborazione dalle analisi di traffico eseguita nei paragrafi precedenti.

2.4.2 Traffico di progetto

I dati di traffico sono stati desunti dall'approfondimento settoriale a supporto del progetto definitivo dei lavori di realizzazione della Tangenziale di Mondovì con collegamento alla S.S. 28 Dir - 564 ed al casello A6 "Torino-Savona" - III Lotto (Variante di Mondovì) del S.S. 28 del Colle di Nava, appositamente predisposto. Nello studio di traffico è stato determinato il traffico atteso sulla nuova infrastruttura e verificate eventuali criticità indotte sulla rete stradale, individuando lo stato della circolazione della viabilità in essere nello scenario attuale e quello dello scenario futuro di progetto, che prevede la realizzazione del terzo lotto della Tangenziale di Mondovì. Lo studio analitico confronta lo stato di fatto con lo scenario di progetto secondo la metodologia di seguito riportata:

1. Rilievo del traffico veicolare dello stato di fatto: l'indagine è stata realizzata nel periodo compreso tra il 03/06/2019 e l'11/06/2019 ed ha interessato complessivamente 16 sezioni stradali monodirezionali e 1 nodo appartenenti alla rete viaria afferente al nuovo asse stradale in progetto. I rilievi sono stati realizzati in continuo per una settimana con l'utilizzo di apparecchiature radar e con l'utilizzo di videocamere nella fascia oraria di punta del mattino tra le 7.00 e le 9.00.
2. Rilievi per la ricostruzione della struttura distributiva della domanda (matrici OD): l'indagine, finalizzata alla ricostruzione della struttura principale delle relazioni di traffico che impegnano il sistema in esame è stato eseguito mediante rilievo con telecamere per identificare ciascun veicolo transitante in corrispondenza di sezioni significative con la lettura parziale (per ragioni di privacy) della targa. L'incrocio tra i diversi passaggi ha consentito di ricostruire una matrice OD per quattro componenti veicolari (ciclomotori e motocicli, autovetture, veicoli commerciali leggeri e veicoli commerciali pesanti).
3. Analisi dei tracciati rilevati dai dispositivi antifurto GPS sui veicoli leggeri.
4. Analisi dei dati Istat 2011 sui pendolarismi casa - scuola casa - lavoro: è stata analizzata la domanda di mobilità intercomunale per motivi di studio e lavoro dei residenti nel Comune di Mondovì e nei comuni contermini che potrebbe interessare il nuovo tracciato di progetto.
5. Implementazione di un modello di simulazione del traffico veicolare: È stato implementato un modello di macrosimulazione di traffico in ambiente Cube Citilabs per rappresentare il carico veicolare sulla rete stradale esistente e di progetto nell'ora di punta del mattino.
6. Confronto tra stato di fatto e di progetto: calcolo di indicatori sintetici e di dettaglio del flusso veicolare di mezzi leggeri e pesanti e stima del Traffico Giornaliero Medio al 2045.
7. Analisi funzionale degli svincoli della nuova infrastruttura.

Il modello di traffico è stato sviluppato con due distinte matrici di origine destinazione degli spostamenti per i mezzi leggeri e per quelli pesanti, entrambe calibrate con l'applicazione di una procedura di matrix estimation al fine di fornire la massima verosomiglianza tra flussi assegnati dal modello e flussi effettivamente misurati su strada. In particolare, la matrice dei mezzi pesanti è stata costruita attraverso i rilievi per la ricostruzione della struttura distributiva effettuata attraverso il riconoscimento delle targhe (commerciali pesanti) effettuata al cordone della nuova infrastruttura di progetto, il cui dettaglio è riportato nel documento "01.07_P00_EG00_GEN_RE04_A", allegato al PD.

Gli Output del modello sono riferiti all'ora di punta del mattino (7.30-8.30), mentre il TGM è ricavato per proiezione dai flussi riferiti allora di punta del mattino ricavati dal modello attraverso il rilievo sulle 24 ore (on coefficienti di espansione Kleg = 14.14 e Kpes = 11.90). Il TGM di mezzi pesanti è stato considerato al minimo pari all'1% di quello dei veicoli leggeri in transito.

I tassi di crescita della domanda di trasporto in un orizzonte temporale di venti anni sono stati stimati sulla base delle fonti regionali disponibili relativamente alla Provincia di Cuneo, da cui si può cautelativamente ipotizzare una crescita massima della domanda di trasporto dello 0,5% annuo (incremento complessivo della mobilità di leggeri e pesanti equivalenti del 3,04% al 2025 e del 13,85% al 2045).

Dalle simulazioni sviluppate sul III lotto della tangenziale di progetto all'entrata in esercizio (2025) è stimato TGM di circa 7.000 veicoli leggeri e di 210 mezzi pesanti, con un flusso nell'ora di punta tra le 7.30 e le 8.30 di 483 auto/h e 16 CP/h, nella somma delle due direzioni di marcia. Nel lungo periodo (orizzonte ventennale al 2045) l'incremento della mobilità, cautelativamente stimato nello 0,5% annuo, porta ad un aumento del TGM a oltre 7.700 veicoli leggeri e a 231 mezzi pesanti e del flusso nell'ora di punta che raggiunge le 533 auto/h e i 17 CP/h.

In corrispondenza del nuovo Ponte Rione Borgato il traffico atteso all'entrata in esercizio (2025) è di 31 veicoli/h corrispondenti ad un TGM di 450 auto, che aumenta a 86 veic/h e 1241 veicoli/giorno al 2045 (periodo ventennale).

Per ulteriori approfondimenti si rimanda allo Studio di traffico (elab. 01.06_P00_EG00_GEN_RE03).

Per il calcolo della pavimentazione, a favore di sicurezza è stato incrementato il traffico giornaliero medio del 9% assunto una TGM pari a 7900 vv/gg. Il volume di traffico, di veicoli commerciali, che, si prevede, transiterà durante il primo anno di vita utile (25

anni) della sovrastruttura è definito da:

$$nvca = TGM_{tot} \times pc \times psm \times pcorsia \times 365 = 48442.80 \text{ veic./anno}$$

dove:

- TGM_{tot} = traffico giornaliero medio su singola corsia di marcia pari a 7900 vv/gg
- pc = percentuale veicoli commerciali pari al 3%
- psm = percentuale di traffico nel senso di marcia pari al 56%
- pcorsia = percentuale veicoli commerciali transitanti sulla corsia di calcolo pari al 100%

Ipotizzando i seguenti valori ai fini della proiezione futura del traffico stimato:

- tasso d'incremento annuo del traffico commerciale $r = 2,50\%$
- vita utile $n = 25$ anni

si è calcolato il numero di veicoli commerciali transitanti, nell'arco della vita utile (25 anni) sulla pavimentazione (o meglio sulla corsia più caricata):

$$TN = nvca \times [(1+r)^n - 1] / r = 1 \ 654 \ 697,73 \text{ veic/vita}$$

2.4.3 Descrizione della verifica attraverso l'AASHTO

Nella metodologia dell'"AASHTO Guide for Design of Pavement Structures" si tiene conto della "resistenza strutturale" della pavimentazione attraverso un parametro che va sotto il nome di "structural number" SN. Esso è funzione degli spessori degli strati s_i , della "resistenza" dei materiali impiegati rappresentata attraverso i "coefficienti strutturali di strato" a_i e della loro sensibilità all'acqua rappresentata attraverso i "coefficienti di drenaggio" m_i .

L'espressione analitica dello structural number è:

$$SN = \sum_i a_i \cdot s_i \cdot m_i.$$

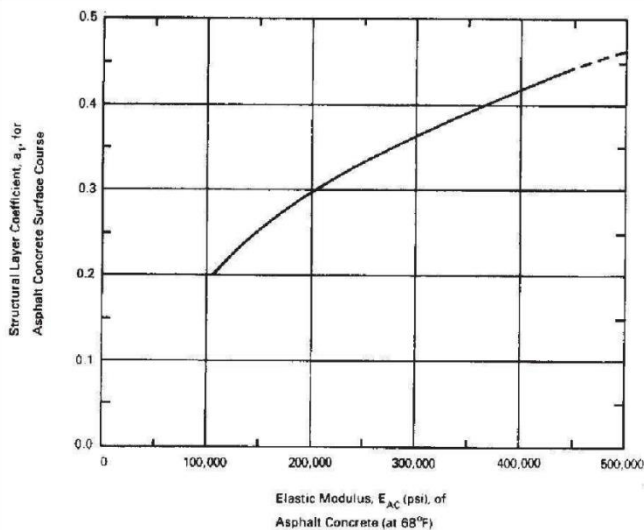
dove:

- i è il numero degli strati costituenti la sovrastruttura stradale;
- a_i è un coefficiente che esprime la capacità relativa dei materiali impiegati nei vari strati della pavimentazione a contribuire come componenti strutturali alla funzionalità della sovrastruttura. Tali coefficienti sono funzione del tipo e proprietà del materiale.
- s_i è lo spessore dello strato;
- m_i è un coefficiente funzione della qualità del drenaggio e della percentuale di tempo durante il quale la pavimentazione è esposta a livelli di umidità prossimi alla saturazione.

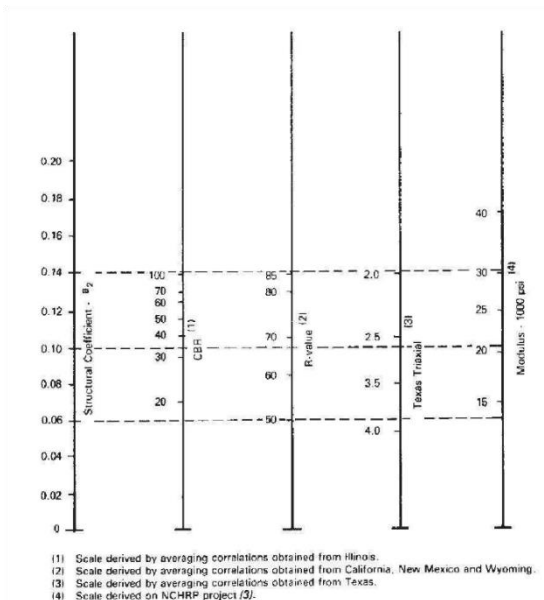
Nello specifico i coefficienti strutturali relativi agli strati di usura (a_1) e di base (a_3) si ricavano direttamente dai monogrammi presenti sull'AASHTO GUIDE in funzione della stabilità Marshall scelta per i rispettivi strati. Il valore del coefficiente relativo allo strato di collegamento (a_2) si ricava per interpolazione lineare dei parametri a_1 e a_3 , ricavati sempre dall'ASSHTO GUIDE però con il valore della stabilità Marshall relativa allo strato di collegamento, con le rispettive quote. Infine, il coefficiente relativo allo strato di fondazione (a_4) si ricava sempre dall'ASSHTO GUIDE in funzione del CBR.

2.4.4 Caratteristiche strutturali: calcolo dello "Structural Number"

Per determinare il valore dello SN di progetto si sono valutati i coefficienti di drenaggio e di spessore dei diversi strati di pavimentazione sulla base dei grafici delle norme AASHTO 1993 "Guide for Design of Pavement Structure" rispettivamente per gli strati legati e i materiali sciolti. Dati i materiali impiegati piuttosto "convenzionali" si sono individuati tali coefficienti a favore di sicurezza tenendo conto del decadimento delle prestazioni nel tempo ed eventuali difetti nella stesa dei diversi strati.



Coeff. di spessore per Strati legati a bitume



Coeff. di spessore strati granulari

Il calcolo dello Structural Number viene riportato di seguito.

STRATIGRAFIA DELLA STRUTTURA					
<i>i</i>	Strato	<i>a_i</i>	<i>m_i</i>	<i>s_i</i>	<i>a_i*s_i*m_i</i>
1	Usura	0,43	1	4	1,72
2	Binder	0,40	1	7	2,8
3	Base	0,30	1	15	4,5
5	Misto granulare	0,12	1,1	20	2,4
				$SN = \sum_i s_i \cdot a_i$	11,42
				SN/2,54 (pollici)	4,50

2.4.5 Calcolo del traffico in assi standard Equivalenti (N8,2ton)

La formula da utilizzarsi è la seguente:

$$\log N_{8,2} = Z_R \cdot S_0 + 9.36 \cdot \log(SN+1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log M_R - 8.07$$

essendo:

- ΔPSI la differenza tra l'indice di funzionalità della pavimentazione all'inizio (assunto solitamente pari a 4.2 per pavimentazioni flessibili) e al termine della vita utile;
- S_0 la deviazione standard relativa all'aleatorietà delle previsioni di traffico e delle prestazioni della pavimentazione, assunta pari a 0,45 (par. 4.3 AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES);
- Z_R il fattore di affidabilità, dedotto dall'interpolazione dei valori della tabella seguente (Catalogo delle Pavimentazioni CNR) in funzione dell'affidabilità percentuale R;

R[%]	50	60	70	75	80	85	90	92	95	98	99	99.9
Z_R	0.000	-0.253	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282	-1.405	-1.645	-2.054	-2.327	-3.090

Per l'affidabilità richiesta alla categoria in esame si ottiene un valore di $Z_R = -1,282$;

- M_R il modulo resiliente del sottofondo, espresso in psi o in MPa;

In via cautelativa si considera un valore di M_r pari a 12000 psi, relativo ai terreni bonificati.

- SN l'indice strutturale posto pari a 4,50

Risulta, quindi che il numero di passaggi di assi standard sopportabili dalla pavimentazione è:

$$W_{8,2} = \mathbf{15258179,78}$$

2.4.6 Calcolo del traffico in assi standard Equivalenti (N8,2ton)

Noto il numero di veicoli commerciali transitanti sulla corsia più lenta, alla fine della vita utile, per calcolare il numero di assi equivalenti, si è fatto ricorso ai coefficienti di equivalenza e allo spettro di traffico suggerito dal "Catalogo delle pavimentazioni". In realtà è stato considerato un volume di traffico più gravoso rispetto alla categoria di progetto della strada in quanto più congruo a quello riscontrato in sito e comunque a favore di sicurezza.

SPETTRO DI TRAFFICO DEI VEICOLI COMMERCIALI PER TIPO DI STRADA

TIPO DI STRADA	TIPO DI VEICOLO															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. Autostrada extraurbana	12.2	-	24.4	14.6	2.4	12.2	2.4	4.9	2.4	4.9	2.4	4.9	0.10	-	-	12.2
2. Autostrada urbana	18.2	18.2	16.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	18.2	27.3	-
3. Strade extr. principali e secondarie a forte traffico	-	13.1	39.5	10.5	7.9	2.6	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.6	0.5	-	-	10.5
4. Strade extr. secondarie ordinarie	-	-	58.8	29.4	-	5.9	-	2.8	-	-	-	-	0.2	-	-	2.9
5. Strade extr. secondarie turistiche	24.5	-	40.8	16.3	-	4.15	-	2	-	-	-	-	0.05	-	-	12.2
6. Strade urbane di scorrimento	18.2	18.2	16.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6	18.2	27.3	-
7. Strade urbane di quartiere e locali	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-
8. Corsie Preferenziali	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	53	-

Utilizzando il criterio definito dall'AASHTO, il traffico viene convertito in un numero di passaggi di assi standard equivalenti tramite la relazione:

$$N_{8,2} = T_{25} \times CSN$$

dove:

- T₂₅ rappresenta il numero di veicoli commerciali transitante durante la vita utile dell'opera;
- CSN è un coefficiente di equivalenza tra il generico asse reale, caratterizzato da un peso P_i e tipologia T_i e l'asse singolo standard da 8,2 ton ed è definito dalla seguente relazione:

$$C_{SNi} = C_{SN}(P_i, T_i, PSI_f) = 10^{-A}$$

In cui

$$A = \left\{ 4.79 \cdot [\log(18+1) - \log(0.225 \cdot P_i + T_i)] + 4.33 \cdot \log(T_i) + \frac{G}{B_i} - \frac{G}{B^*} \right\}$$

$$G = \log \frac{PSI_i - PSI_f}{2.7}$$

$$B_i = 0.40 + \frac{0.081 \cdot (0.225 \cdot P_i + T_i)^{3.23}}{\left(\frac{SN}{2.54} + 1 \right)^{5.19} \cdot T_i^{3.23}}$$

PSI_i – PSI_f = indice di servizio iniziale e finale (Present Serviceability Index), rappresenta il grado di ammaloramento della sovrastruttura flessibile, in termini di sicurezza e comfort e varia da 0 a 5: PSI_i viene

assunto pari a 4,2 per tenere conto delle inevitabili imperfezioni costruttive, PSIf per la strada in oggetto si assume un valore pari a 2,5.

- B* è il valore che Bi assume per gli assi da 8,2 ton
- SN è l'indice strutturale pari a $\Sigma i = a_i \times s_i \times m_i$.

Per la tipologia di strada e le caratteristiche della sovrastruttura da verificare si sono svolti i calcoli e si riportano di seguito i risultati ottenuti

	Tipo di veicolo	Frequenza veicolo (n)	Pi (KN)	Ti	Bi	G	A	CSNi	n*CSNi
1	Autocarri leggeri								
2	Autocarri leggeri								
3	Autocarri medi e pesanti	0,588	40	1	0,427	-0,201	1,191	0,0644	0,03788
		0,588	80	1	0,612	-0,201	-0,002	1,0042	0,59045
4	Autocarri medi e pesanti	0,294	50	1	0,451	-0,201	0,794	0,1605	0,04719
		0,294	110	1	0,965	-0,201	-0,514	3,2652	0,95998
5	Autocarri pesanti								
6	Autocarri pesanti	0,059	60	1	0,488	-0,201	0,478	0,3330	0,01965
		0,059	200	2	0,821	-0,201	-0,499	3,1538	0,18608
7	Autotreni e autoarticolati								
8	Autotreni e autoarticolati	0,028	60	1	0,488	-0,201	0,478	0,3330	0,00932
		0,028	100	1	0,821	-0,201	-0,360	2,2928	0,06420
		0,028	100	1	0,821	-0,201	-0,360	2,2928	0,06420
		0,028	100	1	0,821	-0,201	-0,360	2,2928	0,06420
9	Autotreni e autoarticolati								
10	Autotreni e autoarticolati								
11	Autotreni e autoarticolati								
12	Autotreni e autoarticolati								
13	mezzi d'opera	0,002	50	1	0,451	-0,201	0,794	0,1605	0,00032
		0,002	120	1	1,141	-0,201	-0,656	4,5304	0,00906
		0,002	390	3	1,351	-0,201	-1,009	10,2097	0,02042
14	autobus								
14	autobus								
16	autobus	0,029	50	1	0,451	-0,201	0,794	0,1605	0,00465
		0,029	80	1	0,612	-0,201	-0,002	1,0042	0,02912
								CSN	2,106717

Dai risultati ottenuti si perviene al valore di **CSN** che è pari a **2,106717**

E quindi: $N_{8,2} = 3485979,52$

2.4.7 Verifica della sovrastruttura

Il metodo empirico si conclude verificando che il numero di passaggi di assi standard ($N_{8,2}$), risulti inferiore al numero massimo di passaggi di assi standard sopportabili dalla pavimentazione ($W_{8,2}$).

Per cui:

$N_{8,2} < W_{8,2}$ ovvero: **3485979,52 < 15258179,78**

che risulta soddisfatta

2.5 Caratteristiche geometriche

2.5.1 Asse Principale

2.5.1.1 Elementi planimetrici

La geometrizzazione della linea d'asse è stata effettuata con riferimento ai criteri del DM 5/11/01, utilizzando una successione di rettili e cerchi, raccordati da curve di transizione (clotoidi) opportunamente dimensionate. Trattandosi di una strada extraurbana secondaria l'intervallo di velocità di progetto risulta essere 60-100 km/h; l'intervento di progetto ha origine in corrispondenza della rotatoria esistente (S.P. Villanova-Mondovì) e ha termine in corrispondenza della nuova rotatoria est (SS 28) sviluppandosi per un'estesa complessiva di circa 2667 m.

Dal punto di vista planimetrico il tracciato è caratterizzato da curve di ampio raggio e gli elementi geometrici utilizzati consentono il pieno rispetto dei criteri di normativa (D.M. 5/11/2001).

Tipo	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	Parametro [m]	Raggio I. [m]	Raggio F. [m]	Verso	pt dx [%]	pt sx [%]	Vel. [km/h]	Verifica
ARCO	0.000	698.744	698.744	0.000	700.000	700.000	Sx	5.182	-5.182	100	
CLOT. FLESSO E	698.744	855.095	156.350	330.825	700.000	0.000	Sx	0.000	0.000	100	
CLOT. FLESSO U	855.095	977.929	122.834	367.583	0.000	1100.000	Dx	0.000	0.000	100	
ARCO	977.929	1547.437	569.508	0.000	1100.000	1100.000	Dx	-3.881	3.881	100	
CLOT. FLESSO E	1547.437	1671.483	124.046	369.392	1100.000	0.000	Dx	0.000	0.000	100	
CLOT. FLESSO U	1671.483	1795.529	124.046	369.392	0.000	1100.000	Sx	0.000	0.000	100	
ARCO	1795.529	2030.132	234.603	0.000	1100.000	1100.000	Sx	3.881	-3.881	100	
CLOTOIDE	2030.132	2225.249	195.117	463.280	1100.000	0.000	Sx	0.000	0.000	100	
RETTIFILO	2225.249	2656.302	431.053	0.000	0.000	0.000		-2.500	-2.500	100	

2.5.1.2 Elementi altimetrici

Il profilo longitudinale dell'asse principale è stato geometrizzato tramite livellette e raccordi parabolici, nel pieno rispetto dei criteri di normativa.

La pendenza massima utilizzata due raccordi altimetrici è pari al 3,49%; il valore del raggio verticale minimo utilizzato è pari 7000 m per il raccordo concavo.

Le caratteristiche complete degli elementi altimetrici utilizzati sono riportate negli specifici elaborati grafici.

Vertici											
N.	Progressiva	Quota	Parziale	Parziale Res.	i (%)	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esito	Verifiche	
0	-0.001	472.540	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		...	
1	45.887	472.312	45.888	15.970	-0.497	-0.228	45.888	15.970		...	
2	968.400	440.130	922.512	733.812	-3.488	-32.182	923.074	734.258		...	
3	2600.917	457.242	1632.517	1467.071	1.048	17.112	1632.607	1467.152		...	
4	2656.069	458.345	55.153	48.490	2.000	1.103	55.164	48.500		...	

Raccordi Verticali													
N.	Tipo	Raggio Vert.	Delta i (%)	Sviluppo	Prog. Iniziale	Prog. Finale	Parziale Rac.	Sorp/Dc	Vp (km/h)	Diag. Vel	Raggio Min.	Esito	Verifiche
1	Parabolico	2000.000	-2.992	59.850	15.970	75.805	59.836	<input type="checkbox"/>	45.161	<input checked="" type="checkbox"/>	262.284		...
2	Parabolico	7000.000	4.537	317.616	809.617	1127.183	317.566	<input type="checkbox"/>	100.000	<input checked="" type="checkbox"/>	4150.663		...
3	Parabolico	1400.000	0.952	13.327	2594.254	2607.580	13.326	<input type="checkbox"/>	42.190	<input checked="" type="checkbox"/>	228.910		...

2.5.1.3 *Analisi di visibilità e velocità*

La verifica di rispondenza alla norma DM 5.11.01 ha considerato anche gli aspetti correlati alle prestazioni dell'infrastruttura. In particolare è stata analizzata la visibilità per l'arresto connessa all'andamento piano altimetrico del tracciato stradale e agli allargamenti progettuali previsti.

In relazione alla verifica della distanza di arresto, le analisi hanno evidenziato che per l'asse principale è necessario introdurre l'allargamento in curva, e nel dettaglio: un allargamento in sinistra con $L_{max}=0.90$ metri per la curva di raggio 700 metri

Nell'elaborato specifico riportante il diagramma di velocità e di visibilità è quindi riportata la verifica sulla base di un modello tridimensionale creato a valle della realizzazione di tale ampliamento di piattaforma; dal suo esame si evince che la distanza di visibilità per l'arresto è sempre garantita e la distanza di visibilità per il sorpasso è garantita su una percentuale superiore al 20% del tracciato, nel pieno rispetto dei dettami di normativa.

2.5.1.4 *Verifiche di rispondenza al D.M. 19/04/2006 delle intersezioni a rotatoria*

La rotatoria è stata progettata nel rispetto dei criteri previsti dal DM 19.04.2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali.

La rotatoria dell'asse principale ha raggio esterno pari a 49,00 m è classificata, secondo lo schema indicato dalla normativa, come Rotatorie tradizionale.

Essa presenta una larghezza dell'anello giratorio pari a 9,00 m composto da un'unica corsia di larghezza pari a 6,00 m, dotata di banchine laterali interna ed esterna di larghezza pari a 1,50 m.

ROTATORIA A					
	Notazione	Intervallo di validità	Asse A	Asse B	Asse princ.
Raggio d'entrata	Re	10÷25	15	15	15
Largh. corsia entrante	Le*	3.5 (1 c.) 6 (2 c.)	3,5	3,5	3,5
Raggio uscita	Ru	15÷30	20	20	20
Largh corsia uscita	lu	4,5 (1 c.)	4,5	4,5	4,5
Pendenza trasversale	Pt	2.5% rivolta verso l'esterno			

2.5.2 Asse Secondario

2.5.2.1 *Elementi planimetrici*

La geometrizzazione della linea d'asse è stata effettuata con riferimento ai criteri del DM 5/11/01, utilizzando una successione di rettifili e cerchi, raccordati da curve di transizione (clotoidi) opportunamente dimensionate.

Il tratto stradale in oggetto adotta le caratteristiche di una strada extraurbana di tipo C2 in continuità alla SS28. Dal punto di vista planimetrico il tracciato è caratterizzato da curve di ridotto raggio e gli elementi geometrici utilizzati non consentono il pieno rispetto dei criteri di normativa (D.M. 5/11/2001).

Tipo	Prog.I. [m]	Prog.F. [m]	Svil. [m]	Parametro [m]	Raggio I. [m]	Raggio F. [m]	Verso	pt dx [%]	pt sx [%]	Vel. [km/h]	Verifica
ARCO	0.000	17.204	17.204	0.000	120.000	120.000	Dx	-7.000	7.000	60	
CLOT. FLESSO E	17.204	38.181	20.978	50.173	120.000	0.000	Dx	0.000	0.000	40	
CLOT. FLESSO U	38.181	80.136	41.955	50.173	0.000	60.000	Sx	0.000	0.000	40	
ARCO	80.136	106.567	26.430	0.000	60.000	60.000	Sx	7.000	-7.000	45	

2.5.2.2 Elementi altimetrici

Il profilo longitudinale dell'asse principale è stato geometrizzato tramite una livelletta di pendenza pari al 6.7%.

N.	Progressiva	Quota	Parziale	Parziale Res.	i (%)	Dislivello	Lunghezza	Lunghezza R.	Esito	Verifiche
0	-13.7765	421.9384	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
1	0.0005	422.2829	13.7770	7.3731	2.5000	0.3444	13.7813	7.3754		
2	102.5678	429.2259	102.5673	91.8942	6.7693	6.9430	102.8021	92.1045		
3	107.8239	429.3573	5.2560	0.9868	2.5000	0.1314	5.2577	0.9871		

2.5.2.3 Verifiche di rispondenza al D.M. 19/04/2006 delle intersezioni a rotatoria

Le rotatorie sono state progettate nel rispetto dei criteri previsti dal DM 19.04.2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali".

Le rotatorie dell'asse secondario hanno raggio esterno pari a 36,50 m (rotatoria B) e raggio esterno pari a 29,50 m (rotatoria C) e sono classificate, secondo lo schema indicato dalla normativa, come rotatorie compatte.

Esse presenta una larghezza dell'anello giratorio pari a 9,50 m composto da un'unica corsia di larghezza pari a 7,00 m, dotata di banchine laterali interna ed esterna di larghezza pari a 1,25 m.

ROTATORIA B					
	Notazione	Intervallo di validità	Asse B1	Asse B2	Asse sec.
Raggio d'entrata	Re	10÷25	15	15	15
Largh. corsia entrante	Le*	3.5 (1 c.) 6 (2 c.)	3,5	3,5	3,5
Raggio uscita	Ru	15÷30	20	20	15
Largh corsia uscita	lu	4,5 (1 c.)	4	4	4
Pendenza trasversale	Pt	2.5% rivolta verso l'interno			

ROTATORIA C					
	Notazione	Intervallo di validità	Asse C1	Asse C2	Asse sec.
Raggio d'entrata	Re	10÷25	15	15	15

Largh. corsia entrante	Le*	3.5 (1 c.) 6 (2 c.)	3,5	3,5	3,5
Raggio uscita	Ru	15÷30	20	20	20
Largh corsia uscita	lu	4,5 (1 c.)	4	4	4
Pendenza trasversale	Pt	2.5% rivolta verso l'interno			

Nella progettazione della rotatoria C si è dunque tenuto conto dei vincoli plano-altimetrici posti dalla conformazione della attuale sede della SS 275, cercando ove possibile di adeguare la geometria del tracciato al dettato normativo.

2.6 Dispositivi di ritenuta

La tipologia di dispositivo da adottare è stata individuata secondo quanto previsto dal DM 18 feb 1992, n.223 e s.m.i.

In particolare, si è fatto riferimento all'ultimo aggiornamento del 21 giu 2004 e partendo dai criteri di scelta dei dispositivi in esso contenuti, si sono individuate le zone da proteggere e le tipologie da adottare. Si è altresì tenuto conto delle norme EN 1317 recepite dallo stesso DM 21 giu 2004, per definire le caratteristiche prestazionali delle barriere.

Il TGM nei due sensi è maggiore di 1000 e la percentuale di veicoli pesanti è pari al 3%. Il tipo di traffico è pertanto, ai sensi dell'art.6 del citato DM "tipo I".

Tabella A – Barriere longitudinali

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte ⁽¹⁾
Autostrade (A) e strade extraurbane principali(B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4 ⁽²⁾	H2-H3 ⁽²⁾	H3-H4 ⁽²⁾
Strade extraurbane	I	H1	N2	H2
secondarie(C) e Strade urbane di scorrimento (D)	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3
Strade urbane di quartiere (E) e strade locali(F).	I	N2	N1	H2
	II	H1	N2	H2
	III	H1	H1	H2

In ogni caso si sono utilizzate le seguenti barriere in funzione della destinazione:

- Bordo laterale: Livello di contenimento H2 – Livello di larghezza Utile \leq W5 (in acciaio)
- Bordo Ponte: Livello di contenimento H2– Livello di larghezza Utile \leq W5 (in acciaio);

Nei punti di inizio e fine barriera è stato previsto l'utilizzo di idonei dispositivi terminali semplici; nel passaggio tra barriere bordo ponte e bordo rilevato è stato previsto di garantirne la continuità strutturale tramite il collegamento almeno della lama, del corrente posteriore ed inferiore.

All'interno della galleria naturale ed artificiale sono stati previsti profili redirettivi.

Viabilità locale:

Le deviazioni della viabilità locale sono interventi di modesta estensione in cui si è mantenuto il calibro della sezione corrente ed in cui la velocità consentita è sempre al di sotto dei 40 km/h. Per tali motivi, anche in base all'art. 2 del DM 18/2/92, non è stata riscontrata la necessità di installazione di barriere di sicurezza stante la non ricorrenza situazioni di oggettiva pericolosità.

Per l'individuazione della corretta posizione, della lunghezza e degli eventuali accessori (terminali, zone di transizione, ecc.) dei dispositivi di sicurezza stradali impiegati si vedano tavole allegate.

3 GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E GEOTECNICA

A grande scala l'area in studio si colloca nel settore meridionale del Bacino Terziario Piemontese (BTP), un vasto ambiente posto nella zona di transizione fra le Alpi Occidentali e l'Appennino settentrionale la cui evoluzione si condensa fra l'Oligocene ed il Pliocene attraverso una potente successione terziaria marina cui fa seguito, nel Quaternario, un'emersione con conseguente deposizione in ambiente continentale. Il BTP di fatto documenta l'instaurarsi di una depressione, che costituisce la parte terminale del Golfo Padano, bordata dai rilievi emersi della catena alpina dove si instaura una deposizione per correnti di torbidità in facies di flysch e molassa, tipicamente rappresentate dall'associazione di arenarie variamente cementate, conglomerati, peliti e marne, per spessori complessivi superiori a 4.000 m.

Ad una scala di maggiore dettaglio il sedime di progetto ricade nel Foglio 80 Cuneo della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 il quale, pubblicato nell'ormai lontano 1935, adotta potenti unità cronostratigrafiche secondo un modello geostratigrafico concettuale ormai superato. Infatti successive revisioni della Carta Geologica d'Italia (che non hanno purtroppo riguardato il foglio 80 Cuneo ma hanno coinvolto i fogli adiacenti comunque ricadenti nel BTP) istituiscono nuove unità Formazionali pressoché clastiche, costituenti fasce allungate in direzione NE-SW, la cui distinzione e datazione è stata resa possibile in base al contenuto micropaleontologico. Nel corso degli anni l'approfondimento degli studi geologici porta ad un ulteriore integrazione e approfondimento del modello geologico concettuale generale che ben si palesa nei nuovi Fogli della Carta Geologica in scala 1:50.000, che però in Piemonte copre solamente il 20% del territorio senza includere il monregalese. Ulteriori informazioni sono state tratte dalla consultazione della carta geologica del PRG di Mondovì e dalla carta Geologica del Piemonte in scala 1:250.000, redatta in collaborazione fra CNR, ARPA, Dipartimento di Scienze della Terra (DST) e Politecnico di Torino, pubblicata nel 2017 e visualizzabile su WebGIS, ravvisando spesso incongruenze fra le diverse fonti.

La successione stratigrafica di questo settore del BTP inizia nel Miocene inferiore (Aquitano - Burdigaliano) e medio (Elveziano) con la deposizione di potenti unità marnose, arenacee e sabbiose cui seguono, nel Miocene superiore (Tortoniano e Messiniano) marne grigie più o meno argillose o sabbiose di un mare che tende progressivamente a ritirarsi per la chiusura dello stretto di Gibilterra. Durante questo ampio arco temporale si registra una deposizione in condizioni di mare tranquillo dove termini ora marnosi o marnoso sabbiosi ora arenacei si alternano con caratteri sostanzialmente analoghi, risultando fra loro difficilmente distinguibili se non su base micropaleontologica. Nel Pliocene una nuova trasgressione marina porta ad una diffusa sommersione del Piemonte con la deposizione di Argille Grigie Azzurre relativamente omogenee prive di stratificazione che testimoniano un mare relativamente profondo. Il livello marino torna quindi a diminuire portando alla deposizione di sabbie giallastre astiane. Il Pliocene segna la chiusura del

Terziario e l'inizio del Quaternario, e con quest'ultimo periodo si registra la definitiva scomparsa del mare piemontese che lascia il posto ad una definitiva emersione rappresentata da un complesso Villafranchiano prevalentemente granulare, espressione di sistemi deposizionali continentali, deltizi e costieri, dove il lento sollevamento dovuto alle spinte verso nord del continente africano disegna gli attuali sistemi collinari. L'ultimo contributo alla deposizione ed alla modellazione del territorio è fornito dall'alternarsi delle fasi glaciali e interglaciali che, con il loro importante trasporto delle acque e del vento rimodellano il territorio e permettono la deposizione di coltri alluvionali e fluvioglaciali prevalentemente granulari.

In tale contesto l'approccio allo studio di questa porzione di territorio ha incontrato non poche difficoltà per la mancanza di una cartografia geologica di riferimento recente e univoca e per la presenza di un modello stratigrafico in facies di flysch e molassa dove si alternano depositi ora prevalentemente arenacei ora prevalentemente marnosi fra loro spesso molto simili, e nei quali la distinzione fra una e l'altra unità stratigrafica richiederebbe un sistematico approccio multidisciplinare su base cronostatigrafica e micropaleontologica che esula dagli scopi del presente lavoro. In campagna la presenza di depositi di copertura e l'alterabilità dei terreni, resa evidente anche dalle basse pendenze naturali dei versanti, comporta una sostanziale e generalizzata assenza di affioramenti, fatto questo che rende difficile la comprensione del modello geologico e giustifica le incongruenze rilevate fra le diverse fonti bibliografiche consultate. Le indagini geognostiche eseguite, specialmente quelle dirette (sondaggi) costituiscono quindi il cardine per il riconoscimento stratigrafico fornendo informazioni spesso mancanti nei precedenti studi accademici. Quanto sopra premesso le unità stratigrafiche previste nell'area in studio sono le seguenti, elencate dall'alto verso il basso:

- Alluvioni attuali e recenti degli alvei ghiaioso sabbioso limose con ciottoli e grossi blocchi arrotondati di natura prevalentemente quarzatica o quarzoarenitica (Quaternario);
- Alluvioni terrazzate sabbioso limoso a tratti ghiaiose (Quaternario);
- Alluvioni antiche ghiaiose in matrice limoso sabbiosa (Quaternario);
- Marne grigio azzurre consistenti (Pliocene);
- Formazione di Cassano Spinola. Alternanza di sabbie limose, limi sabbiosi e sabbie ghiaiose con locali blocchi lapidei quarzoarenitici (Miocene superiore – Messiniano);
- Formazione delle Marne di S Agata Fossili. Marne sabbiose più o meno argillose da molto consistenti a debolmente lapidee di colore grigio sulle superfici fresche, talvolta fossilifere (molluschi), di ambiente marino con subordinate intercalazioni arenacee, calcaree o conglomeratiche più frequenti nella porzione inferiore dell'unità (Miocene superiore);
- Formazione di Lequio. Arenarie variamente cementate di colore grigio in profondità, e bruno giallastro nei rarissimi affioramenti, con intercalazioni di marne, marne calcaree, calcari, conglomerati, sabbie e quarziti (Miocene medio e superiore).

Fermo restando la validità del modello stratigrafico e geotecnico, dedotto da specifiche e puntuali indagini in sito e di laboratorio, le unità marnoso arenacee che costituiscono il substrato sono state attribuite in questo lavoro alle arenarie di Lequio ed alle marne di S. Agata Fossili per coerenza con quota parte della documentazione bibliografica consultata (fra cui il PRG). Questo senza però escludere che le medesime unità possano invece essere attribuite rispettivamente alle più antiche Arenarie di Serravalle ed alle marne della Formazione di Murazzano o ancora, come riportato in alcuni recenti lavori, ad eteropie laterali fra le marne di S. Agata e l'unità arenacea di La Morra.

Le fotografie seguenti permettono di apprezzare le caratteristiche dell'unità marnosa ed arenacea come risultano dalle indagini eseguite.



Figura 15 Marne di S Agata Fossili nel sondaggio S10 fra 10-15 m da p.c.



Figura 16 Arenarie della F.ne di Lequio nel sondaggio S8 fra 100-105 m da p.c.

Dal punto di vista geomorfologico il tracciato ha uno sviluppo circa Est Ovest e si caratterizza per la presenza della dorsale di San Lorenzo, avente forma allungata circa nord sud, che divide la piana alluvionale del Fiume Ellero ad ovest da quella del torrente Ermena ad Est. La piana dell'Ellero si contraddistingue per

la presenza di terrazzi aventi andamento parallelo al corso d'acqua (nord sud) che raccordano l'antica piana alluvionale a quota più elevata con l'alveo inciso attuale. Sul lato opposto il fine intervento si colloca in prossimità del punto di raccordo, per la verità poco evidente e sfumato, fra l'estrema piana dell'Ellero e il piede della collina.

Lungo la collina di San Lorenzo la documentazione bibliografica consultata (PRG comunale, PAI, catalogo IFFI, schede SiFrap ecc) ed i rilievi di campo condotti in fase progettuale hanno evidenziato diffuse condizioni di pericolosità geomorfologica imputabili ad una serie di cause che possono essere così brevemente riepilogate:

- versante occidentale: copertura di materiali sabbioso limosi variamente argillosi (Formazione di Cassano Spinola) poggianti su un substrato marnoso (Marne di S Agata) avente giacitura a franapoggio;
- versante occidentale: presenza di un'ampia perimetrazione di frana quiescente (paleofrana?) i cui limiti ripercorrono in parte quelli dell'unità di Cassano Spinola al cui interno si riconoscono più modeste perimetrazioni di frane, alcune delle quali potenzialmente attive;
- versante orientale: presenza di una diffusa coltre superficiale di alterazione marnoso argillosa;
- rete di drenaggio naturale assai poco evoluta e scarsamente organizzata gerarchicamente che limita il deflusso naturale favorendo la penetrazione delle acque nel sottosuolo;
- versanti a modesta pendenza con evidenti contropendenze e ristagni idrici;
- condizioni di falda spesso prossima piano campagna favorita dal limite di permeabilità rappresentato dalle marne di S Agata.

Lungo il versante orientale della collina la pericolosità geomorfologica è diffusa seppur meno accentuata con perimetrazioni di frana generalmente per colata esterne al tracciato di progetto o comunque superficiali rispetto all'asse stradale, sviluppato in galleria naturale. I depositi alluvionali sabbioso limosi poggianti sul substrato marnoso, o le coltri di alterazione superficiale dello stesso substrato marnoso, sono comunque interessati da fenomeni deformativi riconoscibili sul terreno. Tale instabilità potenziale interessa anche le coltri che gravano in zona d'imbocco dove è stato documentato un recente dissesto, per quanto assai superficiale e poco esteso.

Sul versante occidentale, occupato dai depositi sabbioso limoso argillosi della Formazione di Cassano Spinola in appoggio sul substrato marnoso è presente un'ampia perimetrazione di frana quiescente all'interno della quale sono censite alcune e più piccole frane, quiescenti o potenzialmente attive (anche in funzione della fonte bibliografica consultata) generalmente per scivolamento o traslazione. Due di queste ricadono in prossimità dell'imbocco ovest della galleria. La frana più settentrionale non dispone di pregressi monitoraggi e dai rilievi di campo viene interpretata come quiescente o stabilizzata nelle porzioni

intermedie e sommitali mentre nella porzione inferiore, a valle di Via Vecchia di Frabosa, sono osservabili fenomeni deformativi superficiali tipo creep o colata a carico di ciò che rimane del relativo accumulo. Per la frana meridionale un monitoraggio inclinometrico effettuato da ARPA ha evidenziato possibili fenomeni deformativi stagionali, di modesta entità e concentrati entro i primi 4 m di profondità, quantomeno nei settori intermedi e superiori, confermati dagli spostamenti registrati su una rete di caposaldi topografici e lesioni su fabbricati esistenti. Nella porzione inferiore non vi sono evidenze di fenomeni attivi significativi anche se le condizioni di stabilità, a livello dei terreni superficiali, possono essere ricondotte ad una condizione prossima all'equilibrio limite.

Il riconoscimento di condizioni di elevata pericolosità geomorfologica con perimetrazioni di frana gravanti in particolar modo sull'imbocco ovest della galleria S Lorenzo ha portato il progetto definitivo ad una variante planoaltimetrica che, fra le altre cose, sposta il tracciato di preliminare verso nord evitando le perimetrazioni di frane riportate in bibliografia e riconosciute sul terreno. Tale soluzione permette inoltre di imboccare la galleria con minori spessori delle coperture (10 m nel definitivo contro i 20 m di preliminare). Nel contempo la richiesta del Comune di Mondovì di un nuovo ponte sul Rione Borgato ha reso possibile l'eliminazione dello svincolo interposto fra viadotto Ellero e galleria S. Lorenzo, che per buona parte gravava su aree potenzialmente instabili appesantendole con opere in rilevato e viadotto.

Una frana potenzialmente attiva è cartografata anche in sponda destra del torrente Ermena all'altezza del Ponte sul Rione Borgato. Tale perimetrazione, evidenziata anche da recente documentazione bibliografica (sistema informativo frane della Regione Piemonte) è delimitata al piede da un muro tirantato realizzato a seguito dell'allargamento verso monte della S.S.28. Il ponte non interessa direttamente il perimetro di frana che viene però parzialmente intercettato dalla rotonda di innesto fra le nuove opere e la SS28.

Dal punto di vista idrogeologico i piezometri installati nelle diverse fasi progettuali (progetto preliminare e definitivo) hanno spesso riscontrato condizioni di falda a modesta profondità. In particolare, nel tratto di inizio intervento, in sinistra idrografica dell'Ellero, la falda si attesta nei depositi alluvionali fra 4-5 m dal piano di campagna. Essa affiora lungo l'alveo dell'Ellero, che costituisce un asse naturale di drenaggio, e appare subaffiorante e affiorante anche in sponda destra, nella zona d'imbocco della galleria, laddove, specialmente in primavera e a seguito degli eventi meteorici più intensi, affiora spontaneamente sui piezometri installati. Anche lungo la galleria S Lorenzo la falda è stata riscontrata nei piezometri rimanendo 20-40 m al di sopra della calotta. Infine all'imbocco est della galleria San Lorenzo la falda si attesta nelle coperture sabbioso limose a circa 4 m da p.c.

Lungo il ponte sul Rione Borgato la falda è stata riscontrata a circa 3-4 m dal piano di campagna ed è rapidamente drenata dall'incisione del corso d'acqua. In sponda destra è censita una perimetrazione di frana, la presenza di una sorgente e di alcune trincee drenanti (dedotte da riferimenti bibliografici),

unitamente all'instabilità del pendio; tutti questi fattori suggeriscono condizioni di falda a modesta profondità anche nel tratto a monte della S.S.28.

La permeabilità dei depositi alluvionali antichi e terrazzati e dell'unità di Cassano Spinola è da media a medio bassa per la presenza di una diffusa frazione limosa; è invece elevata nelle più grossolane alluvioni recenti ed attuali in zona d'alveo. Nelle marne intercettate in galleria prove Lugeon eseguite in foro di sondaggio hanno restituito una permeabilità bassa, che diventa da bassa a medio bassa nelle sottostanti arenarie, probabilmente limitata dalla frazione fine che intasa le fessure.

Per quanto attiene l'interazione funzionale e geometrica tra le opere e i terreni procedendo nel senso delle progressive crescenti da inizio intervento fino all'Ellero, il tracciato si sviluppa in rilevato, trincea e galleria artificiale interferendo le alluvioni antiche ghiaioso sabbioso in matrice limoso sabbiosa, in appoggio sul Cassano Spinola o sulle Argille Grigie, quest'ultime non interessate dagli scavi.

Il fiume Ellero viene scavalcato da un viadotto lungo 240 m il cui terreno di sedime è dato da alluvioni attuali e recenti grossolane, con anche grandi blocchi, poggianti sul Cassano Spinola, sulle Argille Grigie e sulle Marne di S. Agata. Le relative fondazioni sono state previste su pali di diametro pari a 880 mm da eseguirsi con una attrezzatura che sia in grado di risolvere l'eventuale, per quanto localizzata e subordinata, intercettazione di orizzonti di natura lapidea (anche quarzoarenitica).

In sponda destra un brevissimo tratto all'aperto immette nella galleria naturale; qui è presente uno spessore da metrico a decametrico di sabbie limose del Cassano Spinola in appoggio sulle marne di S. Agata. In quest'area condizioni di potenziale pericolosità geomorfologica hanno portato alla previsione di un imbocco costituito da una paratia di pali di grande diametro durante la cui esecuzione, analogamente all'attraversamento dell'Ellero, potranno essere intercettati elementi lapidei, specie nei livelli superficiali. In attesa dei riscontri inclinometrici, in un approccio prudenziale, il progetto ha considerato potenzialmente instabile l'intero spessore della coltre limoso sabbiosa poggiante sul sottostante substrato marnoso. Per la gestione della falda lungo la paratia sono stati previsti drenaggi disposti a più livelli, mentre alcune trincee drenanti sono previste sul pendio a monte delle opere, esternamente alle aree di stretta pertinenza progettuale, laddove i rilievi di campo hanno individuato locali fenomeni di colata o creep.

La galleria naturale S Lorenzo si sviluppa ai due estremi nelle marne di S Agata e nella porzione intermedia nelle sottostanti arenarie di Lequio, intercettate dai sondaggi più profondi. Lungo la galleria i sondaggi hanno individuato possibili livelli di breccie mentre una tomografia elettrica ha messo in luce evidenti contrasti laterali di resistività, elementi questi compatibili con possibili faglie e/o eteropie laterali di facies e/o variazioni del grado di saturazione dell'ammasso. Le marne sono materiali poco permeabili per porosità il cui scavo produrrà condizioni di umidità o stillicidio variamente intenso. Nelle arenarie, permeabili per

porosità e fratturazione, sono attese condizioni di stillicidio più intenso e diffuso con possibili venute concentrate laddove il materiale è maggiormente fratturato o sciolto. All'imbocco est una coltre limoso sabbiosa poggia sulle marne di S Agata localizzate a profondità nell'ordine di alcuni metri da p.c. La presenza di un dissesto, seppur localizzato e di modeste dimensioni, ha portato a prevedere una paratia di pali di grande diametro sostanzialmente analoga a quella prevista sul versante opposto.

In corrispondenza del ponte sul Rione Borgato i sondaggi hanno individuato il substrato attribuito alle marne di S. Agata già a modesta profondità da piano campagna. Su di esso poggiano alluvioni terrazzate sabbioso limose con ciottoli. Per il ponte sono previste fondazioni su pali di grande diametro che nell'attraversamento delle marne potranno intercettare locali e subordinate intercalazioni lapidee, secondo la medesima tecnologia già prevista sull'asse principale.

Per l'interconnessione del viadotto con la SS28 è prevista la realizzazione di una rotatoria il cui posizionamento richiede uno scavo al piede del pendio che interferisce con il limite estremo occidentale di una perimetrazione di frana. Stante la scelta di evitare sbancamenti non sostenuti tale scavo sarà gestito tramite una paratia di pali di grande diametro con drenaggi frontali volti ad intercettare ed abbassare i livelli di falda che si palesano attraverso la presenza di una piccola sorgente e trincee drenanti a monte.

4 GEOGNOSTICA E GEOTECNICA

Il progetto definitivo è stato redatto con il supporto di una nutrita documentazione geognostica in parte pregressa o reperita e in parte specificamente eseguita in sede di progettazione definitiva. Sono disponibili in particolare:

- n° 6 sondaggi profondi 15 m eseguiti da Arpa per l'installazione di una strumentazione di monitoraggio (inclinometri e piezometri) lungo il versante occidentale della dorsale di S Lorenzo, a sud dell'imbocco della galleria;
- esiti del monitoraggio inclinometrico, piezometrico e topografico eseguito da Arpa lungo la collina di S Lorenzo a partire dal 1992 sino al 2019;
- n° 12 sondaggi profondi 15-30 m eseguiti da Snam nell'ambito della posa di nuove condotte del metanodotto lungo il versante orientale, a sud dell'imbocco della galleria;
- n° 1 stratigrafia di pozzo per acqua profondo 270 m ubicato a nord dell'imbocco orientale della galleria;
- n° 4 sondaggi profondi 25 m attrezzati con piezometro eseguiti in sede di progettazione preliminare, con sistematiche prove SPT in avanzamento, oltre ad 1 tomografia elettrica lunga 2.172 m che partendo dalla sponda sinistra dell'Ellero attraversa la collina di S Lorenzo;
- n° 14 sondaggi eseguiti in sede di progettazione definitiva di profondità compresa fra 20-120 m con prove in sito e di laboratorio su campione. Di questi n° 4 sono strumentati con inclinometro, n° 8 con piezometro e n° 2 con tubazione per prova down hole. I sondaggi sono integrati da n° 4 pozzetti esplorativi, n° 6 traverse sismiche a rifrazione e n° 2 Masw.

Mancando precedenti prove di laboratorio (in sede di progetto preliminare non erano stati prelevati campioni) la caratterizzazione dei terreni è stata desunta dalle indagini e prove specificamente eseguite in sede di progettazione definitiva, mentre il modello stratigrafico è stato ricavato dall'intero quadro informativo disponibile. In tale ambito i sondaggi costituiscono il riferimento principale mentre le indagini geofisiche (sismiche e geoelettriche) integrano le informazioni puntuali.

Tutti i sondaggi eseguiti in sede di progettazione definitiva sono strumentati. Le prove down hole sono localizzate in corrispondenza dei viadotti Ellero ed Ermena, gli inclinometri sono posizionati al piede della collina di S Lorenzo nell'intorno dell'imbocco ovest della galleria mentre i piezometri sono distribuiti lungo il tracciato.

Le traverse sismiche si concentrano all'imbocco ovest della galleria dove hanno integrato le informazioni fornite dai sondaggi e contribuito alla definizione del tracciato.

I pozzetti hanno permesso il riconoscimento dei terreni superficiali e l'esecuzione di prove di carico con piastra da cui risultano valori di modulo intorno a 5 Ma al primo ciclo di carico e 20 MPa al secondo ciclo, riconducibili a terreni poco addensati discretamente costipabili. I valori di CBR su campioni prelevati dagli stessi pozzetti sono mediamente bassi (nel campo 6-10).

Nel corso dei sondaggi si è determinato sui terreni del substrato (marne e arenarie) il valore del parametro RQD (Rock Quality Designation) per una prima valutazione del grado di fratturazione ed alterazione dei terreni. Le prove in sito sono rappresentate da n 18 prove SPT mentre lungo i tratti in galleria sono state condotte:

- n 2 prove pressiometriche,
- n 8 prove dilatometriche
- n 7 prove di permeabilità tipo Lugeon nelle marne e nelle arenarie.

Nel corso dei sondaggi si sono prelevati:

- n 9 campioni indisturbati,
- n 59 campioni rimaneggiati
- n 49 campioni litoidi

buona parte dei quali stati sottoposti a prove di laboratorio fra cui peso di volume, contenuto naturale d'acqua, granulometria, limiti di Atterberg, contenuto di sostanza organica, compressione semplice, trazione, point load, taglio diretto, triassiale CD, UU, CU. La tabella seguente riepiloga i sondaggi eseguiti in sede di definitivo con relative profondità e condizionamenti, le prove in sito ed i campioni prelevati.

INDAGINI DI PROGETTO DEFINITIVO 2019													
Sondaggio	Profondità (m)	Ubicazione	PZ	DH	I	Livello di falda (m da p.c.)	SPT	CI	CR	CL	PERM	PRESS	DIL
S2_Pz	30	Tratto all'aperto				5,75	4	2	4				
S3_DH	35	Viadotto lato W				nd	1	1	11				
S4_I	30	Viadotto lato E				25	-	-	2	8			
S5_Pz	20	Imbocco W di PD				4,02	5	1	4	3			
S5bis_I	30	Imbocco W asse sud				nd	1	1	4	1			
S5ter_Pz	30	Imbocco W asse nord				2,68	-	-	3	2			
S6_I	30	Imbocco W asse nord				+1,22	-	-	4	4			
S7_Pz	60	Galleria naturale				24,00	-	-	9	5	2		2
S8_Pz	120	Galleria naturale				71,3	-	-	2	13	2		2
S9_Pz	70	Galleria naturale				21,22	-	-	4	7	3		2
S10_Pz	20	Imbocco est				4,4	1	2	2	1		2	2
S11_Pz	20	Ponte spalla E				3,58	-	-	1	4			
S12_DH	35	Ponte spalla W				nd	4	1	5	-			
S13_I	30	Imbocco W asse sud				1,2	2	1	4	1			
TOTALE							18	9	59	49	7	2	8

Figura 17 Riepilogo sondaggi di definitivo con prove in sito e prelievo di campioni (PZ = sondaggio con piezometro. DH = sondaggio con prova down hole. I = sondaggio con inclinometro. CI = Campione indisturbato. CR = Campione rimaneggiato. CL = Campione litoide. Perm = Prova Lugeon. Pres = prova pressiometrica. Dil = Prova dilatometrica)

Il monitoraggio sui piezometri è stato condotto durante tutto il corso delle indagini ed ha fornito un quadro informativo di riferimento già in questa fase. La misura di zero sugli inclinometri è stata eseguita nel gennaio 2020 al termine della campagna d'indagine, ed al momento non è ancora disponibile un periodo di osservazione ritenuto significativo. Il monitoraggio dei piezometri e inclinometri proseguirà con cadenza trimestrale per almeno un anno ed i relativi esiti saranno acquisiti quando disponibili per confluire in ogni caso nella successiva fase progettuale. Si protrarrà inoltre, insieme successivamente, nella fase ante operam, in corso d'opera e post operam al fine di verificare l'effettiva interazione opere terreni.

Le indagini di progetto definitivo hanno fornito un inquadramento geostatigrafico e geotecnico adeguato al livello progettuale e per molti versi innovativo rispetto al progetto preliminare il quale, ad esempio, non individuava le arenarie soggiacenti le marne lungo lo sviluppo della galleria e non forniva una precisa attribuzione ai depositi limoso sabbiosi posti al di sopra delle stesse marne.

La caratterizzazione dei terreni di copertura è stata dedotta dai risultati delle prove di laboratorio e integrata, per le aree di potenziale instabilità, mediante back analysis imponendo coefficiente di sicurezza al pendio prossimo all'unità.

La caratterizzazione dei terreni di substrato appartenenti alle marne di S Agata e Formazione di Lequio si è sviluppata attraverso un approccio più elaborato partito dall'osservazione delle attività di campo e dai risultati della campagna geognostica, che hanno messo in luce materiali attribuibili alla categoria delle rocce tenere, ovvero aventi caratteristiche intermedie fra terre e rocce ed il cui comportamento è influenzato dallo stato tensionale. E' quindi proseguito tramite l'analisi delle prove di laboratorio, le quali hanno talvolta evidenziato parametri di resistenza modesti (se confrontati con la natura dei terreni e con i risultati delle prove in sito) senza apprezzabili differenze fra campioni rimaneggiati e indisturbati. Si è quindi sviluppato attraverso il criterio di Hoek & Brown applicato a rocce tenere. Per l'attribuzione del parametro GSI (Geological Strength Index) si è utilizzata sia la correlazione con l'RMR di Bieniawsky sia alcuni grafici specificamente consigliati da Hoek per terreni molassici, con buona congruenza fra i dati. I valori di resistenza a compressione semplice attribuiti ai materiali sono quelli medi desunti dalle prove di laboratorio e nell'ordine di 4 MPa per le marne e 5,5 MPa per le arenarie, valori tipici di rocce tenere. Gli RQD sono quelli dedotti dalle colonne stratigrafiche, talvolta rideterminati dai progettisti a seguito di un confronto con le cassette di sondaggio. I parametri geotecnici proposti sono quelli che meglio mostrano congruenza fra i risultati delle prove in sito e i diversi approcci adottati, e sono distinti in funzione del grado di fratturazione, della copertura e della tipologia di opera.

I sondaggi ed i pozzetti hanno evidenziato uno spessore di terreno vegetale mediamente intorno al metro, in linea con la vocazione prettamente agricola di tutte le aree attraversate.

Gli scavi in corrispondenza delle trincee e della galleria artificiale interessano materiali sciolti e come tali potranno essere effettuati con l'ausilio di un escavatore. In corrispondenza dell'alveo dell'Ellero e dell'Ermena, e più limitatamente nell'unità di Cassano Spinola, possono essere presenti blocchi quarzoarenitici di dimensioni variabili da decimetriche fino ad oltre il metro particolarmente tenaci (resistenza a compressione > 150-200 MPa) di cui si è tenuto conto nella scelta delle attrezzature per l'esecuzione dei pali di fondazione.

In rilevato la modesta profondità della falda ha consigliato l'adozione di un materasso anticapillare sul piano di posa, mentre nei tratti in trincea all'anticapillare si affiancano drenaggi prefabbricati perimetrali.

La galleria naturale interessa in zona d'imbocco depositi alluvionali terrazzati e Cassano Spinola, mentre in profondità si sviluppa nelle marne di S. Agata e nelle arenarie di Lequio. Gli scavi potranno essere eseguiti mediante escavatore nei materiali sciolti e con martello demolitore nei contesti più lapidei.

Per quanto attiene le possibilità di riutilizzo, gli scavi delle alluvioni antiche in sinistra idrografica dell'Ellero, e delle alluvioni attuali e recenti in zona di alveo, sono rappresentati da materiali prevalentemente granulari di buona qualità e come tali reimpiegabili nell'ambito dei lavori. Il Cassano Spinola è un deposito molto eterogeneo nel quale si alternano terreni qualitativamente buoni e come tali recuperabili ed altri

francamente più scadenti. Pur ammettendo una possibilità di parziale riutilizzo per la difficoltà di gestione in questa fase è stato considerato interamente non reimpiegabile. Stesso dicasi per le alluvioni terrazzate dell'Ermenea dove si riscontra una componente limosa spesso importante. I volumi provenienti dagli scavi entro i depositi marnosi non sono in alcun modo reimpiegabili e saranno allontanati dai lavori. Le arenarie intercettate nella parte centrale della galleria dalle analisi granulometriche eseguite su campioni rimaneggiati sembrano materiali mediocri. L'ispezione delle cassette con relativa documentazione fotografica mostra invece un terreno arenaceo a consistenza lapidea o pseudolapidea per il quale si stima una possibilità di reimpiego per almeno il 30-40% del volume.

Per i ritombamenti sulle opere, preso atto che gli stessi insistono sulle carreggiate stradali, si prevede l'impiego di materiale arido steso e compattato in analogia a materiale da rilevato.

5 SISMICA

Dal punto di vista sismico il territorio di Mondovì si caratterizza per una bassa pericolosità resa evidente dalle normative succedutesi nel tempo. In particolare fino al 2003 il Comune di Mondovì viene considerato non sismico.

Un riordino della normativa in materia inizia in Italia con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n 3274 del 20 marzo 2003, *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*, che fissa le regole per l'identificazione del grado di sismicità in tutti i comuni italiani, anche quelli precedentemente dichiarati non sismici, e definisce nuove norme costruttive. Nella citata norma il territorio nazionale è suddiviso in 4 zone sismiche, di cui la prima è quella a maggiore pericolosità. L'Ordinanza n. 3274 conferma la modesta pericolosità sismica del territorio comunale inserendo Mondovì in zona 4, la più bassa su scala nazionale e nella quale sono generalmente accorpati i comuni precedentemente classificati come non sismici.

Dal database dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, che raccoglie i terremoti registrati nei vari comuni nazionali, si evince come la modesta pericolosità di questa porzione di territorio derivi da un ridotto numero di eventi registrati cui compete, di norma, un'intensità al sito modesta. Peraltro buona parte degli eventi registrati sono "sismi indiretti", i cui epicentri sono localizzati al di fuori del Piemonte e ben s'inquadrano e giustificano su basi geologiche e tettoniche mentre la sismicità prettamente locale è assente o ha carattere limitato

In Piemonte l'elenco delle zone sismiche viene prima aggiornato con DGR 11/13058 del 19.01.2010 e successivamente precisato dalla DGR 65/7656 del 21.05.2014. In quest'ambito il Comune di Mondovì viene inserito in zona 3 a bassa sismicità, confinante a Nord e ad Est con comuni in zona sismica 4 (Carrù, Bastia Mondovì, Cigliè, Briaglia) ed a Sud e Ovest con comuni in zona sismica 3 (Monastero di Vasco, Villanova di Mondovì, Magliano Alpi).

In congruenza con quanto sopra la consultazione del database Ithaca delle faglie capaci, e del catalogo DISS delle faglie sismogenetiche, non ha evidenziato la presenza di strutture potenzialmente degne di nota e tali da produrre effetti significativamente risentibili nelle vicinanze del territorio comunale.

Secondo l'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) di cui al Decreto del 17/01/2018 pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018, ed in coerenza con le precedenti NTC 2008, le azioni sismiche debbono essere determinate in relazione al periodo di riferimento VR, che si ricava moltiplicando la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU, rispettivamente come da tabella 2.4.I e 2.4.II delle N.TC.

$$VR = VN * CU$$

Il progetto preliminare redatto nel 2003 non faceva alcun cenno al periodo di riferimento dell'azione sismica.

In sede di progettazione definitiva in accordo sia, con il DPCM del 21 Ottobre 2003 individua le strade statali come "opere infrastrutturali di interesse strategico, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile", sia con le NTC2018 che definiscono le opere ricadenti in classe IV, limitatamente per i ponti come "Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico" così come evidenziato anche dal CSLP, l'opera in oggetto viene classificata come ricadente in classe d'uso IV

$$VR = VN \times CU = 50 \times 2 = 100 \text{ anni}$$

Un ulteriore elemento di valutazione è rappresentato dall'effetto locale prodotto dal contesto geologico-geomorfologico che caratterizza l'area in studio. Ciò significa valutare le differenze di intensità massima al suolo dovute alle specifiche situazioni stratigrafiche e morfologiche locali attraverso procedure il cui insieme costituisce la risposta sismica locale (RSL).

Per quanto attiene gli effetti stratigrafici le indagini effettuate hanno permesso di evidenziare come la successione stratigrafica dei terreni sia da un punto di vista sismico sostanzialmente regolare, con velocità progressivamente crescenti verso il basso, con contatti geometrici suborizzontali senza marcati contrasti laterali particolarmente marcati e in assenza di un evidente bedrock sismico ($V_s > 800$ m/s), almeno nell'ambito dei primi 30-40 m da p.c. Ciò ha permesso un approccio semplificato nell'ambito delle categorie definite dalla tabella 3.2.III delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (NTC 2018) basato sulla velocità di propagazione delle onde di taglio V_s . Le indagini eseguite, rappresentate da prove Masw e down hole in foro hanno evidenziato l'appartenenza in tutti i casi ad una categoria di suolo di fondazione tipo B che compete a: *"Depositi a grana grossa molto addensati caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s"*.

Per quanto attiene gli effetti topografici le aree di progetto sono sostanzialmente sub pianeggianti o caratterizzate da morfologie dolci ed arrotondate (collina di S. Lorenzo) di modesta altezza e con ampie basi, modellate dalle caratteristiche e dalla spiccata erodibilità dei terreni, dove le principali accentuazioni di pendenza sono riconducibili ai terrazzi fluviali incisi dell'Ellero e dall'Ermena. Con riferimento alle categorie topografiche di cui alla tabella 3.2.IV delle NTC 2018 si riscontra generalmente una categoria topografica T1 cui compete un fattore di amplificazione unitario.

6 IDROLOGIA E IDRAULICA

Il progetto della nuova *Tangenziale di Mondovì – III lotto* interseca in due punti la rete idrografica superficiale. Nello specifico si prevede l'attraversamento del fiume Ellero con un viadotto lungo 120 metri formato da quattro campate che poggiano sulle spalle dei versanti e su tre pile che trovano fondazione sul letto del fiume. L'altro attraversamento è previsto con un'opera secondaria nei pressi di Rione Borgato con un ponte a due campate e la pila posta in una parte golenale molto alta rispetto all'alvo.

Nei pressi di questi due attraversamenti è stato modellato l'andamento del fiume sottostante con specifici software per determinare l'influenza delle opere sull'andamento del profilo idraulico e per garantire un franco di sicurezza. Le portate prese in considerazione considerano un tempo di ritorno pari a 200 anni.

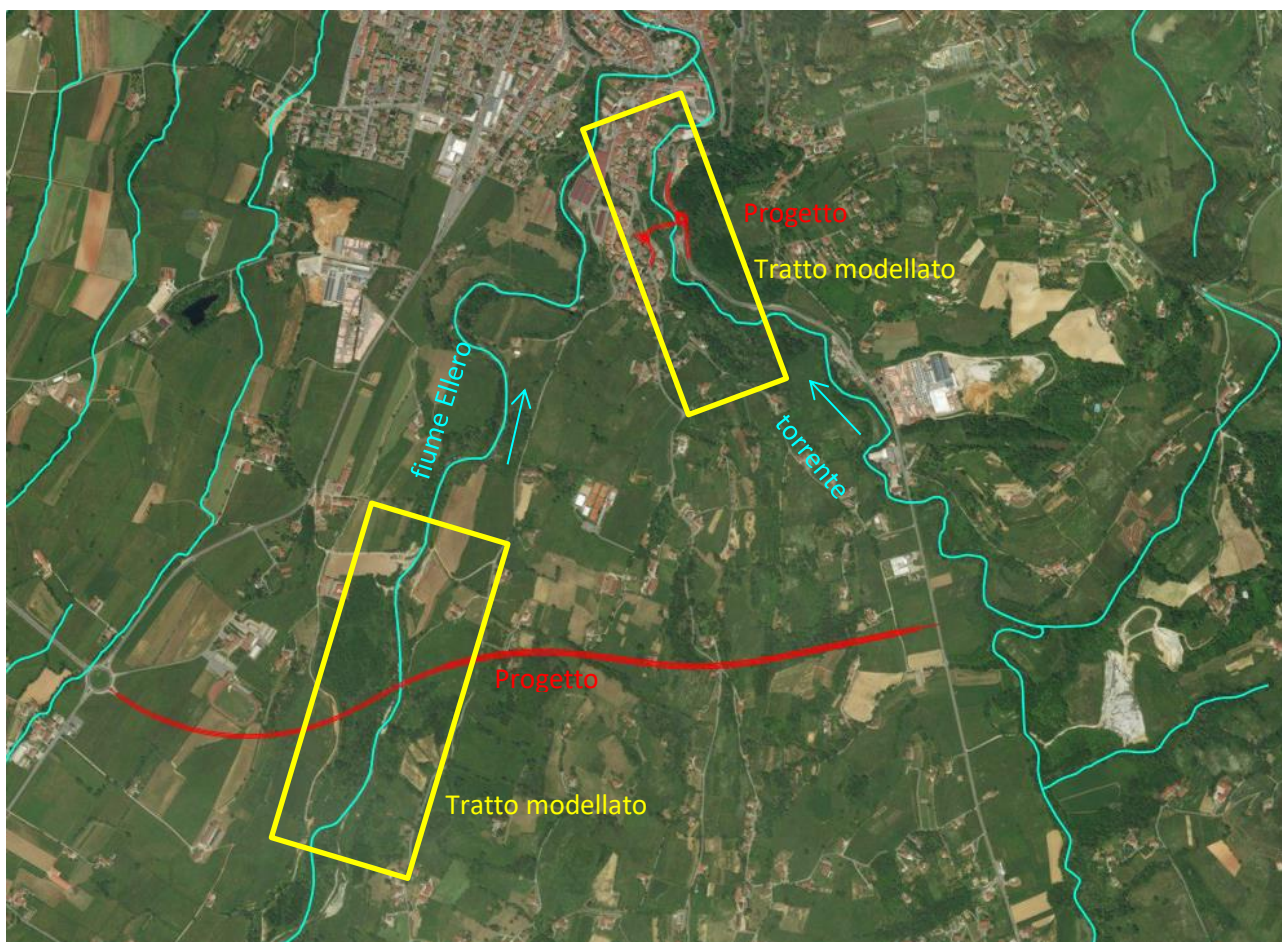


Figura 18: Inquadramento delle opere di attraversamento con messa in evidenza dell'opera prevista di progetto e il tratto di fiume modellato.

Gli aspetti idraulici e morfologici relativi all'attraversamento stradale sul Torrente Ellero sono stati svolti attraverso uno studio specialistico che analizza il corso d'acqua nell'intorno del viadotto di progetto ed è sviluppato in tre parti principali:

- Descrizione morfologica del corso d'acqua e granulometria del materiale in alveo;

- Simulazione a “fondo fisso”: analisi del campo di moto che si instaura in occasione degli eventi di piena, rispetto allo scenario attuale e di progetto. Le principali grandezze idrodinamiche saranno valutate attraverso un modello numerico bidimensionale. L’assetto geometrico di riferimento dell’alveo sarà quello attuale (condizione ideale “a fondo fisso”);
- Simulazione a “fondo mobile”: Analisi delle tendenze evolutive del corso d’acqua attraverso l’implementazione di un modello numerico morfologico-idraulico a “fondo mobile”. Anche in questo caso verrà analizzato lo scenario attuale assieme a quello di progetto.

La descrizione morfologica del corso d’acqua ha consentito di inserire l’opera di attraversamento nell’attuale contesto fluviale, mentre le simulazioni numeriche hanno permesso di valutare in termini qualitativi/quantitativi gli effetti sul campo di moto e le variazioni dell’alveo indotte dalle opere previste in progetto.

Al fine di fornire indicazioni propedeutiche alla valutazione di compatibilità idraulica del viadotto Ellero e nel contempo disporre delle informazioni necessarie al dimensionamento delle opere di protezione, è stato implementato un modello idraulico bidimensionale. Per tale analisi la configurazione geometrica del fondo alveo è assunta come invariabile e corrisponde a quella attuale. Anche lo studio morfologico è stato condotto attraverso l’approccio modellistico, implementando un codice di calcolo in grado di valutare in modo accoppiato sia l’evoluzione del campo di moto che le variazioni dell’alveo del corso d’acqua. In questo caso la configurazione geometrica è variabile, inizialmente pari a quella attuale, evolve poi in accordo con le equazioni che regolano il trasporto solido di sedimenti. In altri termini, lo studio propedeutico per la verifica di compatibilità idraulica del viadotto in progetto è stato svolto in condizioni “a fondo fisso” mentre le analisi morfologiche del corso d’acqua sono state svolte mediante una modellazione “a fondo mobile”. Sia lo studio idraulico che lo studio morfologico sono stati condotti attraverso la modellazione numerica bidimensionale. L’area modellata ricopre un tratto torrentizio di lunghezza pari a circa 6 km, all’interno dei quali sono collocate le aree di intervento. Sono state condotte diverse simulazioni in condizioni di moto vario, applicando però delle condizioni al contorno permanenti nel tempo. Questa procedura consente di raggiungere dopo un intervallo temporale adeguato una condizione pressoché stazionaria. A tale scopo è stato utilizzato il codice di calcolo BASEMENT, software sviluppato dai ricercatori dell’ETH di Zurigo. BASEMENT permette di sviluppare analisi di evoluzione dei corsi d’acqua naturali, attraverso la risoluzione accoppiata delle equazioni di bilancio della parte fluida e della parte solida. Il software permette di simulare il trasporto di sedimenti, sia al fondo che in sospensione, in condizioni stazionarie e non stazionarie. Il trasporto al fondo è proprio dei materiali di maggiore dimensione, mentre quello in sospensione interessa i materiali più fini (sabbie, limi, argille). Il tratto di Torrente Ellero oggetto dello studio è caratterizzato da un alveo il cui letto è costituito principalmente da ghiaie e ciottoli. Per tale motivo l’analisi è stata svolta considerando il contributo del solo trasporto solido al fondo e non quello della parte sospesa. In generale, le valutazioni sul trasporto solido dei corsi d’acqua sono soggette ad approssimazioni ed incertezze determinate da molti fattori. Le formule disponibili sono per lo più ricavate da analisi di laboratorio in condizioni semplificate, spesso con granulometrie uniformi e in moto permanente, diversamente dai fenomeni naturali in ambiente montano che generano onde di piena anche

a carattere impulsivo e coinvolgono materiali di granulometria ampiamente dispersa. La previsione a lungo termine delle tendenze evolutive nell'alveo, non potendo prevedere l'esatta sequenza degli eventi futuri, deve limitarsi a verificare la capacità attuale delle correnti a produrre trasporto, nel presupposto di una completa disponibilità del materiale trasportabile. Su tale base, si possono distinguere più plausibilmente erodibili, nel caso in cui la capacità di trasporto appare superiore e delle zone più facilmente alluvionabili, in ragione della loro minore capacità di trasporto di sedimenti.

Gli aspetti idraulici relativi all'attraversamento del torrente Ermena sono stati studiati attraverso la modellazione del torrente alla sezione di chiusura nei pressi di Rione Borgato alle coordinate geografiche 44.380558 N, 7.820701 E. Per la modellazione si sono presentati i dati di partenza, come modello digitale del terreno, scabrezza e condizioni al contorno, per arrivare infine ai risultati della modellazione presentando i livelli del profilo idrico rispetto ai nuovi attraversamenti di progetto. Tutte le modellazioni e le verifiche idrauliche fanno riferimento ai valori di portata e alle altezze di pioggia precedentemente calcolate nella relazione idrologica. Si è valutato quindi la compatibilità idraulica dell'intervento nel rispetto dei contenuti della "Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle Fasce A e B, approvata con la deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11 maggio 1999 e aggiornata con la deliberazione del Comitato Istituzionale n. 10 del 5 aprile 2006" – dell'Autorità di Bacino del Fiume Po (Direttiva Ponti), nonostante il corso d'acqua in esame non sia fasciato. Gli effetti principali che sono stati considerati nello studio sono i seguenti: E.1. Modifiche indotte sul profilo in sviluppo di piena E.2. Riduzione della capacità di invaso dell'alveo E.3. Interazioni con le opere di difesa idrauliche (opere di sponda e argini) esistenti E.4. Opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento E.5. Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico dell'alveo di inciso e di piena E.6. Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale E.7. Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena.

Entrambe le modellazioni danno esito positivo per l'interazione tra l'opera di progetto e la rete idrica intercettata. Infatti, in tutte e due le modellazioni risulta rispettato un franco di sicurezza di gran lunga maggiore a 1,5 m con una portata duecentennale.

Le acque provenienti dalle piattaforme stradali vengono intercettate mediante caditoie grigliate e poi coltate verso lo scarico attraverso tubature in PEAD di vario diametro. Prima di scaricare nel corpo ricettore finale le acque verranno condotte in una vasca disoleatrice.

L'intera progettazione ha previsto lo scarico delle acque di piattaforma nei rispettivi corpi idrici superficiali vicini alle opere sia sul fiume Ellero che sul torrente Ermena. Prima di questo scarico sono stati previsti due disoleatori per trattare tutta l'acqua in continuo. Per il tratto in galleria naturale, è stata anche prevista una vasca di raccolta degli sversamenti accidentali collegata ai pozzetti tagliafuoco.

7 ARCHEOLOGIA

Il presente capitolo redatto costituisce la sintesi delle attività condotte per la verifica preventiva dell'interesse archeologico (art. 25 D.Lgs. 50/2016) in relazione al progetto definitivo per la realizzazione del terzo lotto della tangenziale di Mondovì. Si rimanda alla relazione archeologica (elab. 06.01_P00_IA00_AMB_RE01_A) del progetto definitivo e relative elaborazioni grafiche allegate per la trattazione completa ed esaustiva.

L'attività di progettazione riguarda due opere distinte poste in differenti località del territorio di Mondovì:

- 1) l'asse principale, cioè il tratto di tangenziale vero e proprio a Sud dell'abitato di Mondovì (area 1a e area 1b)
- 2) l'asse secondario, cioè il nuovo ponte di attraversamento del torrente Ermena in località Borgato (area 2)

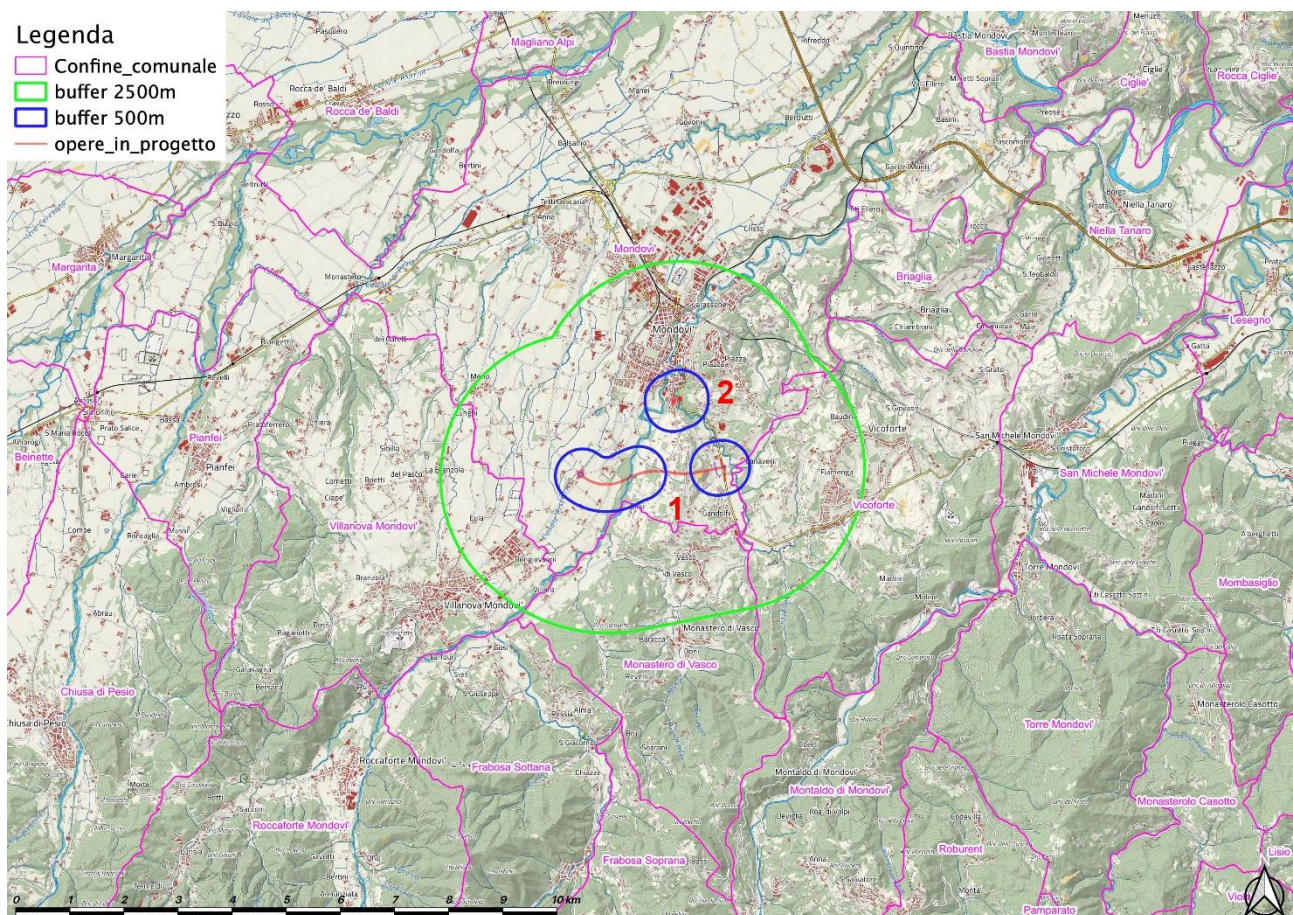


Figura 19: Carta topografica dell'area di indagine con le opere in progetto ed i buffer d'indagine

Le opere in progetto non risultano interessate da specifici vincoli archeologici, l'analisi per la determinazione del rischio archeologico ha preso in considerazione l'inquadramento geomorfologico e storico dell'area, la distribuzione dei siti archeologici individuati tramite la ricerca bibliografico/archivistica dei dati editi ed inediti con buffer di 2500 m attorno al perimetro delle opere in progetto, i risultati della

ricognizione archeologica di superficie (survey), buffer di 150 m attorno al perimetro delle opere in progetto - eseguita nei mesi di ottobre 2019 (con condizioni meteorologiche discrete) e febbraio 2020 (con condizioni meteorologiche buone), l'analisi dei toponimi presenti e l'interpretazione delle fotografie aeree.

Il risultato principale di questo lavoro si è concretizzato nella stesura di una "carta del potenziale archeologico" che illustra, all'interno dell'area di studio, in maniera schematica i dati raccolti e la valutazione del potenziale archeologico assoluto effettuata e 2) di una "carta del rischio archeologico" relativa all'areale specifico dell'opera in oggetto e agli interventi ad essa connessi, entrambe allegata alla relazione archeologica.

Le opere in progetto attraversano degli ambiti territoriali con caratteristiche morfologiche diverse passando da un ambito di alta pianura a margine di terrazzi fluviali, a un ambito di alveo fluviale, a uno di fondovalle collinare fino a quello di versante collinare. I terreni interessati sono a prevalente destinazione agricola (prativo e cerealicoltura vernina) e presentano numerose tracce di paleolavei più o meno recenti (basti ricordare i disastrosi eventi alluvionali del 1994 e 1996).

La possibile presenza, nell'area pianiziale, di una centuriazione romana fa supporre l'esistenza di un sistema di nuclei insediativi sparsi legati allo sviluppo e allo sfruttamento agricolo del territorio. Tale tipologia di insediamento potrebbe essere confermata anche dalla presenza di un asse viario che costeggia il torrente Ellero ed al quale potrebbero essere legati gli ambiti funerari ben documentati dai vari rinvenimenti di epigrafi sporadiche effettuati in passato in tutta quest'area.

Il panorama dei rinvenimenti specificamente archeologici nell'area di studio è particolarmente scarso e frammentario.

I dati raccolti nell'ambito del Foglio 80 dell'IGM hanno permesso di censire 409 siti sulla cui distribuzione spaziale è stata eseguita un'analisi di densità (con *buffer radius* a 500 m). E' stata così prodotta una mappa di concentrazione dei siti (cfr. Tav. 07 della relazione archeologica e di seguito riportata) dalla quale si possono delineare delle aree di maggiore presenza di evidenze archeologiche e quindi a potenziale rischio archeologico maggiore. Ovviamente tale analisi si basa solo sui dati bibliografico-archivistici noti.

La carta di densità dei siti (Tav. 07) evidenzia che il 3° lotto della Tangenziale di Mondovì in progetto (aree 1a e 1b) si colloca in una zona a densità praticamente nulla, mentre l'intervento nel rione Borgato è situato a margine di un'area ad elevata densità coincidente con il rione Piazza.

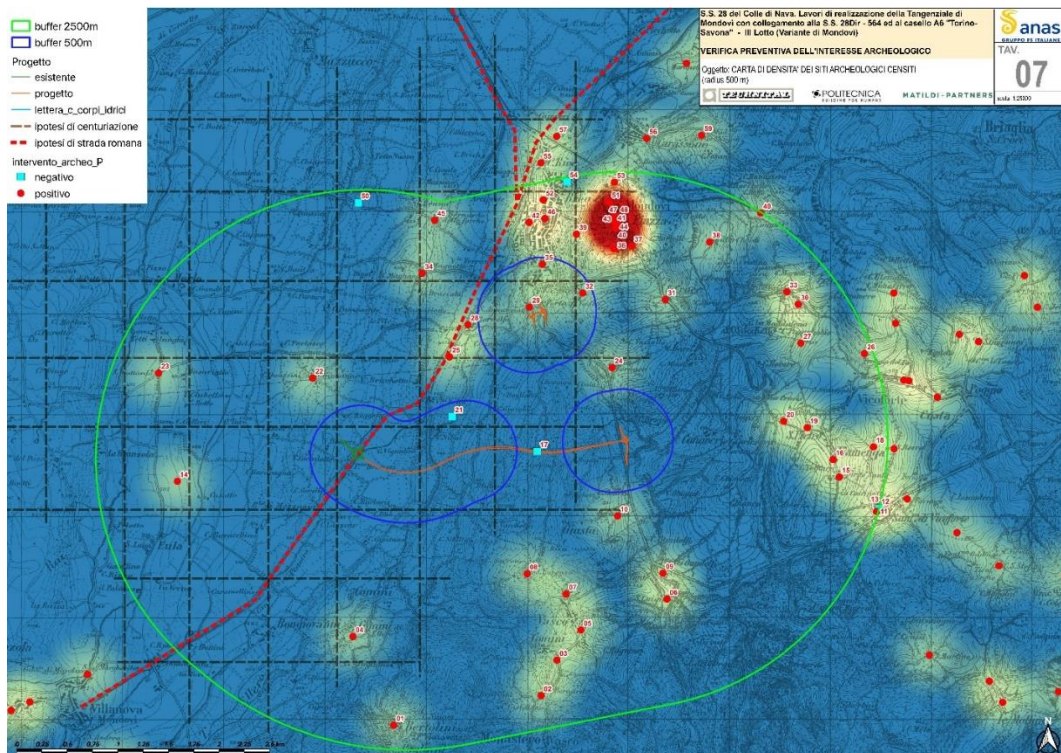


Figura 20: della relazione archeologica - Carta di densità dei siti archeologici

Va fatto notare, comunque, che l'agro centuriato è caratterizzato da una frequentazione/insediamento diffuso anche se non particolarmente addensato e quindi l'analisi di densità dei siti noti, non derivando da una ricerca sistematica ed esaustiva del territorio, potrebbe non rappresentare esattamente la reale estensione del popolamento antico (in particolar modo romano).

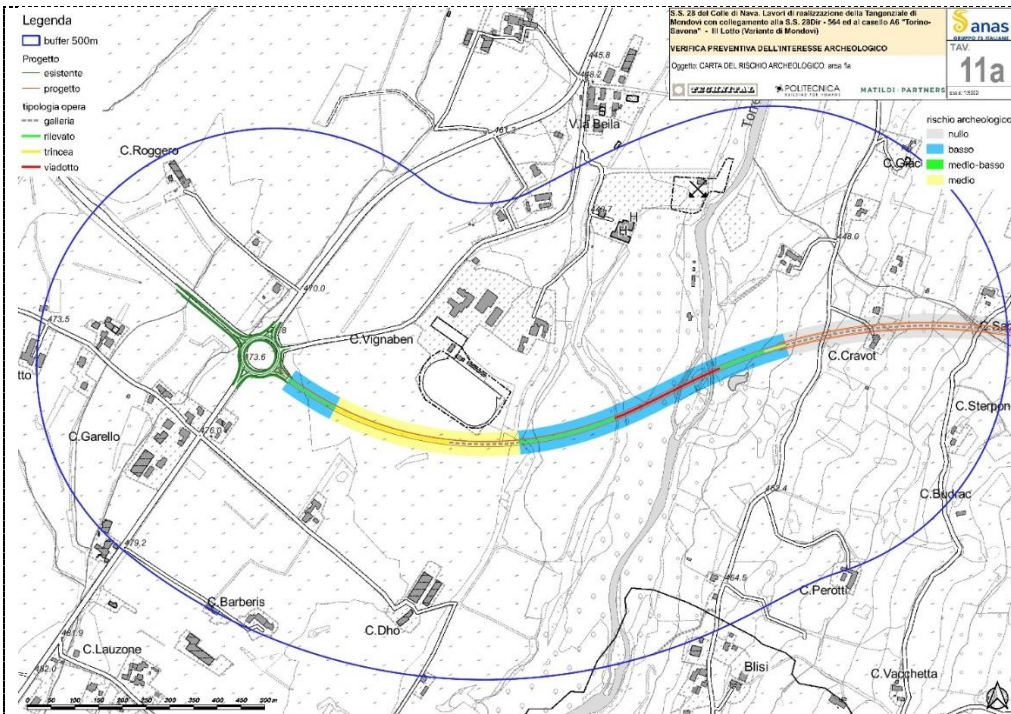
L'analisi delle fotografie aeree non ha fornito elementi particolarmente significativi e la maggior parte delle anomalie riscontrate può essere ricondotta a fenomeni fluviali più o meno recenti e ad attività antropiche moderne.

Sulla base della ricerca bibliografica ed archivistica si è potuto evidenziare che il tracciato delle opere in oggetto non intercetta direttamente nessun sito noto, per queste motivazioni e per l'assenza di ritrovamenti archeologici nelle immediate vicinanze si può ritenere che il rischio archeologico dell'area sia medio / basso.

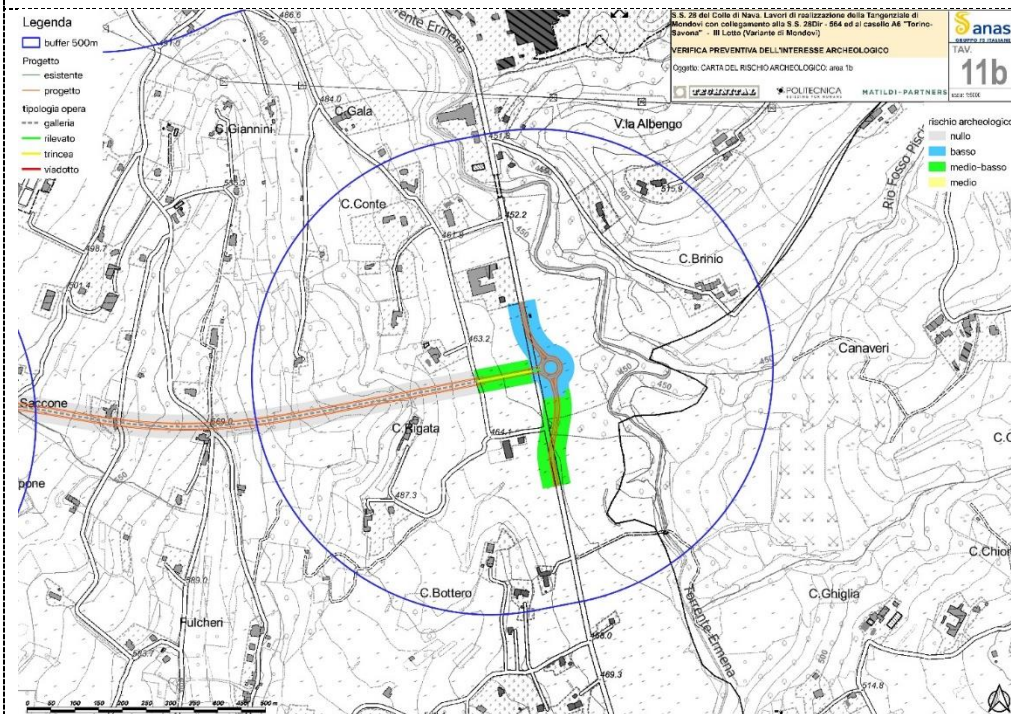
Nel complesso quindi lo studio ha rilevato che non vi sono evidenze archeologiche note che interferiscono direttamente con la realizzazione dell'opera, anche se l'area di studio presenta un buon grado di potenzialità archeologica.

Sulla base dei dati raccolti non vi sono elementi per poter suggerire l'esecuzione di sondaggi preliminari di verifica archeologica in fase preventiva alla realizzazione delle opere, tuttavia potrebbe essere opportuna un'attività di sorveglianza archeologica durante le opere di scavo previste. Ogni ulteriore decisione in

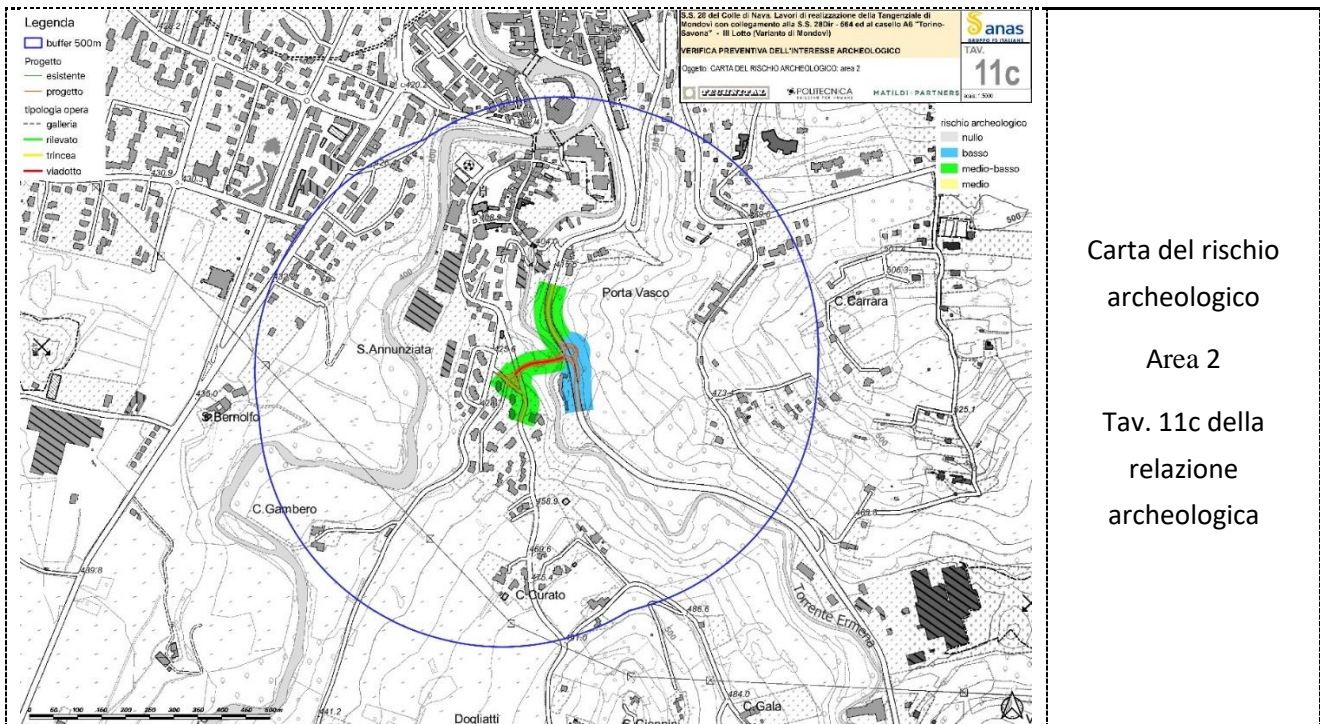
merito sotto il profilo archeologico spetta comunque alla competente "Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Alessandria, Asti e Cuneo".



Carta del rischio
archeologico
Area 1a
Tav. 11a della
relazione
archeologica



Carta del rischio
archeologico
Area 1b
Tav. 11b della
relazione
archeologica



8 OPERE D'ARTE MAGGIORE

8.1 Viadotto Ellero

Il viadotto Ellero scavalca l'omonimo fiume in corrispondenza della progressiva 0+735,6 km dell'asse principale, essendo l'esordio delle progressive previsto in corrispondenza del termine del lotto 2 già eseguito.

L'opera in oggetto è costituita complessivamente da quattro campate con la seguente scansione di luci 48 m + 72 m + 72 m + 48 m per una lunghezza complessiva di 240 m, al netto dei retrotrave, con schema statico a trave continua. La sezione trasversale conforme al progetto dell'intervento prevede una sede stradale costituita da due corsie di larghezza pari a 3.75 m, completate da banchine di larghezza pari a 1.50 m e cordoli che ospitano i guard-rail di larghezza pari a 0.75 m; pertanto la sezione trasversale ha una larghezza complessiva pari a 12.00 m

Lo sviluppo planimetrico dell'impalcato è caratterizzato da una doppia curvatura in clotoide di flesso tra due curve con raggio di 700 m e 1100 m; sulla spalla Sp1 la pendenza longitudinale è del 3.49% che si riduce lungo lo sviluppo per l'inserimento di un raccordo almetrico concavo con raggio di 7000 m.

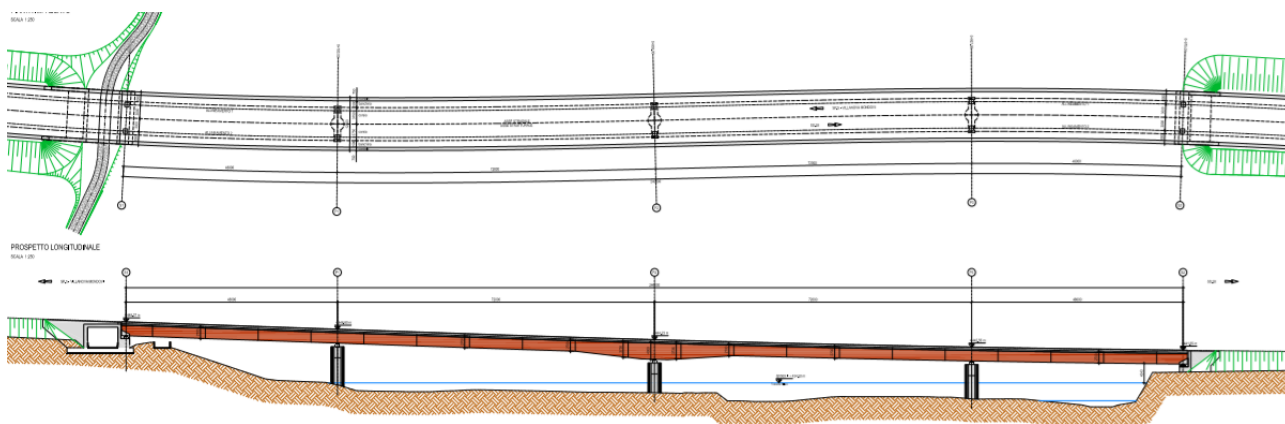


Figura 21: Viadotto Ellero - planimetria e profilo longitudinale

L'impalcato in struttura mista acciaio-calcestruzzo è realizzato con due travi in acciaio auto-protetto tipo Corten in acciaio S355, di sezione a doppio T con anima verticale, trasversalmente connesse da diaframmi reticolari di campata (disposti ad interasse tipico di 5m), mentre in corrispondenza delle spalle e delle pile sono presenti diaframmi ad anima piena con sezione a doppio T e dotati di passo d'uomo.

L'impalcato è completato da una soletta gettata in c.a., costituita da lastre metalliche tralicciate tipo predalles (poggianti sulle ali delle travi in acciaio) di spessore pari a 5 mm e soletta piena gettata in opera e resa collaborante con le travi mediante piolatura di collegamento (pioli Nelson), per uno spessore complessivo di 26 cm. Le predalle metalliche hanno, come detto, uno spessore pari a 5 mm dei quali, ad evidente favore di sicurezza, sono stati considerati solo 2.5 mm di spessore nelle verifiche.

Se si concede all'acciaio autopatinabile di autopassivarsi uniformemente, con regolari cicli umido/asciutto, si registrano perdite di spessore, per ciascuna delle due facce esposte, dell'ordine di 0.2 mm in 10 anni, senza ulteriore progressione. Quindi, con 0.20 mm di sovrasspessore per ciascuna faccia considerata, si garantisce per la vita utile dell'opera, nessuna necessità di intervento manutentivo e/o di rinforzo per perdita di spessore da corrosione.

Per il CorTen la caduta totale dello spessore per corrosione in atmosfera semi-rurale, come nel caso in oggetto, si arresta sostanzialmente attorno ai 0.50 mm, pertanto aver considerato uno spessore efficace di 2.5 mm ai fini delle verifiche statiche è da considerarsi una scelta decisamente cautelativa.

Come ulteriore sistema di protezione, si prevede l'installazione di un sistema di monitoraggio delle corrosioni costituito da una bobina di zinco della lunghezza di 50 m e dello spessore di 8mm, posizionata, orientativamente, a cavallo di una pila, in modo da poter monitorare una porzione significativa di soletta.

Sulla soletta è posata la guaina di impermeabilizzazione e su questa gli strati di pavimentazione (binder e usura, per uno spessore complessivo di 12 cm).

Le travi in acciaio hanno altezza costante pari a 2.70 m ad eccezione dei conci a cavallo della pila 2 dove, in corrispondenza delle luci maggiori, hanno un'altezza variabile da 2.70m a 4.00m.

SEZIONE TRASVERSALE TIPICA - SU DIAFRAMMA CORRENTE H=2.70m

SCALA 1:50

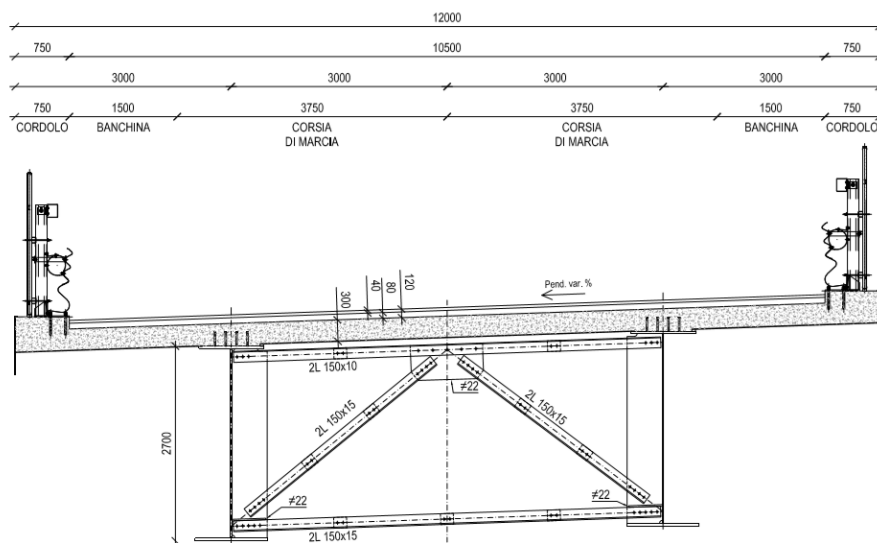


Figura 22: Viadotto Ellero - sezione trasversale corrente

All'intradosso delle travi è disposta un'orditura reticolare di controventamento in acciaio che consente il corretto comportamento della sezione a torsione. Lo schema statico è, pertanto, a cassone equivalente secondo la teoria di Bredt.

Tutti gli elementi metallici sono suddivisi in conci al fine di poter essere agevolmente trasportati su strada con mezzi correnti e le giunzioni sono previste saldate ad eccezione di quelle delle aste dei diaframmi e delle controventature che sono previste bullonate ad attrito in categoria B.

Il montaggio avverrà con sollevamento dal basso mediante autogrù con l'ausilio di pile provvisorie sulle campate di maggiore luce.

Il sistema di vincolamento risponde adeguatamente alle azioni verticali ed orizzontali consentendo al contempo le dilatazioni termiche sia in condizioni statiche che sismiche.

In corrispondenza delle pile sono previsti dispositivi isolatori elastomerici, mentre sulle spalle sono presenti dispositivi di appoggio multidirezionali oltre a guide trasversali orientate secondo lo sviluppo delle travi. Questa scelta preclude il rischio di movimenti trasversali dei giunti incrementando la vita utile.

Si ha quindi che le azioni trasversali sono ripartite fra spalle e pile, mentre le sollecitazioni longitudinali insistono solo sulle pile con un comportamento, in ogni caso, tale da contenere l'entità delle pur ridotte azioni sismiche.

La spalla A del viadotto Ellero è posta al margine del pianoro ivi presente che ospita il canale Carassone di irrigazione e produzione di energia elettrica; al suo margine di monte è sita una strada di manutenzione che viene spostata localmente a tergo della spalla stessa, passando all'interno di uno scatolare con luce di 7m e altezza di 4,5 m posto senza soluzione di continuo col muro frontale della struttura.

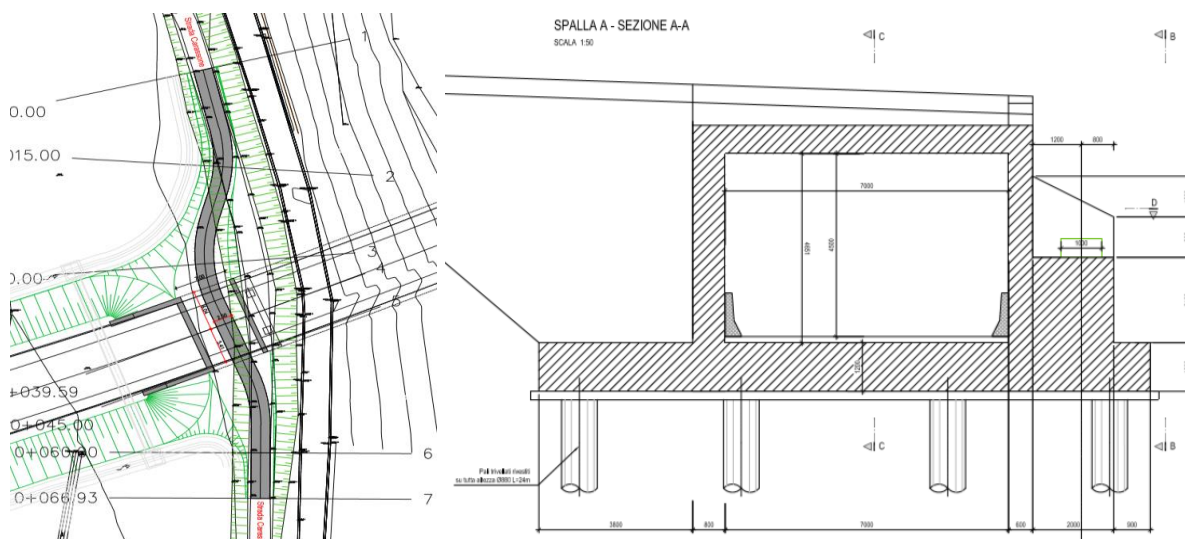


Figura 23: Viadotto Ellero - Spalla A

Così configurata la spalla 1 ha una altezza media di 5,35 m al filo superiore del paraghiaia e una lunghezza del plinto di fondazione di circa 15 m. per garantire il contenimento del terreno lasciando libero il passaggio a tergo sono presenti due orecchie lunghe 7 m.

La spalla B, di esecuzione ordinaria, ha una altezza media di 5,8 m e una lunghezza del plinto di fondazione di 8 m.

In entrambi i casi sono presenti due velette laterali di protezione dei vincoli.

Le fondazioni sono profonde e poggiano su pali trivellati rivestiti a tutta altezza con diametro 880 mm e lunghezza 24m (Spalla A) e di 15 m (Spalla B), in numero di n°16 per la spalla A e n°12 per la spalla B collegati alla elevazione con una platea di spessore pari a 1,2 m.

Le pile, in numero di tre, sono state studiate con una sezione circolare con diametro di 3 m, in grado di minimizzare l'interferenza idraulica, e hanno una altezza dei fusti di 11,5m per la pila P1 e di 10 m per le pile P2 e P3.

La coppia di travi metalliche portanti, con un interasse di 6 m, poggia su un pulvino prismatico lungo 8 m largo 1,5 m e con spessore massimo di 2,5 m.

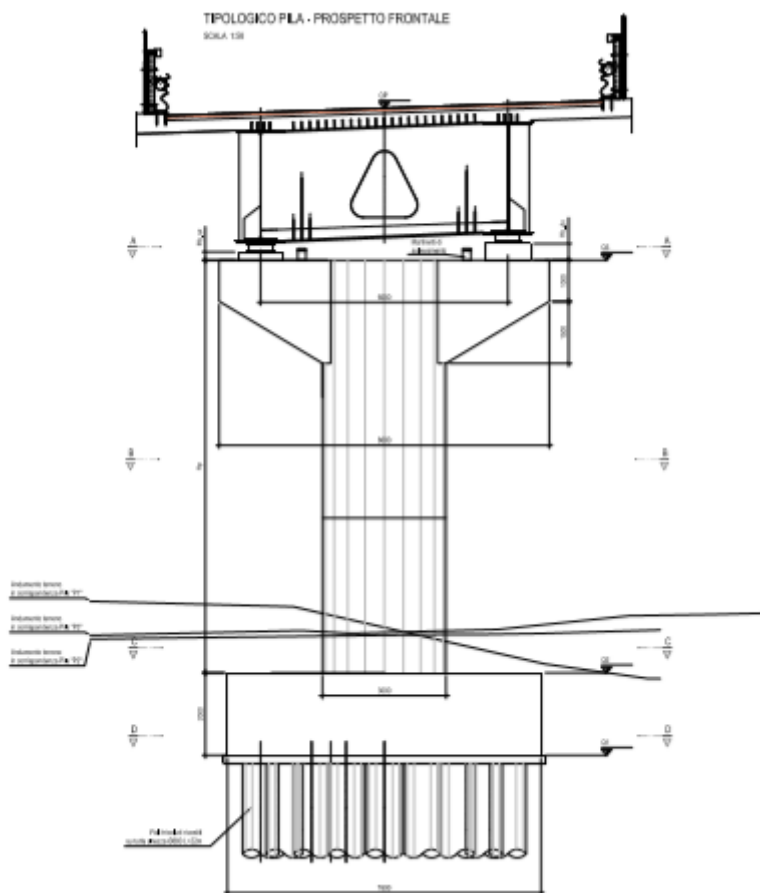


Figura 24: Viadotto Ellero – Pila tipo

La coppia di travi metalliche portanti, con un interasse di 6 m, poggia su un pulvino prismatico lungo 8 m largo 1,5 m e con spessore massimo di 2,5 m.

Le fondazioni profonde hanno forma circolare di diametro di 7,6 m e sono intestate su 24 pali trivellati rivestiti a tutta altezza con diametro 880 mm e lunghezza pari a 27.0 m per la Pila 1, 28.0 m per la Pila 2 e 19.0 m per la Pila 3. In particolare, si prevedono pali trivellati di grande diametro eseguiti con asportazione del terreno e sua sostituzione con conglomerato cementizio armato mediante perforazione a rotazione con impiego, per il sostegno delle pareti del foro, del tubo di rivestimento ("camicia metallica giuntata inserita a rotazione") per tutta la lunghezza del palo (non è permesso l'impiego di fanghi bentonitici per il sostegno delle pareti del foro).

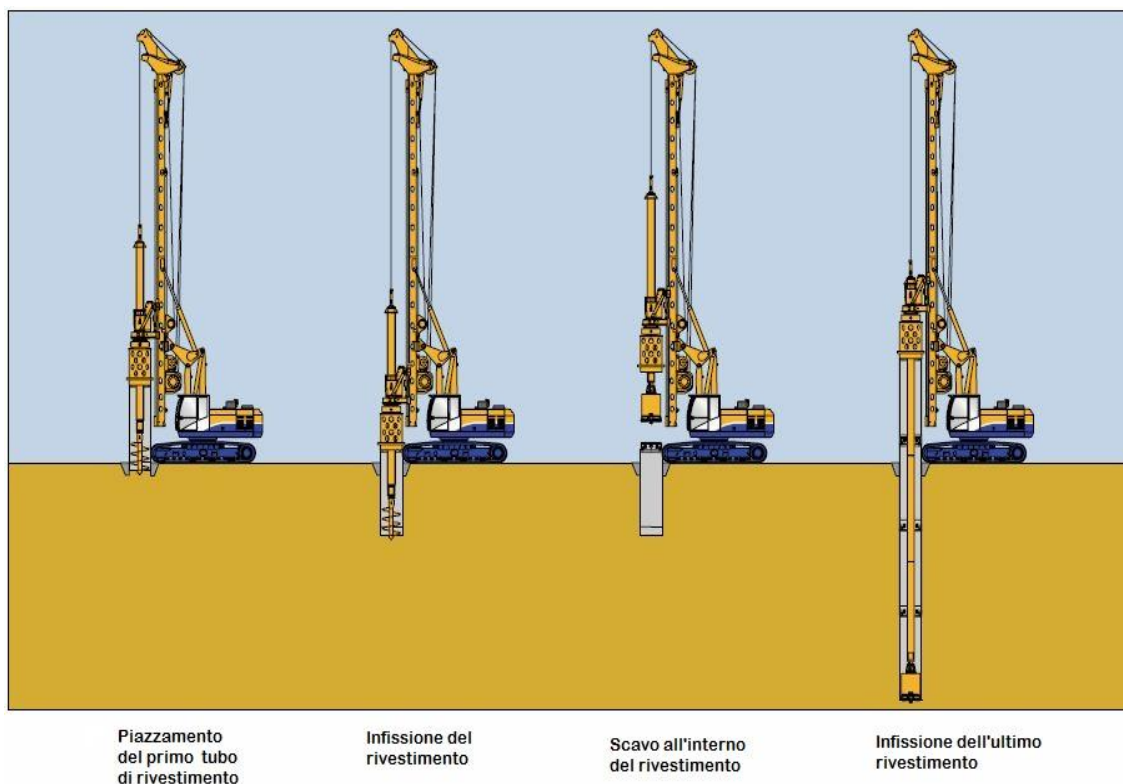
Il tubo di rivestimento sarà agganciato ad un trascinatore di pari diametro, applicato alla testa di rotazione della macchina e risulterà composto da più elementi di diversa misura (m 2-3-4-5). La spinta di infissione

verrà mantenuta fino al raggiungimento della profondità di parziale compensazione della stessa a fronte degli attriti laterali formati, ovvero fino al sensibile rallentamento riscontrato nell'avanzamento dell'utensile: a questo punto si proseguirà con lo scavo del palo all'interno del rivestimento a mezzo degli utensili di scavo.

Gli utensili di estrazione, lavoreranno sempre ad una quota di scavo superiore alla posizione della scarpa d'avanzamento, per scongiurare fenomeni di sifonamento all'interno del palo scavato.

Terminata la perforazione, si provvederà alla posa dell'acciaio.

Durante la fase di risalita del calcestruzzo, si provvederà all'estrazione dei vari elementi di rivestimento, verificando che la quota della scarpa sia sempre inferiore al livello di calcestruzzo impiegato, sino a completamento del palo. Nella figura di seguito sono riportate le fasi esecutive.



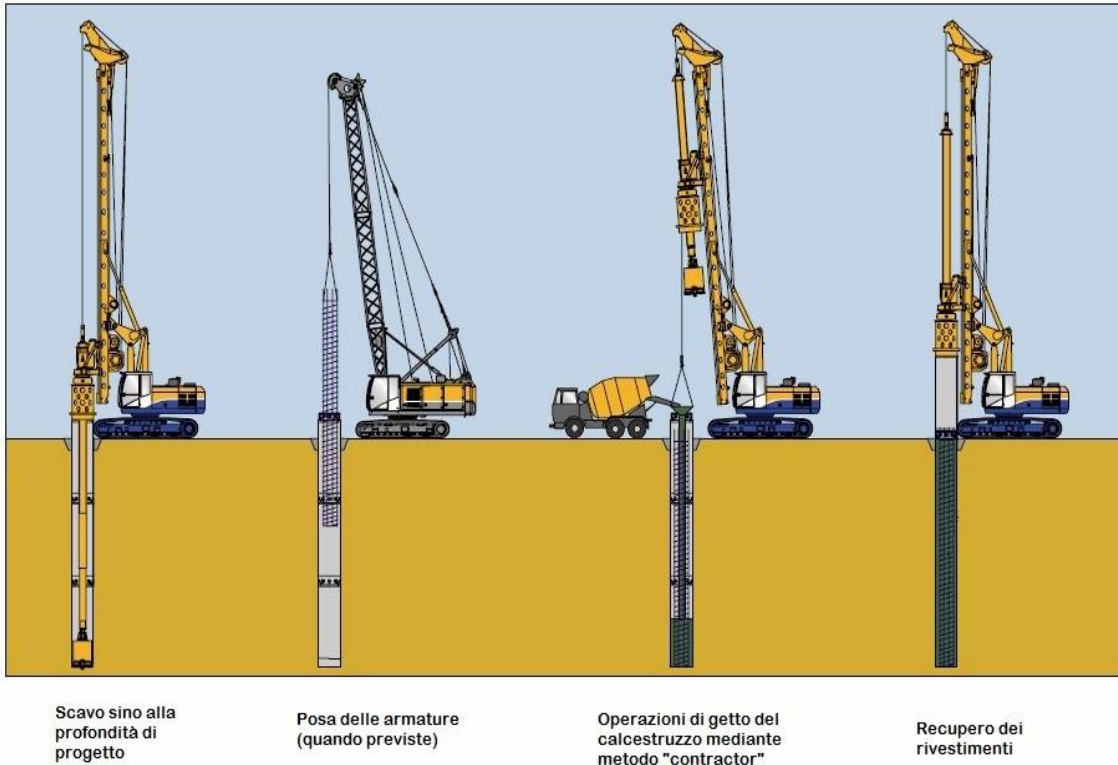


Figura 25: Fasi esecutive dei pali



Figura 26: Tubo camicia

Nel caso vengano attraversati strati litoidi o trovanti anche di resistenza fino a 150 Mpa, potranno essere utilizzate teste fresanti opportune quali Roller Bit (a) o Multi Hammer (b).

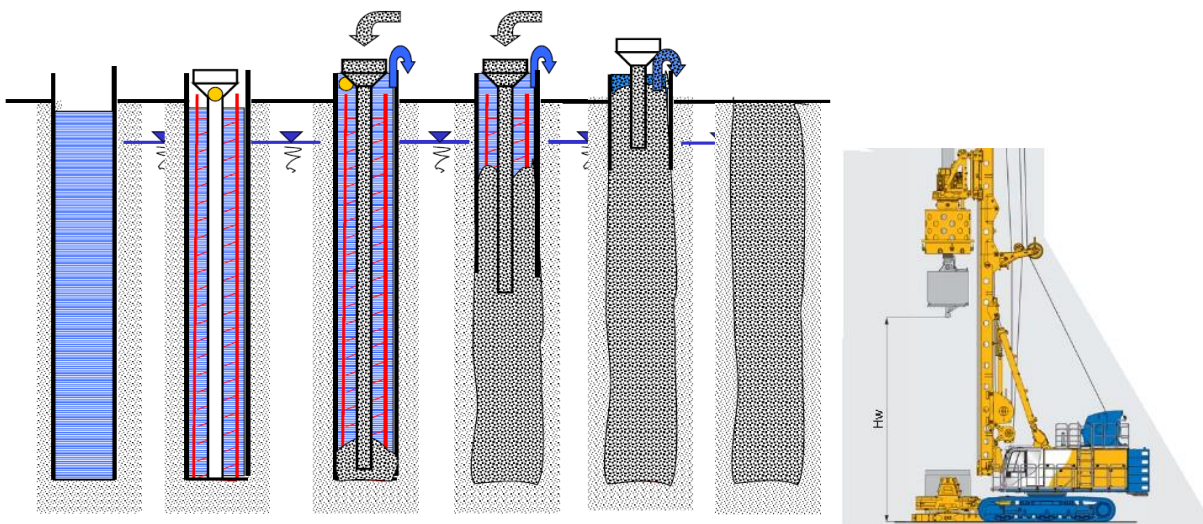


a



b

Figura 27: Teste fresanti



Per minimizzare gli effetti dovuti ad eventuali fenomeni di scalzamento si sono ammorzati i plinti di fondazione nel substrato marnoso (bedrock) che è può essere eroso dalla corrente con processi evolutivi molto più lenti rispetto a quelli caratteristici dei materiali granulari e in tempi di ordine superiore a quella della vita utile dell'opera. Si è previsto comunque di proteggere il plinto di fondazione con uno doppio strato di massi ciclopici. L'estensione planimetrica delle protezioni è stata pensata considerando la profondità massima di scavo e la classica forma lasciata dall'erosione. La protezione molto ampia in massi sciolti è appoggiata direttamente sullo strato marnoso. Quindi in corrispondenza delle pile si prevede di proteggere il fondo alveo andando a realizzare una doppia fila di massi ciclopici che saranno posati attorno alla pila e sopra il plinto di fondazione. I massi in questo caso saranno sciolti. Tale configurazione consente di avere una protezione flessibile che bene si adatta al fondo. I massi saranno appoggiati sullo strato marnoso. In corrispondenza della sponda destra a protezione spalla S2, lato est, del nuovo impalcato è prevista la realizzazione di una scogliera in massi ciclopivi. La protezione si estende per un tratto di circa 215 m, di cui circa 155 m a monte del nuovo attraversamento e i restanti 60 m a valle. Il tratto a monte è così esteso per inglobare tutta l'ansa che l'alveo fa appena prima dell'attraversamento. La scogliera sarà

prolungata sotto il talweg per ammortarsi con il piede all'interno dello strato marnoso riscontrato nei sondaggi, in questo modo si fornisce una buona stabilità al piede dell'opera di protezione anche nel caso vi fosse un abbassamento del fondo a causa di una evoluzione erosiva dell'alveo. Nel tratto in corrispondenza della spalla S2 per una larghezza a cavallo della stessa di circa 40 m, con la finalità di garantire una maggiore protezione contro lo scalzamento si è previsto di rafforzare la difesa con una doppia fila di massi sulla scarpata. Nel tratto non interessato dal livello idrico di piena (2 m sopra il livello di TR200) si realizzerà una scarpata più pendente del 3 su 2 per ricostruire l'andamento del terreno esistente. In questo modo sarà possibile garantire il passaggio del personale per le ispezioni.

8.2 Ponte sul torrente Ermena

L'opera in oggetto è costituita complessivamente da due campate di luci pari a 39 m e 45 m per una lunghezza complessiva di 84 m con schema statico a trave continua. In sezione trasversale l'opera si compone di una sede stradale di tipo C2 e cordoli che ospitano i guard-rail di larghezza pari a 0.75 m.

La sezione trasversale tipo ha, pertanto, una larghezza complessiva pari a 11.00 m ($0.75 + 1.25 + 3.50 + 3.50 + 1.25 + 0.75 = 11.00$ m).

Nel tratto iniziale dell'opera, in corrispondenza della spalla SpA, l'impalcato ha una geometria peculiare determinata dalla presenza della rotonda di inserimento sulla S.S. n. 28, con un significativo aumento della larghezza dell'impalcato.

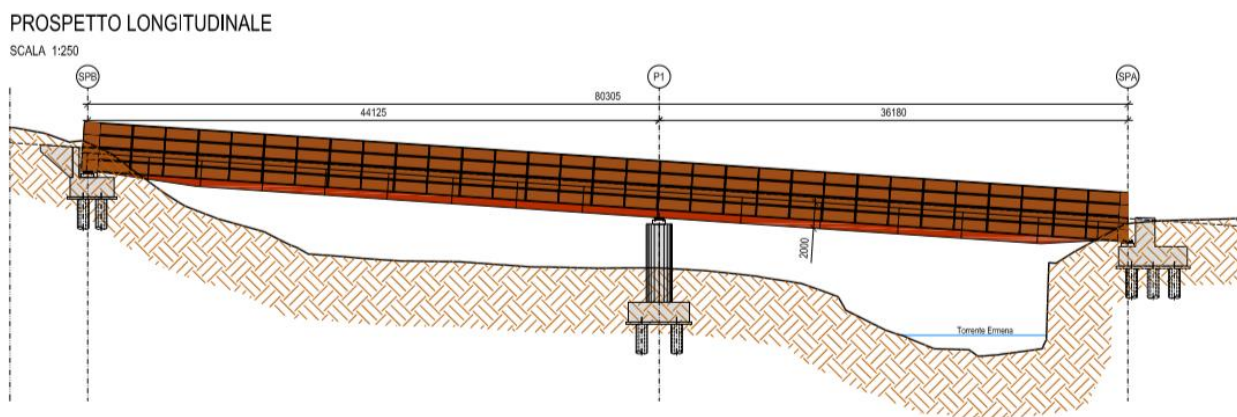


Figura 28: Ponte sul Torrente Ermena - Profilo longitudinale

L'impalcato in struttura mista acciaio-calcestruzzo è realizzato con travi in acciaio auto-protetto tipo Corten, con sezione a doppio T, trasversalmente connesse da diaframmi, anch'essi con sezione a doppio T (disposti ad interasse tipico di 6 m), sia in campata sia in corrispondenza della pila e sulle spalle.

Il numero delle travi varia in ragione della larghezza trasversale dell'impalcato:

- nel tratto attiguo alla spalla SpA la sezione trasversale si allarga fino ad uno sviluppo del traverso di spalla superiore ai 25 m, pertanto si sono adottate 4 travi principali, con altezza variabile da 1400 mm a 2000 mm (altezza minima in corrispondenza dell'asse degli appoggi), e due travi di spina di altezza costante pari a 600 mm;
- proseguendo nello sviluppo del viadotto, fino alla pila, la sezione è caratterizzata da tre travi principali di altezza costante pari a 2000 mm e due travi di spina di altezza costante pari a 600 mm;
- nel tratto restante, fino alla spalla SpB, la sezione presenta due travi principali di altezza pari a 2000 mm, che si riduce fino a 1400 mm in appoggio, e una trave di spina di altezza costante pari a 600 mm.

PIANTA IMPALCATO
SCALA 1:250

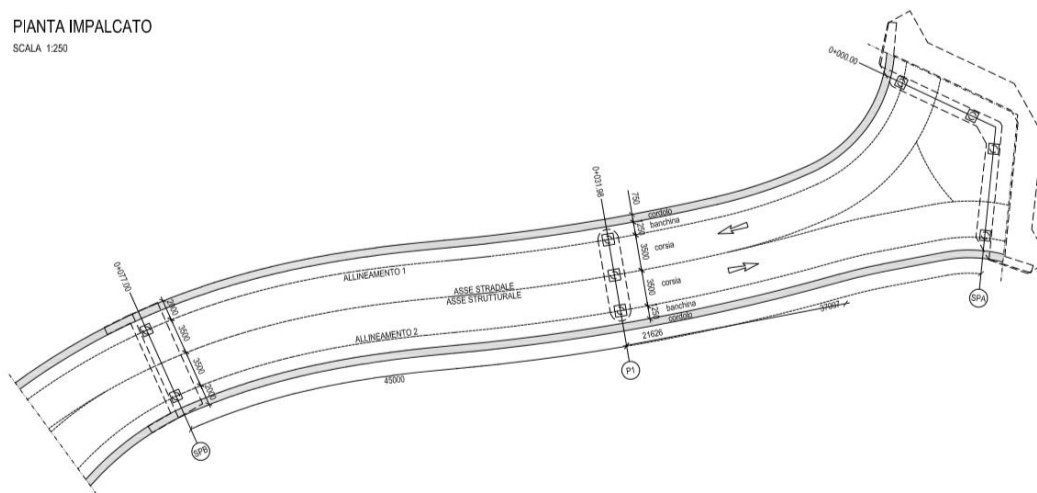


Figura 29: Ponte sul Torrente Ermena – pianta

L'impalcato è completato da una soletta gettata in c.a., costituita da lastre metalliche tralicciate tipo predalles (poggianti sulle ali delle travi in acciaio) di spessore pari a 5 mm e soletta piena gettata in opera e resa collaborante con le travi mediante piolatura di collegamento (pioli Nelson), per uno spessore complessivo di 26 cm. Le predalle metalliche hanno, come detto, uno spessore pari a 5 mm dei quali, ad evidente favore di sicurezza, sono stati considerati solo 2.5 mm di spessore nelle verifiche. Sulla soletta è posata la guaina di impermeabilizzazione e su questa gli strati di pavimentazione (binder e usura, per uno spessore complessivo di 12 cm).

Lo schema statico di ripartizione dei carichi eccentrici è a graticcio.

Tutti gli elementi metallici sono suddivisi in conci al fine di poter essere agevolmente trasportati su strada con mezzi correnti e le giunzioni sono previste saldate ad eccezione di quelle dei diaframmi trasversali che sono previste bullonate ad attrito in categoria B.

Il montaggio dell'impalcato avverrà per sollevamento dal basso delle singole travi. I conci verranno saldati a piè d'opera fino a formare macroelementi in grado di superare la distanza tra spalla e pila. Successivamente tali elementi verranno portati in quota mediante l'ausilio di autogrù poste in golena.

Lo schema di vincolamento prevede in corrispondenza della spalla SpA due appoggi fissi (posti opportunamente in corrispondenza delle due travi centrali, quindi ad una distanza minima in modo da

escludere problemi legati a dilatazioni termiche trasversali) e due appoggi multidirezionali in corrispondenza delle travi esterne. In corrispondenza della pila P1 sono previsti un appoggio unidirezionale scorrevole in direzione longitudinale in posizione centrale e due appoggi multidirezionali in corrispondenza delle travi esterne mentre sulla spalla SpB sono presenti due appoggi multidirezionali in corrispondenza delle travi e una guida unidirezionale scorrevole in direzione longitudinale in posizione centrale.

La scelta di posizionare sulla spalla SpA il vincolo fisso longitudinale discende dal fatto che essa si trova all'interno della rotatoria ed ha un andamento bilatero con vertice al limite della aiuola centrale; il vincolo fisso permette di porre un giunto di sottopavimentazione invisibile agli utenti con la massima sicurezza per il traffico stradale.

Entrambe le spalle hanno fondazioni profonde intestate su pali trivellati rivestiti a tutta altezza con diametro 880 mm e lunghezza di 24 m. L'unica pila del viadotto ha una sezione a setto coi bordi stondati larga 2 m e lunga 10 m per ospitare le tre travi poste a un interasse di 3,5 m; la fondazione, profonda, si intesta su 10 pali trivellati rivestiti a tutta altezza con diametro 880 mm e lunghezza di 24 m.

Poiché il ponte sorge in area urbana il progetto prevede di disporre sui bordi della soletta un elemento di mascheramento delle barriere di sicurezza e dell'impalcato.

Il carter metallico in acciaio Corten, al fine di minimizzarne gli oneri di manutenzione, ha una superficie microforata capace di mitigare la vista delle parti nascoste pur mantenendo una discreta permeabilità visiva laterale agli utenti della strada.



Figura 30: Esempio di carter in lamiera corten microforata

8.3 Galleria Naturale

La galleria naturale San Lorenzo è compresa tra progressive 1+125,00 e 2+536,92 ed ha quindi uno sviluppo totale di 1411,92 m, di cui 1296 m in naturale ed i restanti in galleria artificiale, con 60 m in corrispondenza dell'imbocco ovest e 55,92 m in quello est.

Si tratta di una galleria a canna unica, caratterizzata, nella sezione corrente, da un raggio interno di 6,45 m, in modo da contenere una carreggiata di tipo C1 con le stesse caratteristiche geometriche di quella presente all'esterno, con una larghezza complessiva di 10,50 m, comprendenti le due corsie di marcia da 3,75 m ciascuna e le due banchine laterali da 1,50 m ciascuna; queste ultime sono delimitate, come previsto dalla vigente normativa, da New Jersey a ridosso dei piedritti della galleria stessa, con a tergo il vano per l'alloggiamento dei cavidotti per gli impianti.

E' prevista la realizzazione di piazzole di sosta ogni 600 m per ciascun senso di marcia, poste sfalsate nelle due direzioni, e di un cunicolo di emergenza al di sotto del piano stradale con accessi diretti in corrispondenza di ciascuna piazzola di sosta e quindi ad un interasse di 300 m, come previsto dalla Linee Guida ANAS.

Gli imbocchi vengono realizzati con l'ausilio di paratie tirantate caratterizzate da pali di diametro 900 mm ed interasse di 1,10 m e saranno poi, in esercizio, parzialmente tombate o rivestite in pietra per inserirle nel modo migliore da un punto di vista ambientale.

La copertura litostatica varia tra un minimo di circa 4 m agli imbocchi fino ad un massimo di 110 m nel settore centrale e gli ammassi interessati sono costituiti essenzialmente dalle marne sabbiose più o meno argillose della formazione delle Marne di S. Agata e dalle arenarie sabbioso marnose della formazione di Lequio.

La tipologia di avanzamento prevede lo scavo a piena sezione con la realizzazione di consolidamenti al contorno e/o al fronte nelle zone di bassa copertura e maggior fratturazione e solo con centine e spritz dove l'ammasso presenta coperture adeguate e migliori caratteristiche geomeccaniche.

Il progetto della galleria l'adozione di 3 sezioni tipo fondamentali, descritte di seguito, la tipo B0, B0V e B2V; nelle quattro piazzole di sosta si utilizzeranno, a seconda dei casi, le 3 sezioni tipo P0, P1 e P2 equivalenti rispettivamente alle B0, B0V e B2V correnti.

Sezione tipo B0

La sezione tipo B0 si applica lungo la galleria dove l'ammasso roccioso presenta una struttura massiva tale da non richiedere alcun intervento di preconsolidamento del fronte o della chiave.

Le fasi realizzative sono le seguenti:

- a) Scavo a piena sezione con sfondi massimi pari a 2 m.
- b) Prerivestimento costituito da 2 centine accoppiate IPN180, con interasse 1 m, rivestite con 0.30 m di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldada $\varnothing 6$ maglia 10x10 cm, di cui 0.05 m di prima fase e 0.25 m di seconda fase.

c) Muretta e arco rovescio che rappresentano la prima parte del rivestimento definitivo messa in opera e vengono gettate ad una distanza massima dal fronte non vincolata, suscettibile comunque di variazioni in corso d'opera in funzione del comportamento deformativo del cavo; lo spessore minimo dell'arcorovescio è pari a 0.80 m e solamente le murette risultano armate.

d) Rivestimento definitivo gettato ad una distanza massima dal fronte non vincolata, suscettibile comunque di variazioni in corso d'opera in funzione del comportamento deformativo del cavo. Ha uno spessore in calotta pari a 0.70 m e non risulta armato.

La Figura 31 riporta la schematizzazione della sezione tipo B0.

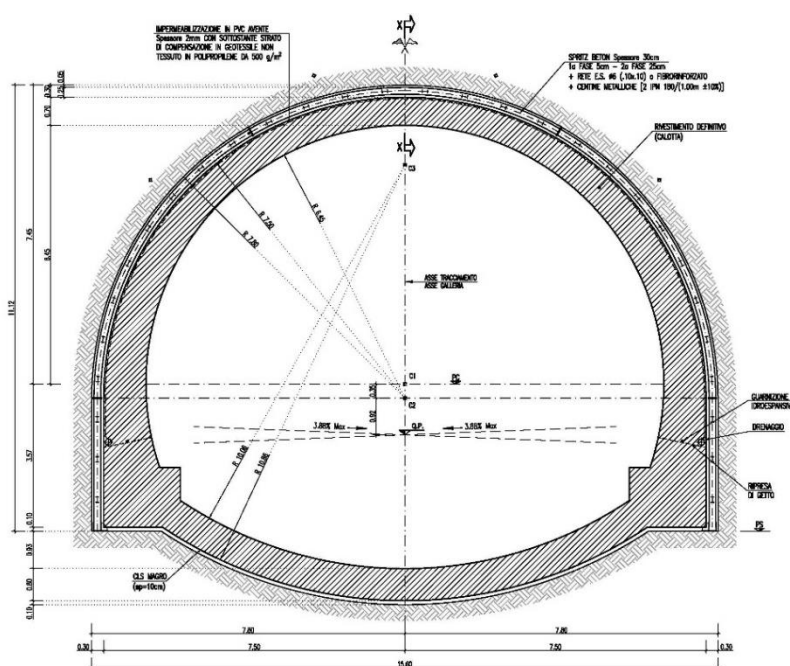


Figura 32: – Sezione tipo B0

Sezione tipo B0V

La sezione tipo B0V si applica in corrispondenza dei tratti in cui l'ammasso roccioso arenaceo presenta uno stato di fratturazione diffusa. Le fasi realizzative sono le seguenti:

- Stabilizzazione del cavo. L'intervento proposto è costituito da una coronella di n° 51 infilaggi metallici $\varnothing 114.3$ mm e spessore 10 mm, iniettati con miscele cementizie con 2 vlv/m, aventi una lunghezza di 14 m con una sovrapposizione di 3 m.
- Scavo a piena sezione con sfondi massimi pari a 1 m.
- Prerivestimento, costituito da 2 centine accoppiate IPN180, con interasse 1 m, rivestite con 0.30 m di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldada $\varnothing 6$ maglia 10x10 cm, di cui 0.05 m di prima fase e 0.25 m di seconda fase.

- d) Muretta ed arco rovescio rappresentano la prima parte del rivestimento definitivo messa in opera e vengono gettate ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri, suscettibile comunque di variazioni in corso d'opera in funzione del comportamento deformativo del cavo. L'arco rovescio ha uno spessore minimo pari a 0.90 m ed entrambe le membrature sono sempre armate.
- e) Rivestimento definitivo. Viene gettato il rivestimento definitivo ad una distanza massima dal fronte pari a 5 diametri, suscettibile comunque di variazioni in corso d'opera in funzione del comportamento deformativo del cavo. Ha uno spessore in calotta variabile tra 0.60 e 1.23 m e non risulta armato.

La Figura 33 riporta la schematizzazione della sezione tipo B0V.

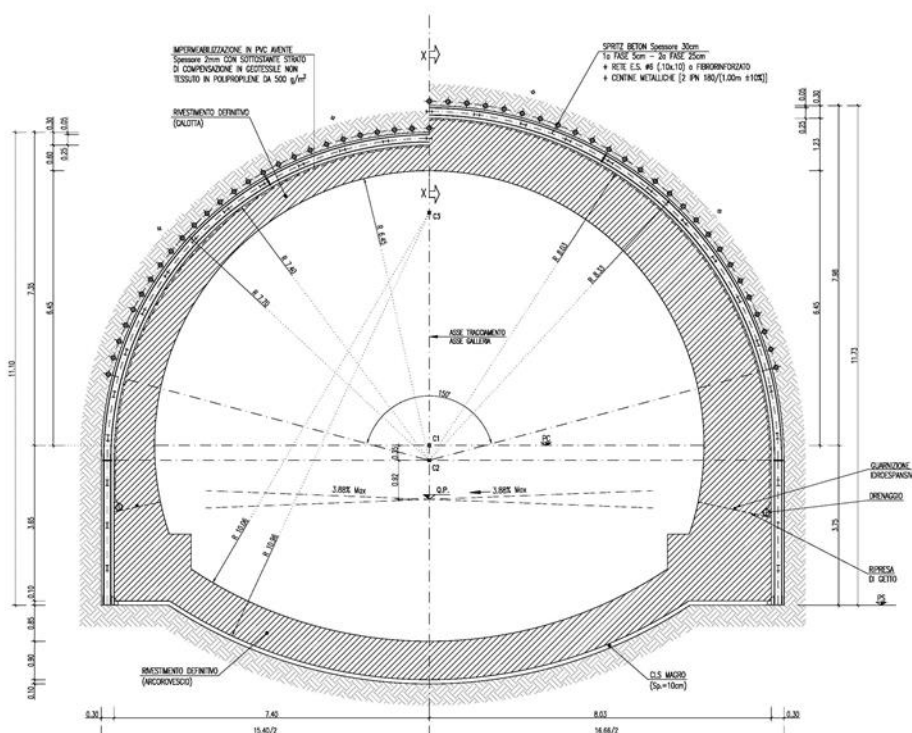


Figura 33: – Sezione tipo B0V

Sezione tipo B2V

La sezione tipo B2V si applica in corrispondenza dei tratti di imbocco, dove la copertura litostatica è ridotta ed il fronte potrà interessare parzialmente materiali sciolti di copertura (Formazione di Cassano Spinola) ed in corrispondenza delle zone di massima copertura interessate dalle Marne di S. Agata. Le fasi realizzative sono le seguenti:

- a) Stabilizzazione del fronte con n° 81 elementi strutturali in VTR cementati, di lunghezza pari a 18 m, con 9 m di sovrapposizione.

- b) Stabilizzazione del cavo. L'intervento proposto è costituito da una coronella di n° 51 infilaggi metallici $\varnothing 114,3$ mm e spessore 10 mm, iniettati con miscele cementizie con 2 vlv/m, aventi una lunghezza di 14 m con una sovrapposizione di 3,00 m. In presenza di formazioni sciolte, il loro interasse dovrà passare da 0,40 m a 0,35 m, portandone il numero a 57.
- c) Scavo a piena sezione con sfondi massimi pari a 1,0 m.
- d) Prerivestimento. costituito da 2 centine accoppiate IPN200, con interasse 1,0 m, rivestite con 0,30 m di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldato $\varnothing 6$ maglia 10x10 cm, di cui 0,05 m di prima fase e 0,25 m di seconda fase.
- e) Muretta ed arco rovescio. Rappresentano la prima parte del rivestimento definitivo messa in opera e vengono gettate ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri, ridotta ad 1 diametro in corrispondenza degli imbocchi, suscettibile comunque di variazioni in corso d'opera in funzione del comportamento deformativo del cavo. L'arco rovescio ha uno spessore minimo pari a 0,90 m ed entrambe le membrature sono sempre armate.
- f) Rivestimento definitivo gettato ad una distanza massima dal fronte pari a 5 diametri, ridotta a 3 diametri in corrispondenza degli imbocchi, suscettibile comunque di variazioni in corso d'opera in funzione del comportamento deformativo del cavo. Ha uno spessore in calotta variabile tra 0,60 e 1,23 m e risulta sempre armato.

La Figura 34 riporta la schematizzazione della sezione tipo B2V.

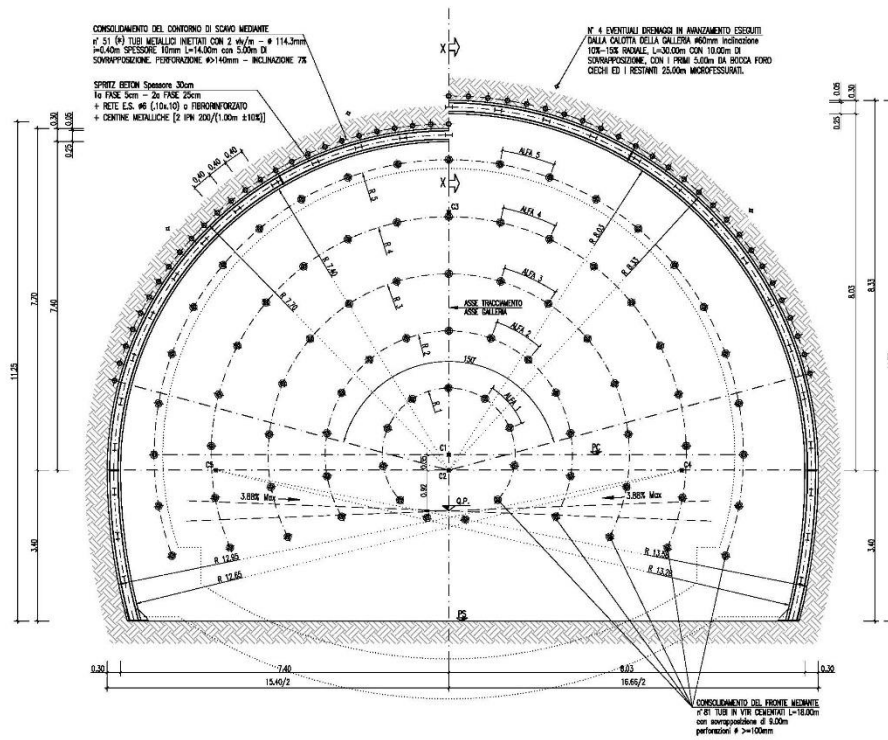


Figura 34: – Sezione tipo B2V

9 OPERE D'ARTE MINORE

9.1 Galleria artificiale – sovrappasso faunistico

La galleria artificiale posta alla progressiva km 0+375 ha uno sviluppo di 150 m.

Essa è inserita al fine di ricostruire la continuità territoriale del bordo della pianura prospiciente la valle incisa del torrente Ellero in destra orografica; alla urgenza ambientale si somma, in ragione non irrilevante, la presenza del campo sportivo che dista 25 m dal ciglio stradale e la cui fruizione non è così disturbata dal traffico che interessa il nuovo asse viario.

In assenza di limiti geometrici specifici la struttura è costituita da una sezione scatolare con altezza interna di 7,35 m, in funzione dell'andamento curvilineo dell'asse con pendenza trasversale del 5,18%; la curva impone anche un allargamento di 95 cm per una larghezza totale interna di 13,15 m.

SEZIONE STRATIGRAFICA B-B

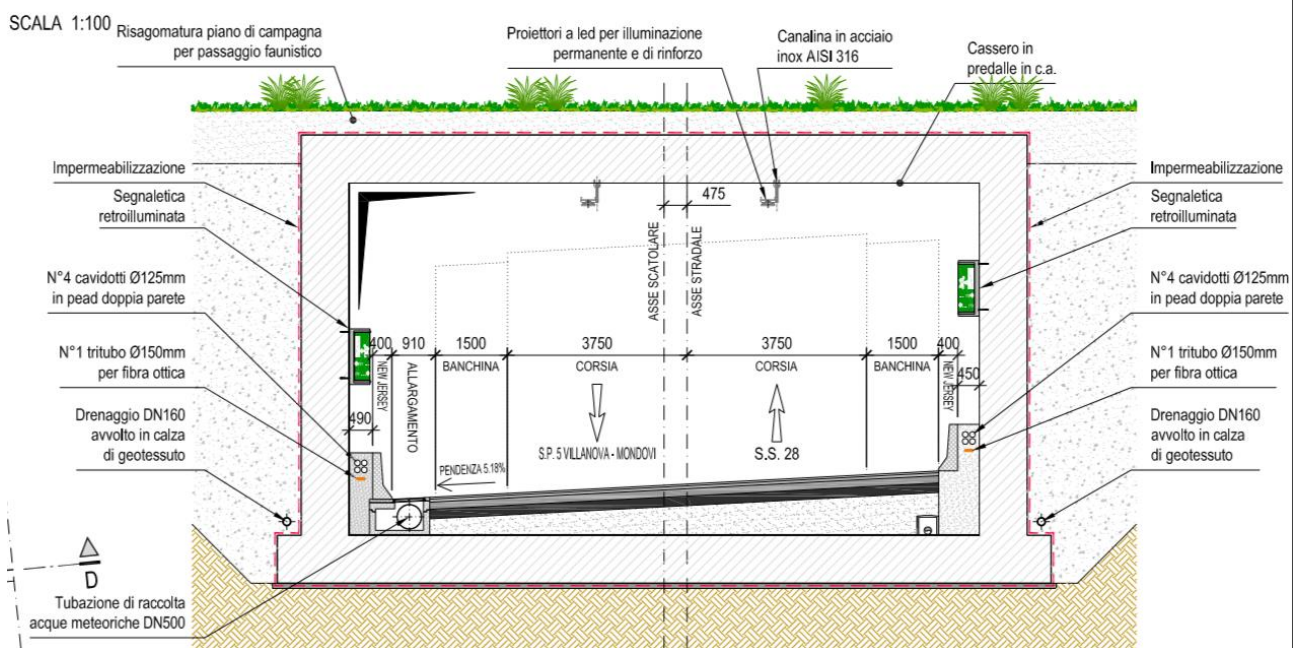


Figura 35: – Sezione tipo Galleria artificiale

La sezione scatolare è prevista in conglomerato cementizio, col solaio gettato in opera su predalle prefabbricate puntellate in fase di getto, e spessore delle pareti di 1 m; lateralmente ai profili redirettivi sono presenti vani di 45 cm destinati a ospitare gli impianti e cavidotti di linea.

L'illuminazione è prevista con due allineamenti di fari a LED.

Per garantire la continuità del piano di campagna la struttura, interamente impermeabilizzata al contorno è ricoperta di terreno vegetale con uno spessore medio di 1 m; a metà del suo sviluppo è ricostituita la continuità dello stradello già presente.

I muri di imbocco sono paralleli all'asse stradale a ovest, sulla scarpata di discesa all'alveo del torrente Ellero, per accompagnare al meglio l'inserimento paesaggistico dell'opera mentre sono perpendicolari ad esse nell'imbocco est sito in trincea, al fine di contenerne l'ingombro.

9.2 Opere di sostegno

9.2.1 Asse principale - Muri

In corrispondenza dell'imbocco est della galleria naturale, vista la natura dei terreni presenti, sono previste delle opere di sostegno a presidio del corpo stradale. L'intervento prevede l'installazione di muri di sostegno di controripa, gettati in opera, che si sviluppano per una lunghezza rispettivamente di 15,10 m sul lato sinistro e di 51,00 m sul lato destro. L'altezza del muro frontale è variabile in funzione della riprofilatura da effettuarsi da 1,55 m a 2,35 m sul lato sinistro e da 1,55 m a 3,75 m sul lato destro. I muri, di modesta geometria, hanno una soletta di fondazione di spessore pari a 0,40 m sul lato sinistro e 0,50 m sul lato destro e uno spessore del muro 0,30 m sul lato sinistro e 0,40 m sul lato destro.

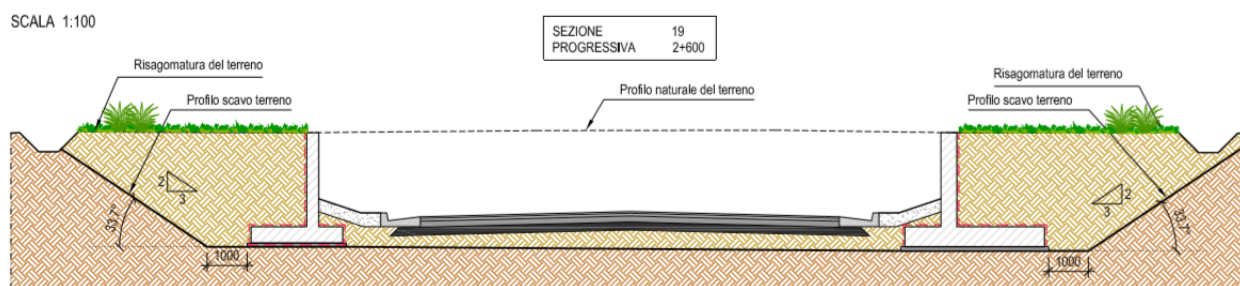


Figura 36: - Muri di sostegno

9.2.2 Asse secondario - Paratia

A monte della futura rotatoria, a sostegno del versante, è prevista una paratia di pali di sviluppo circa 130 m che va a raccordarsi prima e dopo a due muri esistenti.

In particolare, essendo in prossimità di un versante con problematiche di stabilità locali, è stata adottata una soluzione con una doppia fila di pali di diametro 880 mm e interasse 1.10 m, a cavalletto, al luogo di una possibile soluzione con tiranti. Questo inoltre per non interferire con i tiranti già presenti sul muro esistente e di cui non si conosce la loro geometria.

La paratia di pali a cavalletto ha uno sviluppo di circa 50 m mentre i restanti 80 m in cui la paratia presenta uno sbalzo minore di 4.50 m dal piano viabile, a singola fila e sempre con pali di diametro 880 mm e 1.10 m di interasse.

Infine, i pali verranno opportunamente rivestiti mediante una predalles prefabbricata ed un getto integrativo a tergo.

Per facilitare il drenaggio delle acque, probabile causa dei precedenti movimenti del versante, si prevedono n°2 file di drenaggi in senso verticale, di diametro 125 mm e lunghezza 25.0 m ciascuno posti ad interasse longitudinale pari a 9.90 m ed a quinconce in senso trasversale.

10 INSERIMENTO AMBIENTALE

Per un iniziale inquadramento si è scelto di far riferimento alla carta della copertura del suolo relativamente all'ambito di progetto ed al suo intorno. I dati utilizzati sono tratti dal Geoportale della Regione Piemonte.

Il contesto è a prevalente vocazione antropica, in quanto, come si ricava dalla sottostante immagine, la categoria prevalente è la 1 Superfici artificiali, seguono le 2 Superfici agricole utilizzate e le 5 Corpi idrici.

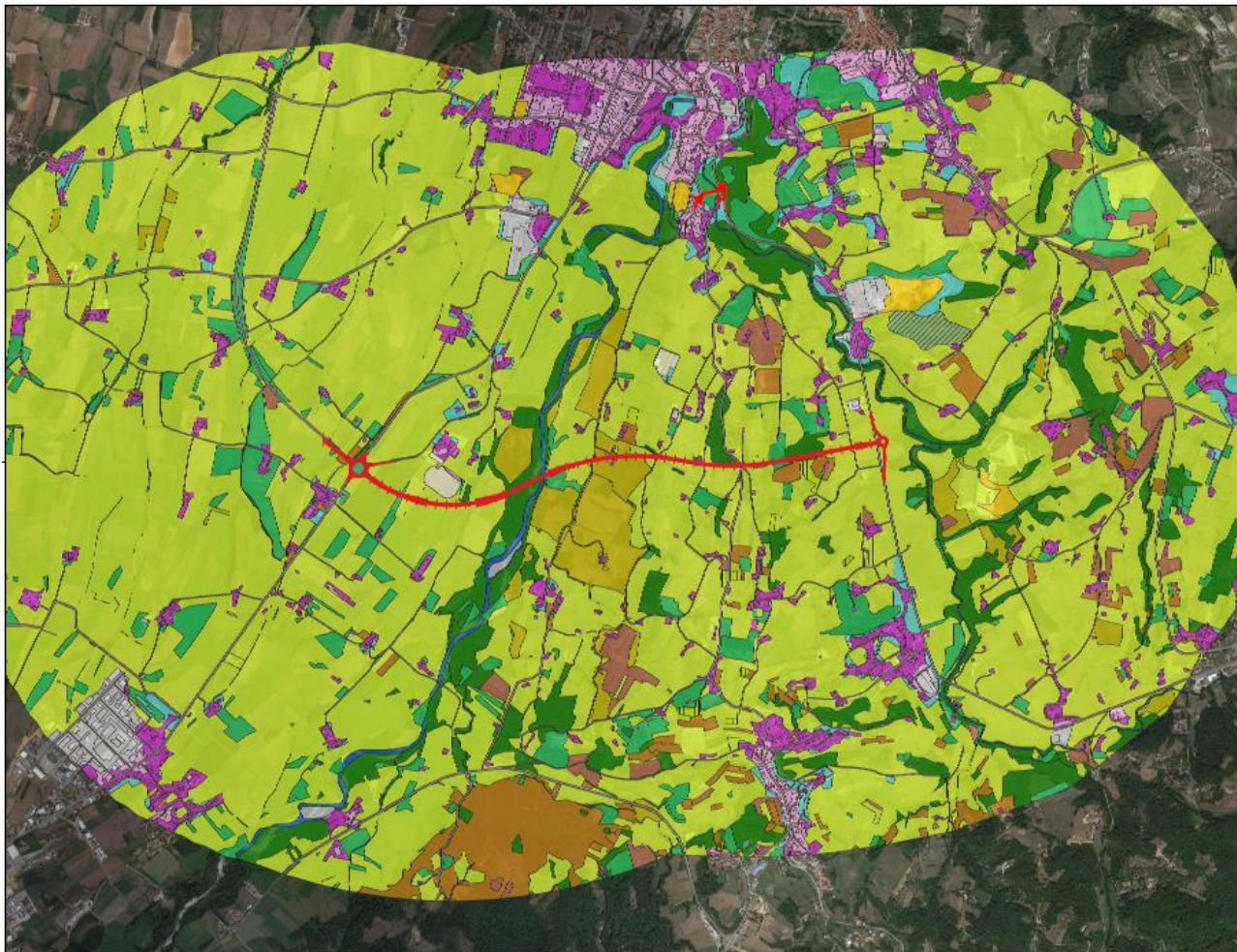


Figura 37 Carta dell'uso del suolo.

Copertura del suolo - Corine Land Cover 2010

	111 - Zone residenziali a tessuto continuo
	112 - Tessuto urbano discontinuo
	121 - Aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati
	122 - Reti stradali, ferrovie e infrastrutture tecniche
	131 - Aree estrattive
	141 - Aree verdi urbane
	142 - Aree ricreative e sportive
	211 - Terreni arabili in aree non irrigue
	212 - Seminativi in aree non irrigue
	221 - Vigneti
	222 - Frutteti
	224 - Altre colture permanenti
	231 - Superfici a copertura erbacea: graminacee non soggette a rotazione
	311 - Boschi di latifoglie
	322 - Brughiere e cespuglieti
	511 - Corsi d'acqua, canali e idrovie

10.1 Morfologia del paesaggio

Attraverso il modello digitale del terreno è stato possibile analizzare specifici aspetti afferenti la morfologia del paesaggio.

Le fasce altimetriche sono state ricavate per interpolazione geometrica del modello digitale del terreno dell'ambito interessato dal progetto.

Il modello digitale del terreno (DTM) rappresenta una superficie nella quale i valori dei pixel indicano la quota di un punto. Suddividendo il DTM in 10 range si sono ottenute le fasce altimetriche che rappresentano la porzione di territorio caratterizzato dal medesimo intervallo di quota.

MODELLO DIGITALE DEL TERRENO
ALTIMETRIA - SC. 1:20.000

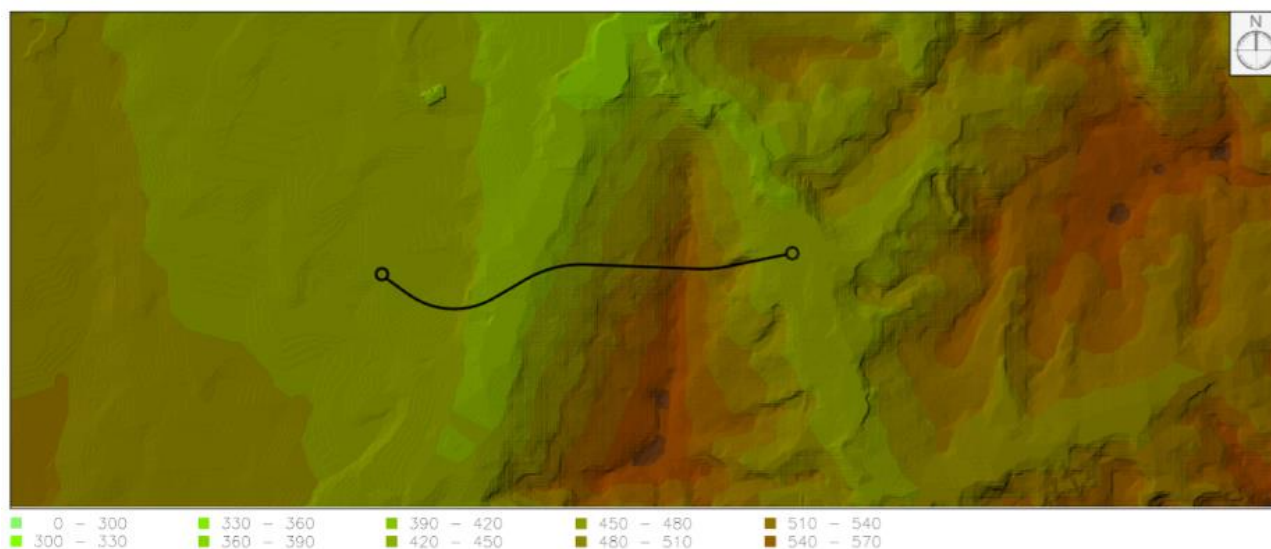


Figura 38-39 DTM Altimetria.

La carta dell'esposizione dei versanti è una mappa che descrive zona per zona l'orientamento rispetto ai punti cardinali di tutti i versanti dell'ambito analizzato.

Il risultato è una cartografia in cui ad ogni colore corrisponde una differente esposizione rispetto al Nord. L'esposizione di un versante indica la direzione verso cui guarda un pendio, fattore che determina variazioni di esposizione alla luce solare e ai venti che sono le condizioni che determinano la temperatura e l'umidità del suolo.

L'esposizione di una superficie esprime l'orientamento dei versanti rispetto ai punti cardinali. Può essere considerato come il calcolo della direzione della (massima) pendenza.

MODELLO DIGITALE DEL TERRENO
ESPOSIZIONE DEI VERSANTI - SC. 1:20.000

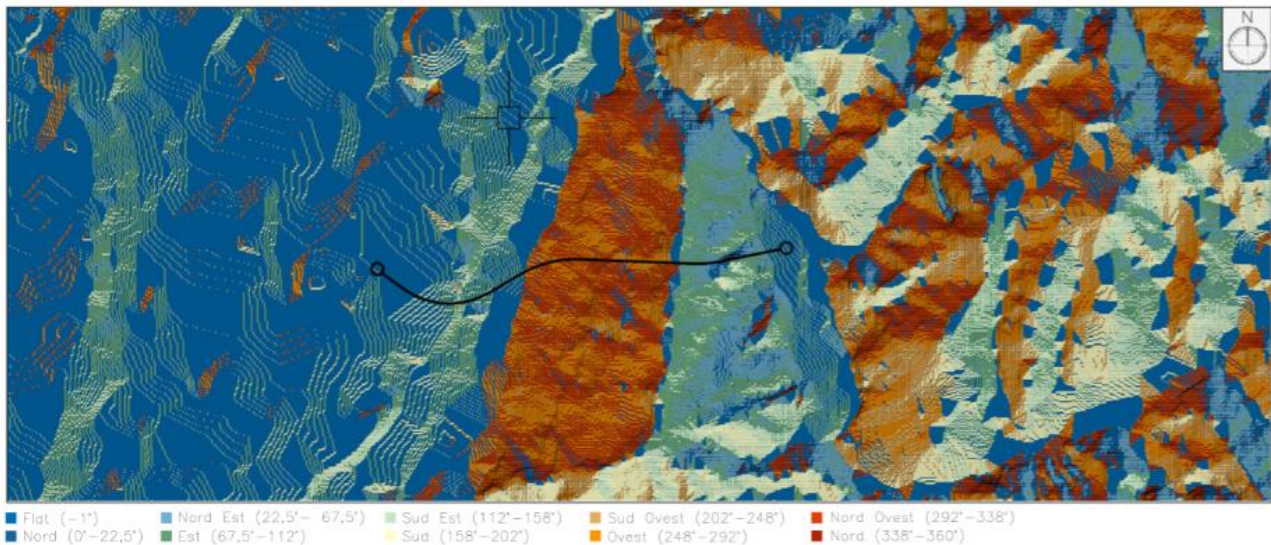


Figura 40 DTM Esposizione.

Il parametro acclività rappresenta un elemento geometrico molto importante in quanto influisce:

- sulla stabilità dei versanti, determinando un aumento della frequenza di instabilità all'aumentare della pendenza,
- sul comportamento delle acque in termini di dinamica erosiva,
- sul clima, dato che la quantità di energia solare che arriva in superficie dipende dall'inclinazione di quest'ultima.

La carta delle pendenze o clivometria rappresenta l'acclività del terreno misurata in percentuale.

MODELLO DIGITALE DEL TERRENO
CLIVOMETRIA - SC. 1:20.000

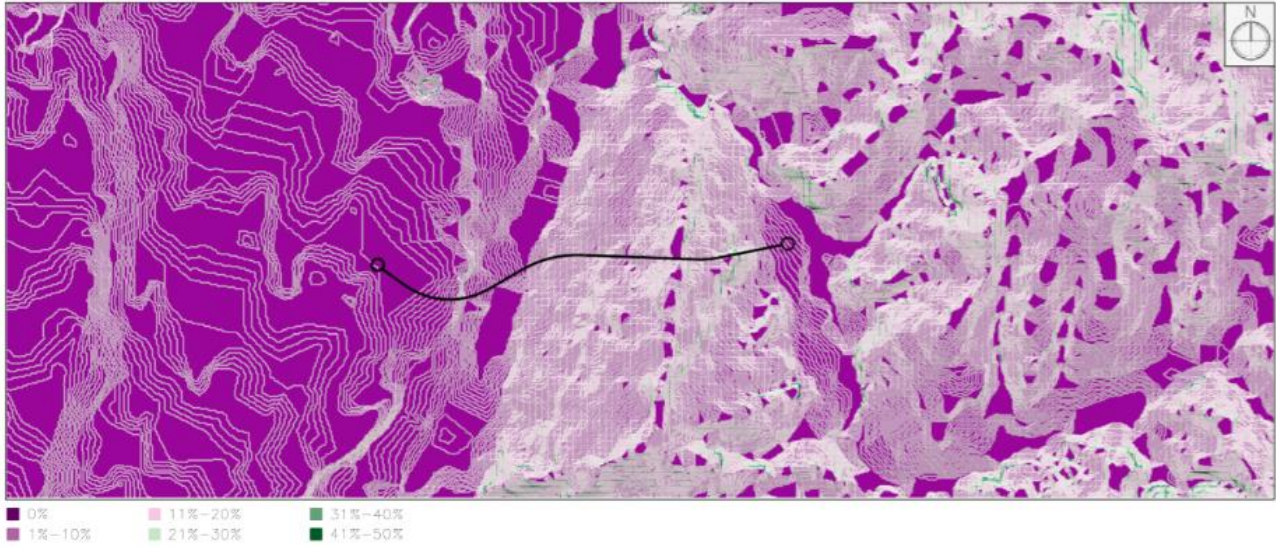


Figura 41 DTM Clivometria.

10.2 Inquadramento geologico e geomorfologico

Con riferimento alla relazione geologica di progetto, si evidenzia che il modello geologico di riferimento assunto per la progettazione è basato sull'esame e confronto della documentazione bibliografica disponibile, sugli esiti dei rilievi geologici di superficie ed infine sulle risultanze delle indagini geognostiche eseguite nelle diverse fasi progettuali e reperite nell'intorno dell'asse di progetto. Si riporta in tal senso un estratto della carta geologia di progetto.

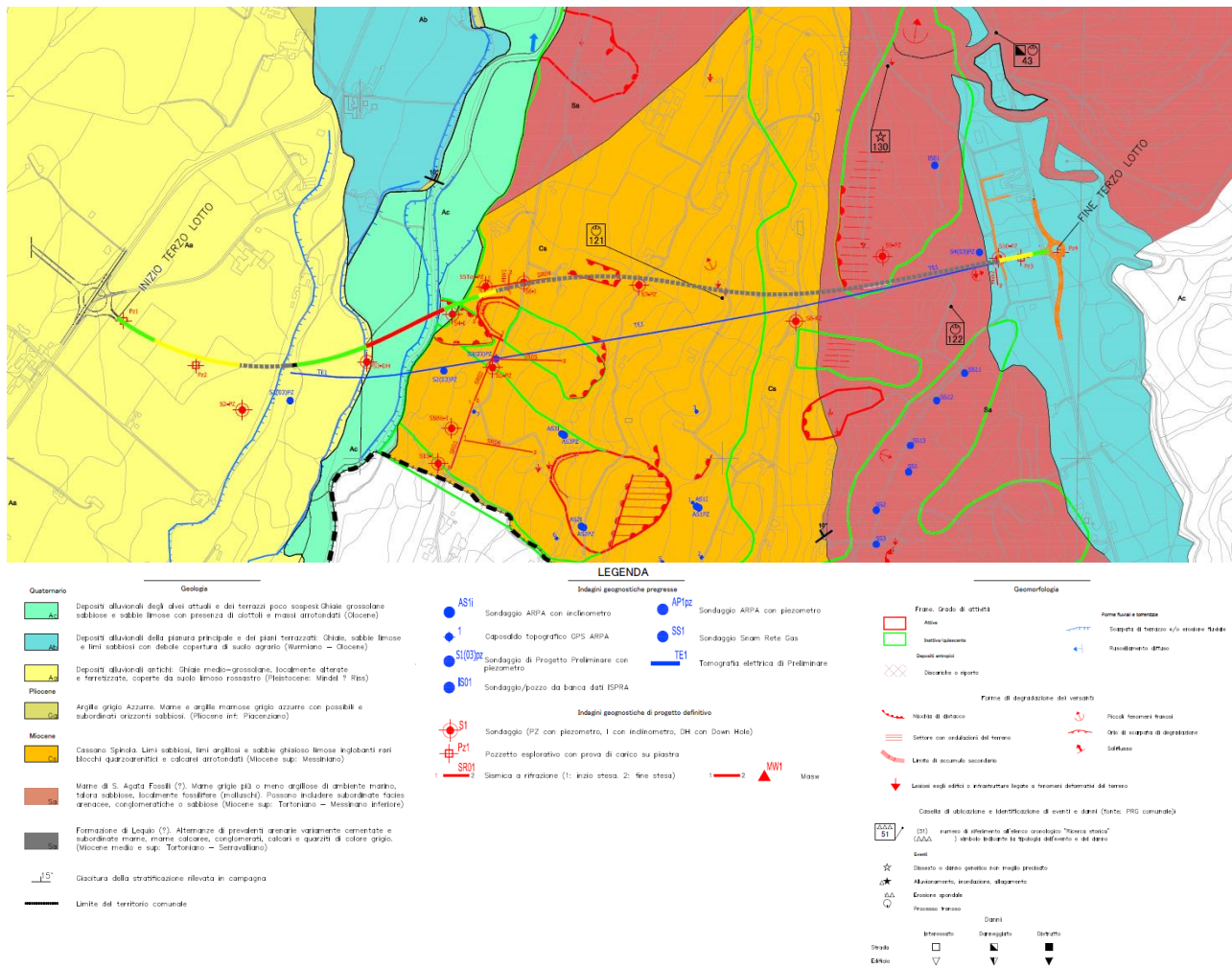


Figura 42 Stralcio carta Geologica e geomorfologica.

Con specifico riferimento all'estratto cartografico sopra riportato si evidenzia che:

Ai due estremi dell'asse stradale in progetto sono presenti depositi alluvionali antichi e terrazzati sabbioso limosi o limoso sabbiosi con ghiaia, e depositi alluvionali attuali e recenti grossolani dei fondovalle dell'Ermena e dell'Ellero con presenza di grossi massi arrotondati.

La gola del fiume Ellero si caratterizza per la presenza di terrazzi e scarpate di erosione entro cui affiorano depositi alluvionali sabbioso limosi ben addensati ed a tratti debolmente cementati con presenza a diverse quote di ciottoli e massi eterogenei, anche grossolani, che testimoniano condizioni di elevata energia.

In alveo si osservano depositi alluvionali attuali grossolani variabili dalla ghiaia ai ciottoli con blocchi grossolani, anche superiori al metro di diametro, quasi sempre ben arrotondati;

In sponda destra, al piede della collina di S Lorenzo e in prossimità dell'alveo, lo scavo di alcuni canali di drenaggio ha messo in luce un deposito alluvionale sabbioso ghiaioso con ciottoli e blocchi arrotondati.



Figura 43 Fondovalle del Torrente Ellero con presenza di ciottoli e blocchi arrotondati anche grossolani

In sponda sinistra dell'Ellero, poco a valle dell'asse progettuale, l'erosione del corso d'acqua ha messo in luce un affioramento di Argille marnose grigio azzurre molto consistenti, riscontrate anche nel corso dei sondaggi, immergenti verso NNE con inclinazione non superiore a 10°



Figura 44 *Marne grigio azzurre consistenti immergenti verso NNE con inclinazione non superiore a 10° in sponda sinistra dell'Ellero*

Verso fine intervento il passaggio fra la collina di S Lorenzo e la piana del Torrente Ermena è sfumato e graduale. Non sono presenti affioramenti naturali mentre lungo alcuni scavi recentemente effettuati per la posa del metanodotto si è osservato un deposito di copertura sabbioso limoso o limoso sabbioso di spessore metrico.

La collina di S Lorenzo vede la presenza di un substrato prevalentemente marnoso con subordinate intercalazioni di arenarie, sabbie, ghiaie e conglomerati, riscontrato nel corso di diversi sondaggi del 2003 e 2019 ed attribuito nel presente lavoro, in coerenza con la carta geologica del Piemonte al 250.000, con il lavoro di Vigna et al (2019) e in buona coerenza con la carta geologica del PRG, alla Formazione delle Marne di S. Agata Fossili avente giacitura immergente verso NW con debole inclinazione.

I sondaggi più profondi posti lungo lo sviluppo della galleria eseguiti nel 2019 (S7 – S8 – S9) al di sotto dell'unità prevalentemente marnosa con subordinate intercalazioni arenacee hanno riscontrato un'unità arenaceo sabbiosa con subordinate intercalazioni marnose, conglomeratiche e calcareo marnose interpretata, secondo un criterio stratigrafico come la Formazione di Lequio.

Gli stessi sondaggi hanno messo in luce rare intercalazioni quarzoarenitiche e locali orizzonti descritti come livelli brecciati sia nelle Marne di S Agata che nella Formazione di Lequio.

10.3 Inquadramento idrogeologico

Dall'insieme delle informazioni disponibili e con riferimento al tracciato stradale si evince che nelle piane alluvionali dell'Ellero e dell'Ermèna i depositi alluvionali sono sede di una falda idrica sostenuta dal sottostante substrato poco permeabile. La soggiacenza è modesta e compresa entro i 4-5 m da p.c. con punte di falda a piano campagna in zona d'alveo.

Nella porzione inferiore del versante occidentale della dorsale di S. Lorenzo la falda è superficiale, compresa fra piano campagna e 4 m da p.c., contenuta nella formazione di Cassano Spinola in appoggio sul substrato marnoso. Nel versante orientale si attesta a 4 m da p.c. nei terreni sabbioso limosi in appoggio sul medesimo substrato ma, come si evince dai dissesti segnalati, si ritiene che a seguito di eventi meteorici intensi possa portarsi in prossimità del piano campagna.

Lungo la dorsale nel tratto attraversato in galleria naturale la falda si attesta a profondità variabili da pochi metri a 40 m al di sopra della calotta.

Pertanto gli scavi in zona d'imbocco interferiranno con una falda contenuta in terreni a modesta permeabilità corresponsabile dei fenomeni di dissesto riscontrabili lungo i versanti. In profondità la galleria intercetterà terreni granulometricamente eterogenei dove le prove eseguite hanno evidenziato condizioni generali di modesta permeabilità.

In funzione anche della granulometria prevalente nelle Marne di S Agata Fossili saranno da attendersi generali condizioni di umidità o stillicidio. Possibili condizioni di stillicidio intenso fino a venute concentrate potranno attendersi in corrispondenza degli orizzonti prevalentemente arenaceo sabbiosi della formazione di Lequio, i quali drenano i terreni circostanti. Tali venute appartengono ad una falda scarsamente alimentata e potranno nel tempo diminuire fino ad esaurirsi.

Per quanto attiene la zona del Rione Borgato il piezometro installato nel sondaggio S11 rileva la falda a circa 5 m da p.c. in seno al substrato marnoso, probabilmente richiamata dalla vicina e profonda incisione dell'Ermèna. Entro ai depositi alluvionali terrazzati la falda, supportata dallo stesso substrato, si trova a modesta profondità da piano campagna.

Si riporta di seguito un estratto della Carta Idrogeologica elaborata per il presente studio.

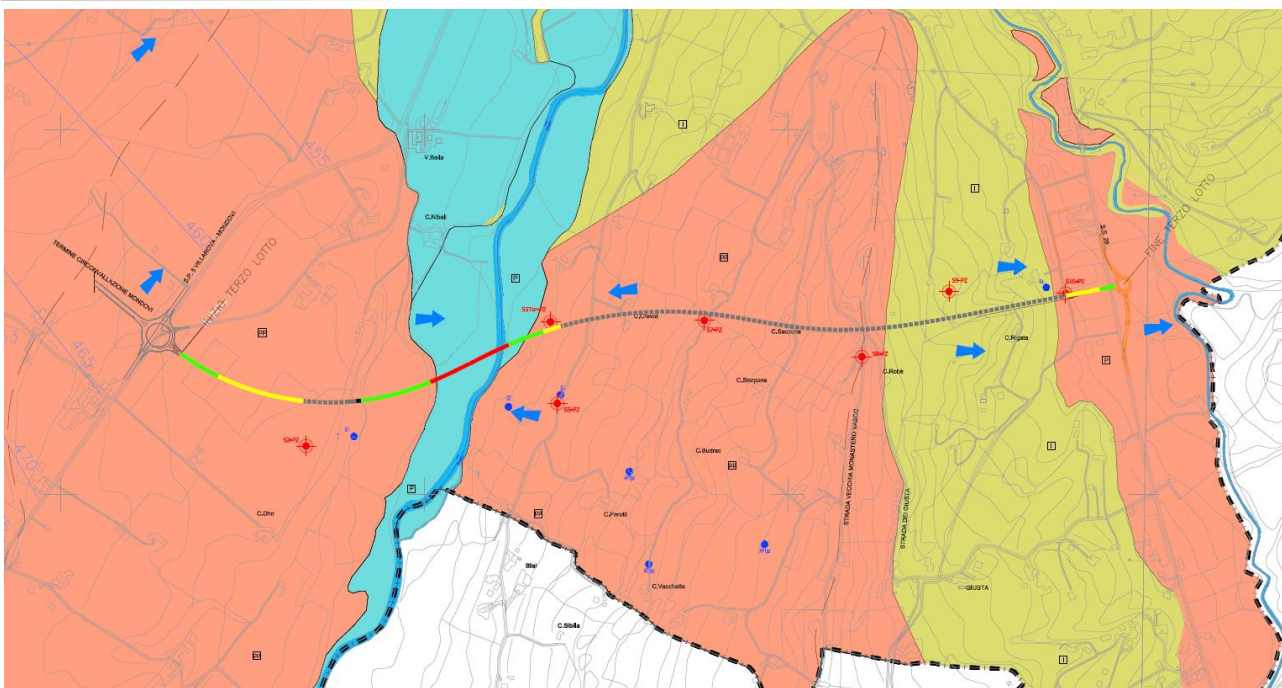


Figura 45 Estratto dalla Carta Idrogeologica elaborata per il presente studio

- Terreni permeabili per porosità. $K = 10^{-3}$ m/s
Ghiaie grossolane con ciottoli, ghiaie sabbiose e sabbie debolmente limose, con anche debole copertura di suolo agrario. (Unità: Aa: Alluvioni attuali).
- Terreni da mediamente a poco permeabili per porosità. $K = 10^{-5} - 10^{-6}$ m/s
Ghiaie medie o grossolane limose, localmente alterate, ferretizzate o cementate con copertura limosa. Limi sabbioso argillosi e sabbie limose.
Unità Aa: Alluvioni antiche; Ac: Alluvioni terrazzate; Cs: Cassano Spinola
- Terreni impermeabili con locali e subordinati livelli permeabili $K < 8 \times 10^{-7}$
Marne, argille e marne sabbiose. Possono contenere intercalazioni sabbiose o arenacee permeabili per fratturazione o porosità
(Unità Ga: Argille grigie; Sa: F.ne Marne S Agata; L: F.ne Lequio)

- 465
Curve isopiezometriche con indicazione della quota della falda (m.s.l.m., da PRG comunale) e della probabile direzione di deflusso
- 68
Pozzi (riferimento a elenco PRG comunale)
- S3
Sondaggio attrezzato con piezometro
- Sorgenti
- Alvei dei corsi d'acqua principali con direzione di deflusso
- Limiti dei bacini idrografici
- Limite del territorio Comunale

- S5-PZ
Sondaggio di progetto definitivo attrezzato con piezometro

Letture piezometri di Progetto preliminare		
Strumento	Data	Misura (m da p.c.)
S1	Settembre 2003	4,2
S2	Settembre 2003	2,1
S3	Settembre 2003	4,3
S4	Settembre 2003	3,8

Letture piezometri ARPA			
Strumento	Misura zero (m da p.c.)	Minimo (m da p.c.)	Massimo (m da p.c.)
AP1	Strumento abbandonato		
AP2	7,04	6,60	9,94
AP3	10,84	10,90	11,80

NOTE: Letture effettuate al termine della perforazione

NOTE: Monitoraggio in continuo. Letture effettuate nel periodo compreso il fra 28.04.2012 e il 07.11.2013

Letture piezometri di Progetto Definitivo (installazione anno 2019)								
Data	21.06.19	16.07.19	01.08.19	22.08.19	06.09.19	19.09.19	10.10.19	
Strumento	m. pc	m. pc	m. pc	m. pc	m. pc	m. pc	m. pc	
S2-PZ	5,75	5,73	5,73	5,21	4,39	3,92	3,40	
S5-PZ			4,21	4,11	4,19	4,18	4,35	
S5ter-PZ			0,10	0,00	0,00	0,10	0,31	
S7-PZ								24,00
S8-PZ				71,85	71,72	72,25	73,00	
S9-PZ							20,20	
S10-PZ		4,21	4,21	5,03	5,12	5,69	5,75	
S11-PZ		3,51	3,55	4,53	4,70	4,88	5,10	

10.4 Inquadramento floristico ed ecosistemico

Un primo inquadramento vegetazionale si può realizzare attraverso l'utilizzo delle "Tipologie Forestali" individuate nella pubblicazione: "La vegetazione Forestale del Veneto – Prodrumi di tipologia forestale" di R. Del Favero ed altri (1990) e integrate con la pubblicazione "Biodiversità e indicatori nei tipi forestali del Veneto" di R. Del Favero ed altri (1999). L'utilizzo delle tipologie individuate nelle suddette pubblicazioni è previsto anche dalla normativa regionale in materia di pianificazione forestale.

Il paesaggio, in cui rientra anche l'area in esame, nel suo aspetto più tipico è quello del passaggio dalla pianura ai rilievi collinari, in cui le colture agricole si alternano in base alla morfologia del terreno.

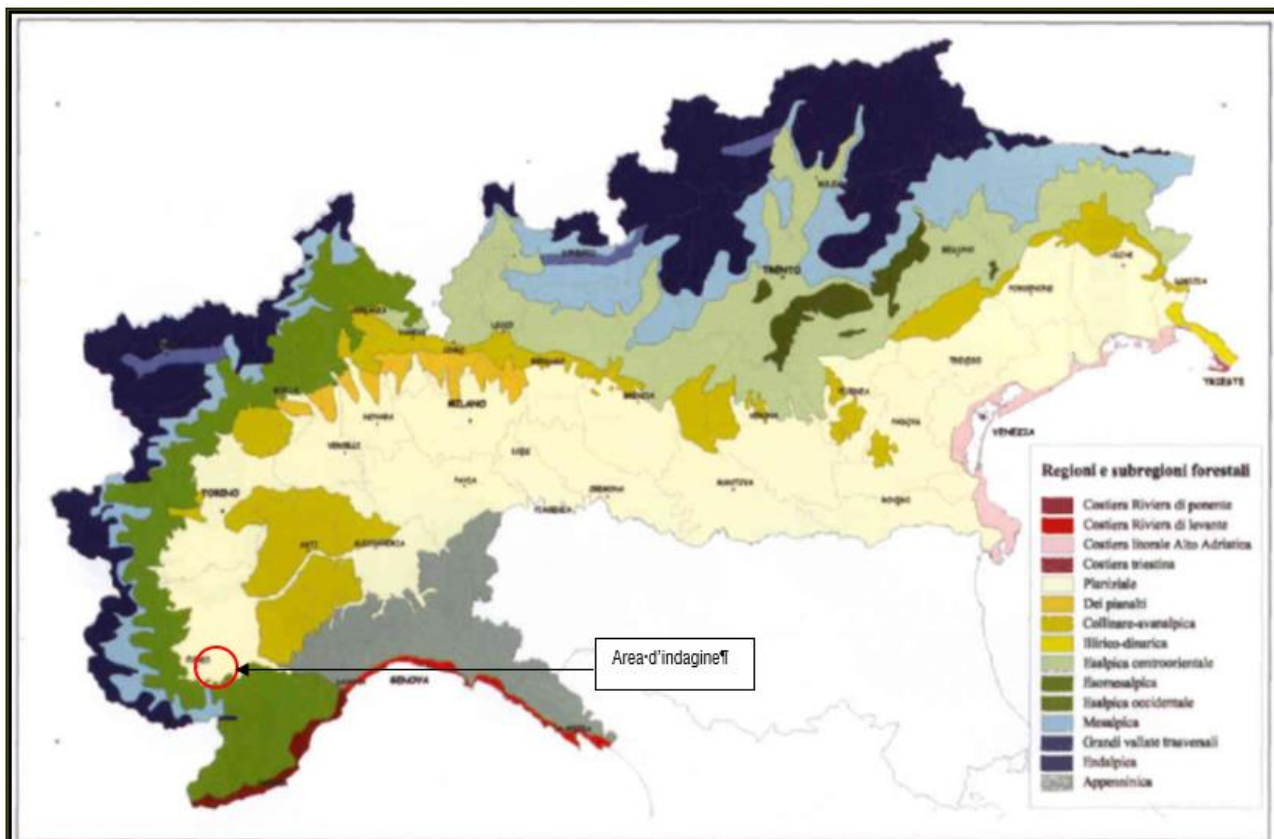


Tavola II - Distribuzione delle regioni forestali nel territorio considerato. La carta, rilevata alla scala 1:200.000, è visibile con maggiore dettaglio nell'allegato CD-rom.

Figura 46 Estratto della "Carta delle distribuzioni delle Regioni Forestali" (Fonte: "I Boschi delle regioni Alpine Italiane" di R. Del Favero ed altri 2004)

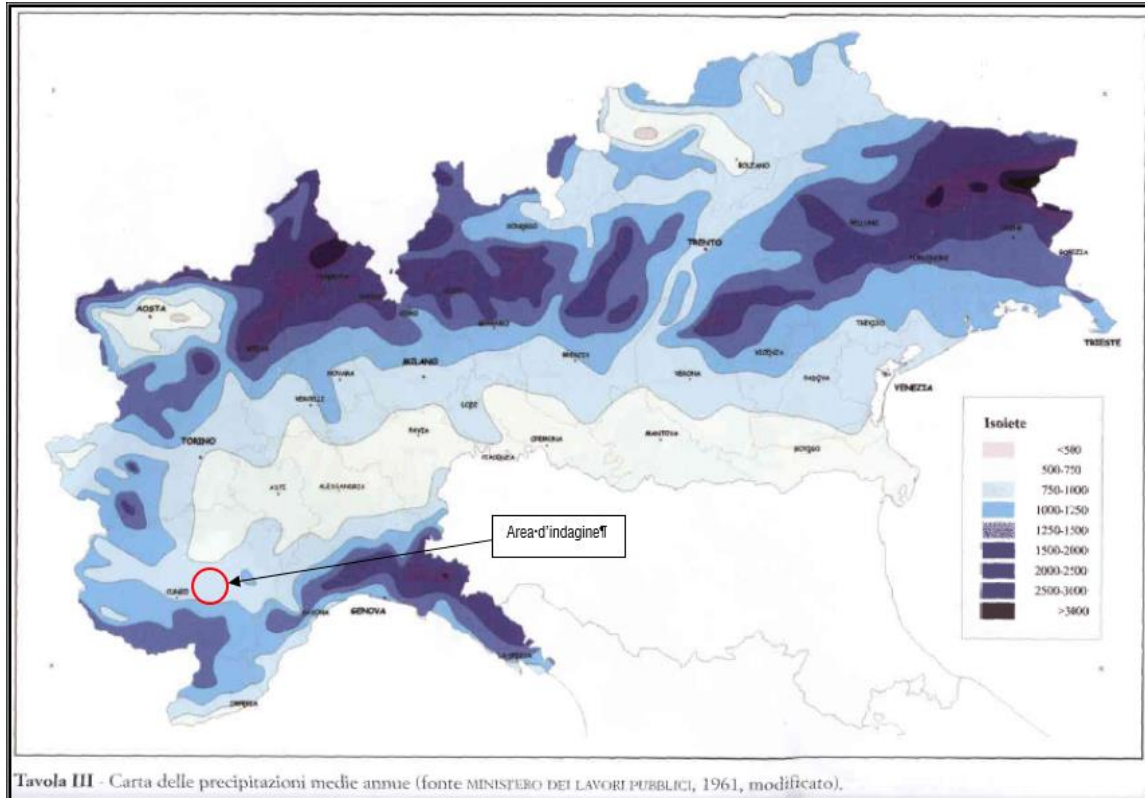


Figura 47: Estratto della “Carta delle precipitazioni medie annue” (Fonte: “I Boschi delle regioni Alpine Italiane” di R. Del Favero ed altri 2004)

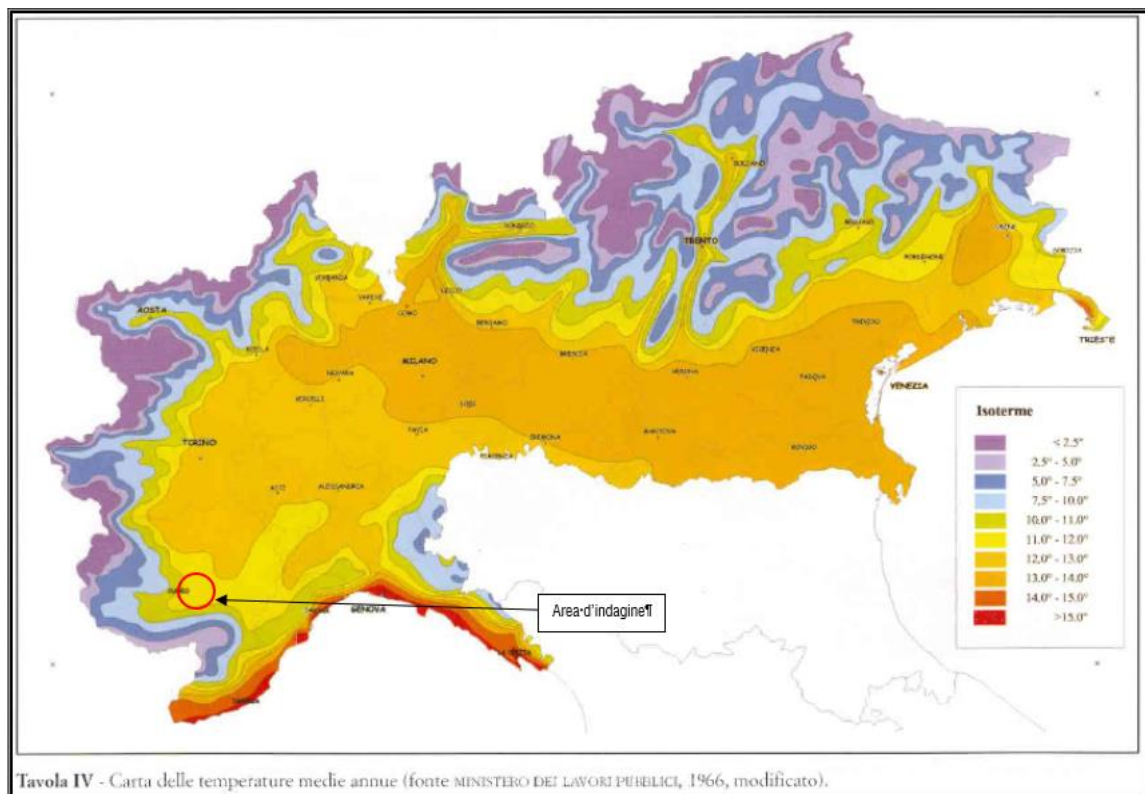


Figura 48 Estratto della “Carta delle temperature medie annue” (Fonte: “I Boschi delle regioni Alpine Italiane” di R. Del Favero ed altri 2004)

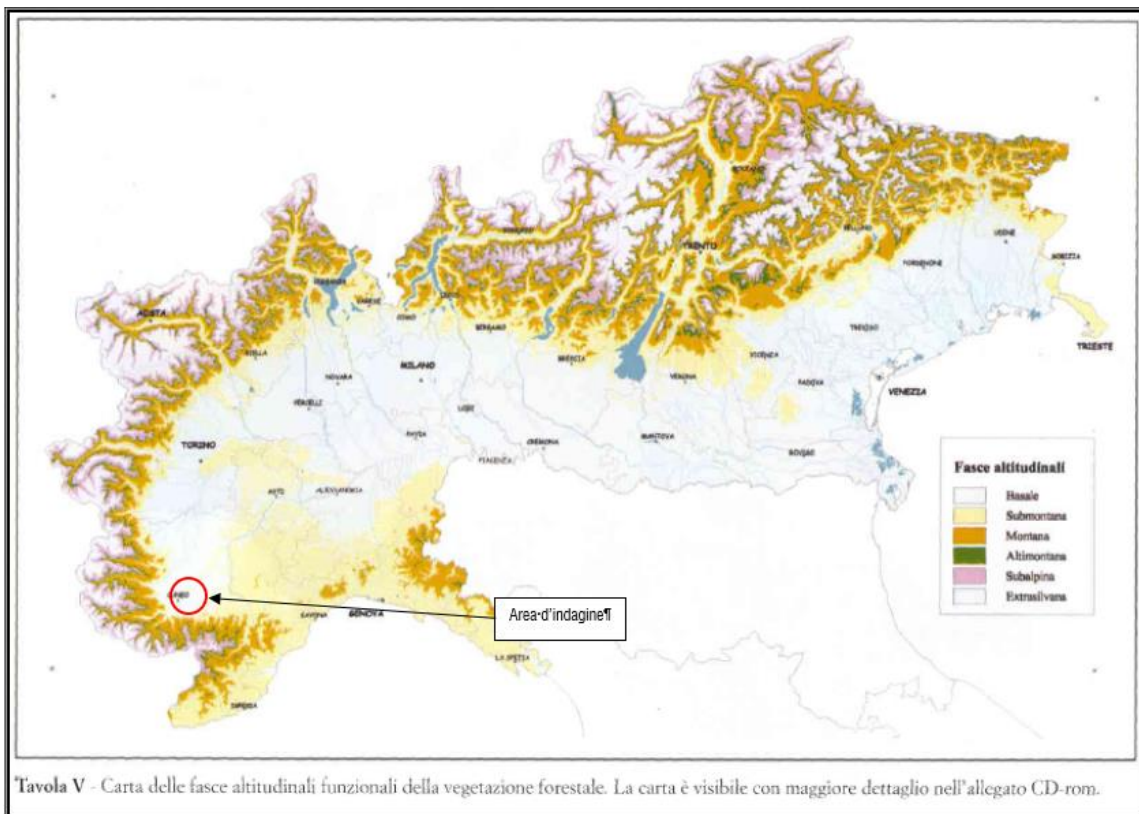


Figura 49 Estratto della “Carta delle fasce Altitudinali Funzionali della Vegetazione Forestale” (Fonte: “I Boschi delle regioni Alpine Italiane” di R. Del Favero ed altri 2004)

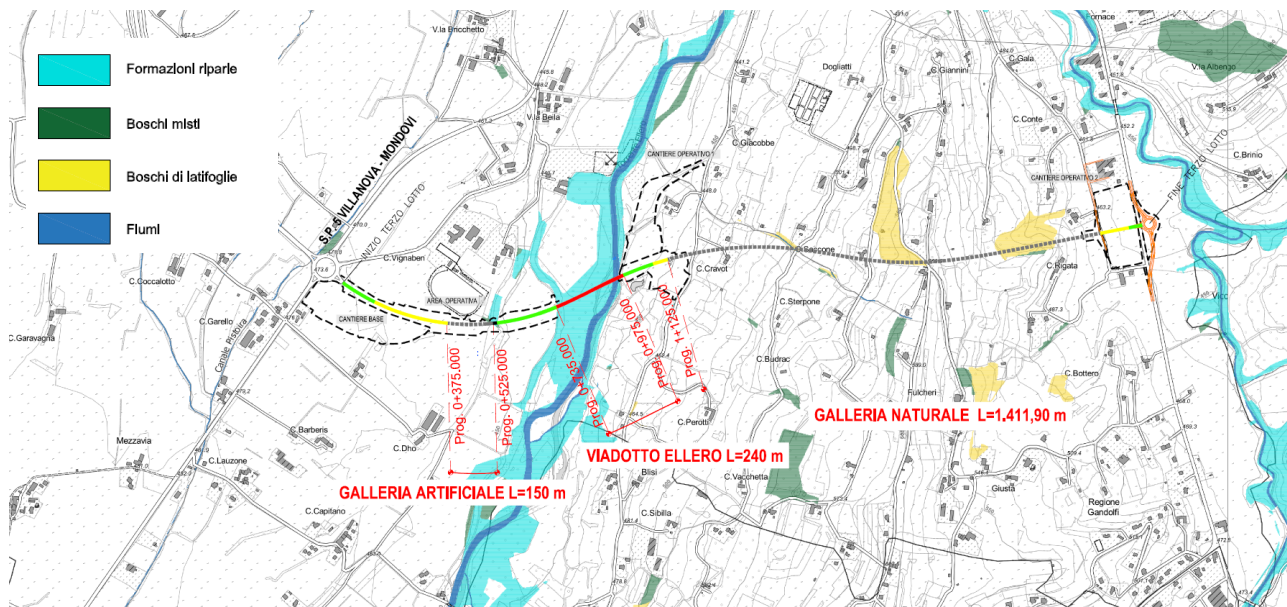


Figura 50 Carta delle categorie forestali della provincia di Cuneo.

Come si rileva dalla figura precedente l'area interessata dal tracciato attraversa alcune aree boscate quali Querceti, Robiieti, Saliceti e pioppeti ripari. Gli interventi di realizzazione interesseranno in ogni caso solo le formazioni riparie essendo il tracciato per la maggior parte interrato.

10.5 Inquadramento paesaggistico

Il contesto in cui si inserisce il progetto, all'interno del comune di Mondovì, è prevalentemente agricolo, a destinazione seminativo e con presenza di limitate aree destinate a prato/pascolo. La maggior parte del tracciato della variante di Mondovì si sviluppa in galleria e l'unica interferenza con vegetazione boscata si ha in corrispondenza del viadotto sul torrente Ellero, in quanto verrà interessata l'esistente vegetazione riparia presente in corrispondenza delle opere di progetto previste.

L'opera a Rione Borgato si inserisce in un contesto in parte urbanizzato, con presenza di abitazioni ed aree verdi urbane. Le aree adiacenti al torrente Ermena sono classificate come prati/pascolo, ma vi è comunque una certa presenza di vegetazione riparia arborea ed arbustiva lungo il torrente.

Di seguito si riporta un estratto della Carta del Contesto in cui si riportano i vincoli e gli elementi generatori di vincoli presenti nell'area di interesse.

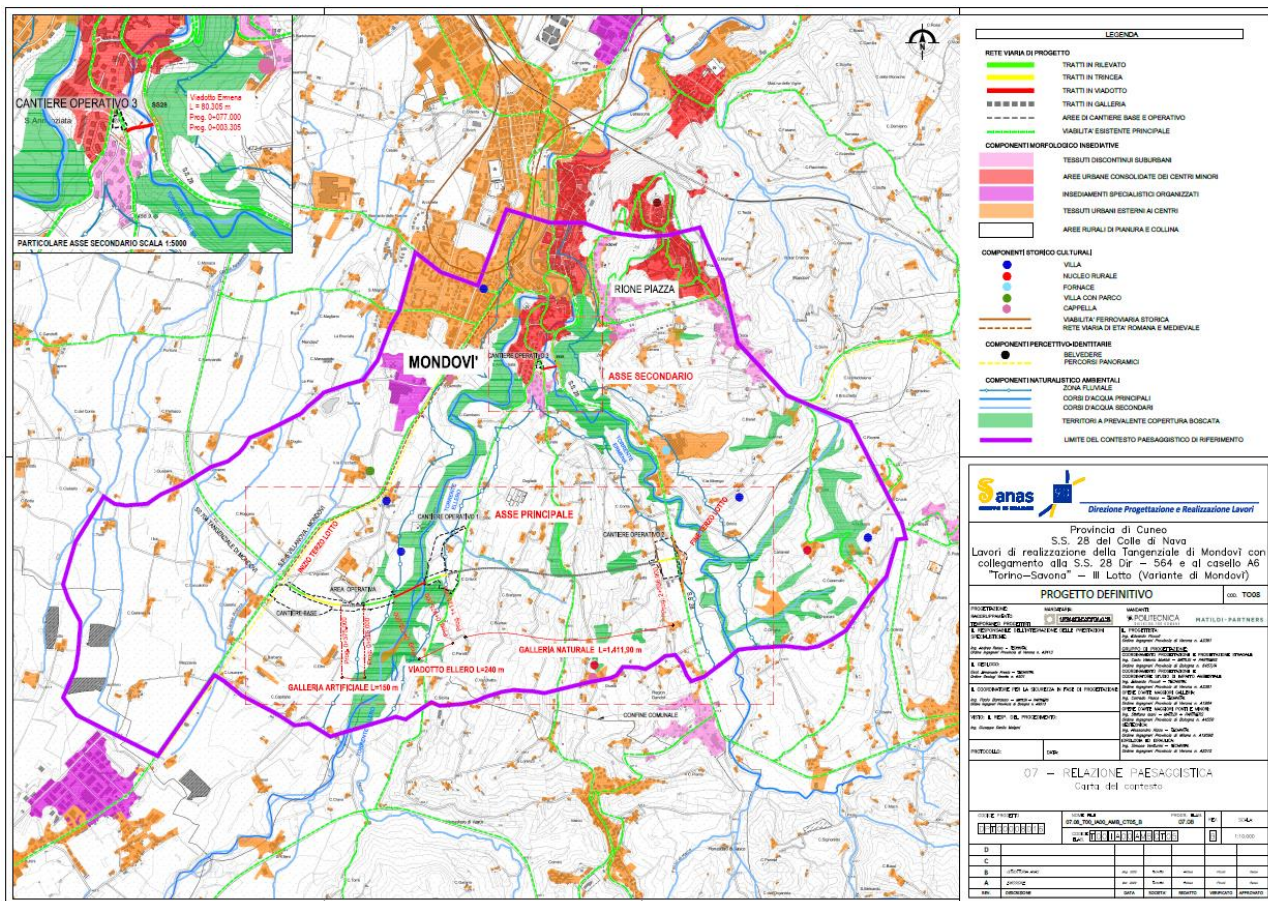


Figura 51 Carta del Contesto Paesaggistico.

11 PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Il PMA indica l'insieme dei controlli, effettuati periodicamente o in maniera continua, da attuarsi durante le fasi ante-corso-post operam, attraverso la rilevazione e misurazione nel tempo di determinati parametri biologici, chimici e fisici che caratterizzano le componenti ambientali potenzialmente impattate, in modo significativo e negativo, dalla realizzazione e/o dall'esercizio dell'intervento in progetto.

Alla luce del contesto territoriale attraversato e della tipologia di lavorazioni da effettuare per la costruzione dell'infrastruttura in oggetto, le componenti che si ritiene significativo monitorare sono:

- atmosfera
- acque superficiali
- acque sotterranee
- suolo
- vegetazione
- fauna
- ecosistemi
- rumore e vibrazioni
- paesaggio

La scelta della localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio è stata effettuata sulla base delle analisi e delle valutazioni condotte nell'ambito del progetto. Si è tenuto conto di:

- eventuale presenza di recettori sensibili,
- presenza di aree sensibili o vulnerabili nel contesto di progetto,
- punti e aree rappresentative delle aree potenzialmente interferite in corso d'opera ed in post operam.

Si precisa che la localizzazione effettiva dei punti di monitoraggio potrà essere rimodulata in funzione delle esigenze riscontrate in fase di cantiere.

Il monitoraggio si compone di due tipologie distinte di attività:

- monitoraggio "esteso": sviluppato lungo tutto il tracciato di progetto per una fascia di indagine sufficientemente ampia attorno ad esso;
- monitoraggio "puntuale": limitato a specifiche aree con presenza di potenziali impatti all'interno delle quali possono essere svolte una o più differenti tipi di indagine.

Di seguito è sintetizzata la tipologia di monitoraggio applicata per ogni componente:

Componente ambientale	Monitoraggio areale	Monitoraggio puntuale
Atmosfera		X
Acque superficiali		X
Acque sotterranee		X
Suolo	X	
Vegetazione	X	
Fauna	X	
Ecosistemi	X	
Rumore/vibrazioni		X
Paesaggio	X	

Monitoraggio Ante Operam (MAO), verrà eseguito prima dell'avvio dei cantieri con lo scopo di:

- fornire una descrizione dello stato dell'ambiente prima della lavorazione;
- fungere da base per la previsione delle variazioni che potranno intervenire durante la costruzione, proponendo le eventuali contromisure. Tali dati dovranno essere rappresentativi delle diverse stagionalità;
- costituire, per quanto possibile, il livello iniziale di riferimento cui rapportare gli esiti delle campagne di misura in corso d'opera (stato 'di bianco').

Per il MAO sono previsti 6 mesi di monitoraggio.

Monitoraggio In Corso d'Opera (MCO), verrà eseguito per tutta la durata del cantiere con l'obiettivo di:

- documentare l'evolversi della situazione ambientale ante operam al fine di verificare che la dinamica dei fenomeni ambientali sia coerente rispetto alle previsioni dello studio d'impatto ambientale;
- segnalare il manifestarsi di eventuali criticità ambientali affinché sia possibile intervenire nei modi e nelle forme più opportune per evitare che si producano eventi irreversibili e gravemente compromissivi della qualità dell'ambiente;
- garantire il controllo di situazioni specifiche, affinché sia possibile adeguare la conduzione dei lavori a particolari esigenze ambientali.

Il MCO si svolgerà durante tutta la durata della fase di costruzione, ovvero per circa 3,5 anni e le attività seguiranno l'avanzamento del cantiere, con diverse ripetizioni a seconda dalla componente.

Si specifica che la fase in corso d'opera nel suo complesso dura 3,5 anni circa e comprende sia la fase di cantiere del tracciato principale sia la fase di cantiere dell'opera a rione Borgato. Come esplicitato nel cronoprogramma (elaborato 17.20_P00_CA00_CAN_CR01_A), la fase di cantiere dell'asse principale dura

circa 2, 5 anni, mentre la fase di cantiere di rione Borgato dura circa 1 anno e praticamente si sviluppano in maniera consequenziale, senza quasi sovrapposizione fra le due fasi, come indicato nel succitato cronoprogramma.

Monitoraggio Post Operam o in esercizio (MPO), ha l'obiettivo di:

- verificare l'efficacia degli interventi di mitigazione ambientale e delle metodiche applicate;
- stabilire i nuovi livelli dei parametri ambientali;
- verificare le ricadute ambientali positive, a seguito dell'aumento di servizio del trasporto pubblico.

Per il MPO sono previsti dai 6 ai 12 mesi di monitoraggio, con diverse ripetizioni a seconda della componente.

Si riporta di seguito un riepilogo delle attività di monitoraggio previste per ciascuna componente:

ATMOSFERA (PM10, PM2.5, NO2, NOX, Ozono, CO, Btex, IPA, metalli)			
Fase	Durata fase	Frequenza	n. campagne
AO	1 anno	14 gg ogni 3 mesi	4
CO Asse principale (solo polveri)	2,5 anni	14 gg ogni 3 mesi	10
CO Rione Borgato (solo polveri)	1 anno	14 gg ogni 3 mesi	4
PO	1 anno	14 gg ogni 3 mesi	4
ACQUE SUPERFICIALI (Parametri idrologici – portata)			
Fase	Durata fase	Frequenza	n. campagne
AO	1 anno	1 misura ogni 3 mesi	4
CO Opera principale	2,5 anni	1 misura ogni 3 mesi	10
CO Rione Borgato	1 anno	1 misura ogni 3 mesi	4
PO	1 anno	1 misura ogni 3 mesi	4
ACQUE SUPERFICIALI (Parametri fisico-chimici, chimico- batteriologici)			
Fase	Durata fase	Frequenza	n. campagne
AO	1 anno	1 misura ogni 3 mesi	4
CO	2,5 anni	1 misura ogni	10

Opera principale		3 mesi	
CO Rione Borgato	1 anno	1 misura ogni 3 mesi	4
PO	1 anno	1 misura ogni 3 mesi	4

ACQUE SUPERFICIALI (Macroinvertebrati)			
Fase	Durata fase	Frequenza	n. campagne
AO	1 anno	1 misura ogni 6 mesi	2
CO Opera principale	2,5 anni	1 misura ogni 6 mesi	5
CO Rione Borgato	1 anno	1 misura ogni 6 mesi	2
PO	1 anno	1 misura ogni 6 mesi	2
ACQUE SOTTERRANEE (Livello piezometrico)			
Fase	Durata fase	Frequenza	n. campagne
AO	6 mesi	mensile	6
CO Opera principale	2,5 anni	semestrale	5
CO Rione Borgato	1 anno	semestrale	2
PO	6 mesi	trimestrale	2
ACQUE SOTTERRANEE (Parametri chimico-fisici)			
Fase	Durata fase	Frequenza	n. campagne
AO	6 mesi	trimestrale	2
CO Opera principale	2,5 anni	semestrale	5
CO Rione Borgato	1 anno	semestrale	2
PO	6 mesi	trimestrale	2

MONITORAGGIO SUOLO (Parametri pedologici, fisico chimici e chimici dei terreni)			
Fase	Durata fase	Frequenza	n. campagne
AO	6 mesi	Semestrale	1
CO Opera principale	2,5 anni	All'occorrenza	/
CO Rione Borgato	1 anno	All'occorrenza	/
PO	6 mesi	Semestrale	1
MONITORAGGIO VEGETAZIONE (Identificazione e conteggio delle specie)			
Fase	Durata fase	Frequenza	n. campagne
AO	6 mesi	Semestrale	2 (primavera ed autunno)
CO Opera principale	2,5 anni	Non si ritiene necessario un monitoraggio in CO data la presenza dei cantieri.	
CO Rione Borgato	1 anno		
PO	2 anni consecutivi	semestrale	2 (primavera ed autunno)
MONITORAGGIO FAUNA (Identificazione e conteggio delle specie di anfibi e rettili)			
Fase	Durata fase	Frequenza	n. campagne
AO	1 anno	Semestrale	1
CO Opera principale	2,5 anni	Annuale	2
CO Rione Borgato	1 anno	Annuale	1
PO	2 anni	Annuale	2
MONITORAGGIO FAUNA (Identificazione e conteggio delle specie di avifauna)			
Fase	Durata fase	Frequenza	n. campagne
AO	1 anno	Annuale - Primavera	2
CO Opera principale	2,5 anni	Annuale - Primavera	4
CO Rione Borgato	1 anno	Annuale - Primavera	2

PO	2 anni	Annuale - Primavera	4
MONITORAGGIO RUMORE			
Fase	Durata fase	Frequenza	n. campagne
AO	1 anno	7 gg ogni 3 mesi	4
	1 anno	24 h ogni 3 mesi	4
CO Opera principale	2,5 anni	24 h ogni 3 mesi	10
CO Rione Borgato	1 anno	24 h ogni 3 mesi	4
PO	1 anno	7 gg ogni 3 mesi	4
MONITORAGGIO VIBRAZIONI			
Fase	Durata fase	Frequenza	n. campagne
AO	6 mesi	semestrale	1
CO Opera principale	2,5 anni	Mensile	30
CO Rione Borgato	1 anno	/	/
PO	1 anno	/	/
Monitoraggio paesaggio (rilievi fotografici con restituzione di schede descrittive)			
Fase	Durata fase	Frequenza	n. campagne
AO	6 mesi	2 indagini (1 invernale ed una estiva)	2
CO Opera principale	2,5 anni	/	/
CO Rione Borgato	1 anno	/	/
PO	6 mesi	2 indagini (1 invernale ed una estiva)	2

12 INTERFERENZE

Durante la fase di progettazione sono stati acquisiti i documenti relativi alle reti e impianti esistenti attraverso una apposita richiesta a ciascun Ente o Società incidente nell'area; in base a queste informazioni si è proceduto quindi ad ipotizzare la risoluzione delle interferenze stesse che andranno però concordate con gli enti Competenti durante le successive fasi della progettazione.

Risultano, allo stato dei fatti, più reti interferenti con il tracciato di progetto, ovvero:

- Mondo Acqua S.p.A.
 - Acquedotto
 - Fognatura
- E-Distribuzione S.p.A.
 - Linea elettrica MT e BT (interrata e Aerea)
- Consorzio Irriguo Canale Pistoira
- Consorzio Brobbio Pesio
- TIM S.p.A.
- Illuminazione
- SNAM S.p.A.

A seguito di specifica richiesta, non risultano, invece, interferenze con le seguenti reti:

- Vodafone Italia S.p.A.
- Italgas S.p.A.
- Zi Rete Gas S.p.A.

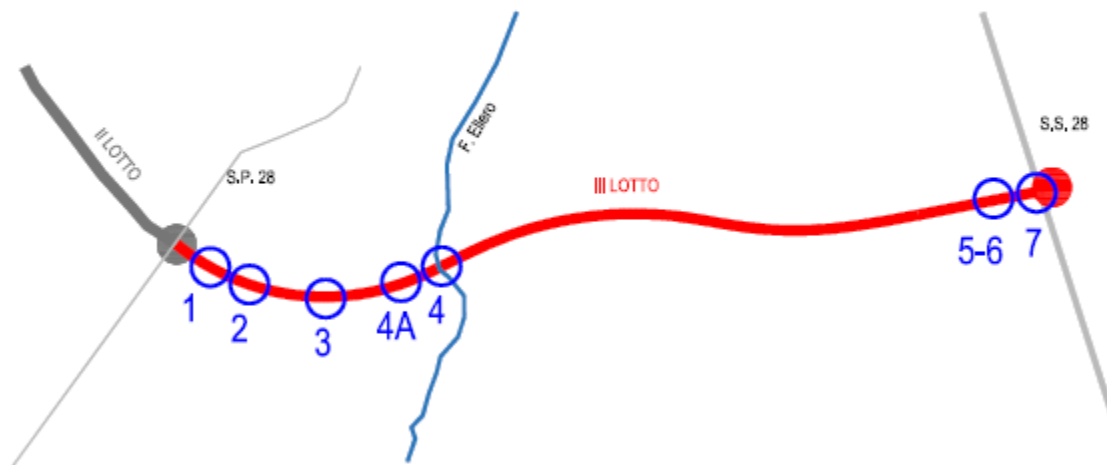


Figura 52: Individuazione delle interferenze lungo l'asse principale

Per le reti di cui non risultano note le quote e le dimensioni delle linee interratae indicate negli elaborati, si è proceduto ad ipotizzare la risoluzione con le informazioni ad oggi disponibili.

Sono stati identificate 7 interferenze delle reti con il progetto lungo il tracciato principale, e 3 interferenze nel Rione Borgato.

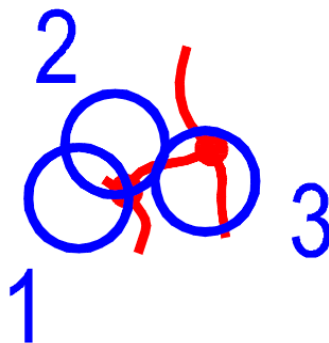


Figura 53: Individuazione delle interferenze a Rione Borgato

Asse principale (in tabella interferenze cod. A):

L'interferenza 1 viene risolta mediante l'inserimento di un tombino idraulico opportunamente dimensionato di progetto al fine di garantire la continuità irrigua precedente.

L'interferenza 2 viene risolta mediante la deviazione lungo il reticolo dei fossi di progetto.

L'interferenza 3 viene risolta mediante la deviazione del fosso esistente sopra la galleria di progetto al fine di garantire la continuità irrigua precedente

L'interferenza 4 viene risolta mediante l'arretramento della Spalla Ovest in modo da evitare interventi di modifiche al canale Carassona. La viabilità esistente sarà deviata all'interno dello scatolare posto a tergo della spalla.

Le interferenze 4A vengono risolte mediante l'inserimento di nuovi tombini idraulici di attraversamento al fine di garantire la continuità idraulica precedente

L'interferenza 5 viene risolta mediante la deviazione dell'acquedotto esistente lungo il nuovo tracciato di progetto della viabilità locale a lato dell'imbocco della galleria.

L'interferenza 6 viene risolta mediante la deviazione delle linee elettriche lungo il nuovo tracciato di progetto della viabilità locale a lato dell'imbocco della galleria.

L'interferenza 7 viene risolta proteggendo la rete esistente con adeguata protezione in cls per il tratto interferente.

Rione Borgato (in tabella interferenze cod. RB):

L'interferenza 1 viene risolta deviando e integrando la linea esistente lungo la nuova linea di illuminazione della rotatoria di progetto.

Le interferenze 2 vengono risolte proteggendo le reti esistenti con adeguate protezioni in cls per il tratto interferente.

L'interferenza 3 viene risolta deviando la rete esistente aerea su rete apposita attraverso il viadotto di progetto.

N°cod. interferenza	Asse stradale	Posizione	Tipologia Interferenza	Tipologia materiale	RISOLUZIONE
CANALE IRRIGUO (Ente gestore- Canale Irriguo Consorzio Pistoira)					
A1	Asse Principale	Pk. 0+050.00	Attraversamento	ND	NUOVO TOMBINO IDRAULICO L=30.00m
A2	Asse Principale	Pk. 0+190.00	Attraversamento	ND	DEVIAZIONE DEI FOSSI
A3	Asse Principale	Pk. 0+400.00	Attraversamento	ND	DEVIAZIONE FOSSO L=130.00M
CANALE IRRIGUO (Ente gestore- Canale Irriguo Consorzio Brobbio Pesio – Canale Carassona)					
A4	Asse Principale	Pk. 0+740.00	Attraversamento	ND	-
A4A	Asse Principale	Pk. 0+630 – 0+720	Attraversamento	ND	NUOVI TOMBINI IDRAULICI
ACQUEDOTTO (Ente gestore- - Mondo Acqua s.p.a)					
A5	Asse Principale	Pk. 2+540.00	Parallelismo	DN40 (1"1/2) FERRO	DEVIAZIONE ACQUEDOTTO L=300.00M
RB2a	Rione Borgato	Rotatoria Ovest	Parallelismo	ND	PROTEZIONE IN CLS L= 40.00M
RB2b	Rione Borgato	Rotatoria Ovest	Parallelismo	DN63 - POLIETILENE	PROTEZIONE IN CLS L= 30.00M
RB2c	Rione Borgato	Rotatoria Ovest	Parallelismo	ND	PROTEZIONE IN CLS L= 40.00M
LINEE ELETTRICA AEREA (Ente gestore- E-Distribuzione s.p.a)					
A6a	Asse Principale	Pk. 2+600.00	Attraversamento	BT 380 V	DEVIAZIONE LINEA ELETTRICA L=300.00M
LINEA ELETTRICA INTERRATA (Ente gestore- E-distribuzione s.p.a)					
A7	Asse Principale	Pk. 2+660.00	Attraversamento	ND	PROTEZIONE IN CLS L= 30.00M
RB2d	Rione Borgato	Rotatoria Ovest	Parallelismo	ND	PROTEZIONE IN CLS L= 30.00M
RB3	Rione Borgato	Viadotto	Attraversamento	ND	DEVIAZIONE LINEA ELETTRICA L=250.00M
LINEE ELETTRICA AEREA (Ente gestore- Comune di Mondovì)					
A6b	Asse Principale	Pk. 2+600.00	Attraversamento	ND	DEVIAZIONE LINEA ELETTRICA L=300.00M
RB1	Rione Borgato	Rotatoria Ovest	Parallelismo	ND	DEVIAZIONE LINEA ELETTRICA L=90.00M

13 ESPROPRI

Le aree interessate dall'intervento sono determinate in aree da espropriare su cui avverrà la realizzazione delle opere di progetto, aree oggetto di occupazione temporanea definite da: aree di cantiere e relativa viabilità provvisoria, aree da destinarsi a depositi – provvisori - di materiali di risulta etc., aree oggetto di servitù definite da: aree da asservire per la realizzazione di strade di accesso ai fondi interclusi.

Nella definizione delle aree, si è cercato di adeguare i limiti dalle aree di occupazione coinvolte ai limiti di proprietà catastale secondo i criteri indicati:

- Acquisizione dell'intera particella nel caso in cui la superficie interessata superi la metà della superficie costituente la particella stessa e comunque nel caso di particelle residue di poche decine di metri;
- Evitare la costituzione di particelle residue intercluse;
- Limitare il coinvolgimento delle corti degli edifici, le aree urbane e le pertinenze di qualsiasi tipo, ove non strettamente necessarie.

Per la definizione geometrica delle sezioni trasversali di ingombro delle aree si è operato secondo i seguenti criteri:

- Nelle situazioni normali di rilevato la fascia di esproprio è pari a 3,00 m a destra e a sinistra della sede stradale, ove per sede stradale si intende il limite esterno del fosso di guardia o comunque ultima opera Anas. Questa fascia è stata ridotta nel caso in cui fossimo in prossimità di edifici esistenti.
- In caso di viadotto è stata considerata una fascia di esproprio pari a 5.00 m rispetto alla proiezione dell'ingombro del viadotto per ciascun lato;
- Per la galleria artificiale è stata considerata una fascia di esproprio pari a 3.00 m dal filo muro, mentre
- Per la galleria naturale è stata considerata una fascia di esproprio definitivo pari a 10.00 m di contorno agli imbocchi e per i primi 10.00 m di ricoprimento; oltre i 10 m di ricoprimento non sono stati considerati espropri.

L'occupazione temporanea viene valutata in base alle ubicazioni previste dei cantieri e della relativa viabilità interna e di accesso alle aree di lavoro. In linea di massima è stata identificata una fascia di occupazione provvisoria localizzata in corrispondenza dei Cantieri individuati (Cantiere Base, C. Operativo 1, C. Operativo 2 e C. Operativo 3, quest'ultimo afferente al Rione Borgato), e alle viabilità di accesso alle aree di lavoro, come la Pista A1 per l'accesso alla pila Ovest del Viadotto Ellero)

14 CANTIERIZZAZIONE

Le aree di cantiere previste sono di due tipologie:

- Cantiere base, con funzione logistica, localizzato in un'area facilmente raggiungibile e collegato con le principali arterie di comunicazione della zona
- Cantieri Operativi posizionati in corrispondenza delle opere più importanti e strategici ai fini di una corretta cantierizzazione di tutto l'intervento.

Tutte le aree di cantiere si rapporteranno in modo sinergico, attraverso la rete delle piste di cantiere e la viabilità esistente.

È prevista la realizzazione delle seguenti piste e viabilità di cantiere principali:

- Pista A: La pista si distacca dalla S.P. 5 "Villanova" in prossimità dell'intersezione a rotatoria esistente e si sviluppa con direzione da Ovest verso Est parallelamente all'asse principale.
- Pista A1: La pista prolunga una viabilità secondaria esistente che si dirama dalla S.P. 5 "Villanova" sino a consentire il raggiungimento della spalla SA del viadotto sul fiume Ellero.
- Pista B: La pista si distacca dalla viabilità esistente denominata via Vecchia di Frabosa sino a raggiungere il cantiere operativo 1, posto a margine dell'imbocco Ovest della galleria naturale.

Lungo l'asse della tangenziale di Mondovì (asse principale), si prevede la realizzazione di un unico cantiere base posto in corrispondenza della rotatoria esistente lungo la S.P. 5 "Villanova".

Il cantiere base sarà diviso in tre aree distinte: una area per il deposito del terreno vegetale, una area di deposito dei materiali e una area con uffici, laboratori, magazzini, impianti, spogliatoi.

Il cantiere operativo 1 sarà realizzato in prossimità dell'imbocco Ovest della galleria naturale. L'accesso avverrà da Nord mediante via Vecchia di Frabosa. Tale cantiere sarà principalmente impiegato per la realizzazione della galleria naturale (Lato Ovest) e per la realizzazione del viadotto sul fiume Ellero (Lato Est).

Il cantiere operativo 2 sarà realizzato in prossimità dell'imbocco Est della galleria naturale, a ridosso della S.S. 28 Sud. L'accesso avverrà quindi direttamente dalla viabilità principale esistente. Tale cantiere sarà principalmente impiegato per la realizzazione della galleria naturale (Lato Est) e per la realizzazione della nuova rotatoria sulla S.S. 28.

Il cantiere operativo 3 sarà realizzato in corrispondenza dell'area attualmente destinata a parco pubblico, delimitata da via Vecchia di Monastero, via F. Castellino e via Vecchia di Frabosa e ubicata a Sud dell'abitato di Rione Borgato. Tale cantiere sarà principalmente impiegato per la realizzazione del viadotto sull'alveo del Fiume Ermena e per la costruzione delle due nuove rotatorie poste ai capi del nuovo asse viario.

Si riassumono di seguito schematicamente le fasi di costruzioni previste:

- 1) Accantieramento;

- 2) Monitoraggi ante operam,
- 3) Monitoraggi in fase di costruzione (per tutta la durata del cantiere);

Asse principale:

- 4) Costruzione del corpo stradale dell'asse principale da S.P. 5 a galleria artificiale;
- 5) Costruzione della galleria artificiale, del viadotto sul fiume Ellero e della galleria naturale;
- 6) Costruzione del corpo stradale da imbocco Est della galleria naturale a fine intervento;
- 7) Completamento e finiture;

Rione Borgato:

- 8) Costruzione del ponte sul torrente Ermena;
- 9) Costruzione della rotatoria Ovest;
- 10) Costruzione della rotatoria -Est;
- 11) Completamento e finiture;
- 12) Rimozione cantiere;
- 13) Monitoraggio Post – operam.

15 IMPIANTI TECNOLOGICI

Il progetto dell'infrastruttura prevede la realizzazione di due cabine elettriche MT/BT, collocate in prossimità degli imbocchi della galleria naturale S. Lorenzo, in grado di alimentare e gestire l'intero asse principale, costituito dalla galleria naturale di 1410 m, la galleria Artificiale di 150 m e le parti all'aperto.

La galleria naturale, essendo di lunghezza superiore a 500 m, rientra nell'ambito di applicazione del DPR 151/2011 per le attività soggette a prevenzione incendi. Rientra, inoltre, nell'ambito di applicazione dei criteri impiantistici di cui alle Linee Guida ANAS 2009 nonché delle norme CEI 64-20 "Impianti elettrici nelle gallerie stradali".

La galleria artificiale, essendo di lunghezza inferiore a 500 m non rientra nell'ambito di applicazione del DPR 151/2011 per le attività soggette a prevenzione incendi. Rientra, comunque, nell'ambito di applicazione dei criteri impiantistici di cui alle Linee Guida ANAS 2009 nonché delle norme CEI 64-20 "Impianti elettrici nelle gallerie stradali".

Lungo l'asse secondario di Rione Borgato è previsto un quadro elettrico di fornitura in BT presso la rotatoria ad ovest, che alimenterà l'impianto di illuminazione delle due rotatorie e del tratto stradale di collegamento tra di esse.

Quindi, Gli impianti tecnologici sono previsti all'interno dei seguenti ambiti di tratta:

Cabine elettriche

- Cabina Est;
- Cabina Ovest.

Gallerie

- Galleria naturale, di lunghezza 1410 m;
- Galleria artificiale, di lunghezza 150 m.

Svincoli e viabilità esterna

- Viabilità e rotatoria lato est (imbocco est galleria naturale);
- Viabilità di imbocco ovest galleria naturale;
- Viadotto e collegamento tra le 2 gallerie;
- Viabilità lato ovest fino al raccordo con la rotatoria esistente;
- Rotatorie asse secondario.

15.1 Infrastrutture all'aperto

Lungo l'infrastruttura all'aperto dell'asse principale è previsto un corridoio tecnologico a servizio dell'infrastruttura composto da n. 1 tritubo e n. 4 tubazioni di diametro 125 mm, come da immagine sottostante.

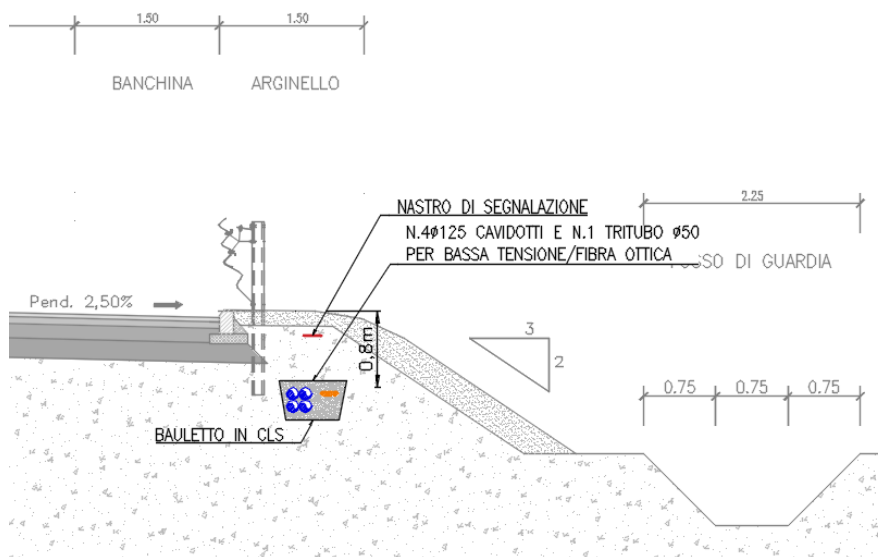


Figura 54: Infrastruttura all'aperto

La collocazione delle tubazioni è prevista al di sotto dell'arginello, ad una profondità di 80 cm e protezione mediante bauletto in calcestruzzo magro.

In prossimità del viadotto sono previste due passerelle metalliche di dimensioni 300x50 mm.

Nella nuova rotonda posta ad est sarà realizzato un impianto di illuminazione, alimentato in BT dalla vicina cabina elettrica MT/BT, con la predisposizione per un eventuale allacciamento in BT indipendente.

Presso la rotonda esistente ubicata ad ovest, è previsto il completamento dell'impianto di illuminazione esistente, nel nuovo ramo di immissione in rotonda. L'alimentazione sarà derivata dal quadro elettrico esistente.

In prossimità della rotonda ovest della viabilità secondaria è prevista la realizzazione di un armadio in BT con nuova fornitura elettrica che alimenterà l'impianto di illuminazione delle due rotonde e del tratto di viabilità che le collega.

15.2 Galleria artificiale

All'interno della galleria artificiale è prevista la seguente dotazione impiantistica, in conformità alla normativa vigente:

- Illuminazione permanente e di rinforzo;

- Segnaletica retroilluminata.

I corpi illuminati sono agganciati alla passerella metallica in acciaio INOX AISI 316 di larghezza 300 mm per ogni corsia.

Le tubazioni a servizio degli impianti sono previste dietro il profilo redirettivo, annegate nel getto di calcestruzzo di riempimento, come rappresentato nell'immagine che segue.

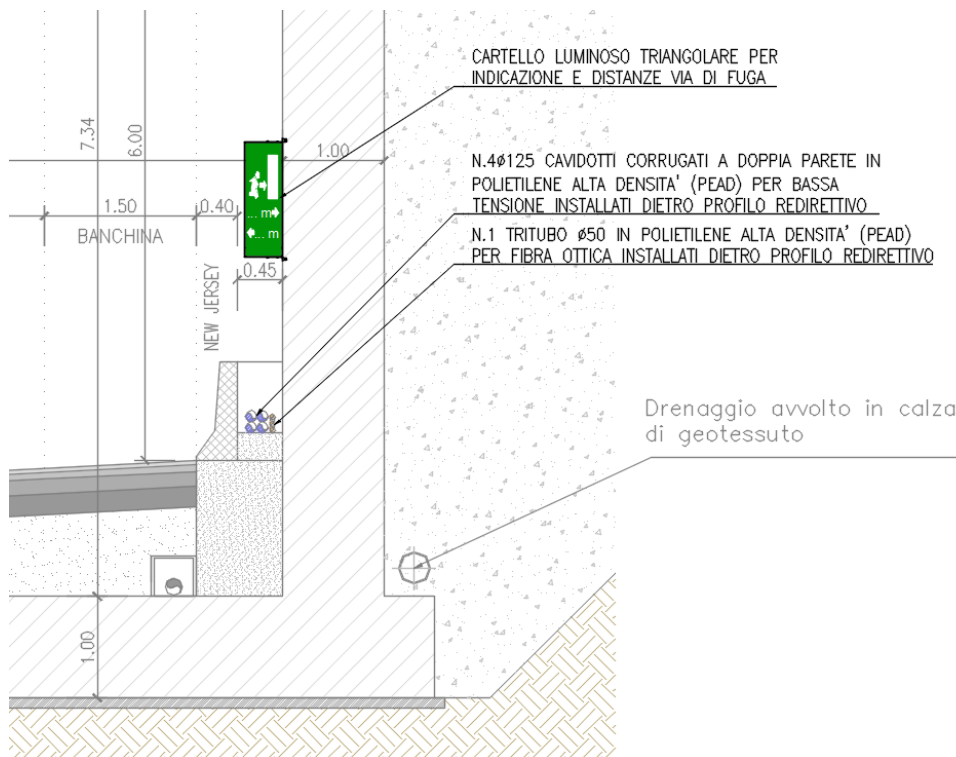


Figura 55: Infrastruttura galleria artificiale

15.3 Galleria naturale

All'interno della galleria naturale, dotata di un cunicolo di sicurezza collocato al di sotto della piattaforma stradale, è prevista la seguente dotazione impiantistica, in conformità alla normativa vigente:

- Illuminazione permanente e di rinforzo;
- Illuminazione di emergenza (durata 60 min.);
- Illuminazione di sicurezza delle vie di fuga e ordinaria;
- Segnaletica cunicolo di fuga;
- Ventilazione longitudinale con jet fan della galleria;
- Ventilazione cunicolo di fuga;
- Sistemi di sovrappressione filtri uscite di sicurezza verso il cunicolo di fuga;
- Diffusione sonora in galleria, nelle U.S. e nel cunicolo di fuga;

- Compartimentazione REI 120 delle uscite di sicurezza;
- Impianto radio;
- Segnaletica retroilluminata, semafori agli imbocchi e PMV;
- Stazioni di emergenza ed SOS;
- Monitoraggio parametri ambientali;
- Impianto rilevazione automatica incendi;
- Impianto idrico spegnimento incendi, con idranti UNI 70 agli imbocchi e UNI 45 in galleria;
- Impianto TVCC con rilevamento automatico eventi e monitoraggio del traffico;
- Alimentazione elettrica ordinaria, di emergenza e di sicurezza;
- Sistema di supervisione;
- PMV.

Le vie cavo impiantistiche a servizio della galleria sono previste dietro il profilo redirettivo, annegate nel getto di calcestruzzo magro di riempimento e formati da:

- n. 2 tubazioni diametro 160 mm per il transito della MT di collegamento tra le due cabine elettriche
- n. 6 tubazioni diametro 125 mm per gli impianti bt;
- n. 1 tritubo diametro 50 mm per i collegamenti in fibra ottica.

Il tutto come rappresentato nell'immagine che segue.

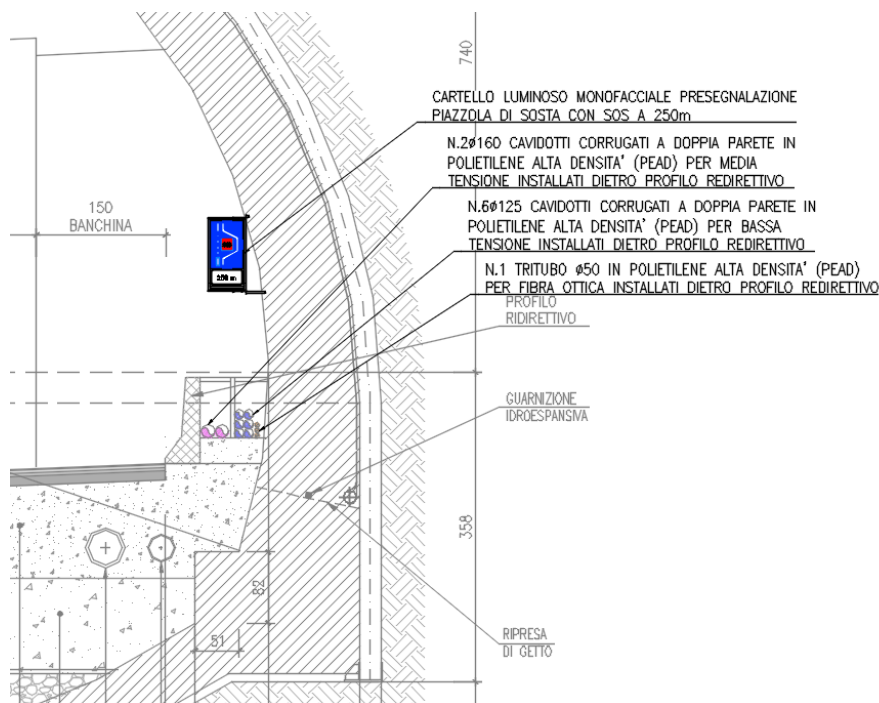


Figura 56: Infrastruttura Galleria naturale

I corpi illuminati sono agganciati alla passerella metallica in acciaio INOX AISI 316 di larghezza 200 mm per ogni corsia, mentre saranno affiancate n. 1 passerella di dimensioni 300x50 mm per il passaggio dell'alimentazione inerente i ventilatori di galleria.

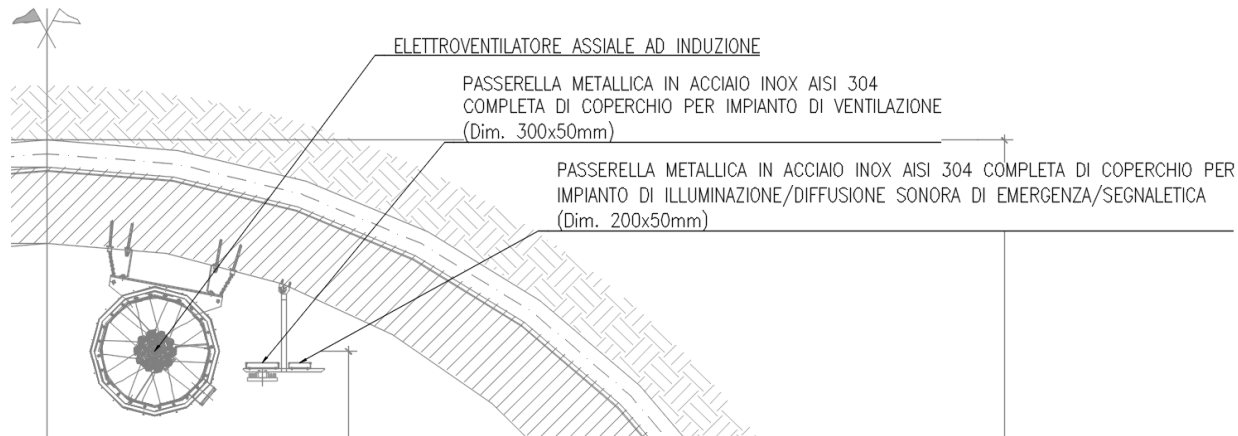


Figura 57: Infrastruttura Galleria naturale – impianti illuminanti

All'interno della galleria naturale è previsto l'impianto di ventilazione mediante jet fan installati a coppie sulla volta della galleria S. Lorenzo. L'attivazione del sistema di ventilazione sarà garantito mediante specifici sensori ambientali installati all'interno della stessa che rileveranno in tempo reale la concentrazione di inquinanti e attivando la ventilazione sanitaria nel caso in cui i valori superassero le soglie preimpostate di inquinante.

L'impianto di ventilazione è stato dimensionato anche per l'alimentazione di emergenza in caso di incendio.

L'analisi dei risultati ottenuti, per i diversi scenari di esercizio e di emergenza incendio, richiede che l'impianto di ventilazione sia composto da un certo numero di acceleratori (ventilatori di spinta) le cui prestazioni sono necessarie soprattutto per la gestione di emergenza, dove l'impianto risulta verificato per un incendio di potenze termiche di riferimento pari a 100 MW.

Galleria	N. jet fan ventilazione sanitaria	N. jet fan ventilazione emergenza in caso di incendio
		100 MW
S. Lorenzo	5	16+2

Si prevede l'impiego di una coppia aggiuntiva di ventilatori nel caso in cui l'evento incendio si verifichi a ridosso di una coppia ventilatori o nel caso che questi risultino in manutenzione. Quindi si prevedranno in totale n. 18 unità ventilanti per l'intera galleria, che includono la coppia di ventilatori aggiuntiva.

Lungo la galleria sono previste n. 4 uscite di sicurezza, in prossimità delle piazzole di sosta, dotate di locali filtri pressurizzati che consentono il collegamento con il cunicolo di sicurezza posto al di sotto della pavimentazione stradale.

In adiacenza alle uscite di sicurezza sono previsti dei locali tecnici compartimentati REI 120 che rappresentano i nodi secondari di galleria. Di seguito si riporta un'immagine rappresentativa.

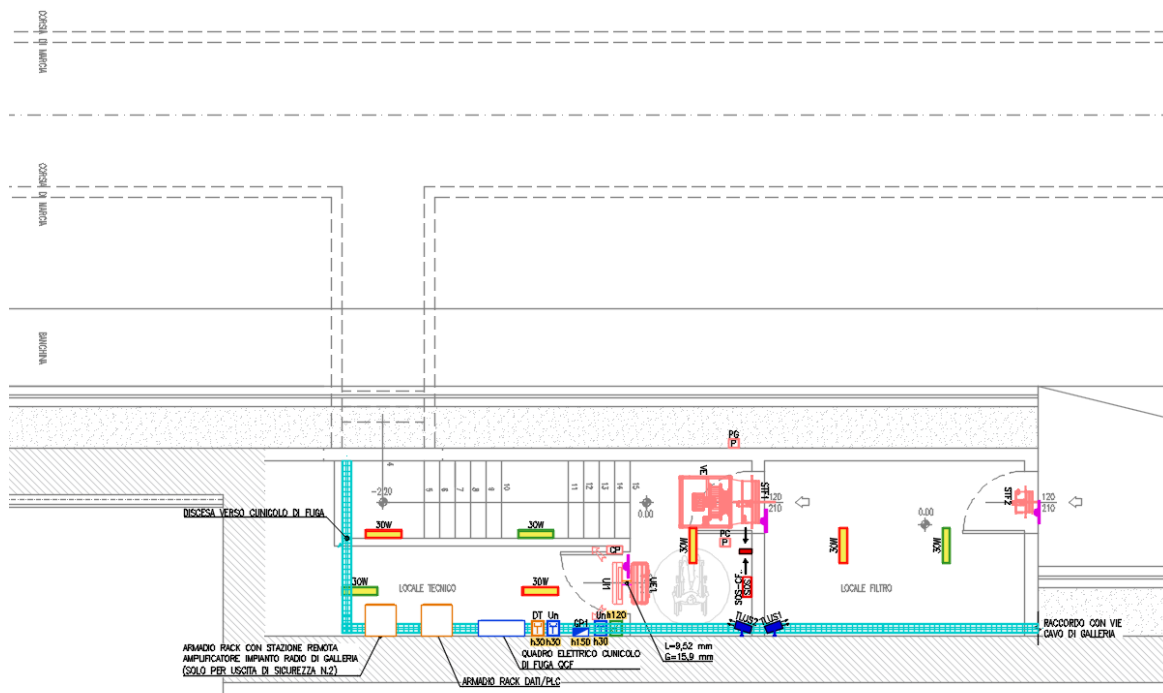


Figura 58: Infrastruttura Galleria naturale - uscite di sicurezza

Le uscite di sicurezza sono attrezzate con postazione SOS di chiamata ed è inoltre previsto uno spazio calmo per le persone diversamente abili.

Il cunicolo di fuga sarà ventilato mediante due ventilatori assiali posti alle due estremità del cunicolo, dimensionati per garantire la necessaria portata d'aria per il corretto funzionamento degli impianti di pressurizzazione dei filtri presenti presso le uscite di sicurezza.

15.4 Cabine elettriche

L'infrastruttura principale sarà asservita mediante due cabine elettriche MT/BT prefabbricate, collocate presso gli imbocchi della galleria naturale, di dimensioni esterne pari a 16x10 m.

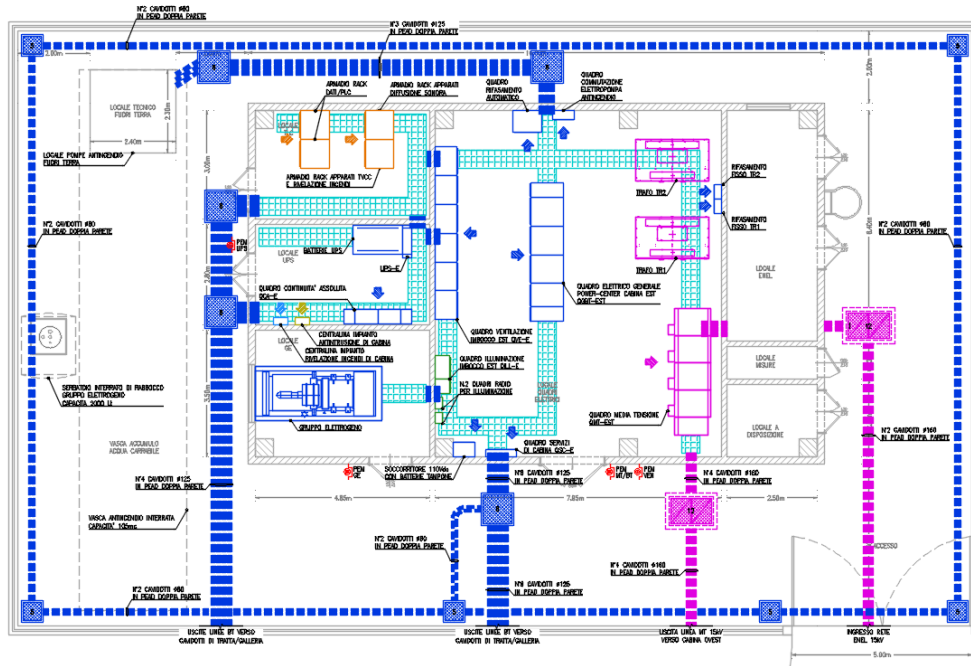


Figura 59: Cabine elettriche

L'alimentazione di energia elettrica per gli impianti della Variante di Mondovì sarà derivata dalle 2 cabine elettriche MT/BT dislocate lungo la tratta stessa (Est ed Ovest), ciascuna della quali provvederà ad alimentare gli impianti BT della galleria e/o porzione di pertinenza come successivamente descritto.

Dai calcoli si stima una potenza installata complessiva pari a circa 800 kW, potenza che verrà fornita, in questa fase, solo in corrispondenza della cabina elettrica Est, che rappresenta il punto di connessione (PdC) alla rete dell'Ente Fornitore (ENEL), alla tensione nominale di 15 kV.

Anche la cabina Ovest verrà attrezzata per ricevere la fornitura di energia, ovvero per essere il 2° PdC, quando il gestore di rete avrà completato le attività di posa delle proprie reti in zona.

A regime, quindi, saranno previsti n.2 punti di fornitura distinti, per una potenza di allacciamento pari a:

- cabina Est 450 kW;
- cabina Ovest 350 kW.

In questa fase la cabina Ovest verrà alimentata dalla cabina Est tramite una linea di cavo MT, linea che verrà comunque mantenuta in essere anche a regime (esercita in aperto), come alimentazione "di riserva" per controalimentare la cabina in caso di guasto sulla rete del fornitore.

A seguito dei dimensionamenti delle reti e delle cabine elettriche di cui all'elaborato "Dimensionamento delle apparecchiature MT/BT cabine elettriche", si riassumono le potenze elettriche di allacciamento previste:

Cabina Est	450 kW
Cabina Ovest	350 kW
<u>TOTALE</u>	<u>800 kW</u>

Si rende quindi necessaria una potenza di allacciamento contrattuale pari a 800 kW alla tensione di 15 kV.

Nella cabina elettrica lato Est è previsto il gruppo di pressurizzazione di tipo monoblocco prefabbricato interrato dell'impianto antincendio di galleria, con una vasca di accumulo di 100 mc. L'impianto è conforme alle Norme UNI EN 12845 - UNI 10779 – UNI 11292 – UNI EN 1090 classe di esecuzione EXC2 ed è della tipologia sotto battente.

Il gruppo di pressurizzazione antincendio a norme UNI EN 12845 è realizzato con pompe principali di tipo VTP e pompa pilota di tipo sommerso, completo di N.1 Modulo con 1 elettropompa, 1 motopompa e pompa pilota.

Il locale è costituito da un modulo prefabbricato antincendio per esterno con:

- Struttura in profilati di acciaio di adeguato spessore protetti con vernice intumescente in modo da realizzare una resistenza al fuoco di 60 minuti (R60) UNI EN 12845 10.3.1;
- Tamponamenti verticali ed orizzontali realizzati con pannello sandwich con isolamento interno in lana di roccia per uno spessore totale di 80 mm (reazione al fuoco secondo classe A2 s1 d0);
- Tamponamenti orizzontali realizzano su tutti i lati del modulo dalle porte a battente che consentono l'apertura completa del locale e un agevole accesso ai sistemi antincendio contenuti all'interno, sia in fase di funzionamento dell'impianto che in caso di manutenzione.

Nella cabina lato ovest è previsto il posizionamento del traliccio dedicato all'installazione delle antenne radio, realizzato con struttura in acciaio tralicciato ancorato su plinto di fondazione in cemento armato realizzato in opera.

Di seguito si riassumono gli impianti elettrici e tecnologici previsti per i vari ambiti del progetto, al fine di individuare tutta la dotazione impiantistica necessaria al corretto funzionamento del sistema di tratta.

15.4.1 Cabina Est

- Allacciamento fornitura ENEL a 15 kV per tutta la tratta;
- Linea MT 15 kV per collegamento con la cabina Ovest;
- Quadri elettrici ed apparecchiature di Media Tensione, incluso allacciamenti MT ed accessori di completamento della cabina (cartelli, guanti, etc.);
- Quadro elettrico generale power-center di cabina ed allacciamenti BT;
- Gruppo elettrogeno per alimentazione di emergenza incluso allacciamenti BT e serbatoio ausiliario interrato;
- Quadro elettrico di rifasamento automatico della rete BT;
- Quadro elettrico ventilazione imbocco est galleria naturale;
- UPS e Quadro elettrico di continuità assoluta;
- Soccorritore a 110Vcc e Quadro elettrico servizi di cabina;
- Quadro elettrico illuminazione imbocco est galleria naturale e sistemi di regolazione luminosa ad onde radio;
- Impianto di messa a terra e collegamenti equipotenziali;
- Impianti di illuminazione ausiliari di cabina, prese fm di servizio ed allacciamenti utenze;
- Impianti di ventilazione forzata locali MT e BT;
- Impianto di condizionamento locale UPS e batterie;
- Impianto di condizionamento locale TLC;
- Comandi di sgancio di emergenza per impianti MT e BT;
- Impianti ausiliari di rilevazione incendi ed antintrusione di cabina;
- Sistemi di supervisione e controllo per tutti gli impianti tecnologici di cabina e di galleria (unitamente ai sistemi previsti in galleria e nella cabina Ovest);
- Armadio a rack per impianto di diffusione sonora di tratta;
- Armadio a rack per impianto TVCC di tratta;
- Armadio a rack per impianto di rilevazione incendi della galleria naturale;
- Impianto di pressurizzazione idrica-antincendio (oggetto di specifica relazione di progetto), incluso allacciamenti elettrici;
- Allacciamenti elettrici al quadro di comando e pompe di aggotamento.

15.4.2 Cabina Ovest

- Predisposizione per futuro allacciamento fornitura ENEL a 15 kV;
- Quadri elettrici ed apparecchiature di Media Tensione, incluso allacciamenti MT ed accessori di completamento della cabina (cartelli, guanti, etc.);
- Quadro elettrico generale power-center di cabina ed allacciamenti BT;
- Gruppo elettrogeno per alimentazione di emergenza incluso allacciamenti BT e serbatoio ausiliario interrato;
- Quadro elettrico di rifasamento automatico della rete BT;
- Quadro elettrico ventilazione imbocco ovest galleria naturale;
- UPS e Quadro elettrico di continuità assoluta;
- Soccorritore a 110Vcc e Quadro elettrico servizi di cabina;
- Quadro elettrico illuminazione imbocco ovest galleria naturale e sistemi di regolazione luminosa ad onde radio;
- Impianto di messa a terra e collegamenti equipotenziali;
- Impianti di illuminazione ausiliari di cabina, prese fm di servizio ed allacciamenti utenze;
- Impianti di ventilazione forzata locali MT e BT;
- Impianto di condizionamento locale UPS e batterie;
- Impianto di condizionamento locale TLC;
- Comandi di sgancio di emergenza per impianti MT e BT;
- Impianti ausiliari di rilevazione incendi ed antintrusione di cabina;
- Sistemi di supervisione e controllo per tutti gli impianti tecnologici di cabina e di galleria (unitamente ai sistemi previsti in galleria e nella cabina Est);
- Armadio a rack per impianto di diffusione sonora di tratta;
- Armadio a rack per impianto TVCC di tratta;
- Armadio a rack per impianto di rilevazione incendi della galleria naturale;
- Quadro master per impianto copertura radio di tratta;
- Allacciamenti elettrici al quadro di comando e pompe di aggotamento.