ANAS S.p.A.

Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

S.S. 38 - LOTTO 4: VARIANTE DI TIRANO DALLO SVINCOLO DI STAZZONA (COMPRESO) ALLO SVINCOLO DI LOVERO (CON COLLEGAMENTO ALLA DOGANA DI POSCHIAVO)

S.S. 38 - LOTTO 4: NODO DI TIRANO - TRATTA "A" (SVINCOLO DI BIANZONE - SVINCOLO LA GANDA) E TRATTA "B" (SVINCOLO LA GANDA - CAMPONE IN TIRANO)

PROGETTO ESECUTIVO

STUDIO CORONA
Ing. Renato Vaira
(Ordine degli Ingg. di Torino e Provincia n° 4663 W)

Ingegneria del Territorio s.r.l.
Ing. Valerio Bajetti
Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-26211

ING. RENATO DEL PRETE
Ing. Renato Del Prete
Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5073

ECOPLAN
Società di Ingegneria & Architettura Ambientale
Arch. Nicoletta Frattini
Ordine degli Arch. di Torino e provincia n° A-8433

E&G Engineering & Graphics S.r.l.
Ing. Gabriele Incecchi
Ordine degli Ingg. di Roma e provincia n° A-12102

CONSORZIO UNING Soc.Cons. a r.l.
Società designata: GA&M
Prof. Ing. Matteo Ranieri
Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1137

SETAC Srl
Servizi & Engineering
Trasporti Ambiente Costruzioni
Prof. Ing. Luigi Monterisi
Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 1771

ARKE' INGEGNERIA s.r.l.
Via Imperatore Traiano n.4 - 70126 Bari
Ing. Gioacchino Angarano
Ordine degli Ingg. di Bari e provincia n° 5970

DOTT. GEOL. DANILO GALLO
Dott. Geol. Danilo Gallo
Ordine dei Geologi della Regione Puglia n° 588

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE	GEOLOGO	IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE
Dott. Ing. Giancarlo LUONGO	Ing. Valerio BAJETTI	Dott. Geol. Francesco AMANTIA SCUDERI	Ing. Gaetano RANIERI

AA02

A - ELABORATI GENERALI

AA - ELABORATI GENERALI

RELAZIONE GENERALE E TECNICO DESCRITTIVA DELL'OPERA

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	AA02-T00EG00GENRE02_A.dwg		
MI324	E	1801	CODICE ELAB. T00EG00GENRE02	A	---

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
C					
B					
A	EMISSIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA ANAS	GENNAIO 2020	ING. GIUSEPPE CRISÀ	ING. FABRIZIO BAJETTI	ING. VALERIO BAJETTI

SOMMARIO

1 PREMESSA 5
1.1 Presupposti Programmatori 5
2 MODIFICHE AL PROGETTO ESECUTIVO 8
3 Consistenza del progetto 12
4 IL TRACCIATO 14
4.1 Andamento plano altimetrico dell'asse principale 14
4.1.1 Tratta tra la rotatoria Villa di Tirano e la rotatoria di Stazzona 14
4.1.2 Tratta tra la rotatoria di Stazzona e la rotatoria di Tirano 17
4.1.3 Tratta tra la rotatoria di Tirano e la progr. 4+235 circa 18
4.1.4 Tratta tra la progr. 4+235 e la progr. 4+880 circa (galleria artificiale) 19
4.1.5 Tratta tra la progr. 5+000 e la progr. 6+150 circa (galleria naturale) 20
4.1.6 Tratta tra la progr. 6+150 alla progr. 6+600 circa 21
4.2 Intersezioni e svincoli 22
4.2.1 Rotatoria di Villa di Tirano 22
4.2.2 Rotatoria di Stazzona 23
4.2.3 Rotatoria di Tirano 24
4.2.4 Rotatoria di Campone 24
4.3 Viabilità secondaria e di ricucitura 25
4.3.1 Ricucitura via Svandana 26
4.3.2 Ricucitura via Svandana - via S. Bernardo 26
4.3.3 Ricucitura via S. Bernardo - via Adda (SP24) 27
4.3.4 Ricucitura e rotatoria via S. Bernardo 28
4.3.5 Ricucitura lungo Adda 4 Novembre (SP24) 29
4.3.6 Svincolo Tirano – Tirano centro 29
4.3.7 Ricucitura via della Tunda 30
4.3.1 Ricucitura viabilità rurale presso lungo Adda 30
4.3.2 Ricucitura viabilità rurale via Giustizia 31
4.4 Sezioni tipologiche 32
4.5 Pavimentazioni 33
4.6 Corpo del rilevato stradale 34
5 ARTICOLAZIONE PER W.B.S. 34
6 INQUADRAMENTO TERRITORIALE 36
6.1 Il sistema della pianificazione 36
6.2 Scenario paesaggistico 36
6.3 Configurazione e caratteri morfologici 38
6.4 Uso del suolo e sistema vegetazionale 39
6.5 Ambito di intervento 40
6.6 Documentazione fotografica 41
6.7 Sicurezza Stradale 43
7 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA 44
7.1 Caratteristiche geomorfologiche 44
7.2 Sismicità del territorio 45
7.3 Indagini effettuate 45
7.4 Caratteristiche litologiche 46
7.4.1 Depositi quaternari 46

7.4.2 Depositi alluvionali recenti 46
7.4.3 Depositi alluvionali stabilizzati 47
7.4.4 Depositi di conoide 47
7.4.5 Coltre detritico – colluviale 47
7.4.6 Morene 47
7.4.7 Basamento cristallino 48
7.5 Caratteristiche idrogeologiche 49
7.5.1 Complesso idrogeologico 1° - Depositi alluvionali 49
7.5.2 Complesso idrogeologico 2° - Depositi quaternari 49
7.5.3 Complesso idrogeologico 3° - Depositi detritici 50
7.5.4 Complesso idrogeologico 4° – Rocce di basamento cristallino 50
7.6 Modello Idrogeologico di Riferimento 50
7.7 Impatto idrogeologico dell'opera 51
7.8 Caratteristiche litotecniche 52
7.8.1 Da Inizio Lotto ÷ Progr. 0+420 52
7.8.2 Progr. 0+420 ÷ Progr. 0+880 (Viadotto sull'Adda) 52
7.8.3 Progr. 0+880 ÷ Progr. 4+325 52
7.8.4 Progr. 4+375 ÷ Progr. 4+880 (Galleria Artificiale) 53
7.8.5 Progr. 4+880 ÷ Progr. 5+140 53
7.8.6 Progr. 5+140 ÷ Progr. 6+105 (Galleria Naturale Il Dosso) 53
7.8.7 Progr. 6+105 ÷ Fine Lotto 53
7.9 Le opere d'arte principali 53
7.9.1 Ponte sul Fiume Adda a Stazzona 54
7.9.2 Ponte sul Fiume Adda a Tirano 55
8 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA 56
8.1 Parametri geotecnici 56
8.2 Verifiche di stabilità 56
8.2.1 Terre rinforzate 56
8.2.2 Berlinesi 56
8.2.3 Galleria artificiale 57
8.2.4 Ponte sul F. Adda a Stazzona 57
8.2.5 Ponte sul F. Adda a Tirano 57
9 GALLERIE 59
9.1 Galleria naturale 59
9.1.1 Imbocco lato Sondrio 63
9.1.2 Imbocco lato Bormio 64
9.2 Galleria artificiale 66
9.3 Impianti tecnologici in galleria 68
9.3.1 Impianto di ventilazione galleria *"il Dosso"* 68
9.3.2 Impianto di ventilazione galleria *"il Dosso 1"* 68
9.3.3 Impianto antincendio galleria *"il Dosso"* 69
9.3.4 Impianto antincendio galleria *"il Dosso 1"* 70
9.3.5 Impianto di pressurizzazione: vie di fuga protette galleria *"il Dosso"* 70
9.3.6 Impianto di pressurizzazione via di fuga protetta galleria *"il Dosso 1"* 71
9.3.7 Alimentazione e distribuzione energia elettrica gallerie 72
9.3.8 Impianto di illuminazione in galleria 73
9.3.9 Impianto SOS 74
9.3.10 Segnaletica luminosa, semafori e pmv 74

9.3.11 Impianto rilevazione incendi 75
9.3.12 Impianto trasmissione radio in galleria 76
9.3.13 Impianto di tvcc 76
9.3.14 Impianto di supervisione 76
10 OPERE D'ARTE 77
10.1 Viadotti 77
10.1.1 Viadotto a tre luci sul F. Adda a Stazzona 77
10.1.2 Viadotto a due luci sul f. Adda a Tirano 80
10.2 Sottopasso della S.S.38 a progr 0+200 e della FF.SS. a progr. 0+260 83
10.3 Sottovia a progr. 2+362 87
10.4 Sottovia a progr. 3+016 88
10.5 Sottovia a progr. 3+520 89
10.6 Muri di sostegno 90
10.6.1 Muri di sostegno in corrispondenza del tratto da 0+022 a 0+409 90
10.6.2 Muri di sostegno in corrispondenza del tratto da 2+170 a 2+230 90
10.6.3 Muri di sostegno in corrispondenza del tratto da 2+595 a 2+710 90
10.6.4 Muri di sostegno in corrispondenza del tratto Tirano – Tirano Centro 91
10.6.5 Terra rinforzata in sx in corrispondenza del tratto da 3+785 a 4+235 91
10.6.6 Muri di controripa in Dx da km 4+885 a km 5+055 92
10.6.7 Muri in Dx da km 6+160 a km 6+480 93
10.6.8 Muri in Sx da km 6+256 a km 6+383 94
10.6.9 Muri in zona Campone 94
10.7 L'imbocco della galleria Naturale lato sondrio – Gestione dell'interferenza con la galleria idraulica in gestione A2A 94
11 SEGNALETICA 96
12 BARRIERE DI SICUREZZA 97
13 IDRAULICA FIUME ADDA 98
13.1 Verifiche idrauliche 98
13.2 Fenomeni di trascinamento ed erosione del piede del rilevato 103
13.3 Fenomeni di scalzamento della pila del ponte di Stazzona 104
13.4 Compatibilità idraulica delle opere 105
13.5 Verifica della compatibilità delle opere di attraversamento durante le fasi di lavoro 106
13.6 Opere provvisionali in alveo 106
14 IDRAULICA DI VERSANTE 109
14.1 Analisi pluviometrica 109
14.2 DESCRIZIONE DELLA RETE DI DRENAGGIO PER LE ACQUE PROVENIENTI DAI VERSANTI 110
14.3 BACINI IMBRIFERI – CARATTERISTICHE DELLE AREE DI DRENAGGIO DI VERSANTE 110
14.4 CALCOLO DELLE PORTATE 112
14.5 FOSSI DI GUARDIA 113
14.6 ATTRAVERSAMENTI IDRAULICI PRINCIPALI – METODO DI CALCOLO 115
14.6.1 Sistemazione del Canale Rossi in dx idraulica 115
14.6.2 Rio di S. Bernardo (tombini tm10c e tm10d) 117
14.6.3 Rio Val di Gondo (tombini tm16 e tm16sx) 118
14.6.4 Rio Val dei Morti (tombini tm 20dx) 118
14.7 ATTRAVERSAMENTI IDRAULICI SECONDARI – VERIFICA TOMBINI 119
14.7.1 Tombini 3.00 x 2.00m 119

14.7.2 Tombini circolari ... 120
14.7.3 Verifica idraulica dei tombini ... 121
14.8 SCARICHI NEI CORPI RICETTORI FINALI ... 122
15 IDRAULICA DI PIATTAFORMA ... 125
15.1 Collettori pluviali ... 128
15.2 Vasche di prima pioggia ... 130
15.3 Vasche di laminazione ... 132
15.4 Impianto di sollevamento nelle vasche ... 134
15.5 Gruppi elettrogeni ... 135
15.6 Impatto dell'opera sull'ambiente idrico ... 135
16 IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE ESTERNA ... 136
17 INTERVENTI AMBIENTALI ... 138
17.1 Approccio metodologico alla progettazione esecutiva delle opere a verde ... 138
17.2 Scelta delle specie ... 139
17.3 Modalità di approvvigionamento e trattamento del materiale vegetale ... 140
17.4 Conservazione della risorsa pedologica ... 140
17.5 Tipologie delle opere a verde ... 142
17.6 Attraversamenti faunistici ... 142
17.7 LE AREE DI INTERVENTO ... 144
17.8 intervento di protezione acustica ... 146
18 MONITORAGGIO AMBIENTALE ... 149
18.1 Modalità realizzative ... 149
18.2 Atmosfera ... 151
18.3 Ambiente idrico – Acque superficiali ... 153
18.4 Ambiente idrico sotterraneo ... 154
18.5 Suolo ... 156
18.6 Rumore ... 157
18.7 Vibrazioni ... 159
18.8 Vegetazione flora, fauna, ecosistemi ... 159
18.9 Stato fisico dei luoghi ... 161
19 INTERFERENZE ... 163
19.1 Enti gestori servizi ... 163
19.2 Risoluzione interferenze ... 164
20 CANTIERIZZAZIONE ... 165
20.1 Ubicazione dei cantieri ... 165
20.2 Viabilità di accesso e piste di cantere. ... 170
21 STIMA DEI MOVIMENTI DI MATERIA ... 171
22 CAVE E DISCARICHE ... 172
23 CARATTERIZZAZIONE ARCHEOLOGICA ... 173
24 TEMPI DI ESECUZIONE ... 173
25 COSTI DELL'INTERVENTO ... 175

1 PREMESSA

La presente relazione tecnica generale riporta la descrizione e i principali criteri di progettazione adottati nell'ambito del progetto esecutivo dell'intervento denominato "S.S. 38 "*dello Stelvio*". Accessibilità Valtellina. Lotto 4 nodo di Tirano. Tratta "A" (Svincolo di Bianzone - Svincolo la Ganda) e tratta "B"(Svincolo la Ganda – Campone in Tirano)*"*.

1.1 PRESUPPOSTI PROGRAMMATORI

I principali presupposti programmatori in cui l'opera trova definizione sono costituiti da:

- il decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti, di concerto con il Ministro dell'economia e delle finanze, 27 dicembre 2017, n. 588, registrato dalla Corte dei conti il 29 dicembre 2017, con il n. 1-4640, con il quale è stato approvato il Contratto di programma 2016-2020, sottoscritto il 21 dicembre 2017 tra il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti e ANAS;
- l'Accordo di programma sottoscritto il 18 dicembre 2006 da Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, Regione Lombardia, Provincia di Sondrio, ANAS, Camera di commercio, industria, agricoltura e artigianato (CCIAA) di Sondrio, Comunità montana Valtellina di Morbegno e Comuni di Chiavenna, Sondrio, Tirano e Bormio, la risoluzione del nodo di Tirano è stata individuata tra gli interventi prioritari;
- il Protocollo d'intesa sottoscritto il 5 novembre 2007 da Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, Regione Lombardia, Provincia di Sondrio, ANAS, CCIAA di Sondrio, rappresentanti delle Comunità montane e dei Comuni che hanno sottoscritto il citato Accordo di programma 18 dicembre 2006, nonché Comune di Morbegno, anche in rappresentanza dei comuni di Cosio Valtellino, Traona e Talamona, Comune di Villa di Tirano e Consorzio dei Comuni del Bacino Imbrifero Montano dell'Adda (Consorzio BIM)
- il Programma regionale di sviluppo della Regione Lombardia, approvato con deliberazione del Consiglio regionale 9 luglio 2013, n. X/78, e nel Piano territoriale regionale, il cui aggiornamento all'anno 2017 è stato disposto con la deliberazione della Giunta regionale 30 ottobre 2017, n. X/7279 (Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia n. 51 del 2017);
- il progetto definitivo, composto da quattro tronchi funzionali e del costo complessivo di 337,70 milioni di euro, è stato trasmesso al Ministero delle infrastrutture e dei trasporti;
- la Provincia di Sondrio ha sviluppato appositi studi preliminari di fattibilità che hanno portato alla definizione di una soluzione di tracciato caratterizzata da parziali variazioni planimetriche rispetto al corridoio individuato nel precedente progetto definitivo e articolata nelle tratte funzionali «svincolo di Bianzone - svincolo La Ganda», «svincolo La Ganda-svincolo Campone in Tirano» e «svincolo La Ganda - svincolo di Villa di Tirano»;
- la Provincia di Sondrio ha curato l'elaborazione del progetto definitivo denominato «lotto 4 - nodo di Tirano, tratta A svincolo di Bianzone - svincolo La Ganda e tratta B svincolo La Ganda - svincolo Campone in Tirano»;
- la delibera 24 giugno 2010, n. 86 con la quale il Consiglio d'amministrazione di ANAS, soggetto aggiudicatore, ha approvato in linea tecnica il progetto definitivo della "SS 38 - lotto 4 nodo di Tirano - tratta A (svincolo di Bianzone-svincolo La Ganda) e tratta B (svincolo La Ganda-Campone in Tirano)";
- la Regione Lombardia, con delibera di Giunta 20 aprile 2011, n. IX/1584, ha espresso parere favorevole sul citato progetto definitivo, anche in merito alla compatibilità ambientale e alla localizzazione, subordinato al recepimento di «proposte e prescrizioni»;
- la Soprintendenza beni architettonici e paesaggistici di Milano del Ministero dei beni e delle attività culturali, con nota 3 febbraio 2011, n. 24614, ha chiesto, tra l'altro, la «valutazione di ulteriori soluzioni e approfondimenti progettuali, per garantire che le nuove opere siano

caratterizzate da una qualità architettonica non solo attenta alle esigenze funzionali, ma anche in grado di qualificare il contesto ambientale sottoposto a tutela»;

- la nota 13 luglio 2016, n. 6097 con la quale la Direzione generale archeologia, belle arti e paesaggio del Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo ha espresso parere favorevole, con prescrizioni, in merito alla richiesta di pronuncia di compatibilità ambientale del progetto in esame, anche in base al parere della Soprintendenza archeologica della Lombardia, che, con note 17 gennaio 2011, n. 780, e 30 giugno 2016, n. 8040, si è espressa favorevolmente sugli aspetti inerenti la valutazione preventiva dell'interesse archeologico;
- la conferenza di servizi per l'esame del progetto definitivo si è tenuta il 7 marzo 2018;

Il Dipartimento per la programmazione e il coordinamento della politica economica (DIPE) e il Ministero dell'economia e delle finanze, nella seduta del 21 marzo 2018, su proposta del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti ha deliberato:

1. Approvazione progetto definitivo

1.1 Ai sensi e per gli effetti degli articoli 167, comma 5, del decreto legislativo n. 163 del 2006, nonché ai sensi degli articoli 10 e 12 del decreto del Presidente della Repubblica n. 327 del 2001, e successive modificazioni, è approvato, con le prescrizioni e le raccomandazioni di cui al successivo punto 1.5, anche ai fini della compatibilità ambientale, della localizzazione urbanistica, della apposizione del vincolo preordinato all'esproprio e della dichiarazione di pubblica utilità, il progetto definitivo dell'intervento denominato «Accessibilità Valtellina – SS n. 38, lotto 4 - nodo di Tirano, tratta A (svincolo di Bianzone - svincolo La Ganda) e tratta B (svincolo La Ganda - Campone in Tirano)».

1.2 La suddetta approvazione sostituisce ogni altra autorizzazione, approvazione e parere comunque denominato e consente la realizzazione di tutte le opere, prestazioni e attività previste nel progetto approvato al precedente punto 1.1.

1.3 Il limite di spesa dell'intervento di cui al precedente punto 1.1 è quantificato in 143.344.971 euro, al netto di IVA,

1.4 Il finanziamento della spesa di cui al precedente punto 1.3 è imputato come segue:

a) euro 88.344.971 a carico del citato Contratto di programma ANAS 2016-2020;

b) euro 50.000.000 a carico delle economie dell'intervento relativo alla variante di Morbegno di cui alla delibera di questo Comitato n. 75 del 2006;

c) euro 5.000.000 a carico del Consorzio dei Comuni del bacino imbrifero montano dell'Adda.

1.5 Le prescrizioni citate al precedente punto 1.1, cui resta subordinata l'approvazione del progetto, sono riportate nella prima parte dell'allegato 1, che forma parte integrante della presente delibera, mentre le raccomandazioni sono riportate nella seconda parte del medesimo allegato

1. L'ottemperanza alle suddette prescrizioni non potrà comunque comportare incrementi del limite di spesa di cui al precedente punto 1.3. Il soggetto aggiudicatore, qualora ritenga di non poter dare seguito a qualcuna di dette raccomandazioni, fornirà al riguardo puntuale motivazione, in modo da consentire al Ministero delle infrastrutture e dei trasporti di esprimere le proprie valutazioni e di proporre a questo Comitato, se del caso, misure alternative.

1.6 È altresì approvato ai sensi dell'art. 170, comma 4, del decreto legislativo n. 163 del 2006, e successive modificazioni, il programma di risoluzione delle interferenze, che include quelle con gli elettrodotti di Terna S.p.A., ed è riportato negli elaborati di progetto individuati

nella prima parte dell'allegato 2 alla presente delibera, che forma parte integrante della delibera stessa.

1.7 Le indicazioni relative al piano particellare degli espropri sono riportate negli elaborati di progetto individuati nella seconda parte dell'allegato 2 alla presente delibera, che forma parte integrante della delibera stessa.

2. Disposizioni varie.

2.1 Eventuali maggiori costi, dovuti alla risoluzione delle interferenze residue segnalate da A2A, da recepire in fase di progettazione esecutiva, non potranno comportare aumenti del limite di spesa di cui al punto 1.3.

2.2 Gli «oneri d'investimento», calcolati nella misura massima dell'11,2 per cento, saranno riconosciuti sulla base della rendicontazione di dettaglio delle spese effettivamente sostenute.

2.3 Il soggetto aggiudicatore dell'intervento dovrà trasmettere al Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, entro 30 giorni dalla data di pubblicazione della presente delibera, una relazione sul complesso degli interventi relativi alla SS 38, compresa anche la variante di Morbegno, indicandone stato di avanzamento, costo approvato da questo stesso Comitato, costo aggiornato, finanziamenti assegnati, nonché eventuali ribassi di gara e/o economie a conclusione dei lavori, con le relative leggi d'imputazione. Il predetto Ministero informerà questo Comitato in merito ai contenuti di detta relazione.

2.4 Come previsto dalla delibera di questo Comitato n. 74 del 2012, il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti dovrà proporre a questo stesso Comitato l'assegnazione alla «variante di Tirano» della quota dei citati ribassi di gara, non utilizzati per il 2° stralcio della variante di Morbegno e pari a 50 milioni di euro, di cui al precedente punto 1.4, previa acquisizione del formale impegno della Regione e degli Enti locali a farsi carico degli eventuali maggiori costi del 2° stralcio della variante di Morbegno, che emergessero dopo tale assegnazione.

2.5 Il soggetto aggiudicatore dovrà provvedere alla verifica del CUP indicato per il progetto definitivo di cui al precedente punto 1.1. e riportato in presa d'atto, provvedendo all'eventuale variazione della denominazione dell'intervento stesso, attualmente individuato come «tratta A (svincolo di Bianzone - svincolo La Ganda) e tratta B (svincolo La Ganda - Campone in Tirano)».

2 MODIFICHE AL PROGETTO ESECUTIVO

In sede di progettazione esecutiva si è tenuto conto delle prescrizioni, osservazioni e suggerimenti formulati dagli Enti ed Organismi titolati ad esprimere pareri ed approvazioni. In particolare sono state ottemperate le prescrizioni inserite nella Delibera CIPE n.29 del 21/03/2018, pubblicata su Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana serie generale n° 237 del 11/10/2018.

Si anticipa che l'aggiornamento del progetto, ai sensi delle prescrizioni della suddetta Delibera CIPE, ha comportato onerose conseguenze, sia nella definizione tecnica delle opere, sia sui costi finali dell'intervento.

Si fa presente che propedeuticamente all'avvio della progettazione esecutiva per completare la conoscenza dei terreni sono state predisposte le seguenti indagini, ad integrazione di quanto già previsto in sede di progetto definitivo:

- **Rilievi topografici**, a conferma della topografia dell'area, ed in modo puntuale dell'asse della strada, di tutti i punti singolari a latere, nonché del rilievo di numerose sezioni dei canali idraulici interferiti;

Le principali modifiche ed integrazioni apportate al presente progetto (si rinvia per tutti i dettagli ai successivi paragrafi ed agli elaborati grafici del progetto) sono:

- **Corpo stradale:** Il progetto stradale, avendo già ottenuto tutte le approvazioni, non è stato sostanzialmente modificato. Sono stati fatti solo piccoli aggiustamenti che vengono di seguito descritti, seguendo l'ordine delle progressive.
  - **Rotatoria Villa di Tirano**: È stata prevista un'isola centrale completamente transitabile per garantire un eventuale attraversamento da parte di veicoli per trasporti eccezionali. La corona giratoria è stata progettata con una corsia di 6 m anziché 7 m rendendola rispondente ai dettami del DM 19/04/2006. Sono state apportate alcune correzioni agli assi di tracciamento dei rami in ingresso per migliorare gli angoli di deflessione delle traiettorie di attraversamento della rotatoria. Simili soluzioni sono state adottate per tutte le altre rotatorie poste sull'asse principale. In particolare per tutte è stata prevista la realizzazione di un'isola centrale transitabile.
  - **Ramo dell'asse principale tra la rotatoria Villa Tirano e la rotatoria Stazzona:** È stato adeguato il raccordo verticale in corrispondenza del ponte sull'Adda abbassandolo di circa 60 cm per verificare la sussistenza della distanza per l'arresto secondo quanto prescritto dal DM 05/11/2001. Parimenti è stato eseguito un allargamento planimetrico in curva (sull'opera d'arte) di 1.20 m per garantire la distanza di visibilità per l'arresto. La ricucitura, indicata nel progetto definitivo come "ricucitura viabilità arginale Fiume Adda" non è stata più realizzata in quanto, avendo arretrato la pila del ponte in località Stazzona, la stessa viabilità arginale non viene più interferita.
  - **Rotatoria di Stazzona:** È stata prevista la chiusura degli accessi della viabilità arginale (costituita a sinistra dal ramo terminale di via Svandana e a destra dal ramo iniziale della SP 24) sul ramo D perché risultavano interferenti con le corsie di ingresso in rotatoria, oltre ad essere eccessivamente pendenti. In destra del ramo (sulla SP 24) la chiusura si è concretizzata provvedendo a demolire la pavimentazione e rinaturalizzare il tratto finale della viabilità arginale. In corrispondenza di tale interruzione è stato creato un back track sulla viabilità arginale.

    A sinistra (su via Svandana) è stato mantenuto l'accesso, inserendo però una sbarra a sollevamento manuale per garantire l'uso della viabilità arginale per operare la manutenzione degli argini e delle pile del ponte.

Per ripristinare la funzionalità di rete della viabilità arginale interrotta sono stati previsti due nuovi rami stradali:

- a destra (est) è stata prevista una nuova viabilità alla base del rilevato che, traendo origine in corrispondenza del ramo B della rotatoria, serve a ricucire le viabilità interrotte ed a dare continuità alla viabilità arginale attraverso il collegamento con via San Bernardo e la realizzazione del sottopasso di via San Bernardo. La geometrizzazione del tracciato di tale ramo stradale è stata condizionata dalla esigenza di non interessare con gli espropri nuove particelle catastali rispetto a quelle previste dal PD e, ove ciò non fosse attuabile, danneggiare il minimo possibile le proprietà espropriate; ciò anche in virtù di quanto prescritto dal CIPE al punto 1.2.1.8 a proposito degli aspetti stradali, che recita "Si individuino e perseguano miglioramenti progettuali atti a ridurre la frammentazione del territorio agricolo nel tratto di circa 1 km a monte della località San Bernardo, rispetto al rapporto tra la nuova viabilità e la riqualificazione dell'esistente". Inoltre, trattandosi di un considerevole ampliamento di una strada esistente che verrà percorsa da una utenza di traffico diversa da quella attuale, tutto il tracciato è stato dotato di segnaletica integrativa per aumentarne la visibilità e, quindi, minimizzare il rischio per gli utenti. La viabilità in questione ripercorrerà per gran parte del tracciato una viabilità vicinale esistente garantendo, per quanto possibile, il rispetto dei dettami del DM 05/11/2001. Al fine di migliorare la funzionalità e la sicurezza delle intersezioni, al termine del nuovo asse viario, in corrispondenza dell'allaccio con via S. Bernardo è stata inserita una mini-rotatoria. Parimenti, in corrispondenza della intersezione tra la ricucitura di via San Bernardo e la SP 24, è stata anche prevista una mini-rotatoria. Quest'ultima è prossima al sottovia di via San Bernardo che è stato reso ortogonale all'asse principale garantendo adeguati raggi di curvatura e distanze di visibilità.
- A sinistra (ovest) della rotatoria di Stazzona è stata realizzata una variante di via Svandana (denominata in progetto "ricucitura via Svandana") che serve ad evitare l'attraversamento in sottopasso dell'asta principale (come richiesto dall'Ente A2A che esercisce la vicina centrale idroelettrica di Stazzona) riportando il termine di via Svandana sul ramo B della rotatoria, in corrispondenza dell'innesto della viabilità di cui s'è detto al punto precedente. In questo modo si è ricreata la continuità della viabilità arginale prima interrotta. Il progetto di tale deviazione è stato condizionato dalla necessità di garantire il passaggio di mezzi eccezionali diretti verso la vicina centrale idroelettrica, per cui le livellette e raggi di curvatura planimetrici sono stati proporzionati, oltre che garantire idonee distanze di visibilità per l'arresto, anche per garantire il transito di tali mezzi. A latere, è stata anche progettata una nuova viabilità per consentire il collegamento della viabilità arginale interrotta a sinistra del ramo D con il nuovo tratto di Via Svandana.

- **Ramo dell'asse principale tra la rotatoria di Stazzona e la rotatoria di Tirano:** Il tracciato planimetrico non è stato modificato rispetto alle previsioni del PD. Dal punto di vista altimetrico l'unica modifica apportata rispetto al PD riguarda l'innalzamento della pendenza della livelletta al km 2+364,82 che presentava una pendenza inferiore allo 0.3%. Ciò al fine di ottimizzare il drenaggio delle acque di piattaforma.
- **Rotatoria di Tirano:** Nel PD i rami dell'asta principale che entrano in rotatoria risultano costituire un'unica curva di raggio 800 m. per migliorare l'ingresso in rotatoria dei due rami ed ottimizzare il tracciato rispetto ai dettami normativi nel progetto esecutivo tale curva è stata spezzata inserendo clotoidi. Ciò ha comportato una lieve deviazione dell'asse stradale, contenuta però nell'ambito delle particelle di esproprio. Conformemente alle previsioni del PD, le viabilità arginali in corrispondenza del ponte sull'Adda sono state

deviate. Rispetto alle previsioni del PD sono state operate delle locali ottimizzazioni degli assi onde migliorare la sicurezza di marcia dei veicoli, nel rispetto dei dettami del DM 05/11/2001. È stata introdotta una nuova ricucitura, denominata "ricucitura via della Tunda", resasi necessaria per garantire l'ingresso alla zona industriale dal lato sud (in corrispondenza del fiume Adda), in quanto l'innalzamento della livelletta della strada di collegamento oggi esistente (che da progetto sovrappassa l'Adda con un ponte) ne aveva compresso l'accesso.

- **Ramo dell'asse principale tra la rotatoria di Tirano e la rotatoria di Campone:** dal punto di vista planimetrico in tale tratto è stata modificato il raggio di curvatura che caratterizza il tratto in galleria naturale. Esso è stato portato dai 1100 m previsti nel PD a 900 m. Ciò ha consentito di verificare i dettami del DM 05/11/2001 in merito al raggio di due curve consecutive connesse da una clotoide di continuità (fig. 5.2.2a della citata Norma), atteso che il raggio della curva successiva è di 340 m. Anche il parametro della clotoide di continuità tra le due curve è stato variato per renderlo rispondente i dettami normativi. La riduzione del raggio da 1100 m a 900 m ha comportato la necessità di introdurre un allargamento di 33 cm per la visibilità sul lato sinistro della galleria. Esso è stato ottenuto senza modificare le dimensioni esterne della galleria, diminuendo lo spessore del riempimento a tergo del profilo redirettivo, nel rispetto delle sagome previste dalla figura 4.1.2.d della norma allegata al DM. 5/11/2001.

  Dal punto di vista altimetrico, le uniche modifiche hanno riguardato:

  1) la livelletta compresa tra il km 3+256,378 ed il km 3+645,36 la cui pendenza è stata portata dallo 0.18% al 0.3% per garantire il corretto deflusso delle acque di piattaforma;
  2) il raggio del raccordo altimetrico presente in corrispondenza dell'imbocco della galleria naturale è stato modificato dal valore di 7500 m a 8100 m, consentendo così la sussistenza di una visuale libera almeno pari a quella minima per l'arresto alla velocità di progetto in quel punto;
  3) la livelletta finale del tratto in parola che precede l'innesto nella rotatoria di Campone è stata portata dal 3,6% al 4,4% per consentire il sollevamento della quota d'imposta della rotatoria (di cui si dirà al punto successivo) e la conseguente diminuzione della pendenza della livelletta del successivo tratto dell'asta principale.

  Vi sono poi altre modifiche plano-altimetriche di dettaglio atte a ottimizzare il tracciato rispetto ai criteri di sicurezza e funzionalità dettai dal DM 05/11/2001.

- **Rotatoria di Campone e ramo di raccordo con la sede attuale della SS.38:** I rami che confluiscono in rotatoria hanno, da progetto definitivo, discese del 10% (quello del ramo C della rotatoria, proveniente dal tratto urbano della SS38) e del 6.9% (quello che si pone in continuità con la sede extraurbana della SS38). Per ridurre tali criticità è stato quindi necessario spostare di 1 m la rotatoria e sollevare di circa 1 m la sua quota d'imposta che da 499,00 m è passata a 500,32 m, il ché, come detto, ha comportato il sollevamento della livelletta del tratto precedente dal 3.6 % al 4.4%. Ciò ha però consentito di abbattere di circa l'1% la pendenza sul tratto finale dell'asse principale che da 6,9% passa al 5,86%, rendendo più agevole l'ingresso in rotatoria dei mezzi pesanti provenienti in discesa dalla SS.38. Il raccordo verticale alla progressiva km 6+380,531 è stato ampliato, passando da 250 a 650 m onde migliorare il raccordo con la rotatoria.

  È stato anche possibile creare un breve tratto di viabilità di servizio (non prevista nel PD, chiamata in progetto esecutivo "Collegamento proprietà privata") con la quale sono stati raggruppati alcuni accessi presenti in curva sul lato destro del ramo di raccordo con la vecchia sede della SS.38.

Per quanto concerne il ramo C della rotatoria (che costituisce il ramo di raccordo con il tratto urbano della SS.38), la pendenza del 10 % (come prevista nel PD) non è stata incrementata a fronte del sollevamento della rotatoria di Campone. Ciò è stato ottenuto spostando leggermente il centro della rotatoria e modificando il punto di attacco della variante sulla vecchia sede della SS.38.

In tale tratto stradale è stato necessario introdurre in progetto un nuovo incrocio a raso (non previsto nel PD) atto a ripristinare l'intersezione di recente realizzazione tra la SS.38 e la viabilità che conduce al nuovo eliporto. Si tratta di un'intersezione a "T" con canalizzazioni il cui progetto è stato improntato nel pieno rispetto dei dettami del DM 19/04/2006. È stato peraltro necessario riprofilare anche altimetricamente l'intero ultimo tratto della strada che conduce all'eliporto per consentire l'innesto sul Ramo C. In particolare la livelletta finale di tale tronco si presenta come un "tetto" con pendenza del 0,6% in corrispondenza dell'incrocio in modo da garantire la sussistenza di adeguate visuali libere.

La presenza della nuova intersezione e la modifica della livelletta della viabilità di ricucitura con l'eliporto hanno comportato la progettazione di un nuovo sistema di viabilità di sevizio atte a dare accessibilità alle proprietà altrimenti intercluse.

Infine lungo tutto il ramo C, sono state previste nuove recinzioni e razionalizzati gli accessi.

Tutte le rotatorie in progetto, come anticipato, sono state previste con isola centrale carrabile e, al fine di garantire la rispondenza ai dettami normativi del DM 19.04.2006, è stata portata da 7 a 6 m la larghezza della corsia giratoria.

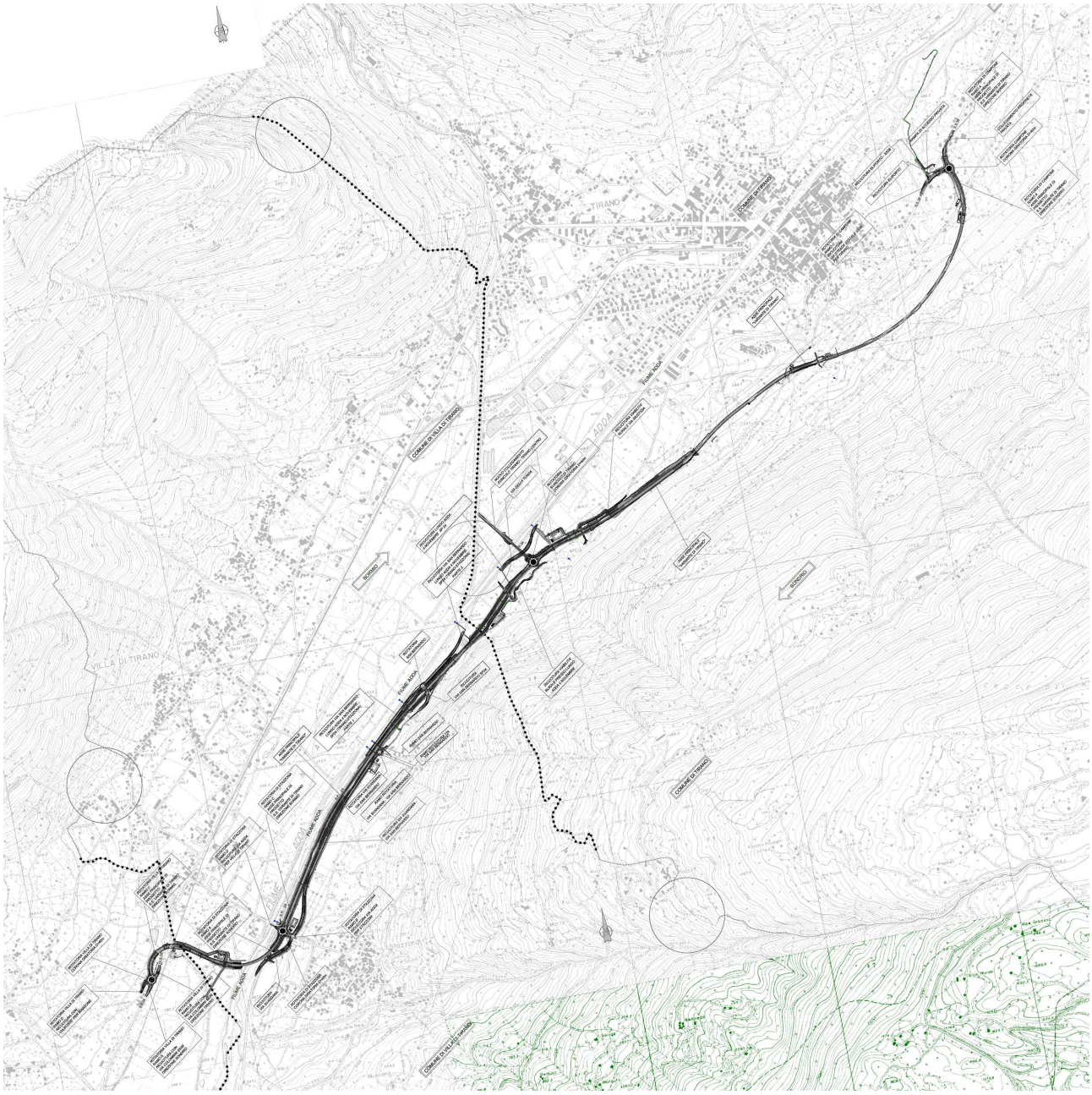
- **Geologia e geotecnica**: alla luce degli approfondimenti di studio e in ottemperanza alle prescrizioni dei capitolati ANAS si è proceduto a:
  - Nella relazione geologica e geotecnica sono state affrontate e risolte tutte le criticità geologiche ed è stato individuato un modello geotecnico attendibile di riferimento per tutte le opere, sulla scorta della reinterpretazione di tutte le indagini geologiche e geotecniche effettuate nelle due campagne di indagini (2002 e 2009).
  - Nella relazione geotecnica sono state reinterpretate tutte le prove geotecniche effettuate nelle due campagne di indagini (2002 e 2009). Particolare cura è stata dedicata alle problematiche inerenti alle condizioni di equilibrio dei versanti, con particolare riferimento alla stabilità delle coltri detritiche e dei tratti delle scarpate dei rilevati più alti;
  - Sia nella relazione geologica che in quella geotecnica sono state affrontate le tematiche inerenti agli assetti stratigrafici sia generali sia, soprattutto, locali, in corrispondenza di ciascuna opera; pertanto il dimensionamento di tutte le opere è stato eseguito non sulla base di un modello geologico-geotecnico generale, ma sulla scorta delle configurazioni locali, corrispondenti alle necessità di progettazione delle singole opere.
- **Opere d'arte maggiori - Ponti**: si è proceduto a:
  - Ridimensionare le luci nette degli attraversamenti, come indicato dal Codice dei Contratti Pubblici; gli attraversamenti in corrispondenza di Stazzona e di Tirano sono stati risolti aumentando le luci dei viadotti e posizionando spalle e pile a tergo degli argini, ad eccezione di una pila per il ponte di Stazzona;
  - Tutte le opere sono state progettate ai sensi della nuova normativa D.M. 15/01/2018.
- **Opere d'arte maggiori - Gallerie**: si è proceduto a:
  - Prolungare la galleria artificiale il Dosso di circa 135 ml (compresi gli imbocchi a becco di flauto), portandola ad una lunghezza di 644,8 m; la maggiore estensione è stata quasi integralmente apportata sul lato Sondrio del tracciato dove è stato inserito un tratto iniziale finestrato sul lato di valle di estensione pari a circa 113 m;

- Galleria naturale "Il Dosso" – imbocco lato Sondrio: per risolvere le criticità relative alla sovrapposizione fra la galleria naturale e il canale idrico in gestione alla A2A S.p.A., in corrispondenza dell'imbocco lato Sondrio della galleria, si è prevista la realizzazione di un'opera di presidio del canale mediante una doppia fila di paratie laterali collegate in testa da una soletta di protezione in c.a. di spessore 70 cm circa. Tra la soletta superiore e l'estradosso della galleria idraulica è stata prevista la messa in opera di uno strato di polistirolo per evitare il trasferimento di sovraccarichi puntuali alla struttura della galleria naturale stessa. In aggiunta, la livelletta stradale in questa zona è stata leggermente sollevata al fine di garantire un maggiore franco di sicurezza fra le due strutture interferenti;
- Galleria naturale "Il Dosso" – sviluppo planimetrico: a seguito della variante planimetrica del tratto compreso tra la Rotatoria di Tirano e la Rotatoria di Campone, che ha comportato una riduzione del raggio di curvatura dai 1100 m previsti nel PD agli attuali 900 m, è stato modificato lo sviluppo planimetrico della galleria naturale "Il Dosso" che ha visto incrementata la propria lunghezza di circa 13 m.

- **Opere d'arte minori**:
  - Tutti i tombini che attraversano l'asse principale sono stati allargati alla misura interna di 3.00 x 1.50m, per garantire l'ispezionabilità; peraltro non sono state previste opere di grigliatura, avendo aumentato la sezione utile;
  - Tutti i tombini sono stati posizionati per garantire le coperture rispetto alle livellette dei profili stradali e per non interferire con la rete di raccolta acque piovane;
  - I muri di linea sono posizionati per contenere, solo ove effettivamente necessario, il rilevato della piattaforma stradale;
  - Tutte le opere sono state progettate ai sensi della nuova normativa D.M. 15/01/2018.
- **Idraulica**: si è proceduto a:
  - Ricalcolare le portate del reticolo dei fossi di versante, secondo quanto indicato dai PGT dei Comuni interessati dal tracciato stradale;
  - Ricucire con grande attenzione il reticolo dei fossi esistenti, al fine di garantire la continuità dei flussi idrici interferenti con il corpo stradale;
  - Ricalcolare la rete di drenaggio di piattaforma sulla base delle curve di pioggia e delle effettive larghezze delle carreggiate;
  - Aumentare il numero delle vasche di prima pioggia, riposizionandole opportunamente, al fine di facilitare la restituzione ai fossi esistenti;
  - Inserire a valle delle vasche di prima pioggia le vasche di laminazione, dimensionate come richiesto dalla Regione Lombardia, con criteri di invarianza idraulica;
- **Illuminazione**: gli impianti di illuminazione sono stati progettati secondo la nuova recente normativa di settore, avendo inoltre previsto l'utilizzo di lampade LED;
- **Espropri**: è stata aggiornata la definizione delle nuove superfici da sottoporre ad esproprio, e la valutazione degli indennizzi;

3 CONSISTENZA DEL PROGETTO

Il tracciato principale dell'intervento ha una lunghezza complessiva di circa 6,6 km. La variante parte dall'intersezione tra l'esistente SS 38 con la rotatoria di Villa di Tirano e prosegue superando il fiume Adda e costeggiandolo in sinistra idraulica fino alla rotatoria terminale di Campone. L'intervento interessa il territorio dei comuni di Bianzone, Villa di Tirano e Tirano, in provincia di Sondrio.



- La sezione stradale da realizzare corrisponde alla categoria «C1» prevista dal decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 5 novembre 2001, concernente «Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade», ed è composta da un'unica carreggiata a due corsie da 3,75 metri ciascuna e banchine laterali da 1,5 metri.
- Il progetto include viabilità di «ricucitura», cioè segmenti stradali di lunghezza limitata, studiati per ripristinare i collegamenti interrotti dalla nuova strada e per permettere un più agevole ingresso a proprietà che altrimenti rimarrebbero intercluse.
- Le opere d'arte principali sono costituite da:
    - un ponte a tre luci sul fiume Adda, a Stazzona.
    - un ponte a due luci sul fiume Adda, a Tirano,
    - una galleria artificiale di circa 645 metri, denominata "*il Dosso 1*";
    - una galleria naturale di circa 1115 metri, denominata "*il Dosso*".
- Sono inoltre previste quattro intersezioni a raso costituite dalle rotatorie di Stazzona, Villa di Tirano, Tirano e Campone, di raggio 40 m;
- N. 3 sottovia al tracciato principale per ricucire la viabilità locale.

4 IL TRACCIATO

4.1 ANDAMENTO PLANO ALTIMETRICO DELL'ASSE PRINCIPALE

I comuni territorialmente interessati sono: Bianzone, Villa di Tirano e Tirano.
Ha inizio in corrispondenza della rotatoria di Villa di Tirano, dove si stacca dalla SS.38 esistente spostandosi sull'altro versante della valle sottopassando la ferrovia e superando il fiume Adda, fino a giungere alla rotatoria di Stazzona (tratto rotatoria Villa di Tirano – rotatoria di Stazzona). Corre poi sul fondovalle in sinistra orografica fino alla rotatoria di Tirano (tratto rotatoria di Stazzona - rotatoria di Tirano), per poi prendere quota risalendo sul versante della valle e, attraverso una galleria artificiale ed una naturale, giungere alla rotatoria di Campone (tratto svincolo di Tirano - rotatoria di Campone), dove si ricongiunge alla SS38 esistente.
Il tracciato in progetto prevede la realizzazione di un'asta stradale della lunghezza di oltre 6.6 km, dei quali circa 1100 m circa in trincea, 140 m su viadotto di attraversamento del fiume Adda, 1500 m in galleria e la rimanente parte su rilevato che in alcuni punti raggiunge altezze di quasi 20 m. In quest'ultimo caso, al fine di limitare l'occupazione del territorio, è stato scelto di rinforzare il terrapieno in modo tale da portare le scarpate ad avere angoli di inclinazione di 70°.
Il tratto in terra rinforzata si sviluppa per circa 450 m. I rimanenti 2800 si sviluppano su rilevato ordinario che, quando questo corre lungo le zone di esondazione o di deflusso, ha sempre una quota superiore di circa 1.5 m rispetto al massimo livello raggiungibile dalle acque in accordo agli studi idraulici.
Lungo il tracciato sono presenti 4 rotatorie di svincolo: la prima in ingresso in prossimità di Villa di Tirano che costituisce l'opera di ingresso alla variante, la seconda lungo la strada per Stazzona, la terza associata alle opere di svincolo per Tirano e l'ultima a fine tracciato in località Campone.
L'asta viaria si completa con la realizzazione di un nuovo ponte sull'Adda annesso allo svincolo di Tirano, ed a una serie di viabilità di ricucitura o completamenti con funzione di collegamento delle viabilità interrotte con la realizzazione della variante.

4.1.1 TRATTA TRA LA ROTATORIA VILLA DI TIRANO E LA ROTATORIA DI STAZZONA

In questo tratto la strada di progetto si porta dal versante orografico destro della valle a quello sinistro, sottopassando la ferrovia e superando il fiume Adda e collegando le due rotatorie di Villa di Tirano e Stazzona. Entrambe le intersezioni sono regolate da rotatorie di 40 m di diametro (esterno della corsia) che permettono nel primo caso di immettersi, per chi viene da Sondrio, nella circonvallazione e, nel secondo caso di proseguire verso Stazzona o di immettersi nella circonvallazione per chi arriva da Stazzona.

In questo punto per la definizione del tracciato planimetrico il PD aveva tenuto conto della presenza di edifici a monte dell'attuale strada statale SS38, che ha imposto di tenere la rampa di accesso al sottopasso ferroviario il più possibile a ridosso della ferrovia stessa; si era altresì tenuto conto della necessità di posizione della rotatoria di

Stazzona nell'area compresa tra il fiume Adda ed il cimitero di Stazzona, in asse con l'attuale ponte sull'Adda e via Adda

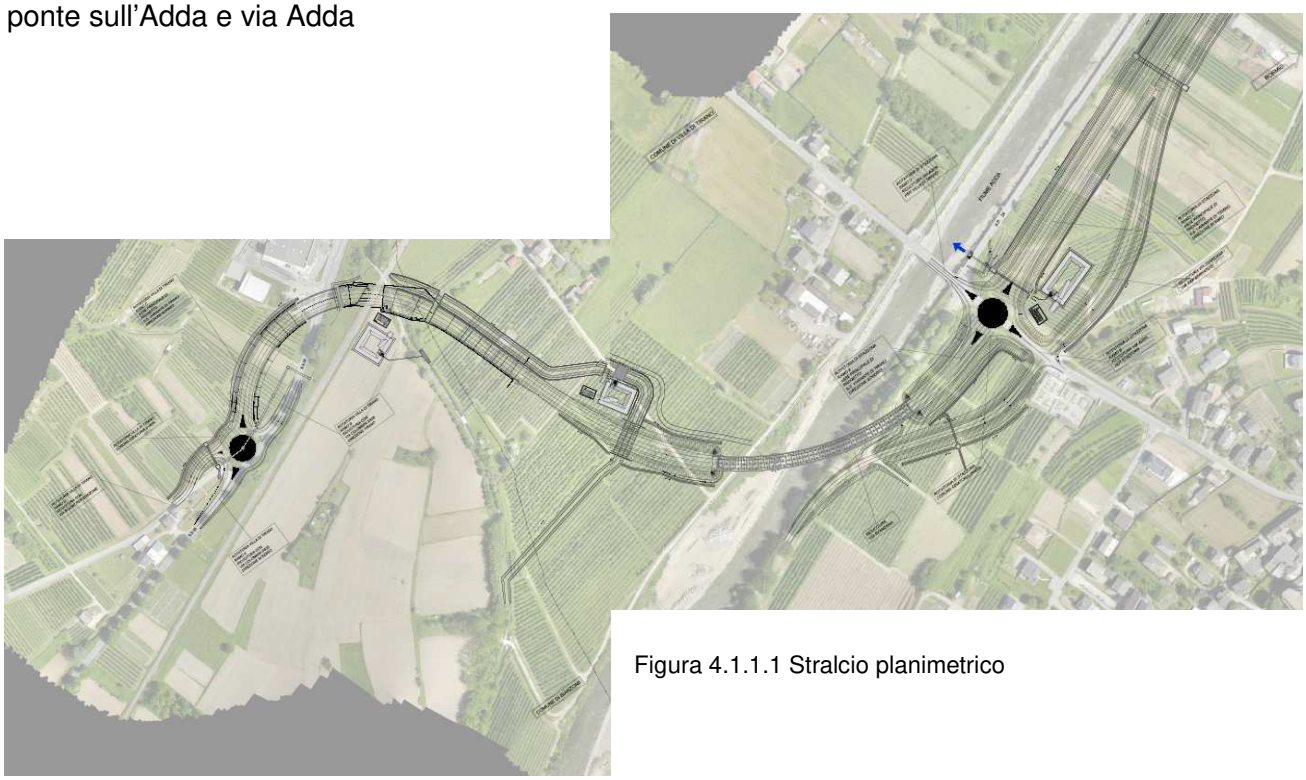


Figura 4.1.1.1 Stralcio planimetrico

La progettazione esecutiva non ha modificato detta impostazione progettuale. Tuttavia, sono stati apportati alcuni affinamenti progettuali atti ad ottimizzare la geometria del tracciato tenendo peraltro conto della recente edificazione di alcuni fabbricati commerciali nelle immediate vicinanze del sottopasso ferroviario. L'andamento plano altimetrico è descritto nella Relazione stradale. In particolare l'andamento altimetrico è vincolato dal passaggio sotto la ferrovia e sopra il fiume Adda. Le livellette sia in discesa che in salita si assestano sul 5,9%.
Lungo questi primi 880 m sono presenti importanti opere, che a partire dalle progressive minori e verso quelle crescenti, possono essere così sintetizzate:

- rampa in trincea protetta di discesa per il sotto attraversamento della SS38 e della Ferrovia;
- rampa di risalita in trincea protetta e successivamente in rilevato per l'approccio all'attraversamento del fiume Adda;
- Ponte sul fiume Adda denominato "Ponte Stazzona ";
- Rampa di discesa in rilevato fino al raggiungimento della rotatoria di Stazzona.

La sezione tipo della rampa in trincea è protetta lateralmente da muri di sostegno che in un primo tratto dove è possibile lo scavo senza l'interferenza con gli edifici posti all'esterno, vengono realizzati in modo ordinario.

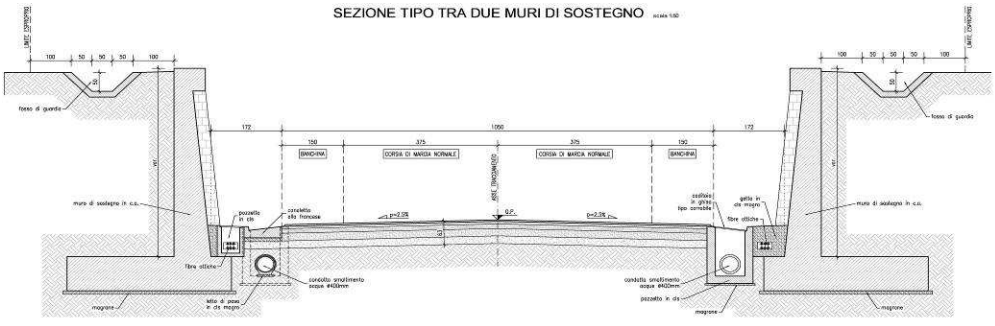


Figura 4.1.1.2 Trincea protetta da muri

Nelle tratte dove lo scavo provocherebbe interferenze con gli edifici, lo stesso viene preceduto dalla realizzazione di paratie di micropali tirantate. In questo caso la fondazione dei due muri si unisce fino a formare una sezione a "U".

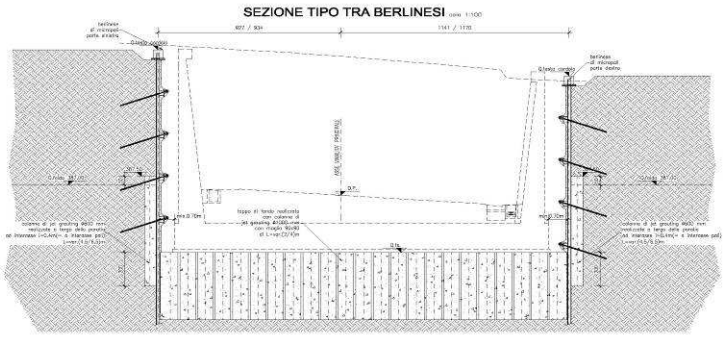


Figura 4.1.1.3 Trincea protetta da muri tra micropali tirantati

Nella zona dove è anche presente l'interferenza con la falda lo scavo viene preceduto dalla realizzazione di colonne di jet grouting limitatamente alla profondità sotto falda. Le colonne di jet grouting sono utilizzate anche per la creazione di un tappo di fondo per impedire il sifonamento dello stesso.
La sede ferroviaria sarà protetta con un sistema a ponte tipo "Essen" in modo tale da garantirne la funzionalità anche durante la spinta del monolite.
Tra i due sottopassi è previsto un muro ad "U" che prosegue anche dopo il sottopasso ferroviario fino a che non si ripristina il contesto in cui è possibile la realizzazione di muri ordinari.
All'uscita della trincea, la sede stradale corre in rilevato di altezza variabile fino al raggiungimento della quota prevista dal ponte "Stazzona" di attraversamento dell'alveo attivo del fiume.
La configurazione geometrica e la costituzione della sezione delle tratte in rilevato è mostrata nella Figura 4.1.1.4.

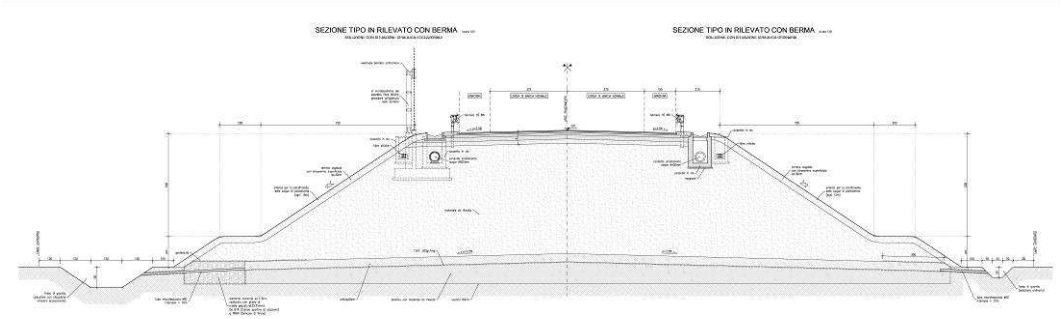


Figura 4.1.1.4 Organizzazione della sezione tipo "C1" lungo l'asta nella situazione ordinaria

Il ponte "Stazzona" costituisce una delle più importanti opere previste lungo il tracciato.
Da considerare che il ponte, essendo in curva, è caratterizzato nella sua geometria dagli allarghi necessari a garantire i termini di visibilità imposti dalla norma che hanno portato ad avere una larghezza aggiuntiva, nel punto massimo, di circa 0.8 m.
Dopo il ponte sull'Adda il tracciato prosegue in rilevato fino al raggiungimento della rotatoria di Stazzona.
A queste importanti opere si aggiungono alcune opere minori quali:

- la deviazione del canale irriguo denominato "Rossi" nella sua direttrice principale e in un ramo secondario. Questa deviazione comporta la creazione sopra la trincea protetta di un'apposita sede collocata all'interno della soletta di copertura del sottopasso alla SS38;

- la costruzione di via Svandana per permettere la ricucitura dell'esistente strada che corre lungo l'argine sinistro del fiume, con funzione anche di presidio idraulico dell'arginatura.
- la costruzione di una rampa dalla via Svandana che permetta la "ricucitura" della strada arginale (ciclo-pedonabile) in sponda destra;
- La costruzione di tombini idraulici.

4.1.2 TRATTA TRA LA ROTATORIA DI STAZZONA E LA ROTATORIA DI TIRANO

In questo tratto la strada di progetto si colloca lungo l'Adda per un tratto lungo quasi 2 km con curve a grande raggio e rettilinei più o meno brevi, per poi spostarsi a ridosso del versante sulla sinistra orografica della valle.

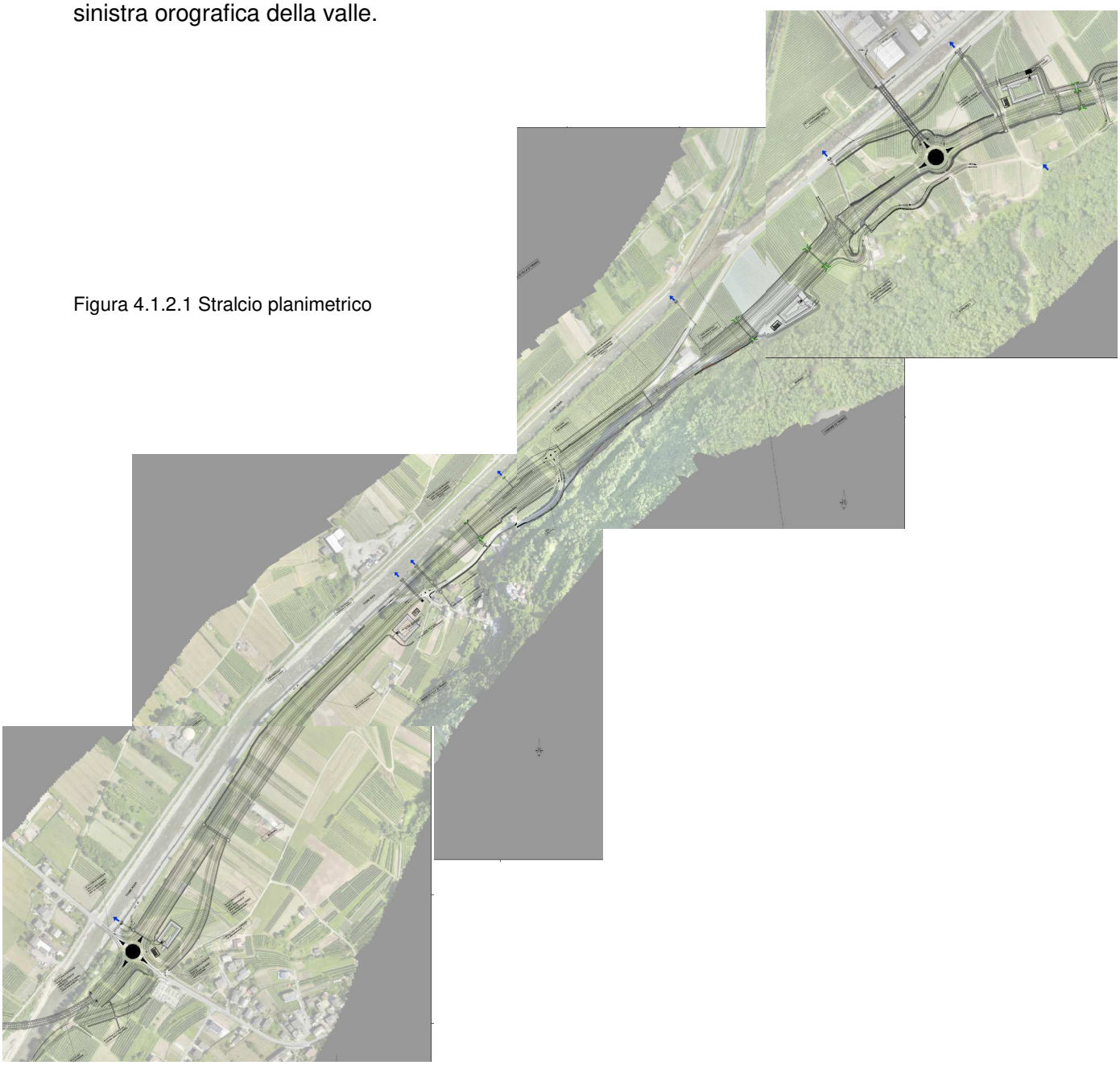


Figura 4.1.2.1 Stralcio planimetrico

La tratta in oggetto inizia con la rotatoria di Stazzona che verrà realizzata tutta in rilevato. A partire dalla rotatoria citata, il tracciato per circa 2 km, si colloca anch'esso in rilevato avente un'altezza media di circa 5 m per i primi 1400 m e di circa 7-7.5 m per il rimanente tratto.
Da considerare che per i primi 1400 m circa il rilevato corre in affiancamento all'alveo del fiume dal quale è diviso tramite l'attuale strada arginale. Dopo tale distanza il rilevato si allontana dall'alveo per evitare alcune abitazioni presenti lungo la direttrice e per poter avere la collocazione ottimale per il posizionamento delle opere relative allo svincolo di Tirano.

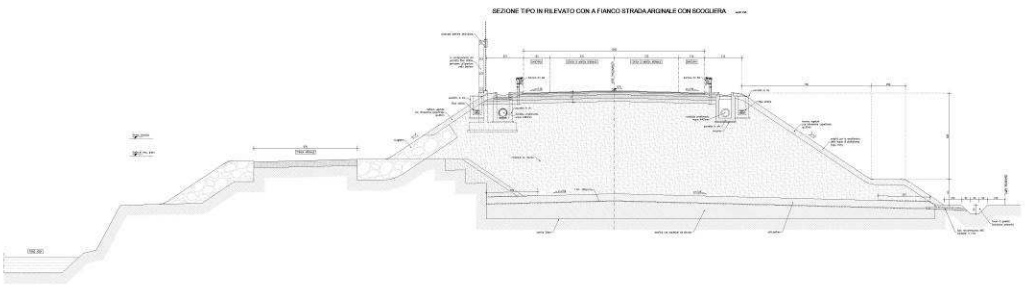


Figura 4.1.2.2 Sezione tipo in rilevato in affiancamento all'alveo dell'Adda

Lungo questo tratto sono presenti una serie di tombini idraulici necessari allo smaltimento delle acque provenienti da monte, un sottopasso stradale previsto per il sottoattraversamento della via San Bernardo e un muro di sostegno del rilevato atto a limitare l'occupazione del piazzale dell'edificio del Consorzio Agrario.

Alla fine di questa tratta si colloca lo svincolo per Tirano. Si tratta di uno svincolo in rotatoria che, in questo caso, ha un diametro di 40 m (riferito ai cigli della carreggiata)

Dalla rotatoria si dirama il "Ponte Tirano" per collegare direttamente l'omonimo abitato.

Nelle vicinanze dello svincolo sono presenti anche dei sottopassi faunistici, due tombini idraulici e due sottovia stradali previsti per "ricucire" la viabilità locale.

4.1.3 TRATTA TRA LA ROTATORIA DI TIRANO E LA PROGR. 4+235 CIRCA

In questa zona l'asse stradale inizia a risalire con pendenze di poco inferiori al 6% per superare il gradino morfologico che lo separa dalla quota terminale.

Si passa ad un rilevato, addossato alle pendici dei versanti, di altezza considerevole.

Proprio l'altezza del rilevato ha suggerito l'adozione di un rilevato in terra rinforzata per evitare eccessive occupazioni del territorio.



Figura 4.1.3.1 Stralcio planimetrico

Lo schema adottato è mostrato nella figura 4.1.3.2 dalla quale si evince che è stata mantenuta volutamente l'organizzazione della sezione trasversale, limitando il tratto in terra rinforzata alla parte di rilevato non interessato dai servizi.

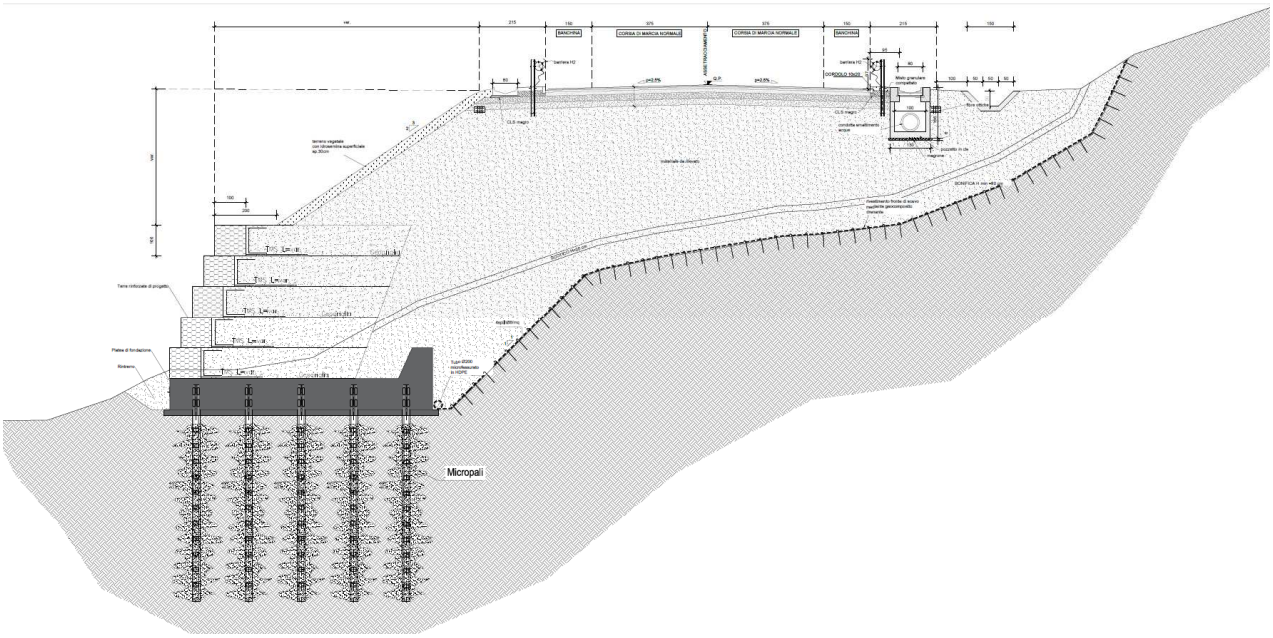


Figura 4.1.3.2 Schema tipologico del rilevato in terra rinforzata

4.1.4 TRATTA TRA LA PROGR. 4+235 E LA PROGR. 4+880 CIRCA (GALLERIA ARTIFICIALE)

Dopo il rilevato in terra rinforzata, la sede stradale per mantenere le livellette massime previste dalla norma, deve incidere il versante in modo significativo.

Tale necessità ha indotto, anche su suggerimento degli enti locali, a predisporre una galleria artificiale che avrà complessivamente una lunghezza di circa 645 m.

La galleria artificiale è preceduta da un tratto a mezza costa con una berlinese definitiva posta a monte come opera di sostegno.

Lo scavo verrà eseguito con mezzi ordinari di escavazione (escavatori).

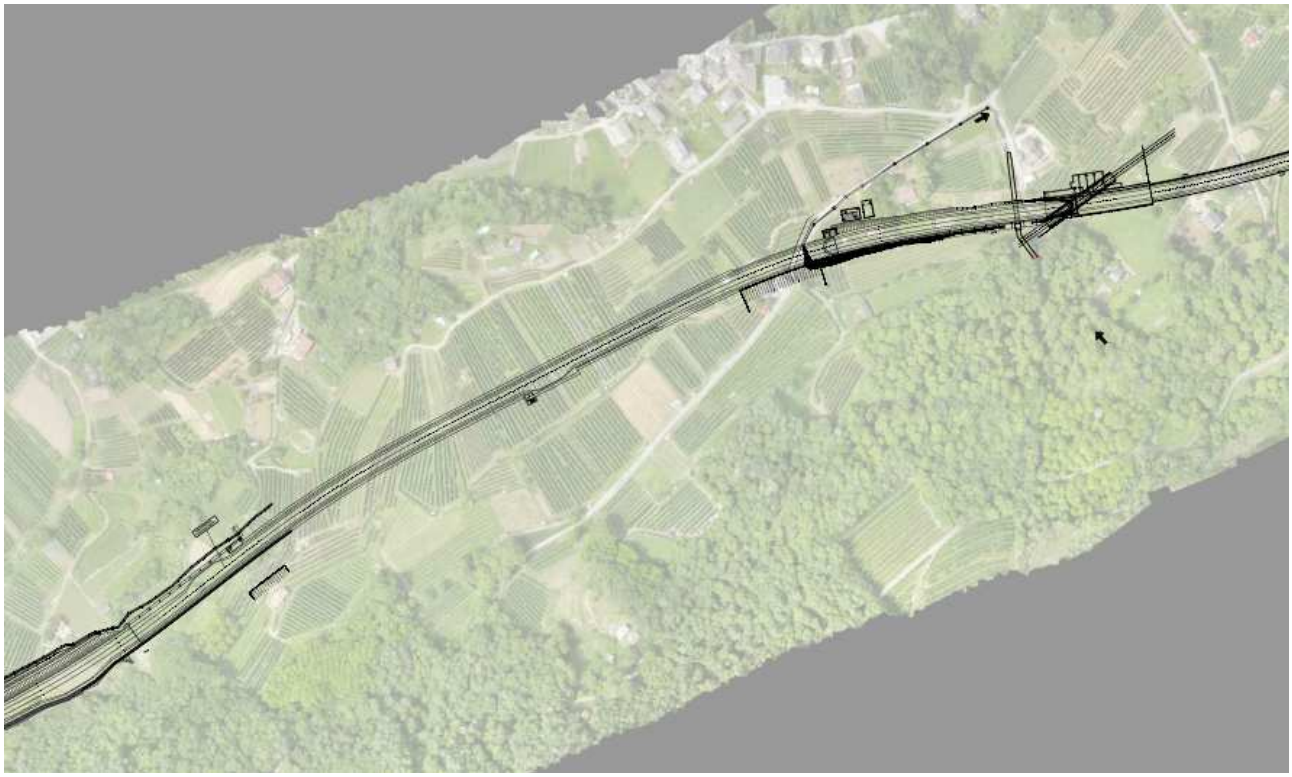


Figura 4.1.4.1 Stralcio planimetrico

L'adozione di una galleria artificiale di tipo policentrico è nata sostanzialmente da ragioni tecniche legate alla copertura massima del tombamento la quale risulta incompatibile con una copertura piana, a meno di accorgimenti particolari.
Inoltre la sagoma policentrica permette l'utilizzo dello stesso cassero della galleria naturale prevista più a monte.
All'esterno della Galleria Artificiale verso l'imbocco lato Sondrio, è prevista la realizzazione di un edificio tecnologico ad ospitare gli impianti di alimentazione della galleria.

4.1.5 TRATTA TRA LA PROGR. 5+000 E LA PROGR. 6+150 CIRCA (GALLERIA NATURALE)

Se si prescinde dalle zone di approccio per le quali sono previste delle berlinesi definitive, il tracciato è pressoché tutto in galleria. Quest'ultima avrà una lunghezza di circa 1115 m.
La sezione tipo associata alla galleria rispecchia gli standard ANAS per questo genere di strade. Essa è in grado di ospitare la piattaforma stradale e gli impianti senza dover ricorrere a soluzioni particolari.



Figura 4.1.5.1 Stralcio planimetrico

La necessità di adottare gli standard ANAS per la sicurezza delle gallerie ha imposto l'adozione di una via di fuga che corre lungo tutta la galleria. La via di fuga è collegata alla sede stradale tramite delle uscite di sicurezza poste in corrispondenza delle piazzole di sosta.
Sono state previste in totale 3 piazzole di sosta in galleria, in posizione tale che il percorso massimo alla via di fuga più vicina sia di 300 m.

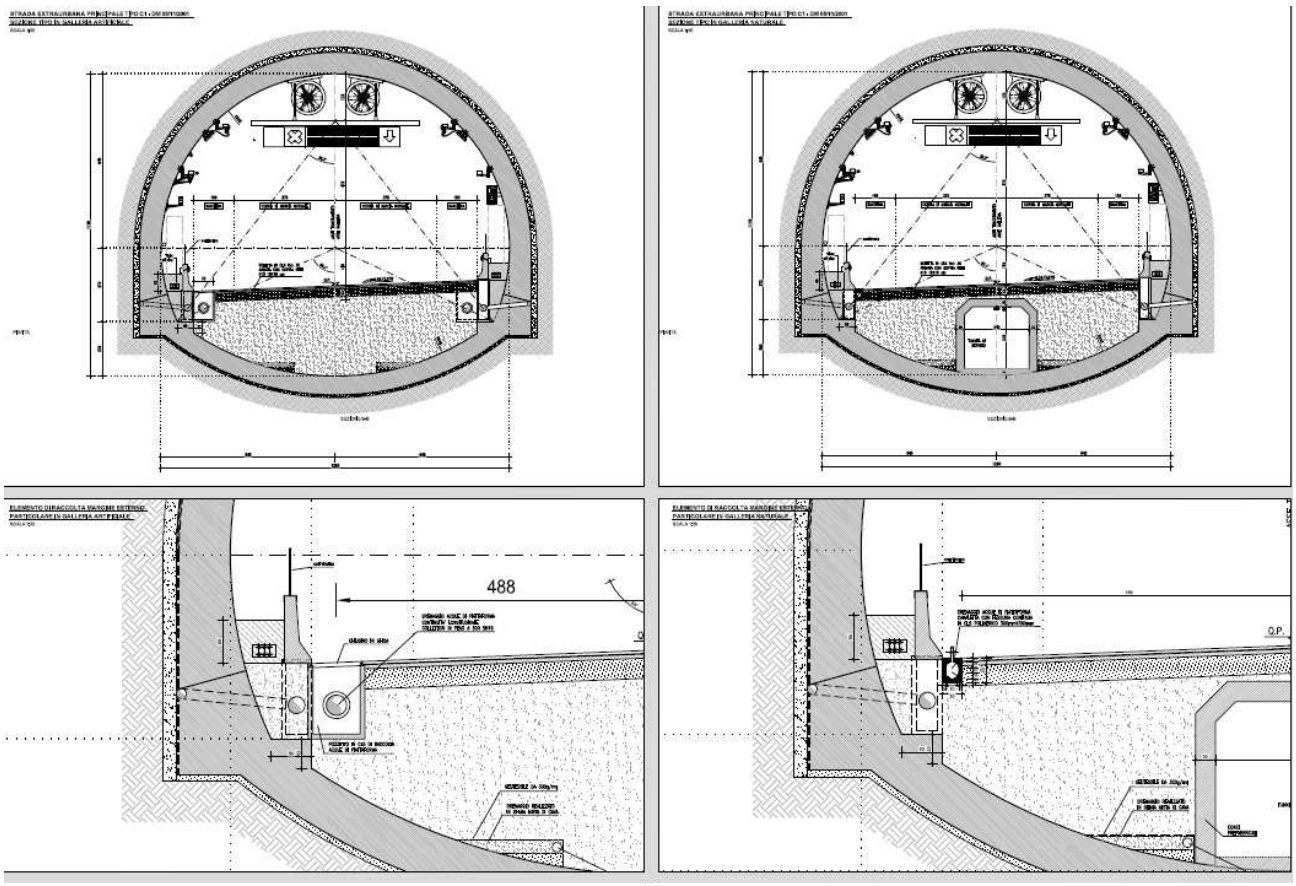


Figura 4.1.5.2. Schema tipologico della sezione in galleria naturale

I sistemi di consolidamento e di sostegno adottati sono funzione del materiale da scavare: all'interno delle morene sono previsti interventi di preconsolidamento associati a dei sistemi di bullonature autoperforanti, mentre all'interno dell'ammasso roccioso si prevede l'uso di bulloni di consolidamento da installare dopo lo scavo.
La stabilizzazione dello scavo sarà completata dalla messa in opera di un sostegno di prima fase costituito in entrambi i casi da centinate di acciaio e calcestruzzo spruzzato di spessore variabile a seconda della qualità del materiale.
Entrambi gli imbocchi saranno realizzati utilizzando come sistema di stabilizzazione delle pareti di scavo delle berlinesi tirantate. Al termine della costruzione lo spazio creato per gli imbocchi sarà occupato da un manufatto di imbocco che permetterà la rinaturalizzazione della zona.

4.1.6 TRATTA TRA LA PROGR. 6+150 ALLA PROGR. 6+600 CIRCA

È interamente costituita dalla trincea terminale. Si tratta di una trincea di profondità media di circa 7-8 m dove sul lato verso Bormio verrà costruito un muro di sostegno.
Il muro di cui sopra limiterà l'occupazione permanente del territorio ed inoltre garantirà un maggior riparo dalle intemperie riducendo la formazione di ghiaccio.
Lungo la trincea è stata prevista la realizzazione di un'opera di scavalco della cosiddetta "Strada Panoramica". Si tratta di uno scatolare in c.a. avente un'ampiezza tale da garantire il passaggio della strada panoramica senza che la stessa subisca alcuna deviazione.
La costruzione dello scatolare sarà preceduta dalla deviazione provvisoria della strada in modo da garantirne la funzionalità senza interruzioni.
Il tratto termina con la rotatoria di Campone tramite la quale è possibile immettersi nella nuova variante attraverso la costruzione di due rami di innesto verso l'attuale sede della SS38.

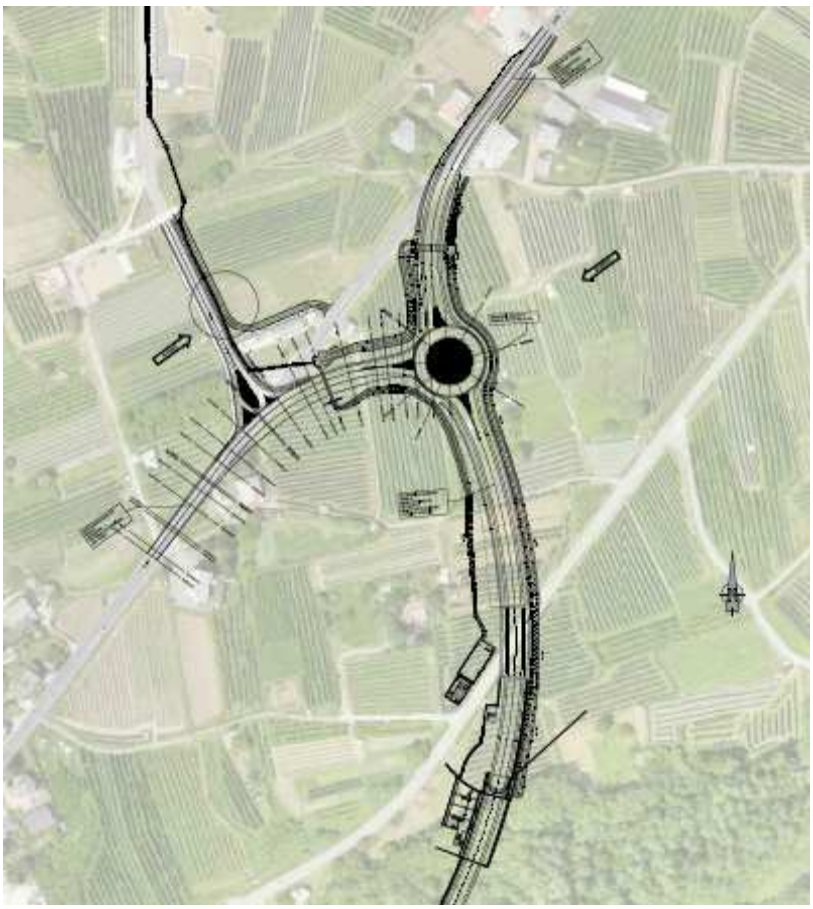


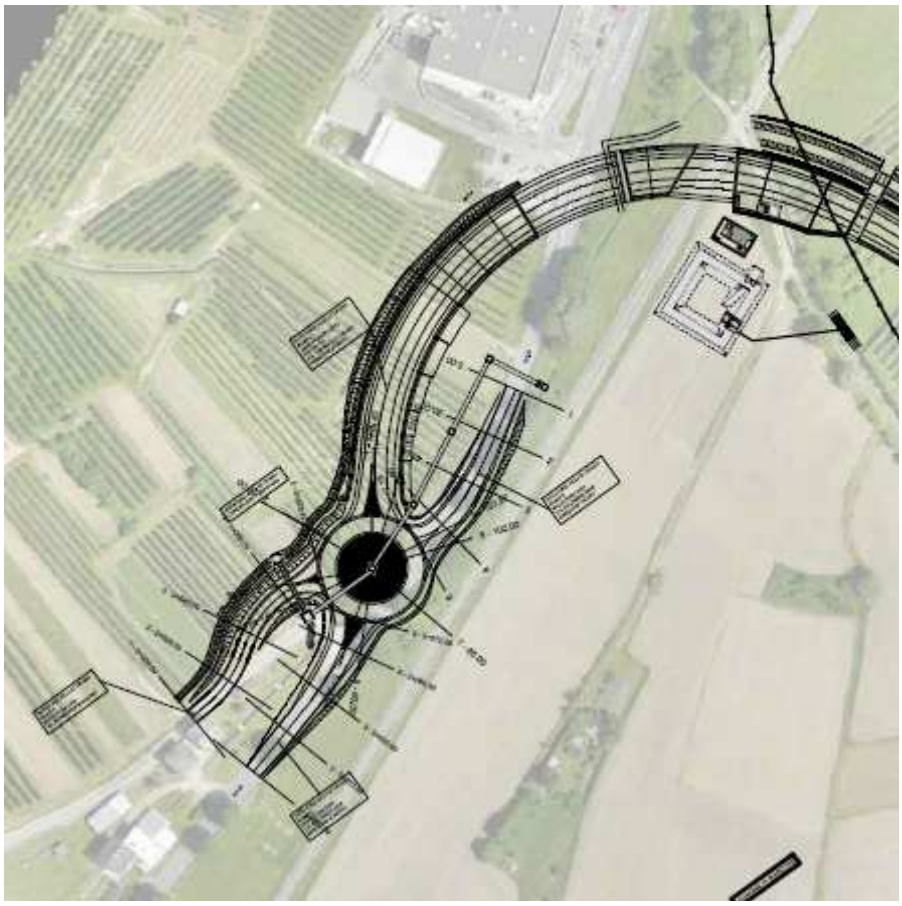
Figura 4.1.7.1 Stralcio planimetrico

4.2 INTERSEZIONI E SVINCOLI

Lungo il tracciato in progetto sono previste intersezioni per il ripristino dei collegamenti con la viabilità esistente interferente. Tali intersezioni sono state risolte con rotatorie così come definito dalla Normativa.
Le caratteristiche delle intersezioni sono riportate in dettaglio a seguire.

4.2.1 ROTATORIA DI VILLA DI TIRANO

La rotatoria di Villa di Tirano è posta alla prog. 0+000.00. Ha diametro 40 m, corsia corona circolare di 6.00 m con banchine di 1.00 m, a 4 bracci; risolve l'intersezione fra l'inizio della variante alla SS38 di progetto, la SS38 esistente e il collegamento con Via Rossè per Bianzone.
Il posizionamento della rotatoria ha tenuto conto dei vincoli che hanno determinato le scelte per il tratto di tracciato principale nella stessa zona. I bracci verso la strada SS38 esistente si posizionano direttamente sulla strada stessa, minimizzando l'occupazione di nuove aree. Invece il braccio verso via Rossè è stato introdotto per risolvere in sicurezza l'intersezione con via Rossè che porta all'abitato di Bianzone.
La rotatoria è posta circa alla stessa quota della SS38 esistente.



4.2.2 ROTATORIA DI STAZZONA

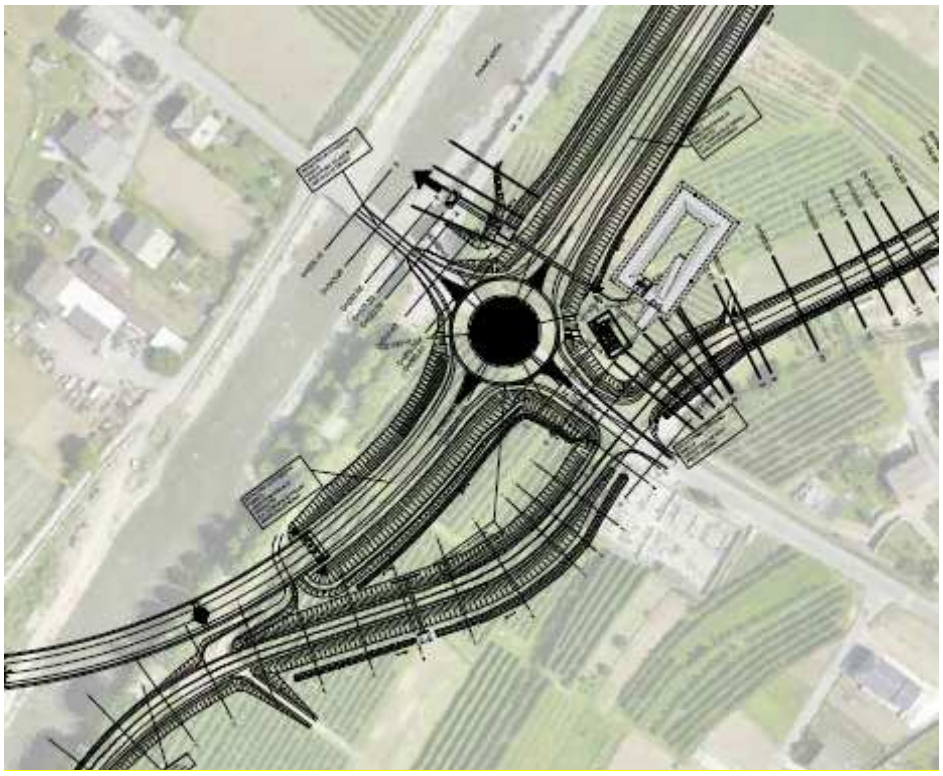
Presenta una configurazione del tipo a rotatoria a raso a quattro bracci.

La rotatoria di tipo convenzionale presenta Dest=40 m con sezione della corona pari a 6 m con banchina esterna da 1.00 m ed interna da 1.00 m. La pendenza trasversale è costante al 2,00% e i rami d'innesto sono previsti con larghezza pari a 4,50 m per le uscite e di 3,50 m per gli ingressi.

Risolve l'intersezione fra la variante alla SS38 di progetto, e collega Villa di Tirano a Stazzona passando sul ponte esistente sull'Adda.

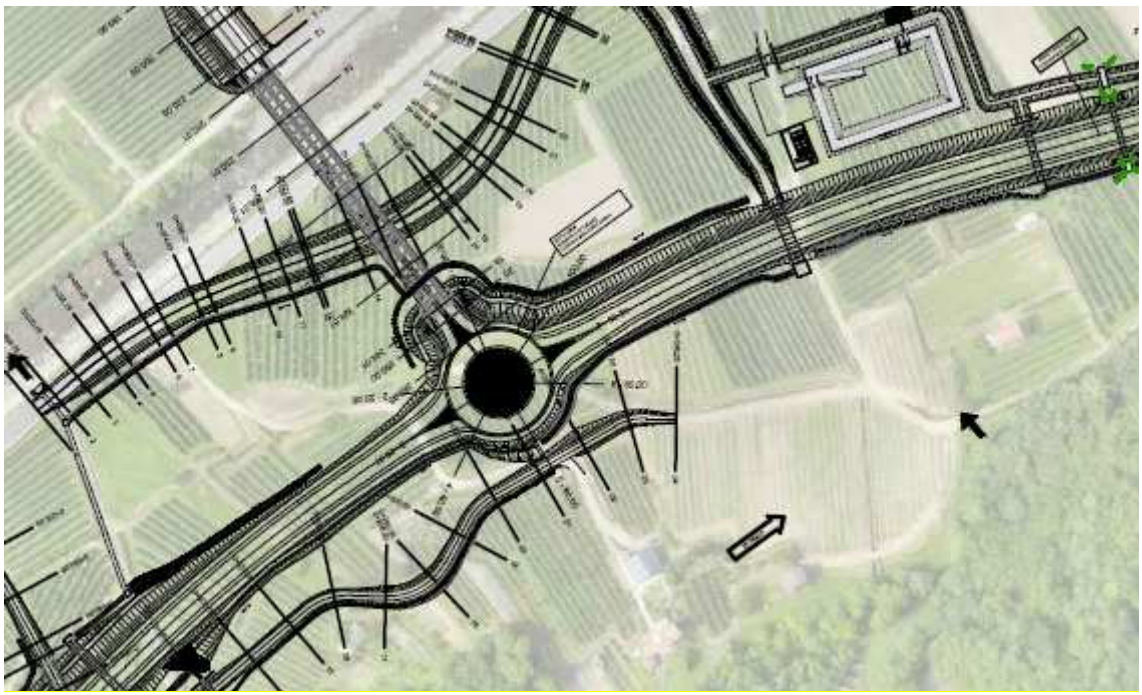
IL posizionamento della rotatoria è vincolato nello stretto spazio fra il fiume Adda e il cimitero di Stazzona, ed all'asse dell'esistente via Adda (arginale).

La rotatoria è posta alla stessa quota del tracciato principale di progetto, che, tenendo conto della quota di esondazione è risultato più in alto rispetto all'esistente via Adda: di conseguenza non è stato possibile ricollegare direttamente l'esistente via Adda, ma è stata prevista la "ricucirura" della viabilità locale mediante via Svandana a sud-est prima e via Adda per Stazzona poi a nord-ovest.



4.2.3 ROTATORIA DI TIRANO

Lo svincolo di Tirano con rotatoria, posto alla prog. 3+220.00, risolve l'intersezione fra la variante alla SS38 di progetto, e il nuovo collegamento Svincolo di Tirano - Tirano centro.
La rotatoria di Tirano ha diametro 40 m, corsia corona circolare di 6.00 m con banchine di 1.00 m, a 3 bracci.



4.2.4 ROTATORIA DI CAMPONE

Lo svincolo di Campone con rotatoria, posto alla prog. 6+400.00, ricollega la variante alla SS38 di progetto con l'esistente SS38, direzione Sondrio e direzione Bormio.
La rotatoria ha diametro 40 m, corsia corona circolare di 6.00 m con banchine di 1.00 m, a 3 bracci.

Lo svincolo di Campone ricuce anche, con il ramo ovest direzione Sondrio, l'intersezione esistente verso l'eliporto.



4.3 VIABILITÀ SECONDARIA E DI RICUCITURA

Lungo la tratta sono previsti interventi di adeguamento e ripristino delle viabilità interferite.
Tutti gli assi stradali sono stati progettati con riferimento alle disposizioni normative:

- **D.M. 5 novembre 2001 -** Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade.
- **D.M. 22 aprile 2004 -** Deroghe all'applicazione del D.M. 5.11.2001
- **D.M. 19 aprile 2006 -** Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali
- ed alle previsioni del PD.

La ricucitura con il territorio attraversato è altresì assicurata dalla realizzazione di 10 tronchi di nuova viabilità che, appunto, permette la ricucitura della viabilità locale esistente interferita dal nuovo tracciato della SS.38:

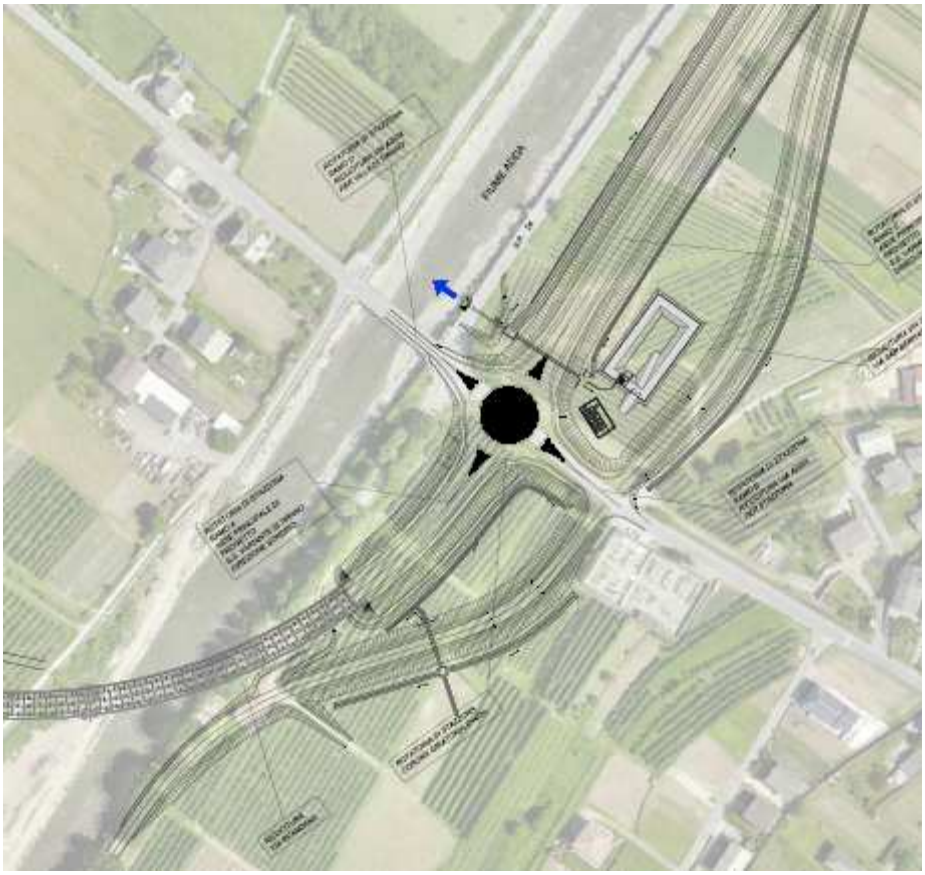
1. Ricucitura via Svandana - via San Bernardo;
2. Rotatoria via Svandana – via San Bernardo;
3. Ramo Rotatoria via Svandana – via San Bernardo
4. Ramo Ricucitura via San Bernardo
5. Ramo san Bernardo;
6. Ricucitura via Svandana;
7. Ricucitura via San Bernardo - via Adda (SP24);
8. Ricucitura via San Bernardo;
9. Rotatoria San Bernardo;
10. Ricucitura viabilità rurale presso lungo Adda 4 Novembre;
11. Ricucitura via della Tunda;
12. Nuovo collegamento viario Svincolo Tirano - Tirano centro;
13. Ricucitura viabilità rurale Via Giustizia.
14. Ricucitura lungo Adda 4 Novembre (SP24;)
15. Ricucitura Eliporto

16. Ricucitura Ex SS.38 - Eliporto
17. Strada di collegamento alla proprietà privata al km 6+605
18. Rampa di accesso alla proprietà privata sulla ex SS.38

Si riportano a seguire le caratteristiche degli interventi in progetto.

4.3.1 RICUCITURA VIA SVANDANA

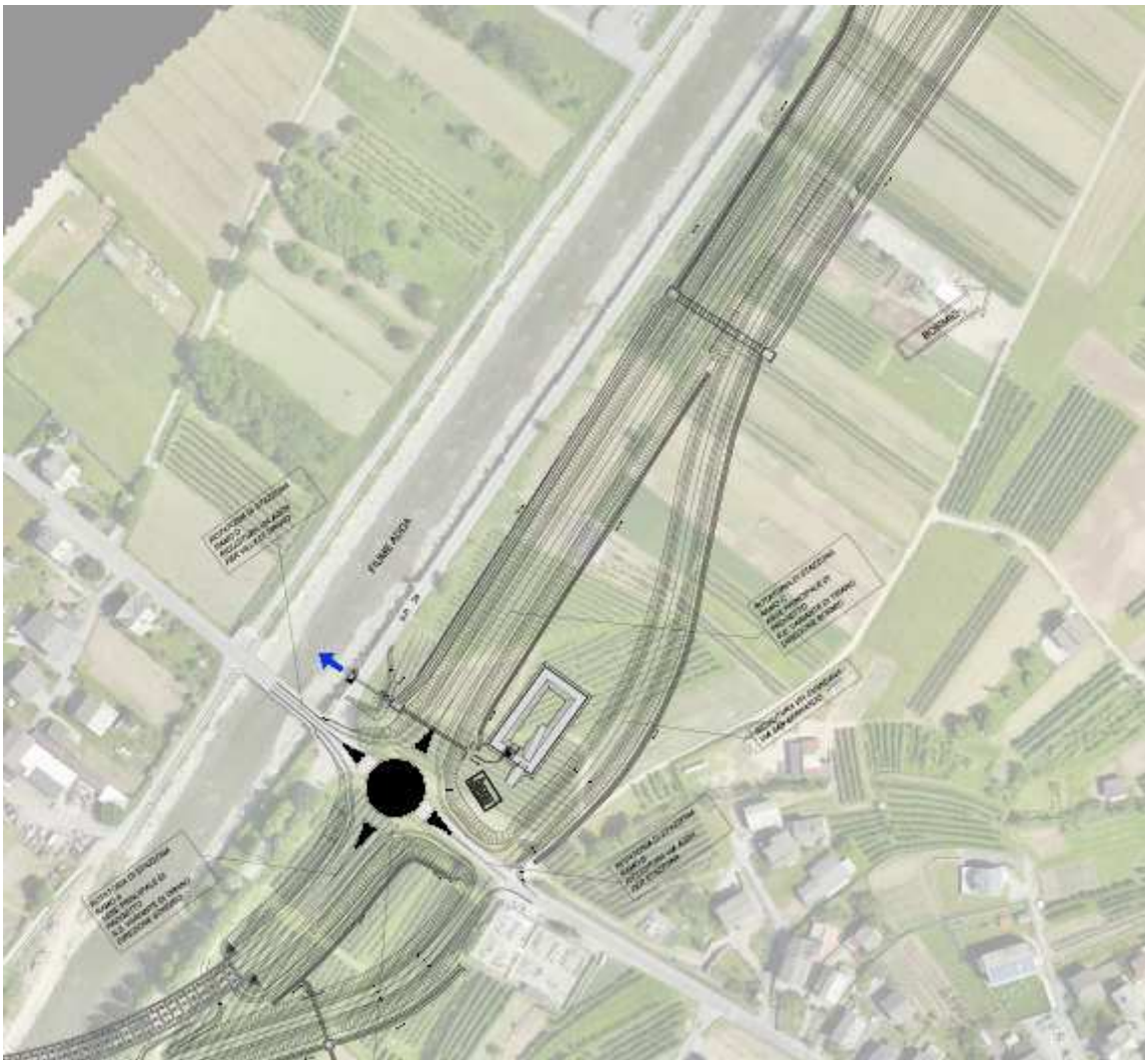
La ricucitura ha una lunghezza di 287 m, prevede una sede stradale pavimentata larga 6.50 m con due corsie da 2.75 m e banchine da 0.50 m.
Il ponte di Stazzona interseca la viabilità arginale lungo Adda, a tergo del quale sono previste la pila 2 e la spalla ovest.
La ricucitura della viabilità arginale, comunque interrotta in corrispondenza della rotatoria di Stazzona, è realizzata mediante un tratto di nuova strada in rilevato, parallela a quella principale e realizzata alla stessa quota stradale: di fatto tale nuova viabilità, oltre a ripristinare il collegamento con la SP 25di Stazzona, svolge anche le funzioni di presidio idraulico della zona.
L'accesso all'argine sinistro (via Svandana) è comunque reso possibile mediante un collegamento di solo servizio, posto al di sotto del ponte, in prossimità della spalla del ponte stesso.



4.3.2 RICUCITURA VIA SVANDANA - VIA S. BERNARDO

Il nuovo rilevato stradale di fatto interclude i fondi della piana, originariamente collegati dalla SP24.
È stato pertanto necessario prevedere una viabilità parallela a quella di nuova realizzazione, posta a monte del nuovo rilevato. Detta nuova viabilità non scorre al piede dell'argine, bensì collega e ristruttura una esistente viabilità rurale.
Lo sviluppo tra la rotatoria di Stazzona e la rotatoria San Bernardo è di 1.080m, mentre il ramo san Bernardo che riallaccia la viabilità esistente è lungo 44m.

La sede stradale pavimentata è del tipo F2 Locale extraurbana, con due corsie da 3.25 m e due banchine da 1.00 m.



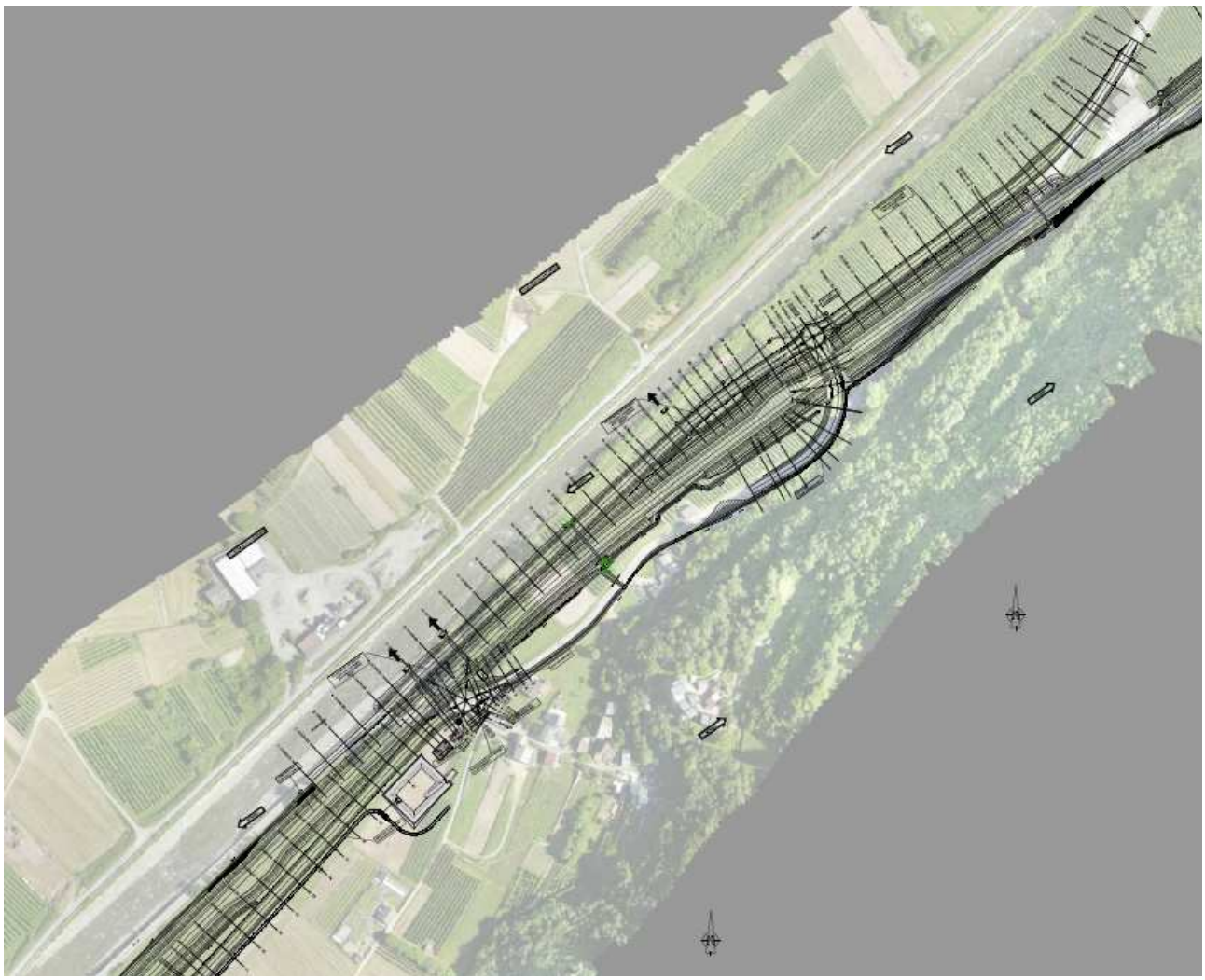
4.3.3 RICUCITURA VIA S. BERNARDO - VIA ADDA (SP24)

Il nuovo rilevato stradale di fatto intercetta la viabilità esistente lungo l'Adda ed in alcuni tratti la sormonta.

È stato pertanto necessario prevedere ristrutturare la viabilità esistente, mediante una strada in parte nuova, parallela a quella di nuova realizzazione, posta al piede di valle del nuovo rilevato.

Il primo tratto verso nord dalla rotatoria di Stazzona non è oggetto di intervento e sviluppa 373m, il secondo tratto sempre verso nord fino alla rotatoria di San Bernardo sviluppa 161m, mentre il terzo ramo dalla rotatoria San Bernardo che riallaccia la viabilità esistente verso nord è lungo 368m.

La sede stradale pavimentata è del tipo F2 Locale extraurbana, con due corsie da 3.25 m e due banchine da 1.00 m.



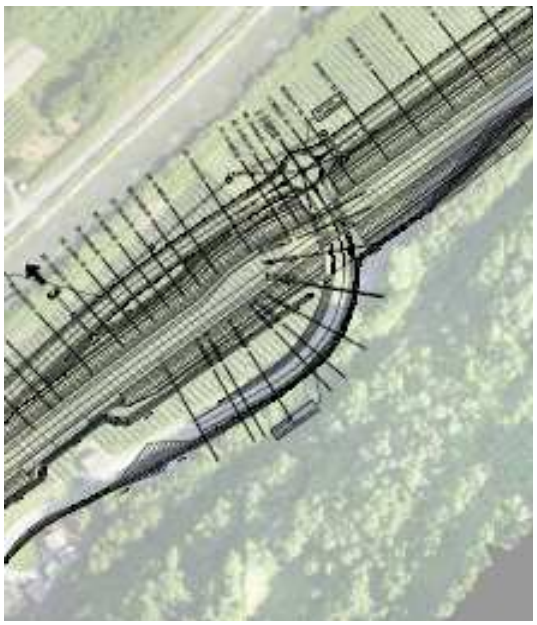
4.3.4 RICUCITURA E ROTATORIA VIA S. BERNARDO

L'intervento prevede una seconda ricucitura dell'attuale SP 24 Tirano-Stazzona, individuata anche come via San Bernardo.

Questa ricucitura garantisce il collegamento del tratto di viabilità esistente tra i punti di interferenza con la ricucitura via San Bernardo - via Adda (SP24) di progetto tramite un sottovia (al km 2+367.52).

In questo modo viene ripristinato il collegamento diretto dell'abitato di San Bernardo con l'attuale SP 24 Tirano-Stazzona, tramite un'intersezione con la ricucitura via San Bernardo - via Adda (SP24) di progetto

La ricucitura ha una lunghezza di 155 m, prevede una sede stradale pavimentata con sezione tipo F2 in ambito extraurbano secondo DM 05/11/2001, larga 8.50 m con due corsie da 3.25 m e banchine da 1.00 m.



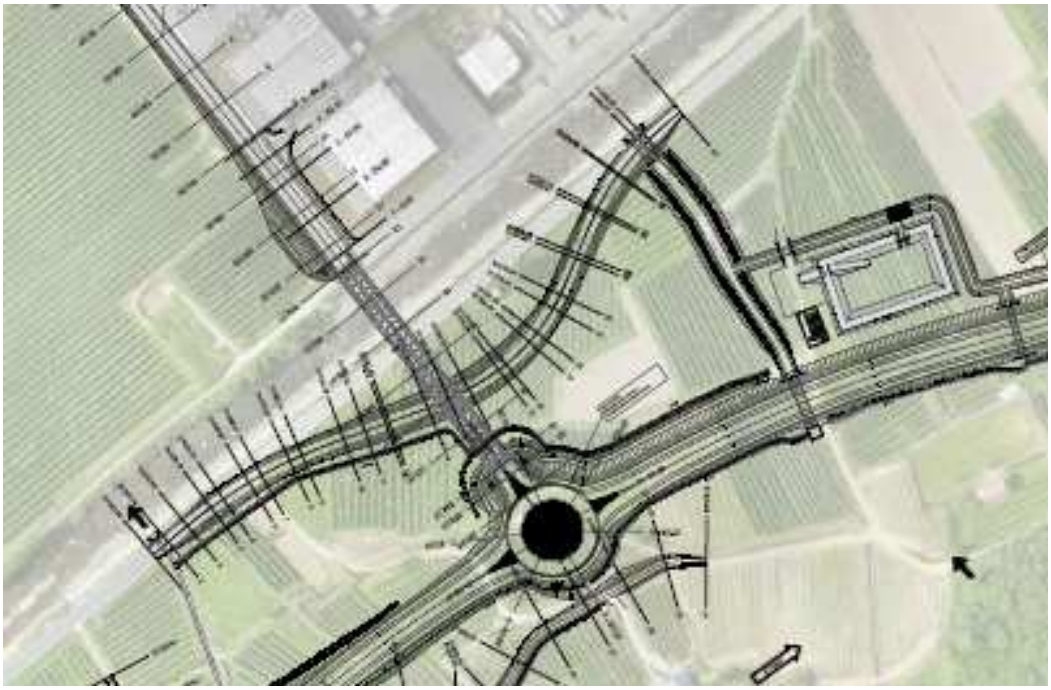
4.3.5 RICUCITURA LUNGO ADDA 4 NOVEMBRE (SP24)

L'intervento prevede la ricucitura dell'attuale SP 24 Tirano-Stazzona, qui individuata anche come lungo Adda 4 Novembre: la viabilità esistente è una strada pavimentata larga circa 6 m che in questo punto percorre l'argine sinistro del fiume Adda.

La viabilità esistente verrà interferita dal ponte sull'Adda di Tirano di progetto, sul nuovo collegamento Svincolo di Tirano - Tirano centro.

La ricucitura ha una lunghezza di 319 m, prevede una sede stradale pavimentata con sezione tipo F2 in ambito extraurbano secondo DM 05/11/2001, larga 8.50 m con due corsie da 3.25 m e banchine da 1.00 m.

Il tracciato della ricucitura si allontana dall'argine per scendere nella campagna a tergo dello stesso e sottopassare l'impalcato del ponte sull'Adda di Tirano di progetto.



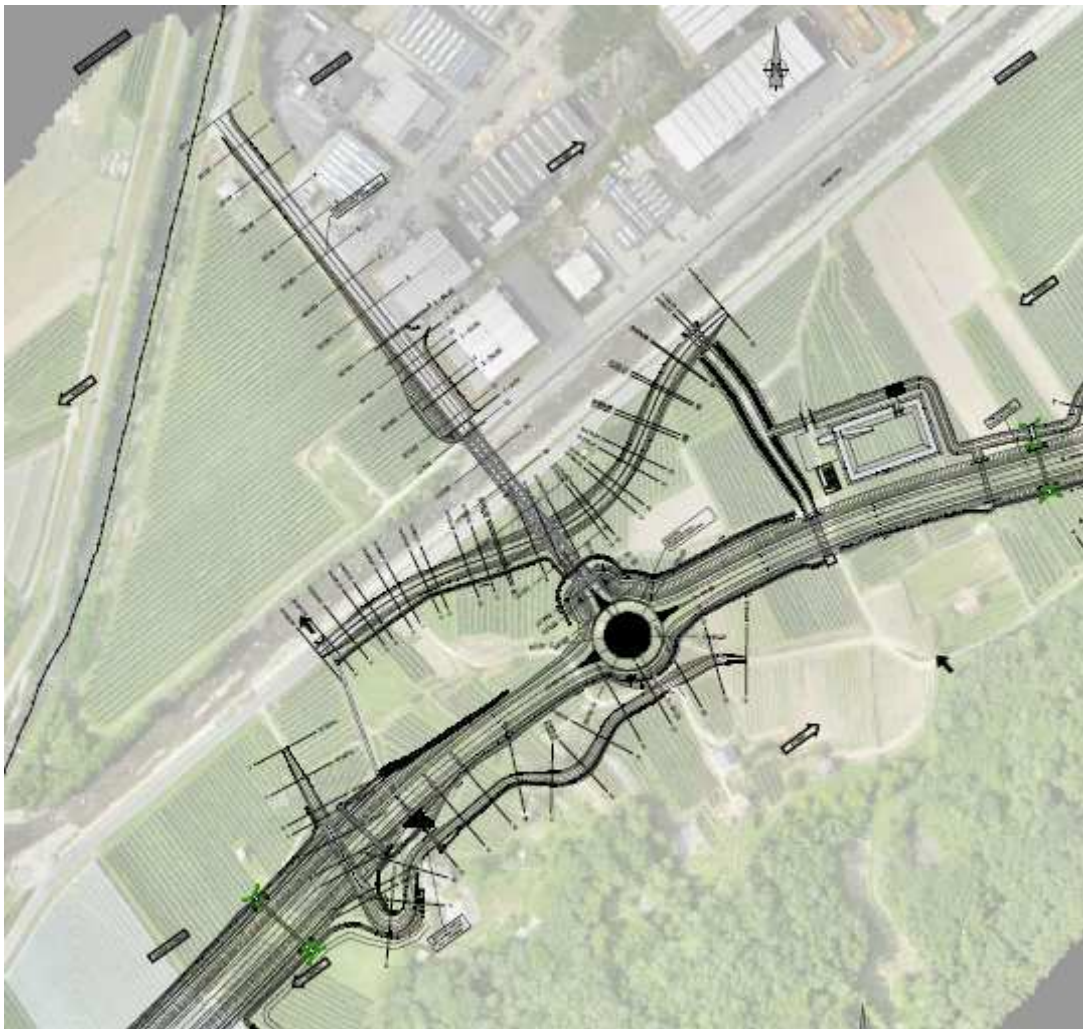
4.3.6 SVINCOLO TIRANO – TIRANO CENTRO

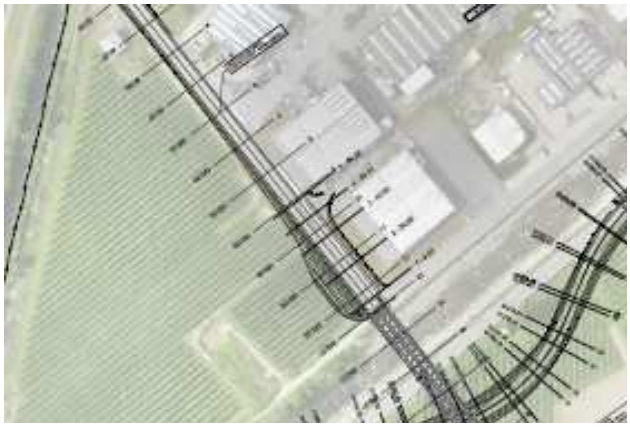
L'intervento prevede un nuovo tratto stradale che mette in collegamento lo svincolo di Tirano a rotatoria di progetto con Tirano centro, attraversando l'Adda (vedasi ponte sull'Adda di Tirano) e ricollegandosi direttamente a via Argine Sinistro Poschiavino nella zona industriale di Tirano situata nella zona compresa fra il fiume Adda ed il torrente Poschiavino.

La ricucitura ha una lunghezza di 900 m, di cui 120m interessati dal ponte sull'Adda.

La sede stradale pavimentata è prevista con sezione tipo F1 in ambito extraurbano secondo DM 05/11/2001, quindi larga 9.00 m con due corsie da 3.50 m e banchine da 1.00 m.

Il tracciato della ricucitura è posto esattamente in asse alla parte finale di via Argine Sinistro Poschiavino.





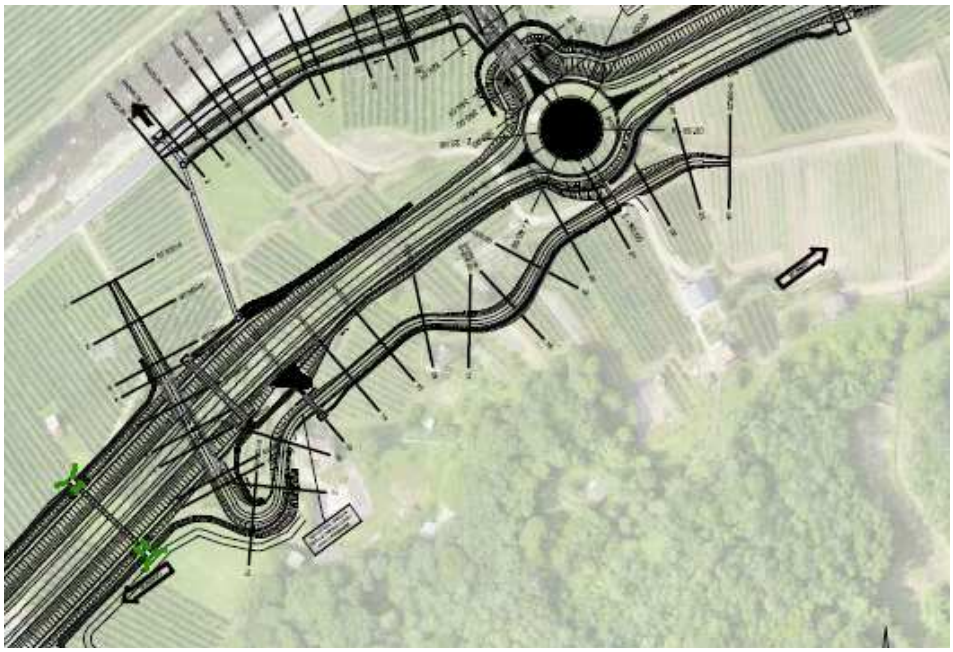
4.3.7 RICUCITURA VIA DELLA TUNDA

Sullo stesso tratto di raccordo, tra la rotatoria di Tirano ed il centro abitato di Tirano, in sponda destra del F. Adda, è stato necessario prevedere una viabilità complanare per consentire l'accesso alle Aziende limitrofe.
Detta complanare ha sviluppo 64m e prevede una sezione di 3.50, oltre a due banchine di 1m

4.3.1 RICUCITURA VIABILITÀ RURALE PRESSO LUNGO ADDA

L'intervento prevede la ricucitura della viabilità esistente che dalla SP 24 Tirano-Stazzona, qui individuata anche come lungo Adda 4 Novembre, sale sul conoide addossato al versante orografico destro della valle, a monte dello svincolo di Tirano di progetto: la viabilità esistente è in realtà costituita da più stradine che si dipartono ortogonalmente da Lungo Adda 4 Novembre verso le are coltivate e alcuni edifici rurali.
La viabilità esistente verrà interferita dal rilevato del tracciato principale in prossimità delle rampe direzione Sondrio dello svincolo di Tirano.
La ricucitura ha una lunghezza di 398 m, prevede una sede stradale pavimentata larga 3,50; attraversa l'asse principale di progetto con un sottovia (vedasi Sottovia al km 3+016.447) per poi

portarsi complanare al tracciato fino a collegarsi ad una strada rurale esistente, ripristinando completamento il collegamento con le arre coltivate e gli edifici rurali.

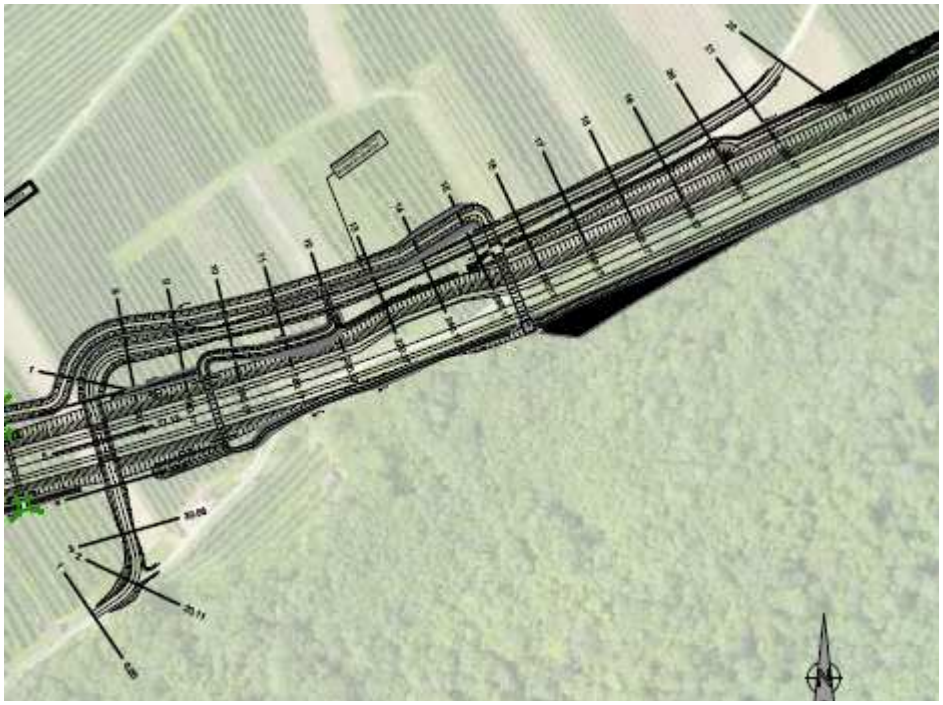


4.3.2 RICUCITURA VIABILITÀ RURALE VIA GIUSTIZIA

L'intervento prevede la ricucitura della viabilità rurale denominata via Giustizia che dall'abitato di Tirano sale sul conoide addossato al versante orografico destro della valle, a monte dello svincolo di Tirano di progetto.

La viabilità esistente verrà interferita dal rilevato del tracciato principale in prossimità della rampa direzione Bormio dello svincolo di Tirano.

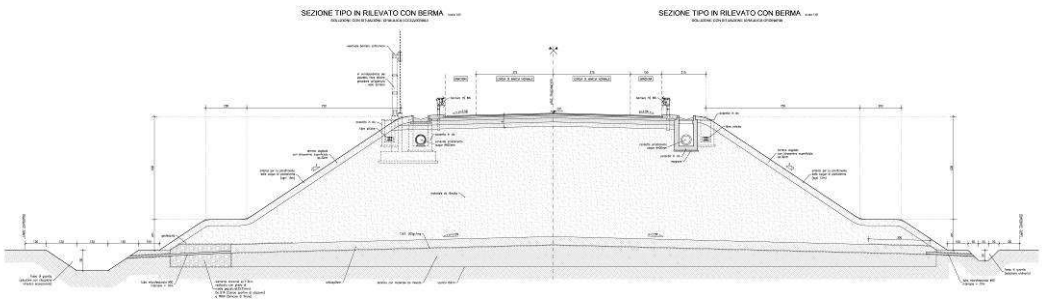
La ricucitura ha una lunghezza di 398 m, prevede una sede stradale pavimentata larga 3,50; attraversa l'asse principale di progetto con un sottovia (al km 3+520.000) per poi portarsi complanare al tracciato fino a ricollegarsi a via Giustizia.



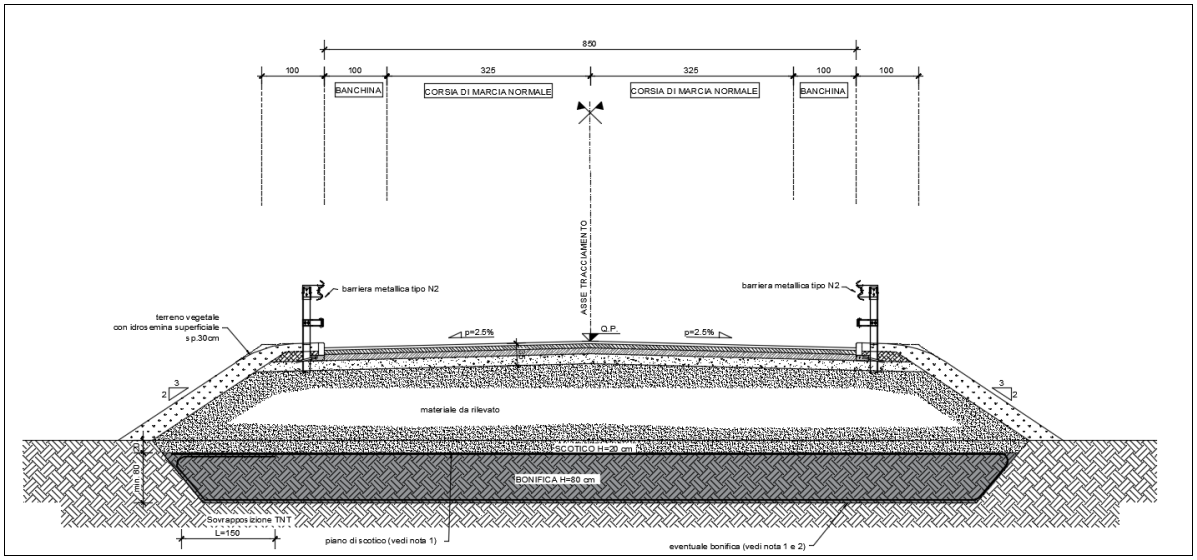
4.4 SEZIONI TIPOLOGICHE

La tipologia di strada per l'asse principale è la Tipo C1 Extraurbana Principale dalle "Norme Funzionali e Geometriche per la Costruzione delle Strade" stradali del DM 05.11.2001 che prevede una sezione composta da una carreggiata formata da due corsie di m. 3,75 e da due banchine di larghezza di m 1.50, per complessivi 10.50 m.

Sezione tipo in rilevato categoria "C1" extraurbane secondarie

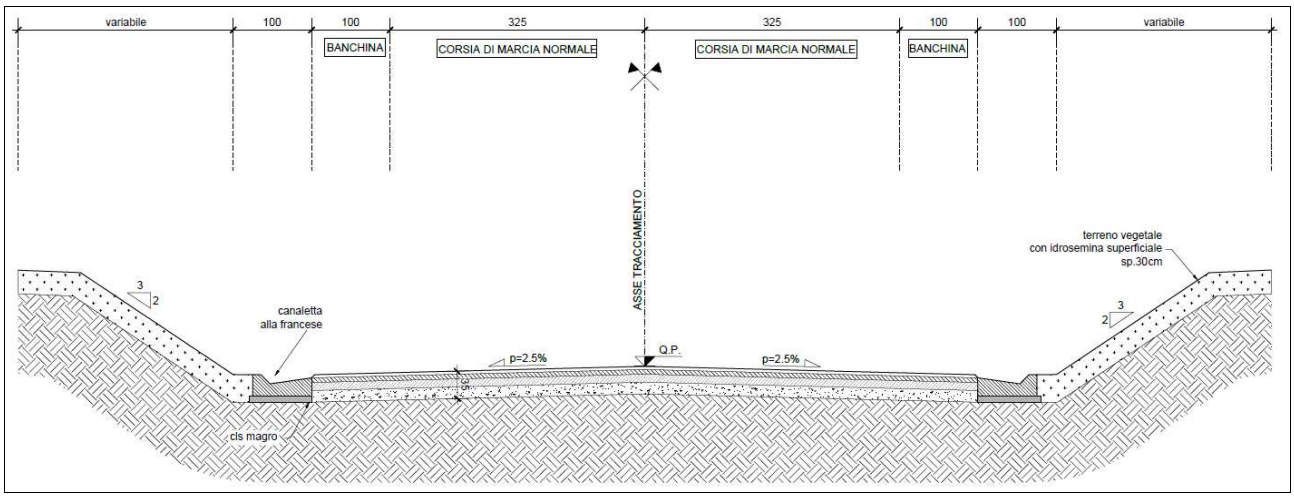


Le sezioni tipo previste per le viabilità extraurbane secondarie sono di tipo F1 o F2 del DM 05.11.2001 con corsie da 3.50 m, per le tipo F1, e 3.25 m, per le tipo F2, con banchine da 1.00 m. Le sezioni tipo previste per le viabilità urbane secondarie sono di tipo F2 del DM 05.11.2001 larghe 6.50 m con due corsie da 2.75 m e banchine da 0.50 m. Nelle situazioni di ripristino delle viabilità rurali si è prevista una sede stradale pavimentata larga 3,50 m.



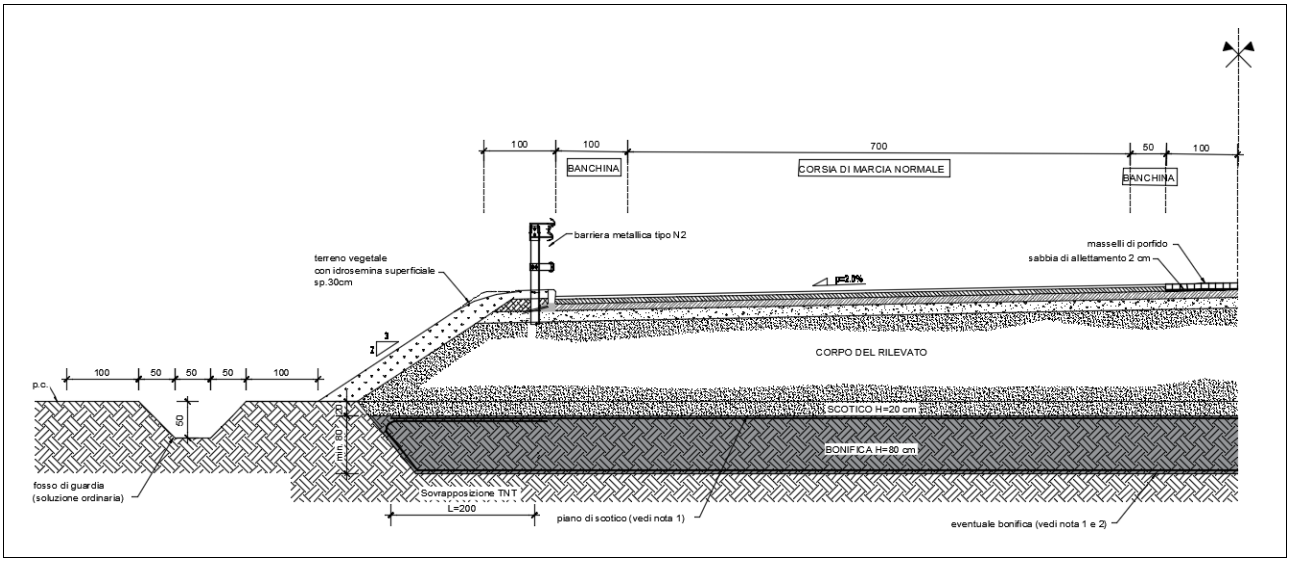
Sezione tipo in rilevato categoria F2 extraurbano

Sul margine della carreggiata è prevista la realizzazione di un arginello in terra, di larghezza complessiva di 2.15 m per l'asse principale e 1.00 m nelle strade secondarie, tale da garantire il corretto funzionamento delle barriere di protezione per i tratti in rilevato e, per l'asse principale, tale da contenere la canaletta per lo smaltimento delle acque meteoriche; nei tratti in trincea, nel caso della sezione dell'asse principale, oltre alla cunetta di m 0.92, è previsto un tratto orizzontale di 1.23 m (dove localizzare eventuali pozzetti per gli impianti) ed un fosso di guardia da 1.50 m per la raccolta differenziata delle acque della scarpata di scavo. Per tutte le altre viabilità è previsto un elemento marginale in sterro di 1.00 m.



Sezione tipo in trincea categoria F2 extraurbano

In rettifilo le sezioni stradali saranno sagomate a doppia falda con una pendenza trasversale del 2,5% per agevolare lo smaltimento delle acque meteoriche In curva la pendenza trasversale è stata ricavata tramite l'abaco del D.M. 5.11.2001 e il passaggio graduale da una pendenza ad un'altra si avrà lungo le curve di raccordo; la rotazione della sagoma avverrà facendo ruotare inizialmente solo una delle falde attorno all'asse di tracciamento, quindi a Pt = 2.5%, facendo ruotare tutta la carreggiata.
Le scarpate sono previste, sia in trincea che in rilevato con pendenza 2 su 3 con ricoprimento di terreno vegetale di spessore pari a 20 cm.
La sezione tipo prevista per le minirotatorie, prevede una corona da 7.00 m una banchina esterna da 1,00 m ed interna da 0.50 m.



4.5 PAVIMENTAZIONI

Conformemente alle caratteristiche delle strade e del traffico cui sono soggette vengono previsti i seguenti pacchetti tipo il cui calcolo è stato condotto in una relazione apposita cui si rimanda peri dettagli.

ASSE PRINCIPALE e ROTATORIE – sezione Tipo C1

Tappeto di usura	cm	5
Strato di collegamento (binder)	cm	6

Strato di base in conglomerato bituminoso	cm 10
Strato di fondazione in misto cementato	cm 20
Strato di sottofondazione in misto granulare stabilizzato	cm 20
Totale	cm 63

VIABILITA' MINORE – sezione Tipo F1 e F2 urbana ed extraurbana

Tappeto di usura	cm 4
Strato di collegamento (binder)	cm 6
Strato di base in conglomerato bituminoso	cm 10
Strato di fondazione in misto granulare stabilizzato	cm 15
Totale	cm 35

VIABILITA' RURALE – sezione Tipo L=3.50m

Tappeto di usura	cm 4
Strato di collegamento (binder)	cm 6
Strato di fondazione in misto granulare stabilizzato	cm 25
Totale	cm 35

PACCHETTO SU OPERE D'ARTE

Il pacchetto delle opere d'arte risulta pari a quello delle viabilità interessate per i soli strati di usura e binder

Tappeto di usura	cm 5
Strato di collegamento (binder)	cm 5
Totale	cm 11

Nella galleria naturale "il Dosso" è prevista la realizzazione di uno strato di binder di 6 cm ed uno strato di usura in conglomerato bituminoso a masse chiuse di 5 cm.
Nei tratti di strada in galleria artificiale (sono tre: l'intera galleria "*il Dosso 1*" e i tratti iniziali ai due imbocchi della galleria "*il Dosso*") è prevista la stessa pavimentazione dei tratti all'aperto.

4.6 CORPO DEL RILEVATO STRADALE

Le scarpate dei rilevati e delle trincee prevedono un rivestimento in terreno vegetale di spessore minimo pari a 30 cm con idrosemina superficiale.
A lato delle piattaforme sono presenti, nel caso di rilevato, arginelli erbosi con le dimensioni minime di 1.00m per tutte la tipologie di strade secondarie e 2.15 m per l'asse principale e le rotatorie.
La fondazione dei rilevati prevede su tutto il tracciato uno scotico di 20cm, oltre ad una bonifica fino ad 80cm, secondo necessità.

5 ARTICOLAZIONE PER W.B.S.

Per una migliore organizzazione del progetto, relativamente ad una più semplice verifica e disposizione degli elaborati progettuali, nonché per avere una suddivisione funzionale dei costi delle opere, il progetto è stato articolato in W.B.S.
In particolare negli elaborati di progetto RB01 sono indicate in rosso le W.B.S. relative al corpo stradale dell'asse principale ed opere maggiori, in blu le W.B.S. relative alle opere idrauliche connesse al reticolo idraulico dei fossi ed infine in verde le W.B.S. relative alle opere di mitigazione

ambientale. Negli elaborati di progetto RB02, RB03, RB04 sono indicate le WBS relative alla vi9abilità secondaria.

6 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il progetto riguarda la variante di Tirano della S.S.38 - lotto 4 nella tratta che va dallo svincolo di Bianzone, in prossimità di Villa di Tirano, allo svincolo di Campone in Tirano.
Questa variante costituisce di fatto la circonvallazione di Tirano, evitando che il traffico di percorrenza della S.S.38 da e per Bormio attraversi l'abitato di Tirano.
L'asta viabile avrà una sezione stradale pavimentata a due corsie su una carreggiata con superficie pavimentata corrispondente alla sezione tipo "C1" del DM 5/11/2001.
Il progetto in esame si colloca nel territorio della Provincia di Sondrio.
Pertanto, contestualmente agli aspetti paesaggistici ed ambientali, l'opera interferisce con una serie di sistemi essenziali per la vivibilità e la vita del territorio attraversato ed in particolare:

- l'agricoltura, profondamente interferita dal progetto sia in termini assoluti sia in termini di frazionamento aziendale;
- la rete idrografica dei fossi principali di versante che deve attraversare l'infrastruttura in progetto e le aree di colo che devono essere ricucite ai tombini;
- le reti tecnologiche di carattere locale e territoriale da cui il territorio della pianura è fortemente caratterizzato.

6.1 IL SISTEMA DELLA PIANIFICAZIONE

La Provincia di Sondrio è dotata di Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale - PTCP.
I Comuni di Tirano, Villa di Tirano e Bianzone hanno approvato in Consiglio Comunale la variante urbanistica.

6.2 SCENARIO PAESAGGISTICO

Il territorio provinciale si estende per la maggior parte lungo la Valtellina e confina a Occidente e a Nord con il Canton Grigioni (Confederazione Svizzera); ad Oriente con il Trentino-Alto Adige e con la provincia di Brescia; a Sud con le province di Bergamo e di Como. Modesta è la penetrazione del territorio provinciale in Mesolcina in corrispondenza del passo di Baldiscio; un po' maggiore è quella nella valle di Lei.
Di grande interesse sono la penetrazione dei Grigioni nel territorio idrograficamente abduano (antico nome dell'Adda): la val Bregaglia percorsa dal Fiume Mera e tutta la val di Poschiavo dal passo del Bernina fino alle porte di Tirano, percorsa dal fiume Poschiavino. La Provincia di Sondrio entra a sua volta nel bacino del fiume Inn con il territorio extra-doganale di Livigno.
Il sistema di paesaggio risulta caratterizzato in modo marcato dall'ampio fondovalle alpino attraversato dal fiume Adda. La valle, dopo un lungo percorso est-ovest che parte da Colico, in corrispondenza di Tresenda di Teglio, piega decisamente in direzione nord-est dirigendosi verso il gruppo dell'Ortles-Cevedale. In questo contesto l'abitato di Tirano, situato alla confluenza con la Val Poschiavo, costituisce un riferimento di primaria importanza: la morfologia valliva infatti, subito a monte di Tirano si presenta molto più angusta mentre la pendenza aumenta e tende a divenire disuniforme.
L'ambito di Paesaggio, che da Tirano sale verso l'alta Valtellina, presenta inoltre un paesaggio agrario di versante caratterizzato da soluzioni di continuità e dalla rapida attenuazione fino alla scomparsa, appena dopo Tirano, del sistema dei terrazzamenti a vigneto.



Figura 6.2.1- Terrazzamenti a vigneto del versante retico



Figura 6.2.2 - Particolare dei terrazzamenti a vigneto del versante retico

Sempre in corrispondenza di Tirano è inoltre situato un elemento paesaggistico di rilievo costituto dal crinale che dalla cima del M.te Masuccio scende verso l'abitato delimitando la valle dell'Adda, che si dirige verso l'alta Valtellina, e la Val Poschiavo che punta a nord-ovest verso il passo del Bernina, in territorio svizzero.
Tra Sondrio e Tirano il versante retico, rivolto a sud, presenta un'organizzazione a terrazzamenti coltivati a vigneti e secondariamente a frutteti, che conferiscono al sistema una indubbia riconoscibilità e pregio paesaggistico.
Nel fondovalle, il fiume Adda presenta due distinte configurazioni morfologiche e paesaggistiche: a monte del centro abitato di Stazzona si presenta rettificato e costretto tra due importanti arginature, in condizioni di evidente e rilevante artificialità, così come il tratto di fondovalle del T. Poschiavino

fino alla confluenza. A valle di Stazzona invece il fiume presenta un alveo ampio cui si associano condizioni di dinamica fluviale sostanzialmente naturali con presenza di caratteristiche morfologiche e vegetazionali tipiche degli alvei di tipo *braided*.

6.3 CONFIGURAZIONE E CARATTERI MORFOLOGICI

Le caratteristiche geologiche dei complessi montuosi presenti nel territorio sono date dalla presenza di rocce metamorfiche ed intrusive e limitatamente da rocce sedimentarie; inoltre sono presenti alcune discontinuità tettoniche ed alcuni sistemi di faglie che influiscono direttamente sulla condizione di instabilità e di fenomeni franosi.
L'attuale assetto morfologico del territorio interessato dal tracciato stradale è il risultato dell'azione di modellamento operata da diversi agenti morfogenetici.
Inizialmente la valle dell'Adda è stata interessata dalle lingue glaciali, che a più riprese hanno solcato e le hanno conferito la tipica morfologia glaciale con profilo trasversale ad U dal fondo largo e piatto e ripidi versanti.
Sull'originaria morfologia glaciale si sono poi sovraimposte le forme legate allo scorrimento delle acque superficiali, responsabile della formazione dei depositi alluvionali di fondovalle del Fiume Adda e delle conoidi di deiezione delle valli laterali che hanno in parte colmato la conca glaciale della Valtellina.
Di particolare importanza per la posizione della variante di Tirano è la morfologia fluviale data dalla presenza del fiume Adda, che segue la maggior parte del tracciato lungo il lato destro, e dei suoi tributari, che confluiscono verso l'Adda dal lato sinistro. Il corso d'acqua presenta un primo tratto dal tipico profilo di torrente di alta montagna con alveo fortemente pendente ed incanalato in valli profondamente incise ed un secondo tratto in cui il corso d'acqua scorre in fondi valle debolmente pendenti o pianeggianti e più ampi. Nell'area in esame l'asta del fiume Adda si presenta, tra Sondalo e Tirano, con caratteristiche fisiografiche e geomorfologiche proprie di fiume con andamento torrentizio in direzione nordest-sudovest, presentando un tracciato più inciso, geologicamente poco evoluto e con scarse tracce di morfologia glaciale, mentre il tratto tra Tirano ed il Lago di Como, presenta un andamento più lento dovuto alle caratteristiche dell'ampio fondovalle in cui il fiume si colloca ed alla debole pendenza che lo contraddistingue.
Una serie di affluenti secondari, con decorso quasi ortogonale a quello delle aste principali, si innesta sul reticolo principale. Questi hanno generalmente le caratteristiche dei torrenti alpini, parecchi dei quali precipitano rapidamente a valle dove si aprono, poco prima della confluenza, in vasti coni di deiezione, spesso ampiamente utilizzati dalle colture frutticole e spesso sede di nuclei storici degli insediamenti.
In destra idrografica il sistema degli affluenti del fiume Adda è costituito dal torrente Poschiavino e in sinistra dal Fosso Rivalone. Sulla sinistra sono presenti diverse conoidi alluvionali e, talvolta, fenomeni franosi che confluiscono da alcune incisioni vallive quali Valle San Bernardo, Valle di Ganda, Valle dei Morti, Valle di Blu e Valchiosa, quest'ultima di maggiore importanza per l'entità del conoide alluvionale presente.
Di origine glaciale sono i terrazzi morfologici coperti da depositi morenici che con le loro inclinazioni (20°÷30°) inferiori a quelle medie dei versanti (da 45° sino a 60°÷70°) ne interrompono la continuità a varie quote, ed in particolare nelle porzioni medio-superiori. Particolare importanza assume il terrazzo localizzato al piede del versante sinistro, sul quale sorge il nucleo abitato del Dosso e che sarà attraversato in sotterraneo dall'omonima galleria. Tale area infatti, delimitata verso la valle dell'Adda da una scarpata rocciosa in corrispondenza della quale gli spessori dei terreni sciolti di copertura si riducono notevolmente, presenta per altro una discreta estensione (1 km^2 circa) e spessori significativi (fino ad almeno 30 ÷ 40 m) della coltre morenica nella sua parte

centrale. Tale circostanza fa pensare ad un approfondimento del substrato lapideo legato o ad un motivo strutturale orientato grossomodo est-ovest, parallelamente alla Linea del Tonale, o alla presenza di litotipi prevalentemente micascistosi (micascisti della Cima Rovaia) più facilmente erodibili dall'azione del ghiacciaio dei circostanti termini gneissici.
Sull'originaria morfologia glaciale si sono poi sovraimposte le forme legate allo scorrimento delle acque superficiali, responsabile anzitutto della formazione dei depositi alluvionali di fondovalle del Fiume Adda e delle conoidi di deiezione delle valli laterali che hanno in parte colmato la conca glaciale della Valtellina.
I depositi di fondovalle presentano la tipica morfologia di piana alluvionale, con pendenze suborizzontali e orli di scarpata e/o di terrazzo fluviale attivi unicamente lungo l'alveo attuale del corso d'acqua (mascherati per altro dalle opere di difesa longitudinali presenti in modo abbastanza continuo), così come sugli accumuli di conoide che degradano con inclinazioni di 10°-20° circa verso il Fiume Adda.
I versanti sono invece caratterizzati da limitati affioramenti del substrato lapideo, generalmente ricoperto da depositi prevalentemente eluvio-colluviali e glaciali, e secondariamente detritici.
Per quanto riguarda gli aspetti di dinamica geomorfologica tutte le conoidi di deiezione possono essere considerate inattive, quanto meno nelle porzioni più distanti dall'apice e dall'alveo attuale del corso d'acqua responsabile della loro formazione.
Di seguito sono elencati i tipi di terreni direttamente interessati dal tracciato stradale o siti nelle immediate vicinanze.

- Depositi glaciali
- Depositi eluvio-colluviali
- Conoidi di deiezione
- Alluvioni di fondovalle attuali e terrazzate
- Depositi di origine antropica

In sintesi le unità geomorfologiche interessate dall'opera sono riconducibili a:

- piana alluvionale dell'Adda;
- conoidi dei corsi d'acqua laterali;
- versanti vallivi;
- dossi glaciali.

6.4 USO DEL SUOLO E SISTEMA VEGETAZIONALE

L'aspetto dominante del fondovalle rimane visivamente legato alle caratteristiche di naturalità espresse dalle zone montane e rurali di cornice alla valle, il territorio risulta diffusamente antropizzato, dotato di realtà vegetazionali di scarso significato naturalistico.
La vegetazione reale risulta direttamente o indirettamente influenzata dall'intervento antropico ed è sempre molto distante dallo stadio climax, mentre la vegetazione forestale naturale è limitata a relitti frammentati e dispersi su piccole superfici.
Le formazioni boschive evidenziano variazioni floristiche sostanziali rispetto alle condizioni originarie: la foresta primitiva è sostituita da formazioni secondarie di origine antropogena nelle quali la ripetuta asportazione degli esemplari migliori, la ceduazione e le periodiche ripuliture hanno interamente modificato la struttura naturale originaria.
La vegetazione naturale rimane sporadicamente localizzata al piede dei versanti o in corrispondenza delle linee di impluvio, lungo i corsi d'acqua, dove si segnala la presenza frammentaria di cenosi forestali riferibili ai boschi di latifoglie mesofile; in loro vece emerge l'affermazione costante di una flora di sostituzione di origine antropogena, con presenza diffusa di specie esotiche, in particolare *Robinia pseudacacia*.

Nel fondovalle, nella fascia compresa tra il fiume Adda e la Statale dello Stelvio attuale, così come nella piana in sinistra idrografica, vi sono ampie zone agricole adibite a seminativo semplice, intercalate da prati permanenti sia irrigui che asciutti e soprattutto da colture legnose pregiate (frutteti).

Nel complesso le considerazioni sviluppate in seguito all'analisi del sistema vegetazionale si possono così riassumere:

- sull'area di indagine non insistono tipologie vegetazionali di particolare pregio o tali da presentare aspetti di unicità rispetto a quanto riscontrabile diffusamente sul territorio valtellinese;
- la vegetazione di area vasta risulta complessivamente lontana dallo stadio climax per le numerose alterazioni derivanti dalla pressione antropica;
- il fondovalle è caratterizzato da urbanizzazioni importanti che determinano l'affermazione di specie invasive ed alloctone di sostituzione;
- il fondovalle è caratterizzato da estese superfici coltivate a frutteto che presentano una vegetazione di bassa qualità naturalistica;
- il versante orobico si caratterizza per la presenza di formazioni boscate seminaturali, di latifoglie e di conifera, nelle quali si evidenzia una buona stabilità e qualità ecologica;
- il territorio in cui ricade l'intervento non ricomprende alcun esemplare arboreo appartenente a specie autoctona né esotica di valore significativo;
- la vegetazione ripariale consiste in popolamenti di scarso valore floristico e vegetazionale, caratterizzati da un valore ecologico complessivo non elevato.



Figura 6.4.1 Il versante orobico con le formazioni forestali sopra descritte

6.5 AMBITO DI INTERVENTO

L'ambito di intervento, come la quasi totalità del territorio provinciale, è caratterizzato dalla presenza principale del fiume Adda, ancestrale elemento ordinatore del territorio, e dai seguenti sistemi:

- il fondovalle pianeggiante su cui si estendono le aree urbanizzate con ai loro margini le aree agricole coltivate a frutteto, a vigneto, a seminativo semplice e prati permanenti irrigui;
- i versanti vallivi caratterizzati, nella parte più bassa, da coltivazioni a vigneto (versante retico) e, alle quote maggiori, da boschi di latifoglie, miste a conifere già a quote basse sul versante orobico.
- Le macchie boscate di tipo ripario dell'Adda o delle aree relitte di margine

Nel dettaglio:

- il tratto di collegamento tra le rotatorie di Bianzone e Stazzona attraversa, in sponda destra del fiume Adda, campi coltivati a seminativo semplice e a prati permanenti irrigui e frutteti per poi attraversare in viadotto la vegetazione riparia dell'Adda.
- La rotatoria di Stazzona si inserisce in una zona agraria coltivata prevalentemente a frutteto. Il tratto di collegamento tra la rotatoria di Stazzona e quella della Zona Industriale di Tirano attraversa, in sponda sinistra del fiume Adda, campi coltivati a seminativo semplice, prati permanenti irrigui e frutteti.
- Il tratto stradale compreso tra la rotatoria della Zona Industriale di Tirano e l'imbocco lato Sondrio della Galleria artificiale attraversa nell'ordine meleti, qualche piccola porzione di terreno agricolo a seminativo semplice e a prato permanente asciutto.
- Con l'imbocco di detta galleria si incide, al piede del versante orobico, il margine delle aree a bosco di latifoglie.
- Il tratto in trincea tra le due gallerie, naturale ed artificiale, ed il tratto tra l'imbocco lato Bormio della galleria naturale il Dosso e la attuale SS 38 ricadono su aree coltivate a meleto e marginalmente su aree boscate del versante orobico.

6.6 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 6.6.1: Il versante retico, terrazzato, di Bianzone e Villa di Tirano visto dall'abitato di Stazzona, punto di vita privilegiato sul fondovalle dell'Adda. Sulla sinistra dell'immagine si vedono gli edifici ad uso produttivo presso i quali si stacca la viabilità di progetto.



Figura 6.6.2: Il ponte di Stazzona, l'Adda con la vegetazione riparia e le aree agricole in sinistra idrografica. L'intervento a progetto scavalca il fiume Adda a sinistra dell'attuale ponte, prevede una rotatoria in corrispondenza dell'attuale viabilità e prosegue quindi in affiancamento alla viabilità esistente parallelamente all'Adda.



Figura 6.6.3: Area agricola in sinistra Adda tra la prevista rotatoria di Stazzona e loc. San Bernardo. In questo tratto l'opera di progetto si sviluppa in affiancamento (sulla destra) della attuale provinciale.



Figura 6.6.4: Sinistra Adda, in corrispondenza del punto in cui è prevista la rotatoria di Tirano ed il nuovo ponte che collega la zona industriale. In quest'area il tracciato ha perso il parallelismo stretto con la viabilità provinciale e si snoda al piede del versante



Figura 6.6.5: L'abitato di Tirano visto dai frutteti del "Dosso" in direzione della Val Poschiavo. In questo tratto l'opera si sviluppa in galleria artificiale e trincea



Figura 6.6.6: Il fondovalle dell'Adda verso sudo con l'abitato di Tirano ed il versante orobico su cui si sviluppa l'intervento



Figura 6.6.7: Il versante orobico in corrispondenza della conoide di Valchiosa, a monte di Tirano, dove è previsto l'imbocco lato Bormio della galleria naturale e l'innesto con la viabilità attuale

6.7 SICUREZZA STRADALE

Il tema della Sicurezza Stradale, conformemente alle più recenti disposizioni comunitarie, assume un carattere strutturale e costitutivo del progetto.

Unitamente all'adempimento delle disposizioni del DM 05/11/2001, sono state effettuate le verifiche con Diagrammi di visibilità ed intersezioni stradali, e si evidenzia la scelta di evitare, anche sulla rete stradale secondaria, intersezioni che non garantiscano elevati standard di sicurezza. Sono pertanto state previste intersezioni a rotatoria per la rete stradale secondaria, mentre per quella locale e agricola si è optato, ove risultasse indispensabile garantire l'acceso ai fondi, per intersezioni con la sola svolta a destra. Solo nel caso in cui i volumi di traffico delle principali risultassero irrisori sono state previste intersezione a raso con conflitti di manovra.

Per quanto attiene ai dispositivi di protezione laterale, è stata prevista l'installazione di barriere a protezione dei tratti effettivamente caratterizzati da situazioni di pericolo. Inoltre è stata prevista l'installazione di "attenuatori d'urto" sulle cuspidi delle deviazioni.

Si è prevista l'illuminazione di tutte le intersezioni; a livello impiantistico è stata garantita la continuità di alimentazione dei sistemi di sollevamento delle acque dei sottopassi stradali, anche in caso di caduta dell'alimentazione elettrica di rete.

Sono stati previsti inoltre presidi semaforici telecontrollati per la preclusione al transito nei sottopassi in caso di allagamento.

7 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA

7.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L'area in studio ricade all'interno di un tratto di territorio alpino i cui lineamenti geomorfologici risentono dell'azione modellatrice esercitata dagli agenti meteorici ed in particolare dall'acqua e dai ghiacciai. Si tratta, quindi, di una morfologia relativamente giovane, nel cui ambito la valle principale, come quella del Fiume Adda, risale a poco più di circa sei milioni di anni, laddove il mare occupava quella che attualmente è chiamata pianura padana.

All'erosione fluviale seguì quella glaciale, avvenuta circa dieci mila anni fa, in cui tutto il territorio fu ricoperto dai ghiacci ed i ghiacciai modellarono le valli fluviali spingendosi ripetutamente sino alle zone di pianura. La valle del Fiume Adda fu quindi anch'essa modellata dall'azione glaciale, con ingente trasporto di depositi morenici, che oggi ricoprono gran parte delle aree vallive.

Nel tratto di territorio in studio (Provincia di Sondrio) il grande bacino fluviale del Fiume Adda (Valtellina) costituisce, insieme al Fiume Mera della Valchiavenna, l'importante sistema di immissari del lago di Como.

L'evoluzione geomorfologica delle aree glaciali è facilmente individuabile in alcune forme caratteristiche, giacché quando i ghiacciai si espandono, in conseguenza dell'enorme peso di neve e ghiaccio, frantumano e levigano le rocce in superficie e la roccia in posto.

Ai fini del presente lavoro l'elemento principale morfologico caratterizzante è senz'altro costituito dai depositi morenici, in cui sono riconoscibili la grande variabilità della tessitura (dalle argille ai grandi blocchi), la presenza contemporanea di materiali litologicamente differenti e la totale mancanza di strutture.

Aree in dissesto

Intorno alla Progr. 1+300 sono stati cartografati tre dissesti differenti per tipologia di movimento e stato di attività, distinguendo:

- una frana inattiva o quiescente, con movimento planare, che si imposta su un piano di discontinuità orientata a traverso poggio rispetto al versante;
- una un colamento inattivo o quiescente, segnalato nel PAI, che interessa probabilmente solo la porzione più superficiale della copertura (depositi morenici e/o coltre detritico colluviale);
- una frana attiva per fenomeni di crollo, segnalata nel PAI, di cui si distingue l'accumulo al piede del versante.

Questi dissesti non sono distanti dal tracciato in progetto ma non interferiscono con esso.

- Intorno alla Progr. 1+700 è stata cartografata una frana attiva per fenomeni di crollo, di estensione limitata, e comunque non interferente con il tracciato che in questa zona è distante oltre 200 metri.
- Intorno alla Progr. 1+940 è stato individuato un movimento complesso, inattivo o quiescente, che sembra avere le caratteristiche di un movimento rotazionale nella parte di monte e che evolve in colamento verso valle; su tale dissesto, che sembra coinvolgere le sole coperture quaternarie, si è impostato un conoide di deiezione che come detto non è più attivo se non nella sua parte più apicale.
- Alla Progr. 2+330 è stato cartografato un dissesto attivo, segnalato anche nella cartografia del PAI; in questo settore è prevista la realizzazione di una viabilità secondaria che interferisce con la parte terminale della zona di accumulo del dissesto. Le potenze coinvolte sono limitate ed i materiali interessati dalle operazioni di scavo sono costituiti prevalentemente da sabbie con ciottoli centimetrici e ghiaie sabbiose.
- Alle Progr. 2+520 e 2+760 sono presenti due frane attive per fenomeni di crollo, segnalate nel PAI, che, per l'estensione relativamente limitata dei dissesti, non dovrebbero interferire in maniera significativa con l'opera in progetto.

- Intorno alla Progr. 2+900 è stata segnalata una frana attiva, molto estesa, per fenomeni da crollo; si tratta in realtà di più dissesti, di proporzione limitata estesi su tutto il versante; questo dissesto, che è censito nel PAI con una estensione più limitata, comunque non interferisce con il tracciato.
- Intorno alla Progr. 3+600 è stato cartografato una movimento gravitativo di tipo rotazionale, inattivo o quiescente, segnalato anche dal PAI; l'accumulo di frana, individuato durante l'esecuzione del pozzetto Pz6, interferisce con il tracciato che in questo settore è in rilevato e coinvolge materiali costituiti da sabbie limose.
- Alla Progr. 4+540 è stata individuata una frana attiva per crollo, tale dissesto è molto lontano dal tracciato e non interferisce con esso.

Conoidi di deiezione

Le conoidi individuate sono spesso direttamente interferenti con il tracciato o comunque insistono su di esso; tuttavia tali forme non mostrano evidenti segni di attività, se non nelle parti assiali, che sono comunque regimate o parzialmente regimate, e sono ormai antropizzate o sfruttate a scopo agricolo.

In particolare si può notare che tali forme sono cartografate, così come riportato anche nel PAI, come forme inattive e solo in due punti le opere in progetto interferiscono con settori attivi parzialmente protetti, intorno alle Progr. 1+940 e 3+220.

7.2 SISMICITÀ DEL TERRITORIO

La microzonazione sismica consiste sostanzialmente nell'individuazione delle risposte sismiche locali nell'ambito dell'area interessata dal progetto individuando la presenza di terreni dinamicamente instabili (quelli che in caso di sollecitazione sismica possono essere soggetti a deformazioni permanenti, quali frane, liquefazione, addensamento, etc.) stimando in maniera qualitativa le accelerazioni che si possono determinare sui ter-reni dinamicamente stabili.

I valori ottenuti dalle prove in sito, down, Re. MI. e MASW, hanno evidenziato che i depositi indagati presentano velocità tali da essere collocati in classe B secondo la normativa italiana vigente (cfr. analisi sismiche). Gli ammassi rocciosi affioranti rientrano in categoria A, mentre le aree in frana, che sono generalmente più suscettibili all'amplificazione in quanto sono caratterizzate da parametri litotecnici più scadenti rispetto a pendii non in frana, a causa di discontinuità strutturali (trench, fratture, superfici di rottura ecc.), rientrano nella categoria di suolo S2.

Per quanto riguarda invece la distinzione delle categorie topografiche il territorio in esame rientra prevalentemente nelle categorie T1, piana di fondovalle, e T2, zona di versante; solo in località Il Dosso è stata evidenziata una categoria tipo T4.

7.3 INDAGINI EFFETTUATE

Per la definizione delle caratteristiche geologiche e litologiche si fa riferimento a quanto riportato nella relazione geologica allegata al progetto definitivo, ed in particolare alle due campagne di indagini effettuate, rispettivamente nel 2002 e nel 2009.

Le Indagini del 2002 possono riassumersi come da Tabella 6.2.1

Tipo di indagine	N° di indagini
Sondaggi geognostici a carotaggio continuo ad andamento verticale	16
Sondaggi geognostici a carotaggio continuo ad andamento orizzontale	2
Pozzetti esplorativi con prove di carico su piastra	6
Stendimenti sismici a rifrazione	22
Prove penetrometriche Standard Penetration Test (SPT)	137
Prove di permeabilità	5
Prove pressiometriche	3
Prove dilatometriche	6
Installazione tubi piezometrici	12
Analisi di laboratorio su rocce	24
Analisi di laboratorio su terre	72

Tabella 6.2.1 – *Indagini eseguite nell'anno 2002*

Le Indagini del 2009 possono riassumersi come da Tabella 6.2.2

Tipo di indagine	N° di indagini
Sondaggi geognostici a carotaggio continuo	10
Pozzetti esplorativi con prove di carico su piastra	11 + 9
Stendimenti sismici a rifrazione	10
Prove penetrometriche Standard Penetration Test (SPT)	36
Prove di permeabilità	3
Prove pressiometriche	1
Prove dilatometriche	3
Installazione tubi piezometrici	4
Down Hole	1

Tabella 6.2.2 – *Indagini eseguite nell'anno 2009*

7.4 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE

Le caratteristiche litologiche delle formazioni affioranti nell'area in esame sono state desunte sia dai sopralluoghi effettuati, sia dalla relazione geologica allegata al progetto definitivo, alla quale si fa espresso riferimento e della quale vengono riportati i dati salienti.
In sintesi si possono distinguere i seguenti litotipi, dei quali viene riportata una sintetica descrizione:

7.4.1 DEPOSITI QUATERNARI

Si tratta di litotipi prevalentemente sciolti, formati da elementi clastici eterometrici, prevalentemente rientranti nel campo granulometrico delle ghiaie con ciottoli. Si tratta di depositi che per la loro genesi possono considerarsi sia di origine glaciale, che fluviale o addirittura complessa.

7.4.2 DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI

Si rinvengono nel fondovalle, lungo l'alveo del Fiume Adda, sono formati in prevalenza da ghiaie in matrice sabbiosa e da sabbie grossolane con ciottoli; sporadicamente si possono rinvenire orizzonti lenticolari di materiali più fini, quali sabbie fini e sabbie limose; tali livelli testimoniano fasi di calma nel ciclo di sedimentazione, in cui la minor energia della corrente ha consentito il depositarsi dei sedimenti più fini. Vi si rinvengono anche ciottoli e trovanti, di dimensioni talora

ragguardevoli (prossime al metro cubo), con forma generalmente variabile da sub-arrotondata ad arrotondata, che denota l'azione del trasporto fluviale

7.4.3 DEPOSITI ALLUVIONALI STABILIZZATI

I depositi alluvionali che costituiscono tutta la pianura al di fuori dell'alveo si considerano depositi stabilizzati sia dalla vegetazione, sia dall'intervento antropico; essi, difatti, solo raramente ed in casi eccezionali, possono essere coinvolti nuovamente dai fenomeni di evoluzione geomorfologica fluviale. Tali sedimenti hanno caratteristiche granulometriche del tutto analoghe alle alluvioni attuali e recenti, ma affiorano esternamente alle aree di golena del corso d'acqua e non sono più attive.
Nella parte alta dei depositi si rinvengono livelli di sabbie a granulometria medio-fina, localmente con transizione a classi granulometriche rientranti nei campi delle ghiaie sabbiose e sabbioso-limose o sabbie grossolane; frequenti sono le lenti ed i livelli più fini, costituiti da sabbie fini e sabbie limose. La formazione dei depositi alluvionali stabilizzati presenta spessori variabili, che si riducono in prossimità dei versanti.

7.4.4 DEPOSITI DI CONOIDE

Le conoidi si formano in corrispondenza dell'immissione dei corsi d'acqua secondari nella valle principale, allorché si ha il rallentamento della corrente ed il corso d'acqua secondario deposita il trasporto solido. Si tratta, quindi, di un accumulo, di forma conica, di materiali detritico-alluvionali, che si forma allo sbocco di un corso d'acqua in pianura, a causa della diminuzione della pendenza che provoca una perdita di capacità di trasporto
I depositi delle conoidi sono costituiti da materiali eterometrici prevalentemente ghiaie sabbiose in scarsa matrice fine con ciottoli da sub-spigolosi a sub-arrotondati, localmente si possono incontrare trovanti litici di dimensioni metriche. Questi depositi sono spesso antropizzati o sede di attività agricole in quanto non più attivi se non limitatamente alle aree più prossime ai corsi d'acqua. Lo spessore di questi depositi è molto variabile ed è in genere compreso tra una decina di metri per le conoidi più piccole sino ad un centinaio di metri per quelle maggiori.
Nell'area in esame occupano vaste aree in sinistra orografica del Fiume Adda ed in alcune zone interferiscono con il tracciato della strada in progetto.

7.4.5 COLTRE DETRITICO – COLLUVIALE

Le coltre detritiche-colluviali costituiscono il prodotto di disfacimento meccanico e di alterazione chimica delle rocce in posto, ad opera degli agenti meteorici.
Esse sono costituite prevalentemente da sabbie grossolane, talora in matrice limosa, con ciottoli di dimensioni variabili da centimetrici fino a decimetrici, a spigoli vivi; la natura dei clasti rivela la formazione di base, dalla cui erosione tali sedimenti provengono. Lo spessore di questi depositi varia da qualche metro sino a circa 10 m di spessore.

7.4.6 MORENE

I depositi morenici, affioranti prevalentemente sui due versanti della valle, sono costituiti da depositi caotici e costituiscono i resti di antichi ghiacciai non più attivi nell'area. Da un punto di vista granulometrico sono caratterizzati da una forte eterogeneità granulometrica ed in prevalenza si rinvengono ghiaie sabbiose con ciottoli a spigoli vivi con livelli e lenti più limoso-sabbiosi e trovanti litici di dimensioni variabili fino a qualche metro.
Le morene, formate da una mescolanza caotica di vari materiali solidi (massi, ciottoli, sabbie e limi) sono generate dal trasporto del materiale solido ad opera dei ghiacciai nel loro movimento verso valle. Lo spessore di questi depositi è variabile ed in genere è compreso tra pochi metri fino ad alcune decine di metri.

7.4.7 BASAMENTO CRISTALLINO

Nel tratto di territorio in studio affiorano sia formazioni appartenenti al basamento *sudalpino* che quelle del basamento *australpino*; queste ultime interferiscono direttamente con il tracciato in studio.

a) Unità Sudalpine

La Formazione degli Scisti Edolo affiora a sud della linea del Tonale, a sud degli abitati di Stazzona e Bianzone, quindi appena fuori dell'area interessata dal tracciato, ed è costituita da metamorfiti di basso grado, formate prevalentemente da filladi e micascisti di colore da grigio scuro ad argentei.

b) Unità Austroalpine

La strada in progetto interessa le Unità del complesso Australpino ed in particolare i termini del sistema Grosina Tonale (Australpino Superiore) mentre i termini dell'Austroalpino medio (Falda Campo Ortles), che affiorano in destra orografica del fiume Adda, non sono interessati dal tracciato.

c) Sistema Grosina - Tonale

Il sistema Grosina Tonale è costituito prevalentemente da una roccia incassante, rappresentata dai Gneiss del Monte Tonale, all'interno della quale si hanno delle intrusioni in forma di lenti e filoni di filladi, metabasiti e quarziti; in particolare le filladi affiorano in modo abbastanza diffuso lungo l'area in esame mentre gli altri litotipi sono stati osservati in sondaggio ed in affioramento al di fuori dell'area cartografata.

d) Gneiss del Monte Tonale

La formazione dei Gneiss del monte Tonale presenta una scistosità ben riconoscibile che immerge, in maniera pressoché continua, verso SW ed è costituita da micascisti e gneiss a due miche, a grana media, con prevalenza della biotite. In genere la formazione presenta un basso grado di alterazione e fratturazione, mentre se interessata da motivi tettonici è intensamente fratturata ed alterata, spesso ridotta ad un sabbione di disfacimento.

e) Anfiboliti

Questi termini, che si rinvengono sotto forma di intrusioni all'interno dei Gneiss del Monte Tonale, sono caratterizzati da una grana minuta e presentano una colorazione grigio-verdastra. Sono stati osservabili in affioramento in località Pra Alessio al di fuori dell'area cartografata.

f) Quarziti

Affiorano esternamente all'era cartografata, in località Pra Alessio ed in località Corradi, in forma di lenti e di filoni e sono intrusi nei Gneiss del Monte Tonale; sono costituite da quarziti di colore biancastro ed in genere presentano un grado di fratturazione maggiore dei termini incassanti denotando, quindi, un comportamento mediamente più fragile.

g) Micascisti della Cima Rovaia

La formazione dei Micascisti è costituita da filladi e micascisti a due miche a grana medio fine e con prevalenza della muscovite. La roccia è da mediamente ad intensamente scistosa ed in genere è moderatamente fratturata mentre in zone di faglia è fortemente fratturata ed alterata.

h) Falda Campo Ortles

La falda di Campo Ortles non interessa il tracciato in esame, affiora in destra orografica del Fiume Adda verso il confine con la Svizzera ed è costituita da differenti tipi di rocce metamorfiche con contatti spesso transizionali.

7.5 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Per quanto attiene alle caratteristiche idrogeologiche il tratto di territorio in esame è caratterizzato dalla presenza di terreni abbastanza eterogenei per caratteristiche granulometriche e di permeabilità, così come risulta dalle carte geomorfologiche ed idrogeologiche in scala 1:5.000.
Il modello idrogeologico di riferimento viene elaborato sulla scorta dei dati di rilevazione disponibili, consistenti in misure piezometriche dei livelli idrici, registrati nei periodi estivi delle campagne di indagini del 2002 e del 2009, e sui risultati delle prove di permeabilità.
Sulla base dei valori di permeabilità ottenuti dalle prove eseguite in sito nelle campagne geognostiche del 2002 e del 2009, del carattere granulometrico e sedimentologico delle singole litofacies, dello stato di fratturazione dei termini del basamento cristallino e sulla base di dati disponibili nella letteratura scientifica sono distinguibili quattro complessi idrogeologici:

1° depositi alluvionali
2° depositi quaternari (morene – conoidi – frane)
3° depositi detritici
4° basamento cristallino

La classificazione della permeabilità adottata nel presente studio, suffragata dai dati delle prove di permeabilità, è stata adottata secondo le norme AFTES (Association Francaise des Travaux En Souterrain), sintetizzate nella seguente Tabella 6.5.1.

Tabella 6.5.1 – *Classificazione della permeabilità (AFTES)*

Classe	Permeabilità (m/sec)	Descrizione
K1	$< 10^{-9}$	Da molto bassa a bassa
K2	$10^{-9} \div 10^{-6}$	Da bassa a media
K3	$10^{-6} \div 10^{-4}$	Da media ad alta
K4	$> 10^{-4}$	Da alta a molto alta

7.5.1 COMPLESSO IDROGEOLOGICO 1° - DEPOSITI ALLUVIONALI

Questo complesso è costituito prevalentemente da ghiaie in matrice sabbiosa e da sabbie grossolane con ciottoli; si rinvengono lenti e livelli più fini costituiti da sabbie fini e sabbie limose.
La permeabilità di questi depositi è da alta a molto alta a causa della prevalenza della granulometria grossolana. Il complesso, che affiora nel fondovalle del Fiume Adda e che costituisce il minimo idraulico dell'area, ospita al suo interno una falda freatica persistente; tale falda è alimentata sia dal fiume stesso che da apporti laterali dai versanti.
Le misure piezometriche evidenziano che tale falda risente di oscillazioni stagionali di alcuni metri.
Si tratta terreni permeabili per porosità (permeabilità di tipo primario), con un grado di permeabilità da alto a molto alto. Ai suddetti terreni si può affidare un coefficiente di permeabilità $K > 10^{-4}$ m/sec

7.5.2 COMPLESSO IDROGEOLOGICO 2° - DEPOSITI QUATERNARI

Questo complesso idrogeologico affiora diffusamente sui versanti ed è costituito in prevalenza da depositi ghiaioso-sabbiosi grossolani e sabbie limose. Tali depositi sono caotici è la loro messa in posto è legata a diversi agenti quali ghiacciai, movimenti in massa e depositi tipo *debris flow*.
La permeabilità del complesso è di tipo primario per porosità e varia da media ad alta in funzione della granulometria prevalente e del grado di addensamento.
Si tratta terreni permeabili per porosità (permeabilità di tipo primario), con un grado di permeabilità da medio ad alto. A tali terreni si può affidare un coefficiente di permeabilità $K = 10^{-6} \div 10^{-4}$ m/sec

7.5.3 COMPLESSO IDROGEOLOGICO 3° - DEPOSITI DETRITICI

Questo complesso affiora con estensione variabile prevalentemente sul versante posto in sinistra orografica del fiume Adda ed è costituito da depositi eterometrici in scarsa matrice ghiaioso-sabbiosa. La permeabilità è di tipo primario per porosità e varia da un grado alto a molto alto, con il seguente valore del coefficiente di permeabilità: $K > 10^{-4}$ m/sec

7.5.4 COMPLESSO IDROGEOLOGICO 4° – ROCCE DI BASAMENTO CRISTALLINO

Questo complesso è costituito da tutti i termini di basamento cristallino ascrivibili al sistema Grosina Tonale (gneiss, filladi, metabasiti, etc etc.) ed affiora con estensione variabile sui versanti. I rilievi di superficie, condotti anche al di fuori dell'area cartografata, e lo studio dei carotaggi hanno permesso di osservare che tali litotipi sono caratterizzati da una scistosità abbastanza pervasiva e da un grado di fratturazione variabile; tali caratteristiche influiscono sul grado di permeabilità di questo complesso che varia da basso, in condizioni di fratturazione standard, ad alto nelle zone intensamente fratturate.
Si riscontrano situazioni locali con permeabilità elevata, laddove esiste una fessurazione di tipo "beante", e di permeabilità sensibilmente più ridotta, in corrispondenza di quelle porzioni dell'ammasso roccioso meno fratturato o con fessure di tipo "combaciante e chiuse". Si tratta terreni permeabili per fratturazione (permeabilità di tipo secondario), con un grado di permeabilità da basso a medio. A tali terreni si può affidare un coefficiente di permeabilità $K = 10^{-9} \div 10^{-7}$ m/sec

I dati riportati in tabella evidenziano che sia la falda di fondovalle che quella in roccia fanno registrare forti escursioni verticali:

- nel piezometro SP12 la variazione della quota della superficie piezometrica è di 20 m;
- i piezometri SP3 e SP10 sono stati realizzati a brevissima distanza uno dall'altro e evidenziano che la falda di fondovalle può avere una escursione anche di 7 m;
- il piezometro SP4 che dovrebbe rilevare la presenza della falda a carattere stagionale risulta essere secco, ma si dispone di una sola misura effettuata nella stagione asciutta (settembre 2009); tuttavia, in ragione delle conoscenze idrogeologiche della zona è ragionevole ipotizzare che in particolari periodi (primavera ed autunno) questa falda si possa instaurare nelle coperture clastiche favorita dal contrasto di permeabilità con il basamento.

7.6 MODELLO IDROGEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Si possono individuare tre tipi di circolazione idrica, così schematizzabili:

a) *Una falda freatica di fondovalle* nel Fiume Adda (falda di subalveo) che si materializza nei sedimenti alluvionali, ad elevata permeabilità, ed è alimentata principalmente dal fiume stesso e secondariamente dagli apporti dei versanti; i dati piezometrici evidenziano notevoli variazioni stagionali nelle quote piezometri che, in alcuni casi, raggiungono anche di 7 metri;

b) *Una falda in roccia* che è stata rinvenuta in vari piezometri e si trova lungo zone di intensa fratturazione; infatti i corpi del basamento cristallino sono caratterizzati generalmente da una bassa permeabilità primaria e sono, quindi, sostanzialmente impermeabili; soltanto se fratturati divengono variamente permeabili (permeabilità di tipo secondario) in relazione all'intensità ed alla dislocazione spaziale delle discontinuità e, soprattutto, al tipo di discontinuità (beante, combaciante, con riempimento, etc..). Le zone fratturate possono essere molto permeabili e, se sufficientemente estese ed in connessione con zone di ricarica, possono costituire una via di deflusso preferenziale per le acque di ruscellamento, andando a formare un acquifero.

c) *Una falda non residente* a carattere stagionale che si può impostare al contatto tra il basamento cristallino poco permeabile e le coperture quaternarie più permeabili, durante i periodi

a più elevata piovosità o durante lo scioglimento delle nevi. La presenza di questa falda è stata solo ipotizzata in quanto i piezometri installati durante la campagna geognostica del 2009 (stagione secca) non ne hanno evidenziato la presenza.

7.7 IMPATTO IDROGEOLOGICO DELL'OPERA

I dati piezometrici analizzati, unitamente alle conoscenze idrogeologiche dell'area in esame, consentono di evidenziare alcuni aspetti, qui di seguito sintetizzati.

a) Gli scavi per la costruzione del sottopasso, tra la le Progr. 0+180 e 0+280 di progetto, e la realizzazione delle pile e delle spalle del viadotto sull'Adda, tra le Progr. di progetto 0+630 e 0+750 dovrebbero interferire con la falda di fondovalle, che è posta ad una profondità compresa tra 5 ed 8 m dal piano campagna.

b) Alla Progr. 4+233, dove si prevede di realizzare la galleria artificiale, le operazioni di scavo potranno intercettare una falda stagionale, presumibilmente tra le Progr. 4+420 e 4+710. Tuttavia è bene sottolineare che queste progressive hanno solo un carattere indicativo, giacché questo tipo di falda ha una soggiacenza molto variabile, in quanto risente fortemente dei regimi di pluviometrici stagionali; inoltre, non si dispone di misure piezometriche sufficientemente prolungate nel tempo per poter valutare l'escursione della falda stessa.

c) Tra le Progr. 5+080 e 6+220 è prevista la realizzazione della galleria naturale il Dosso che avverrà principalmente in condizioni secco-umide; tuttavia, sono previste delle interferenze sia con la falda stagionale, in corrispondenza degli imbocchi, che con la falda in roccia, in corrispondenza di zone fratturate di faglia ed in zone intensamente fratturate; in particolare si possono formulare alcune previsioni:
   - tra le Progr. 5+080 e 5+250 e le Progr. 6+065 e 6+220 circa, in cui lo scavo avviene con basse coperture (< 30 m), a ridosso del contatto tra i depositi quaternari ed il basamento cristallino si potranno avere ridotte manifestazioni idriche in galleria (fronte secco-umido) in specie nelle stagioni piovose o durante lo scioglimento delle nevi;
   - tra la Progr. 5+230 e la Progr. 6+055 lo scavo è previsto nel basamento cristallino che come descritto presenta un grado di permeabilità variabile da basso, nelle normali condizioni di fratturazione, ad alto, in zone intensamente fratturate; questo comporta che nelle zone poco fratturate non si prevedono manifestazioni idriche importanti, con condizioni di fronte secco-umido, mentre nelle zone di faglia o ad intensa fratturazione, se collegate ad una zona di ricarica in superficie, sono possibili manifestazioni idriche al limite tra gli stillicidi e le venute d'acqua.

d) L'opera principale per la quale sono possibili impatti idrogeologici è la galleria naturale "Il Dosso" che costituirà un importante elemento drenante; questa opera, come detto, dovrebbe intercettare sia una falda in roccia che una falda superficiale a carattere stagionale. L'opera in esame sottende le sorgenti 12, 13 e 14 censite nel progetto del 2002 e le due sorgenti, individuate durante i rilevamenti effettuati per la presente fase progettuale, ubicate lungo la valle dei Bui. Osservando i dati di cartografia è ipotizzabile che le sorgenti 12, 13 e 14 siano impostate in un acquifero quaternario (morenico), posto in quota, che non interferisce con lo scavo della galleria per cui non è atteso un rischio di isterilimento. Le sorgenti ubicate lungo la valle dei Bui sono impostate in una zona di faglia che interessa il basamento cristallino e che dovrebbe essere attraversata dallo scavo della galleria intorno alla Progr. 5+490 in una zona a bassa copertura (circa 30 m), per cui per queste sorgenti si prevede che vi possa essere un alto rischio di isterilimento. Qualora durante lo scavo si dovessero effettivamente riscontrare delle venute idriche importanti di

acque di buona qualità queste dovranno essere separate dalle acque di piattaforma e dalle acque a bassa qualità presenti a tergo del rivestimento definitivo e dovranno essere rese disponibili per un eventuale utilizzo all'imbocco della galleria; inoltre, in caso di isterilimento delle sorgenti si dovrà provvedere ad un approvvigionamento idrico alternativo.

7.8 CARATTERISTICHE LITOTECNICHE

Vengono descritte le caratteristiche litotecniche del tracciato della strada in progetto, distinguendo le singole tratte in relazione alle peculiarità geologiche e geotecniche dei terreni attraversati.

7.8.1 DA INIZIO LOTTO ÷ PROGR. 0+420

Questo tratto iniziale del tracciato in progetto si sviluppa in destra orografica del fiume Adda; l'opera sarà realizzata in trincea e si prevede un sottopasso per attraversare la linea ferroviaria esistente; nel punto più basso gli scavi si approfondiranno sino a circa 10 m da p.c.
In asse al tracciato affiorano i depositi di conoide e le alluvioni stabilizzate del fiume Adda, rappresentate essenzialmente da depositi ghiaioso sabbiosi in matrice sabbiosa – sabbioso limosa con trovanti di dimensioni anche metriche (UG1).
I dati piezometrici disponibili indicano la presenza della falda a circa 5 m da p.c. ed in particolare si prevede che lo scavo possa intercettare la falda del fondovalle del fiume Adda tra le Progr. 0+235 e 0+351 circa.

7.8.2 PROGR. 0+420 ÷ PROGR. 0+880 (VIADOTTO SULL'ADDA)

La realizzazione del Viadotto sull'Adda consente al nuovo tracciato di passare in sinistra idraulica del fiume, da dove poi si svilupperà la restante parte del tracciato. Secondo quanto previsto in progetto sarà realizzata una prima rampa in rilevato che immetterà al viadotto vero e proprio che con un altro tratto in rilevato si innesterà sulla piana alluvionale. Per la realizzazione del viadotto si prevede di realizzare due pile e due spalle.
La realizzazione dell'opera interessa i depositi alluvionali recenti e stabilizzati del fiume (UG1)
La falda sarà incontrata in una posizione che sarà sempre più superficiale verso la sede dell'alveo e sarà quindi interferente con le opere di fondazione del Viadotto.

7.8.3 PROGR. 0+880 ÷ PROGR. 4+325

In questo settore si prevede di realizzare un lungo tratto in rilevato che condurrà all'imbocco ovest della galleria artificiale. L'opera presenta altezze variabili, modeste nella prima parte, sino alla Progr. 2+340 circa, e decisamente più considerevoli nella seconda, verso la galleria artificiale, dove le altezza si attestano mediamente sui 10 m con punte di oltre 15.
In planimetria il tracciato segue la zona arginale del fiume Adda sino alla Progr. 2+060 per poi spostarsi progressivamente verso il versante.
In asse al tracciato affiorano prevalentemente le alluvioni stabilizzate (UG1) del fiume Adda, mentre dalla Progr. 2+750 alla Progr. 3+370 e dalla Progr. 3+580 alla Progr. 3+700 il tracciato interferisce rispettivamente con i depositi di conoide (UG2-1) della valle di Ganda e con i depositi di una frana inattiva o quiescente.
Tra le Progr. 2+680 e 2+760, sul versante in destra del tracciato, si osservano in affioramento i termini del basamento cristallino (Micascisti e Gneiss del monte Tonale) dell'unità UG4.
La falda si rinviene a circa 12 m dal p.c. e quindi non è interferente.
Punti di maggiore criticità nella tratta sono costituiti da:

- due dissesti di limitata entità posti alle Progr. 2+330 e 3+600 segnalate anche dal PAI; il primo, attivo, interferisce con un tratto di viabilità secondaria mentre il secondo, inattivo o quiescente,

interessa più direttamente il tracciato. In entrambi i casi l'interferenza è limitata alle parti terminali delle zone di accumulo.

- due attraversamenti di settori di conoide, tra la Progr. 1+950 e 2+000 e tra le Progr. 3+160 e 3+260 circa, che nella cartografia PAI sono indicati come attivi parzialmente protetti; come precedentemente descritto i vari conoidi di deiezione che interferiscono con il tracciato in più punti sono generalmente stabilizzati e solo in questi due settori è riscontrabile una indicazione di attività.

7.8.4 PROGR. 4+375 ÷ PROGR. 4+880 (GALLERIA ARTIFICIALE)

Per la realizzazione della galleria artificiale si dovranno effettuare degli scavi che si aggirano mediamente sui 10 m di altezza.
In asse al tracciato affiorano solo terreni clastici ascrivibili prevalentemente a depositi morenici (UG2-2) e, solo per un piccolo tratto sull'imbocco occidentale, a depositi di conoide (UG2-1).
In questo tratto è stata ipotizzata la presenza di una falda a carattere stagionale che nei periodi umidi ed in occasione di eventi pluviometrici prolungati potrebbe interferire con le operazioni di scavo; in particolare, l'interferenza è stata ipotizzata tra le Progr. 4+350 e 4+700 di progetto, anche se non si può escludere che l'escursione della falda, e quindi della zona di interferenza, sia maggiore.

7.8.5 PROGR. 4+880 ÷ PROGR. 5+140

In questo tratto si prevede di realizzare una piccola trincea; l'entità massima degli sbancamenti si aggira sui 6-7 metri e coinvolge esclusivamente i depositi morenici (UG2-2).
Non è prevista l'interferenza degli scavi con la falda.

7.8.6 PROGR. 5+140 ÷ PROGR. 6+105 (GALLERIA NATURALE IL DOSSO)

Per la realizzazione dell'imbocco ovest si prevede di effettuare un attacco di tipo indiretto con una paratia; tale opera e lo scavo della galleria interesseranno i depositi morenici, costituiti da ghiaie sabbiose a spigoli vivi e con locali trovanti anche metrici (UG2-2), dalla Progr. 5+140 alla Progr. 5+310.
Nella tratta tra le progr. 5+310 e 6+035 lo scavo interessa i terreni costituiti dai litotipi del basamento cristallino UG4 e, con qualche zona molto fratturate per la presenza di faglie.
Da un punto di vista idrogeologico sono previste condizioni di scavo prevalentemente secco-umide e localmente bagnate; mentre in corrispondenza della zona di faglia si potranno avere degli stillicidi (Beniawski, 1989).
Per la realizzazione dell'imbocco est si prevede di effettuare un attacco di tipo indiretto con una paratia; tale opera e lo scavo della galleria interesseranno i depositi morenici (UG2-2), costituiti da ghiaie sabbiose a spigoli vivi e con locali trovanti anche metrici.

7.8.7 PROGR. 6+105 ÷ FINE LOTTO

Dall'uscita della galleria il tracciato si sviluppa in rilevato sino a fine lotto, dove si raccorda con la SS38 esistente.
In asse al tracciato si hanno, sino a fine lotto, depositi clastici costituiti da:

- da depositi morenici (UG2-2) dall'imbocco est sino alla Progr. 6+120;
- da depositi di conoide (IG3-1) dalla Progr. 6+120 a fine lotto.

7.9 LE OPERE D'ARTE PRINCIPALI

Le opere d'arte principali sono costituite dai due ponti:
- Ponte sul Fiume Adda a Stazzona
- Ponte sul Fiume Adda a Tirano

7.9.1 PONTE SUL FIUME ADDA A STAZZONA

Si tratta di un ponte con N° 3 campate, con una lunghezza complessiva pari a 185 m, ricadente per intero nell'ambito dei depositi alluvionali attuali (nell'alveo) e stabilizzati, nella pianura circostante.

La litologia dei terreni interessati dall'opera è stata definita sulla scorta dei dati ricavabili dai Sondaggi SP.9 e SD.8 della campagna di indagini del 2009.

Nella Figura 6.9.1 è riportato uno stralcio della carta geologica con l'ubicazione dell'opera in oggetto e delle indagini geognostiche.

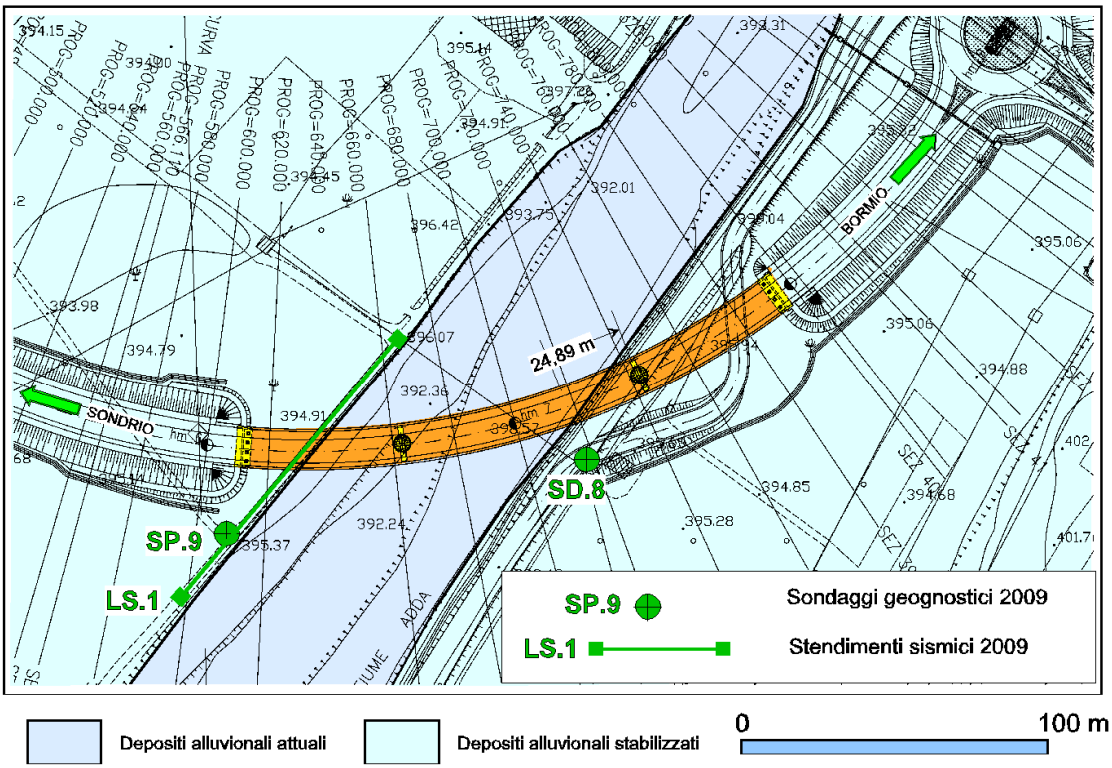


Figura 6.9.1 – *Ponte sull'Adda a Stazzona – Stralcio carta geologica*

Nella Figura 6.9.2, è riportato il profilo litologico del ponte, da cui risulta che i terreni appartengono all'Unità UG1 (Depositi alluvionali).

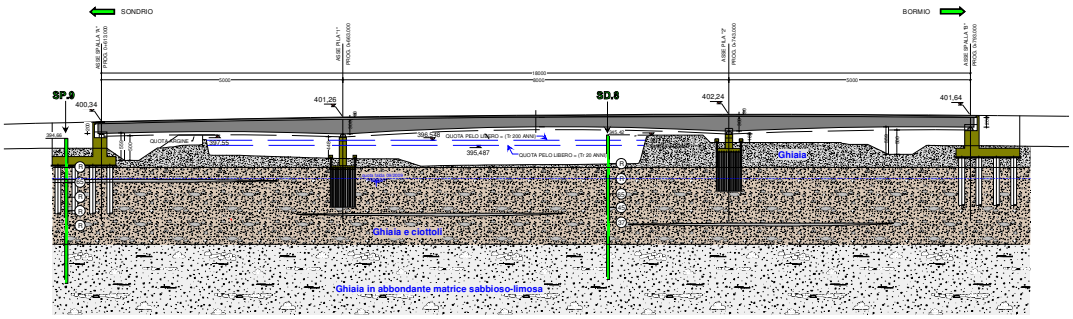


Figura 6.9.2 – *Profilo litologico del Ponte sull'Adda a Stazzona*

7.9.2 PONTE SUL FIUME ADDA A TIRANO

Si tratta di un ponte con N° 2 campate, con una lunghezza complessiva pari a 113 m, ricadente per intero nell'ambito dei depositi alluvionali attuali (nell'alveo) e stabilizzati, nella pianura circostante (cfr. Stralcio carta geologica della Figura 6.9.3).

Lo schema litologico è visualizzato nel profilo della Figura 6.9.3; l'area in esame ricade a cavallo tra le formazioni delle alluvioni stabilizzate (UG1) e delle conoidi (UG2_1), che hanno caratteristiche granulometriche e litologiche molto simili; difatti dalla stratigrafia del sondaggio S.2 non è possibile distinguere il passaggio dai depositi di conoide a quelli alluvionali; tuttavia i depositi del conoide, essendo prossimi alla zona marginale del bordo, si ritiene che debbano essere poco spessi (qualche metro).

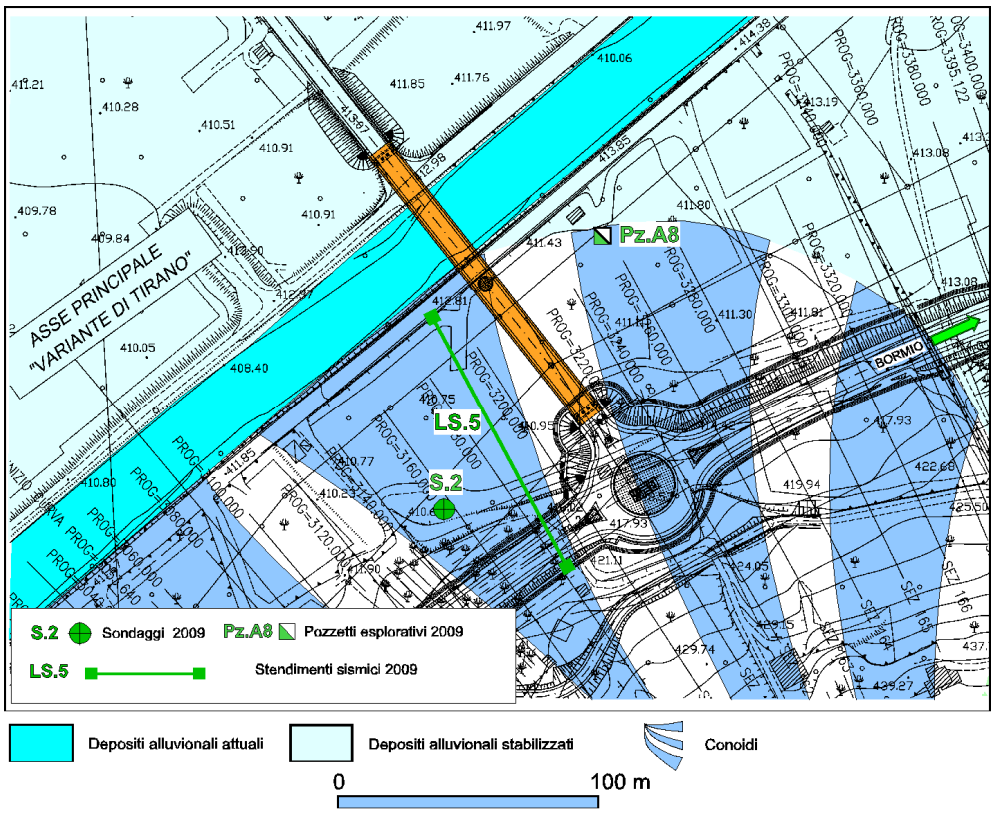


Figura 6.9.3 – *Ponte sull'Adda a Tirano – Stralcio carta geologica*

Nella Figura 6.9.4, è riportato il profilo litologico del ponte.

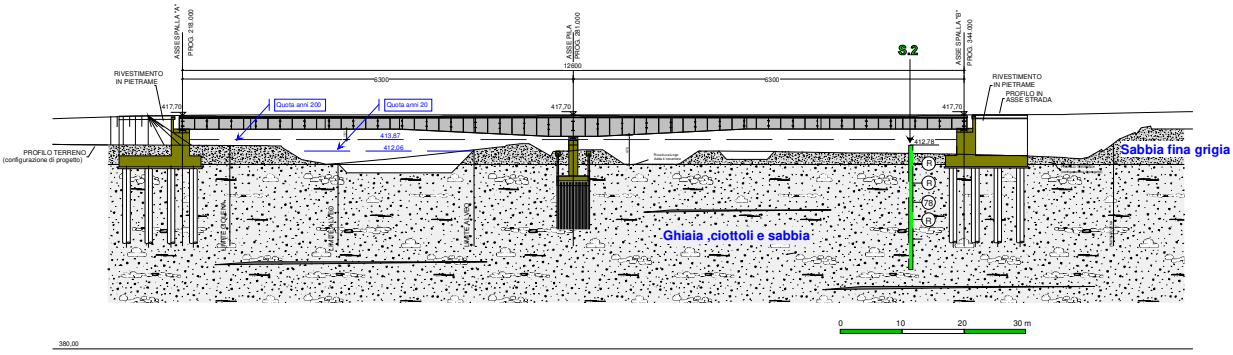


Figura 6.9.4 – *Profilo litologico del Ponte sull'Adda a Tirano*

8 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

8.1 PARAMETRI GEOTECNICI

Sono state catalogate ed analizzate le prove di laboratorio geotecnico dei campioni prelevati nelle indagini del 2002 e del 2009. I risultati sono riportati nella relazione geotecnica del progetto.

La presenza della vegetazione influenza notevolmente la stabilità delle coltri superficiali dei versanti; tale fenomeno sui esplica mediante processi meccanici, tra cui i più determinanti sono:

- effetto contrafforte
- rinforzo radicale del terreno

Sotto il profilo sismico secondo la vigente normativa l'area investigata può collocarsi in *classe B* ed assumere Categoria topografica: T2.

8.2 VERIFICHE DI STABILITÀ

Le verifiche delle condizioni di equilibrio sono state eseguite in corrispondenza dei tratti in cui è prevista la realizzazione di berlinesi e laddove i rilevati sono sostenuti da terre rinforzate.
Tutte le verifiche sono state effettuate secondo la Normativa NTC 2008.
La vita nominale V_N viene assunta pari a V_N = 100 anni. Si considera una classe d'uso III, a cui è associato un coefficiente d' uso C_U = 1.5. Il periodo di riferimento V_R per l'azione sismica sarà dunque pari a $V_R = V_N \cdot C_U$ = 150 anni.

8.2.1 TERRE RINFORZATE

- Tratto tra le Progr. 3+785,00 ÷ 4+235,00, ove sono previste le **terre rinforzate** (all'incirca tra le Sezioni 190 ÷ 211).

  Sezione 192

  Stabilità globale: Fs=1.437
  Stabilità interna 1: Fs=1.361
  Stabilità interna 2: Fs=1.610
  Stabilità interna 3: Fs=1.371

  Sezione 199

  Stabilità globale: Fs=1.161
  Stabilità interna 1: Fs=1.055
  Stabilità interna 2: Fs=1.456
  Stabilità interna 3: Fs=1.938

8.2.2 BERLINESI

- Tratto tra le Progr. 3+795,00 ÷ 3+910,00, ove sono previste le **berlinesi** (all'incirca tra le Sezioni 190 ÷ 196)

  Sezione 191 (progr. 3+820)

  Stabilità: Fs_{min}=2.00

  Sezione 192 (progr. 3+940)

  Stabilità: Fs_{min}=2.59

  Sezione 194 (progr. 3+880)

  Stabilità: Fs_{min}=2.58

8.2.3 GALLERIA ARTIFICIALE

- Tratto tra le Progr. 4+220 ÷ 4+380, ove è previsto il prolungamento della **galleria artificiale** "Il Dosso 1" in luogo della berlinese (all'incirca tra le Sezioni 211 ÷ 219).

  Sezione 214 (progr. 4+280)
  Stabilità: Fs=1.12
  Sezione 216 (progr. 4+320)
  Stabilità: Fs=1.11
  Sezione 218 (progr. 4+360)
  Stabilità: Fs=0.99
  Stabilità (consolidata): Fs=1.21
  Sezione 219 (progr. 4+390)
  Stabilità: Fs=1.10

8.2.4 PONTE SUL F. ADDA A STAZZONA

Per la ricostruzione della successione litologica dei terreni interessati dalle fondazioni si è fatto riferimento ai Sondaggi SP.9 e SD della campagna di indagini del 2009, da cui si evince che i terreni appartengono all'Unità UG1 (Depositi alluvionali).

*Unità litotecnica **UG1** (Depositi alluvionali incoerenti)*

Peso di volume saturo	γ = 21 kN/m^3
Peso di volume	γ = 19 kN/m^3
Coesione efficace	C' = 0 Kg/cm^2
Angolo di attrito	φ' = 36° (*valore caratteristico*)
Angolo di attrito	φ'_c = 32°(*valore di calcolo*)

Densità relativa (BAZARAA, 1962)

Da valori medi di N1(60)

Dr = 60%

Moduli elastici

Modulo Elastico (Young) E = 431,31 MPa - 4398 Kg/cm^2

Modulo Edometrico Ed = 517,58 MPa - 5277 Kg/cm^2

Classe suoli (NTC 2008): 360 < **B** < 800 m/sec

LS1 Vs = 426 m/sec (Re.Mi.)
Vs = 470 m/sec (MASW)

SD.8 (Down Hole) Vs = 436 m/sec

8.2.5 PONTE SUL F. ADDA A TIRANO

Per la ricostruzione della successione litologica dei terreni interessati dalle fondazioni si è fatto riferimento al Sondaggio S.2 della campagna di indagini del 2009.

Il viadotto ricade a cavallo tra le due formazioni (UG1 Ed UG2_1) e poiché dal sondaggio S.2 non è possibile distinguere il passaggio dai depositi di conoide a quelli alluvionali, nel modello geotecnico di calcolo vengono suggeriti dei parametri medi relativi alla formazione UG2_1, che è quella che interessa maggiormente l'area in esame.

*Unità litotecnica **UG2-1** (Conoidi)*

Peso di volume saturo	γ = 21 kN/m^3
Peso di volume	γ = 19 kN/m^3
Coesione efficace	C' = 0 Kg/cm^2
Angolo di attrito	φ' = 37° (*valore caratteristico*)
Angolo di attrito	φ'_c = 33°(*valore di calcolo*)

Densità relativa (BAZARAA, 1962)

Da valori medi di N1(60)

Dr = 63%

Moduli elastici

Modulo Elastico (Young) E = 337,4 MPa - 3440 Kg/cm^2

Modulo Edometrico Ed = 404,9 MPa - 4120 Kg/cm^2

Classe suoli (NTC 2008): 360 < **B** < 800 m/sec

LS5 Vs = 578 m/sec (Re.Mi.)
Vs = 539 m/sec (MASW)

9 GALLERIE

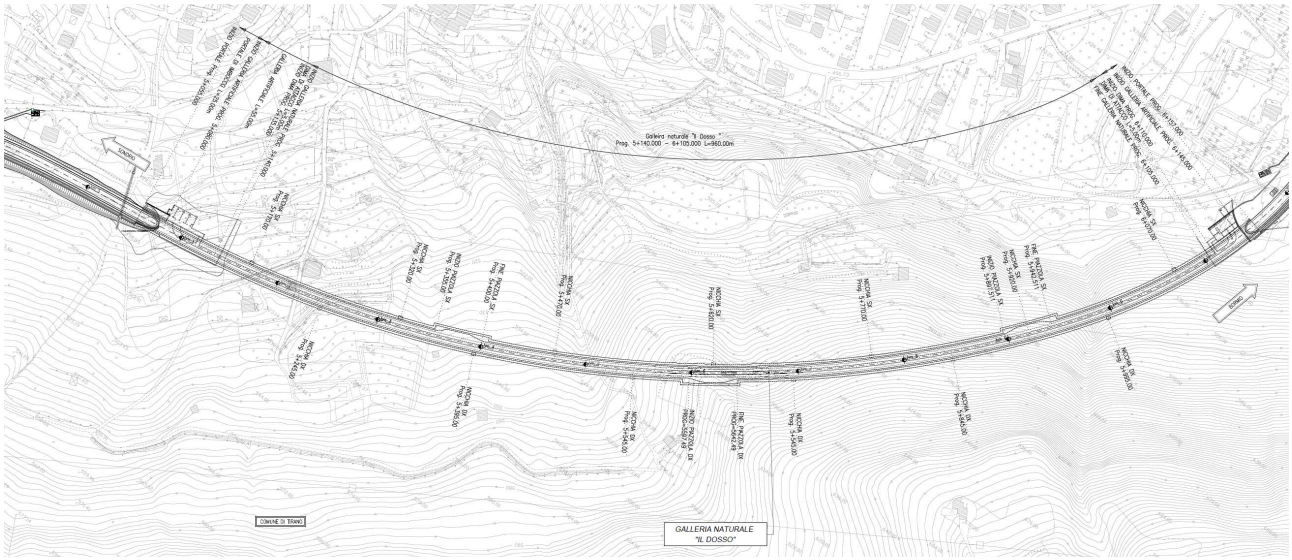
Il progetto prevede la costruzione di:

- una galleria artificiale di circa 645 m, "*il Dosso 1*";
- una galleria naturale di circa 1115 m, "*il Dosso*".

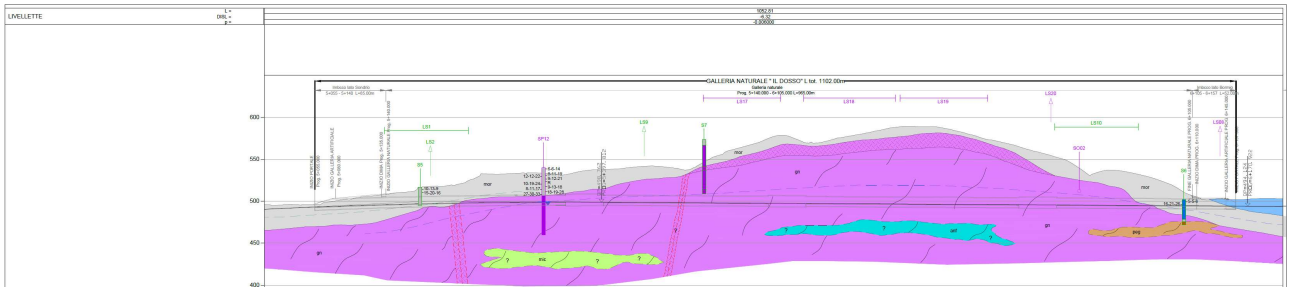
9.1 GALLERIA NATURALE

La galleria naturale "il Dosso" presenta uno sviluppo di 1115 m, comprensivo degli imbocchi in artificiale, compreso tra le progr. 5+140 e 6+105.

Sono previste n. 3 piazzole di sosta, ciascuna di lunghezza 45m, rispettivamente tra le progr. 5+355 e 5+400, tra 5+597 e 5+642, tra 5+897 e 5+942



Dall'esame del profilo sotto allegato di evince che la galleria è scavata nello Gneis del monte Tonale, mentre gli imbocchi sono nei depositi morenici. Per maggiori dettagli si rimanda ai richiami di geologia e geotecnica dei precedenti paragrafi o alle relazioni specifiche allegate al progetto.



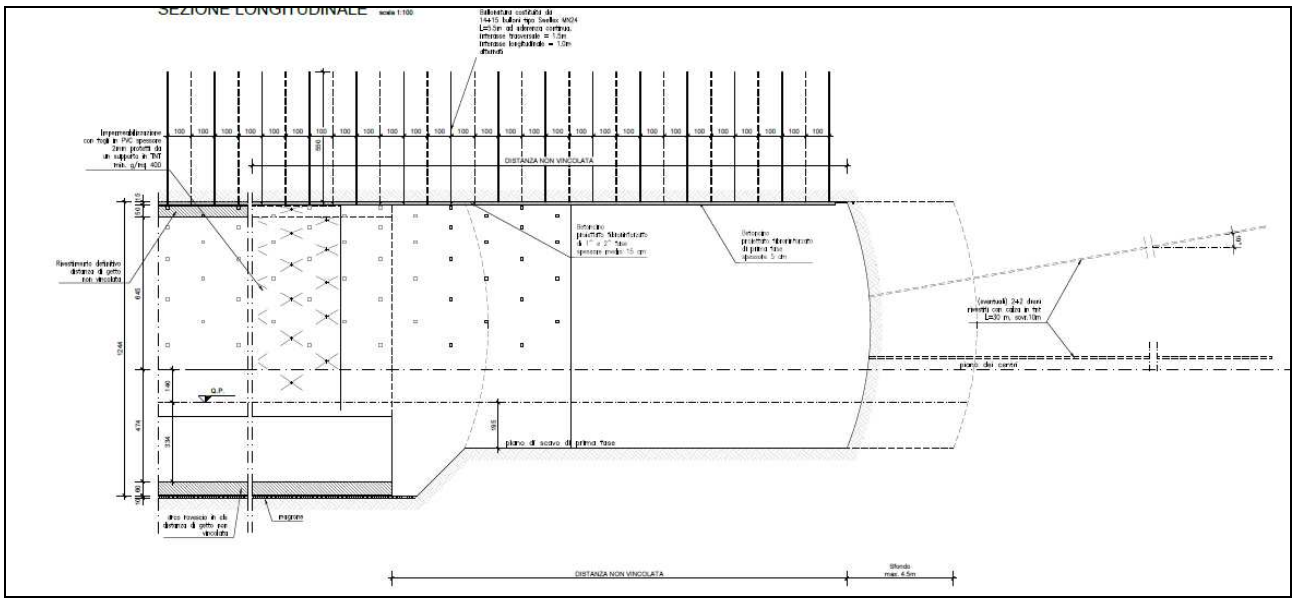
Caratteristiche geomeccaniche del tracciato



Interventi di consolidamento e contenimento previsti

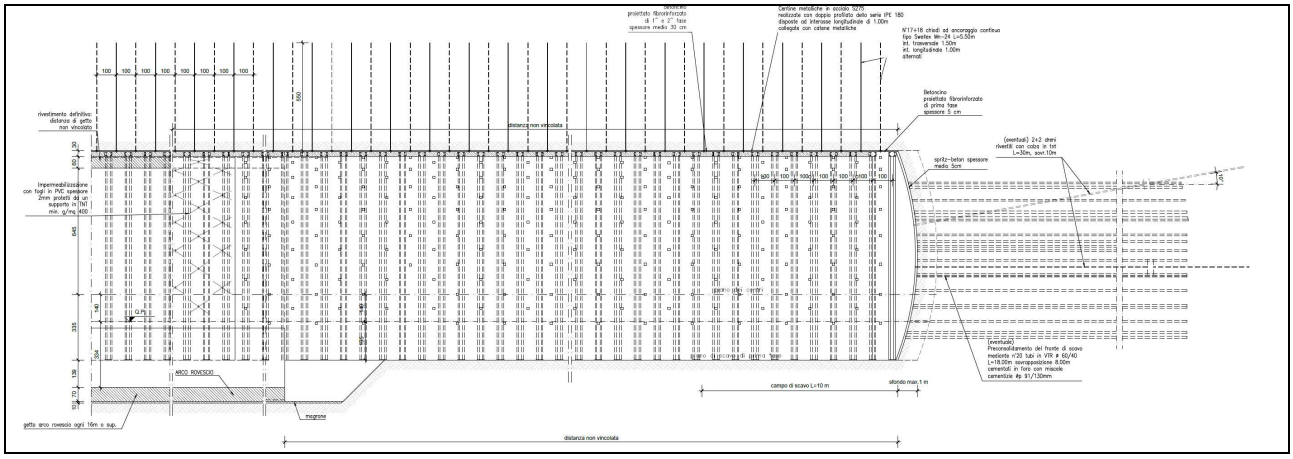
Le sezioni di avanzamento previste sono:

– **sezione correnti GD-A1**, che prevede la stesa sulla superficie di scavo di betoncino proiettato fibrorinforzato di prima fase sp=5cm, da eseguire immediatamente dopo lo sfondo L=4.5m max; una bullonatura in volta con 14+15 bulloni tipo Swellex, eventuali dreni sul fronte, da eseguire da una distanza minima dal fronte di 28m; scavo e getto dell'arco rovescio e getto calotta a distanza non vincolata.



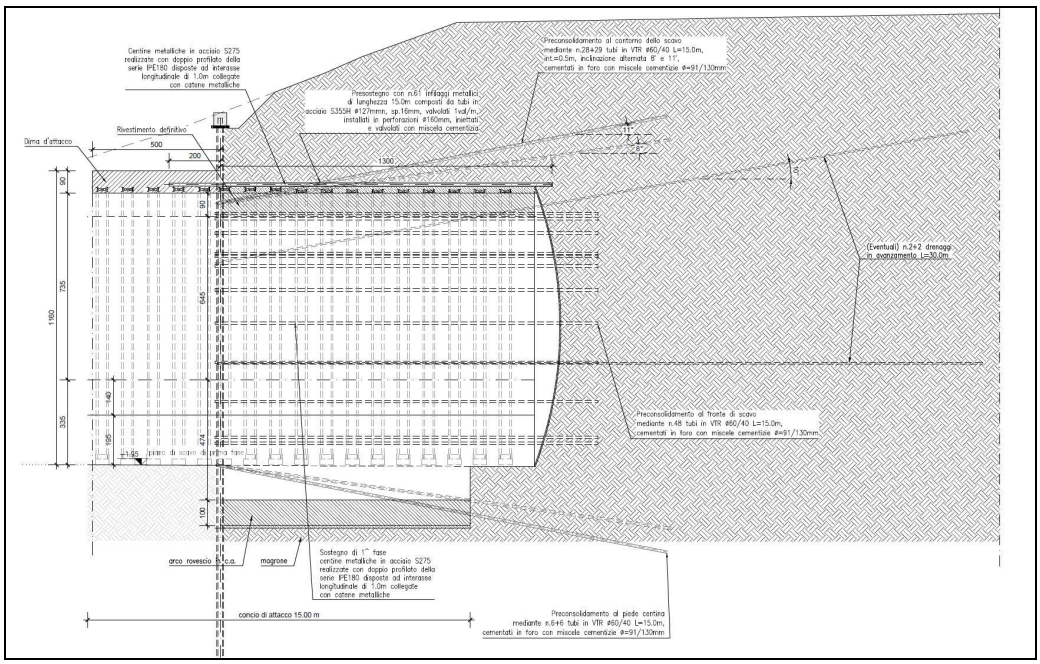
Sezione di avanzamento tipo GD-A1

- **sezione di transizione GD-A2**, che prevede la stesa sulla superficie di scavo di betoncino proiettato fibrorinforzato di prima fase sp=5cm e la posa di centine metalliche in acciaio S275 doppio profilato IPE 180 interasse 1.00m da eseguire dopo ogni sfondo; una bullonatura in volta con 17+18 bulloni tipo Swellex, da eseguire dopo ogni sfondo; consolidamento del fronte di scavo con 20 tubi in VTR DN 60/40 L=18m, eventuali dreni sul fronte; scavo e getto dell'arco rovescio ogni max 45m ; getto calotta a distanza non vincolata.



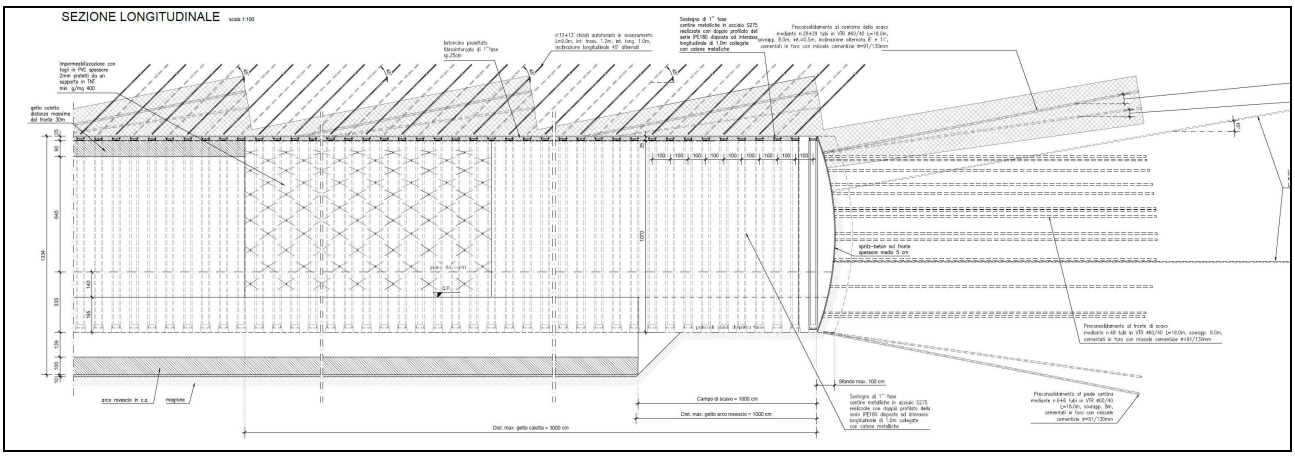
Sezione di avanzamento tipo GD-A2

- **sezione di imbocco iniziale GD-A3**, che prevede una dima di attacco con preconsolidamento del fronte di scavo con 20 tubi in VTR DN 60/40 L=18m cementati in foro, preconsolidamento al piede della centina con 6+6 tubi in VTR DN 60/40 L=15m cementati in foro, preconsolidamento al contorno dello scavo con 28+29 tubi in VTR DN 60/40 L=15m cementati in foro, presostegno con 61 infilaggi metallici L=15m composti da tubi in acciaio S355H DN 127mm, sp=16mm valvolati ed iniettati in foro; consolidamento dello scavo con la stesa sulla superficie di scavo di betoncino proiettato fibrorinforzato sp=5cm e la posa di centine metalliche in acciaio S275 doppio profilato IPE 180 interasse 1.00m collegate con catene in acciaio e; una bullonatura in volta con 17+18 bulloni tipo Swellex, consolidamento del fronte di scavo con 20 tubi in VTR DN 60/40 L=18m, posa di centine metalliche in acciaio 5275 doppio profilato IPE 180 interasse 1.00m, eventuali dreni sul fronte;



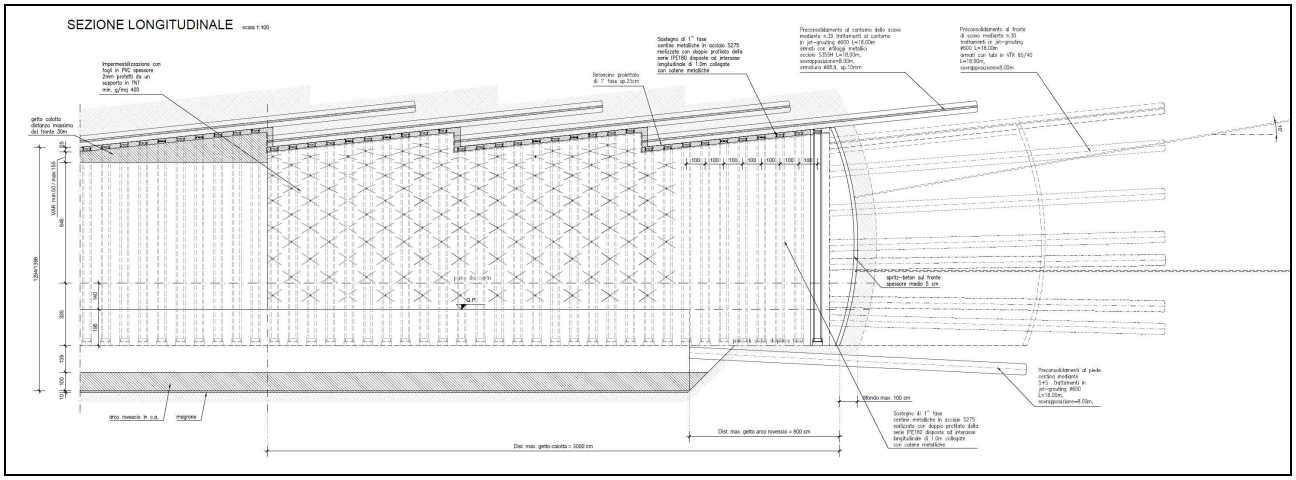
Sezione di avanzamento tipo GD-A3

- **sezione di imbocco e la zona di eventuale faglia GD-B**, che prevede un <u>preconsolidamento</u> del fronte di scavo con 20 tubi in VTR DN 60/40 L=18m cementati in foro, preconsolidamento al piede della centina con 6+6 tubi in VTR DN 60/40 L=15m cementati in foro, preconsolidamento al contorno dello scavo con 28+29 tubi in VTR DN 60/40 L=15m cementati in foro, presostegno con 61 infilaggi metallici L=15m composti da tubi in acciaio S355H DN 127mm, sp=16mm valvolati ed iniettati in foro oltre alla posa in volta di 12+13 chiodi auto foranti in avanzamento L=9m, interasse trasversale 1.2m e long. 1.0m inclinati di 45°; <u>consolidamento</u> dello scavo con la stesa sulla superficie di scavo di betoncino proiettato fibrorinforzato sp=5cm e la posa di centine metalliche in acciaio S275 doppio profilato IPE 180 interasse 1.00m collegate con catene in acciaio e una bullonatura in volta con 17+18 bulloni tipo Swellex, consolidamento del fronte di scavo con 20 tubi in VTR DN 60/40 L=18m, posa di centine metalliche in acciaio 5275 doppio profilato IPE 180 interasse 1.00m, eventuali dreni sul fronte; preconsolidamento dell'ammasso al fronte ed al contorno del cavo in esecuzione per cicli multipli di 10m; centine + spritz beton da eseguire dopo ogni sfondo max 1.00m; scavo e getto dell'arco rovescio ogni 2 - 10m ; getto calotta ogni 30m max.



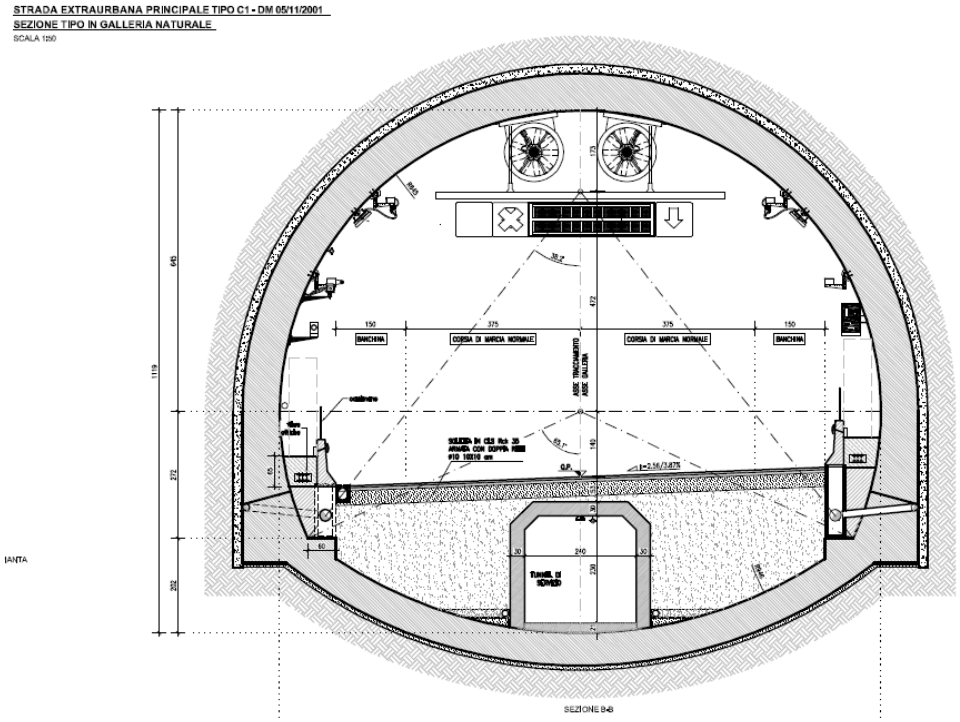
Sezione di avanzamento tipo GD-B

- **sezione di imbocco e la zona di eventuale faglia GD-C**, che prevede un preconsolidamento del fronte di scavo con 30 trattamenti in jet-grouting DN 600mm L=18m, armati con tubi in VTR 60/40 L=18m, preconsolidamento al piede della centina con 5+5 trattamenti in jet-grouting DN 600mm L=18m, , preconsolidamento al contorno dello scavo con 39 trattamenti in jet-grouting DN 600mm L=18m, armati con infilaggi metallici acciaio S355H L=18m, consolidamento dello scavo con la stesa sulla superficie di scavo di betoncino proiettato fibrorinforzato sp=25cm e la posa di centine metalliche in acciaio S275 doppio profilato IPE 180 interasse 1.00m collegate con catene in acciaio; preconsolidamento dell'ammasso al fronte ed al contorno del cavo in esecuzione per cicli multipli di 10m; centine + spritz beton da eseguire dopo ogni sfondo max 1.00m; scavo e getto dell'arco rovescio ogni 2 - 8m ; getto calotta ogni 30m max.



Sezione di avanzamento tipo GD-C

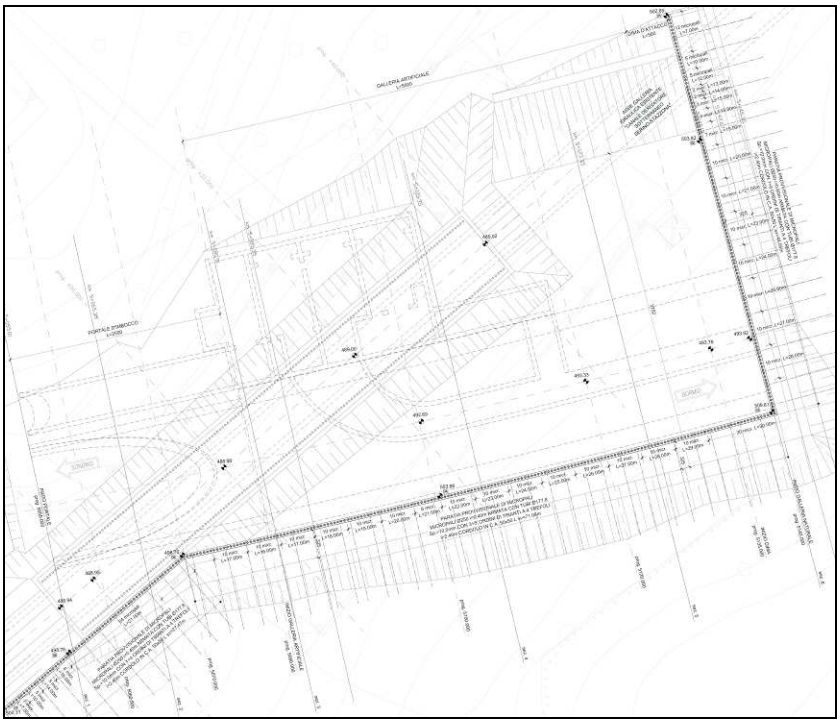
La sezione trasversale tipologica della galleria è indicata nella seguente figura, che prevede gli impianti in volta, il cunicolo nell'arco rovescio, i manufatti idraulici di drenaggio disposti lateralmente.

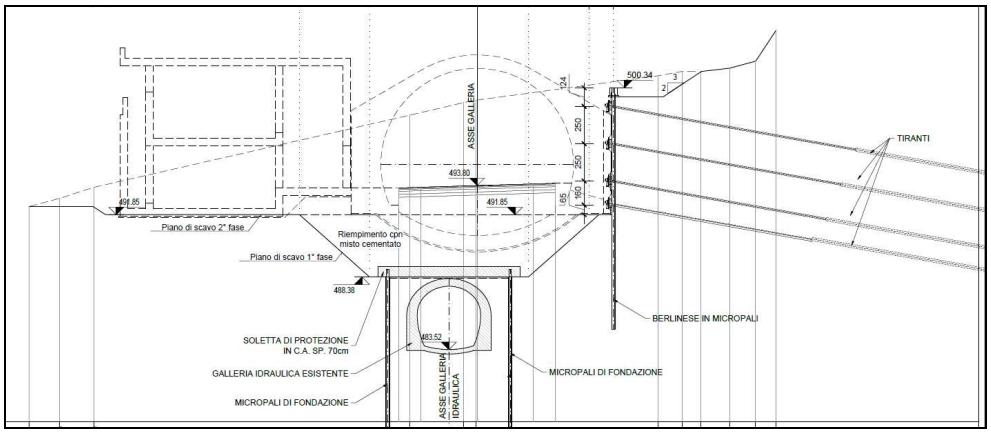


Sezione tipologica

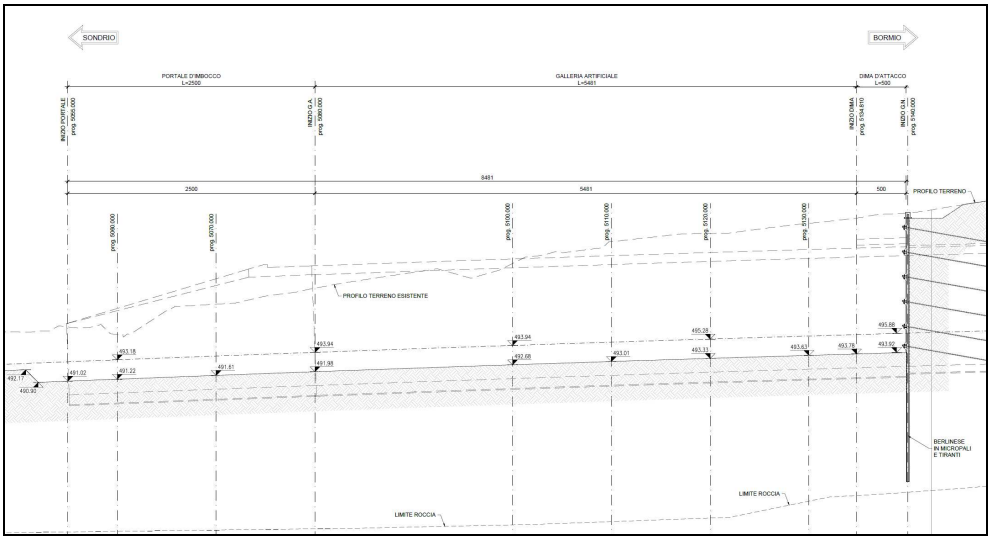
9.1.1 IMBOCCO LATO SONDRIO

L'imbocco lato Sondrio prevede un portale L=25m tra le progr. 5+055 e 5+080, quindi un tratto di galleria artificiale L=55m tra le progr. 5+080 e 5+140.

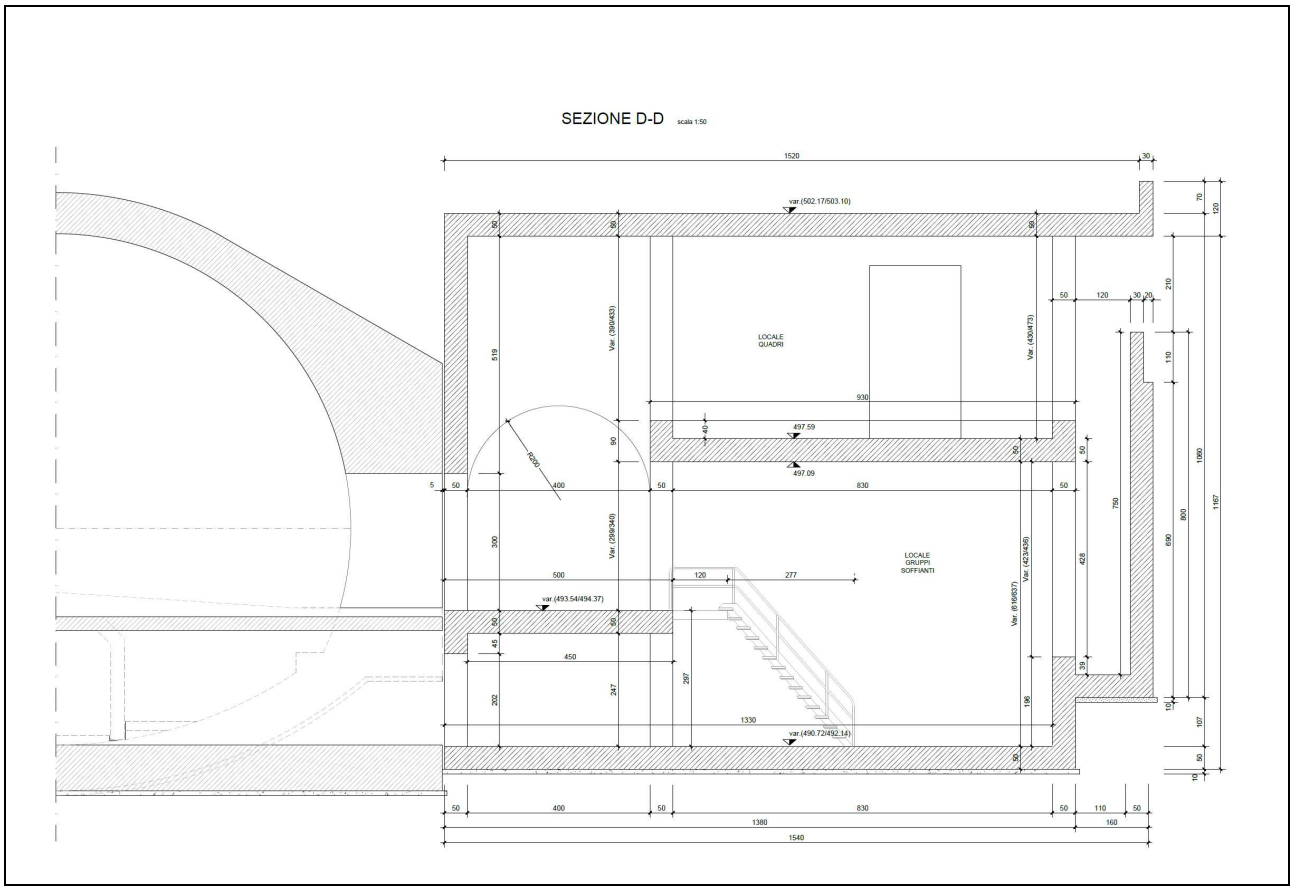




Sezione trasversale all'imbocco



Profilo longitudinale in asse

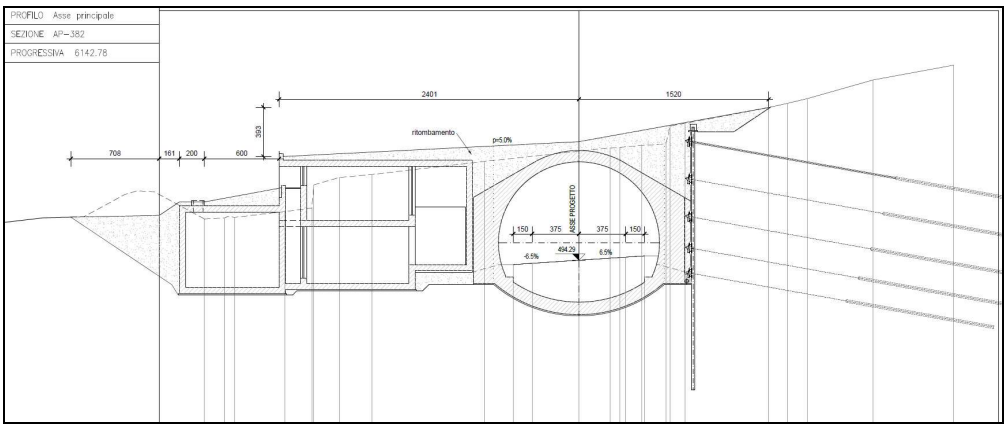


Sezione Cabina Impianti

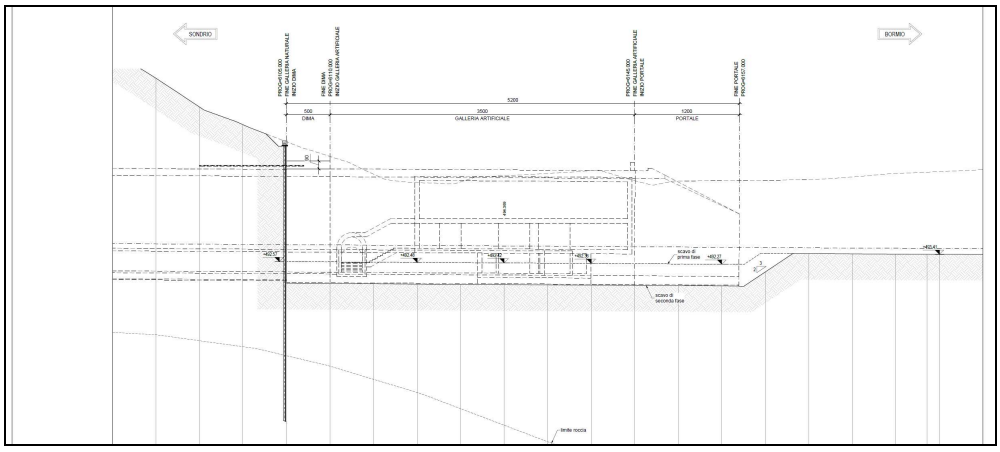
9.1.2 IMBOCCO LATO BORMIO

L'imbocco lato Bormio prevede un portale L=12m tra le progr. 6+157 e 6+145, quindi un tratto di galleria artificiale L=40m tra le progr. 6+145 e 6+105.

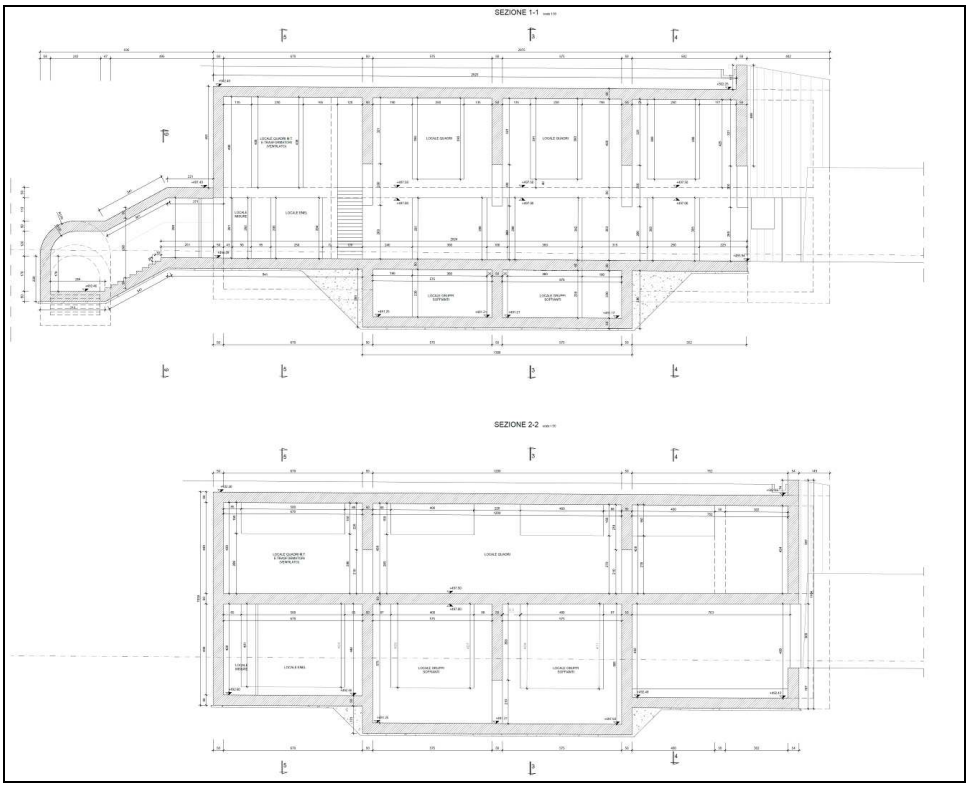




Sezione trasversale all'imbocco



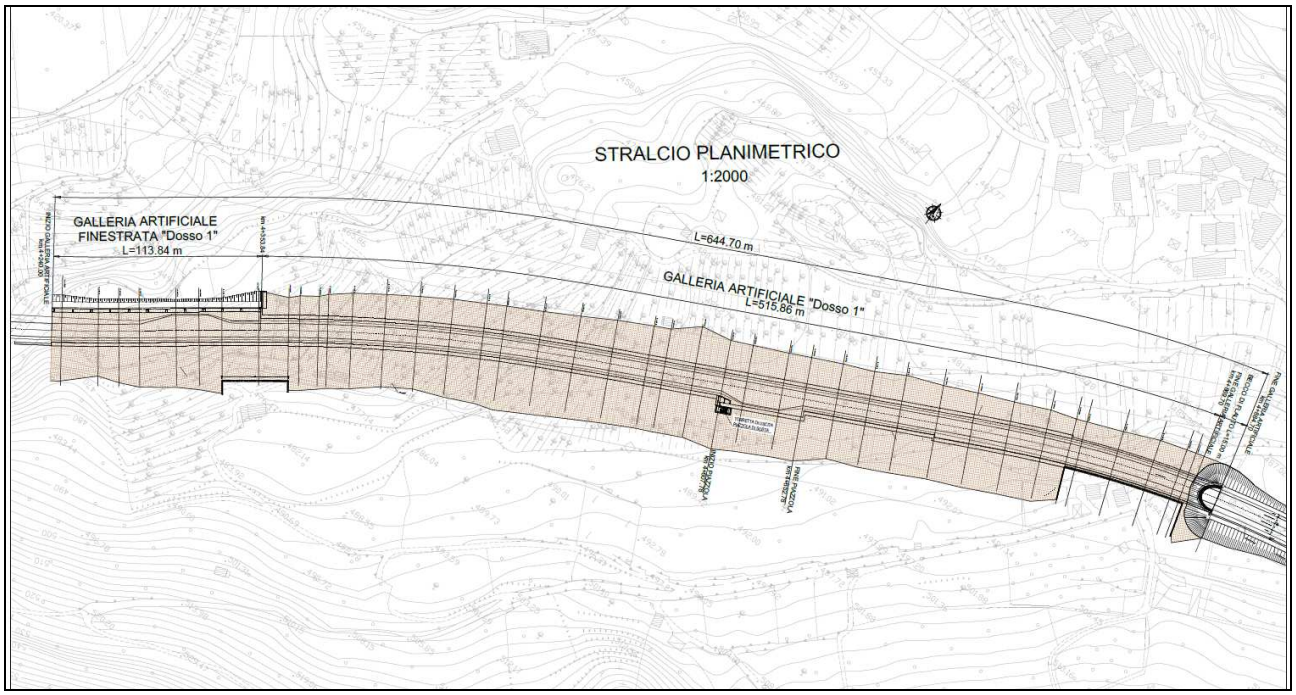
Profilo longitudinale in asse



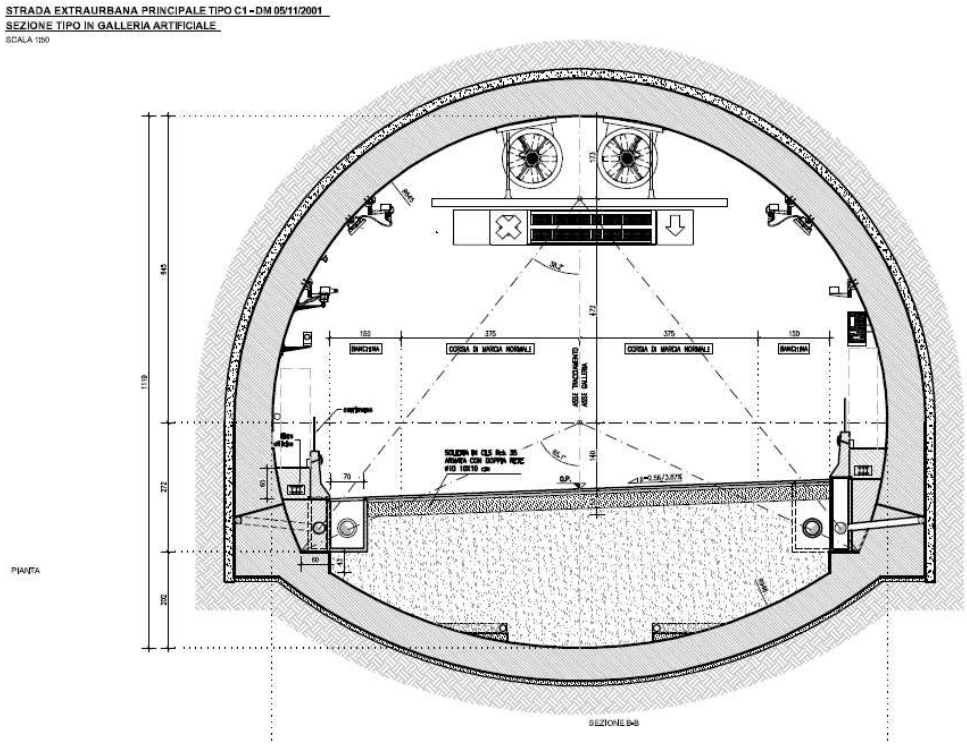
Sezione Cabina Impianti

9.2 GALLERIA ARTIFICIALE

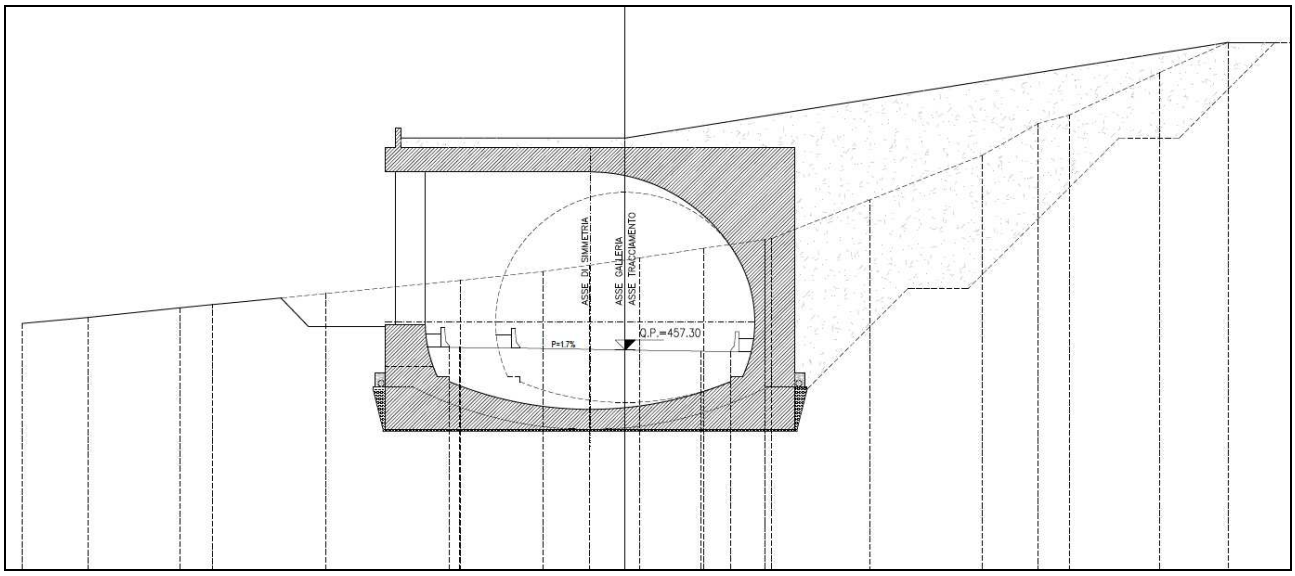
La galleria artificiale "il Dosso 1" è lunga 644.70 m; un primo tratto lato Sondrio prevede una sezione finestrata di sviluppo circa 114m ed il tratto terminale lato Bormio prevede invece una sezione con paratia laterale di sviluppo circa 68m.



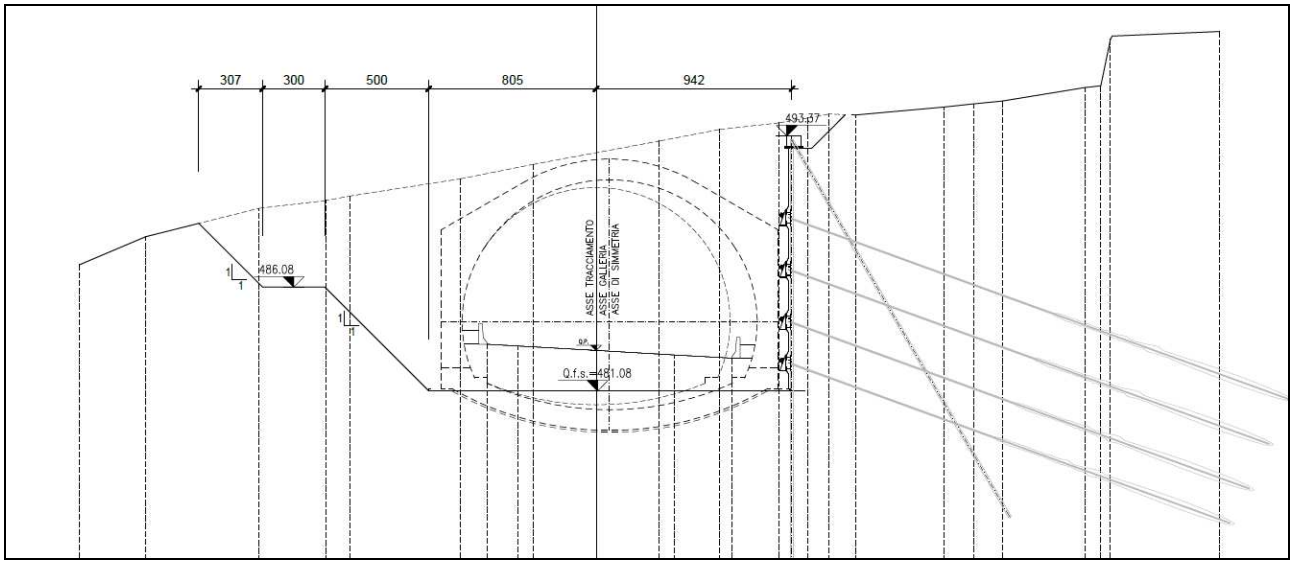
Stralcio planimetrico



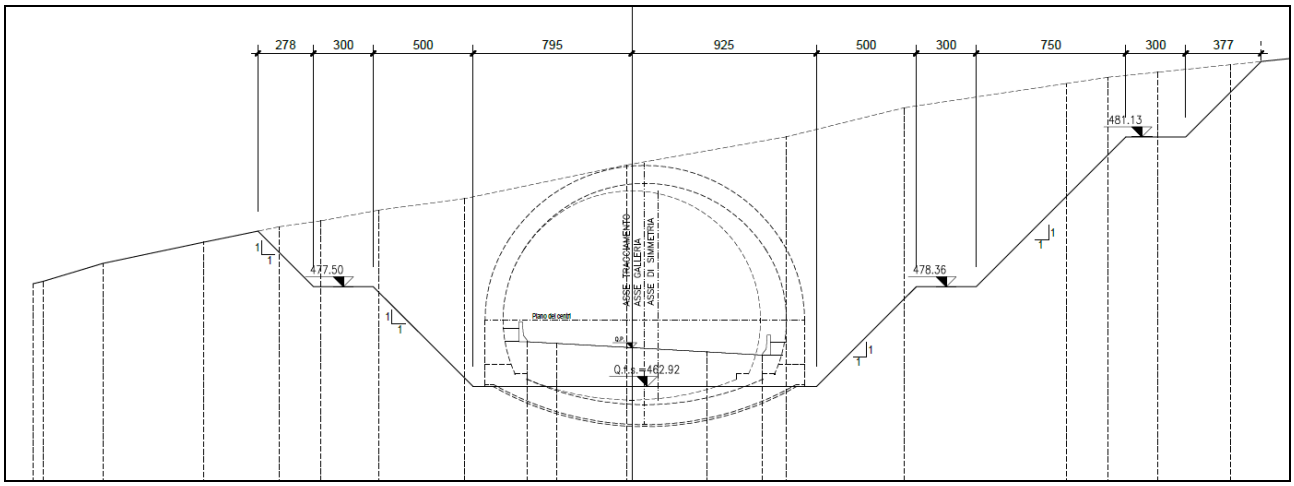
Sezione corrente in galleria artificiale



Sezione progr. 4+320 finestrata



Sezione 306 progr. 4+845 con paratia laterale



Sezione 309 progr. 4+870 in trincea

9.3 IMPIANTI TECNOLOGICI IN GALLERIA

9.3.1 IMPIANTO DI VENTILAZIONE GALLERIA *"IL DOSSO"*

L'impianto di ventilazione sanitaria è costituito da ventilatori assiali ad induzione (booster), di tipo totalmente reversibile, fissati e distribuiti uniformemente lungo la galleria, con spinta dell'aria in direzione di Bormio, sfruttando in tal modo il tiraggio naturale della galleria.
L'impianto di ventilazione longitudinale è proporzionato per far fronte a tutte le portate di ventilazione sanitaria, che possono essere richieste nelle diverse condizioni di traffico: scorrevole di punta, congestionato o bloccato.
I dati di dimensionamento sono dettagliati nella specifica relazione impiantistica allegata al progetto.
L'ambiente galleria sarà monitorato dal punto di vista della qualità dell'aria attraverso dei rivelatori di concentrazione di CO e di opacità (OP). Gli anemometri installati forniranno dati sul verso e sulla velocità dell'aria.
Il sistema di telecontrollo sarà in grado di gestire l'impianto di ventilazione attraverso i dati rilevati dal sistema di monitoraggio. I segnali di misura delle apparecchiature di CO e di OP (opacità) vengono tradotti in segnali di comando di marcia-arresto dei ventilatori in galleria e sono idonei ad una possibile inserzione di un segnale ottico-acustico di informazione sul sinottico del PLC e di allarme in un locale presidiato. La regolazione del regime dei ventilatori è programmabile da PLC (Controllore a logica programmata) ed avviene in modo automatico, ad es., su tre livelli di CO e di OP.
Ciascun Ventilatore è del tipo ad induzione a flusso assiale, con girante a pale con profilo alare, azionato da un motore elettrico trifase ad induzione 380 V, 50 Hz, IP 55; la carcassa è del tipo lungo in acciaio con raddrizzatori della vena fluida.
Il ventilatore è a funzionamento completamente reversibile; è dotato di due silenziatori cilindrici e di boccaglio di aspirazione a forma toroidale. È munito di braccia di supporto per sospensione a specifica intelaiatura in acciaio posta a soffitto della galleria e di dispositivo di controllo delle vibrazioni della macchina e di stacco dalla volta della galleria stessa.
I ventilatori sono dotati di silenziatori con Boccagli Integrati di forma cilindrica.
Le caratteristiche progettuali dei ventilatori sono le seguenti:

- Portata d'aria volumetrica 24,0 m^3/s
- Diametro girante 1.000 mm
- Velocità di efflusso 30,6 m/s
- Spinta in aria ferma con * = 1.2 kg/m^3 900 N
- Livello di rumorosità 103 dBw
- Potenza motore 27 kW AOM
- Velocità max. di vibrazione 2,8 mm/s (r.m.s.)
- Alimentazione elettrica 3 ph; 400V o 690V; 50 Hz;
- Classe d'isolamento H
- Grado di protezione IP55
- Classificazione F400 – 400°C / 2h secondo EN12101-3
- Peso del gruppo 850 kg. Circa

9.3.2 IMPIANTO DI VENTILAZIONE GALLERIA *"IL DOSSO 1"*

Stante le lunghezze della galleria non sarebbe necessario prevedere un impianto di ventilazione di tipo meccanico. In ogni caso, stante il fatto che nel progetto definitivo era stata prevista l'installazione di un impianto di ventilazione, anche nella presente progettazione esecutiva se ne è prevista la presenza.
L'impianto di ventilazione sanitaria, anche per la galleria artificiale, è costituito da ventilatori assiali ad induzione (booster), di tipo totalmente reversibile, fissati e distribuiti uniformemente lungo la

galleria, normalmente con spinta dell'aria in direzione di Bormio, sfruttando in tal modo il tiraggio naturale della galleria.
L'impianto di ventilazione longitudinale è proporzionato per far fronte a tutte le portate di ventilazione sanitaria, che possono essere richieste nelle diverse condizioni di traffico: scorrevole di punta, congestionato o bloccato.

- Al verificarsi di un allarme in galleria, il ventilatore viene avviato e portato al punto di funzionamento corrispondente al mantenimento della sovrappressione di 50 Pa (porte chiuse).
- Al verificarsi dell'apertura della porta che separa il filtro dalla galleria, il ventilatore viene portato al punto di funzionamento che garantisce di avere una velocità di 2 m/s attraverso la porta aperta, e che corrisponde alle prestazioni nominali richieste al ventilatore.
- Alla chiusura delle porte, il ventilatore può essere riportato al punto di funzionamento corrispondente ad una sovrappressione di 50 Pa.

I punti di funzionamento del ventilatore sopra indicati ed individuati nella relazione di calcolo, dovranno essere verificati a valle della installazione dell'impianto, con le operazioni di taratura dello stesso.
Le caratteristiche progettuali dei ventilatori sono le seguenti:

- Diametro esterno : 1.200 mm
- Diametro girante : 1.000 mm
- Portata aria : 24 m³/s
- Spinta in aria ferma : 900 N
- Velocità in uscita aria : 30,6 m/s
- Velocità di rotazione : 1.470 giri/min.
- Potenza assorbita : 27 kW
- Livello di rumorosità : 103 dBw
- Classe isolamento : H
- Grado di protezione : IP55
- Alimentazione elettrica : 400÷690V/50Hz/3f
- Potenza elettrica nominale : 30 kW
- Temperatura max. : -20÷+40 °C oppure 400 °C per 120 minuti
- Peso del gruppo : 850 kg. Circa

9.3.3 IMPIANTO ANTINCENDIO GALLERIA *"IL DOSSO"*

Il sistema ipotizzato prevede un doppio anello (gallerie *"il Dosso 1"* e *"il Dosso"*) di distribuzione interrata in PE-HD alimentato da una stazione unica di pressurizzazione ubicato in prossimità dell'imbocco nord – est della galleria naturale *"il Dosso"*.
Nel tratto di 270 metri tra le due gallerie si prevedono due tubazioni in PE-HD interrate. Gli stacchi in vista ai singoli idranti UNI 45 saranno in acciaio protetto dal gelo con cavo scaldante.
L'alimentazione idrica dell'impianto antincendio è realizzata in conformità alle specifiche della norma tecnica di riferimento UNI EN 12845, composta da serbatoi di accumulo di capacità completa e da un gruppo di pressurizzazione comprendente:

- una elettropompa di servizio in grado di garantire la portata e la pressione richiesta,
- una motopompa di riserva, in grado di garantire la portata e la pressione richiesta,
- una elettropompa pilota.

In ottemperanza alle Linee Guida Anas 2009, è garantito il simultaneo funzionamento per almeno 2 ore di almeno 4 idranti DN45 con portata unitaria pari a 120 l/min cadauno e pressione residua non inferiore a 0,2MPa e 1 idrante DN70 con 300 l/min e pressione residua non inferiore a 0,4MPa, nella posizione idraulicamente più sfavorevole. Ne consegue che sommando in forma algebrica le prestazioni, in particolare la portata, richieste dai singoli manichette/idrante la portata

minima da garantire è pari a i 46,8 mc/h (780 litri/min) ad una pressione residua di 0,4 MPa per almeno 2 ore.
Le portate assunte a base di progetto, da assicurare alla rete idrica, sono pari a circa 70 mc/h e la prevalenza richiesta almeno pari a 7,0 bar. La vasca di accumulo è pari a 140 mc.
Il sistema di pressurizzazione ed accumulo è posizionato presso i locali tecnici all'imbocco della galleria naturale *"il Dosso"* lato Bormio.
È prevista l'installazione di una riserva idrica costituita da una vasca interrata. All'esterno della vasca è stato ricavato un idoneo locale tecnico, sempre interrato, a norma UNI 11292, dove sono ubicati i gruppi di pressurizzazioni e le apparecchiature di servizio, oltre naturalmente a tutti i componenti dell'impianto idrico di distribuzione dell'acqua da installare ai sensi delle normative vigenti.

9.3.4 IMPIANTO ANTINCENDIO GALLERIA *"IL DOSSO 1"*

Il sistema ipotizzato, come già descritto per la galleria naturale *"il Dosso"*, prevede un doppio anello (gallerie *"il Dosso 1"* e *"il Dosso"*) di distribuzione interrata in PE-HD alimentato da una stazione unica di pressurizzazione ubicato in prossimità dell'imbocco nord – est della galleria naturale *"il Dosso"*.
Le caratteristiche dell'impianto sono analoghe a quanto già descritto in precedenza.

9.3.5 IMPIANTO DI PRESSURIZZAZIONE: VIE DI FUGA PROTETTE GALLERIA *"IL DOSSO"*

La galleria *"il Dosso"* è provvista di un sistema di vie di fuga protette costituito da:

- 3 uscite di emergenza, distribuite lungo la canna stradale, provviste di filtro con caratteristiche EI 120'
- un cunicolo di fuga, ubicato sotto il piano stradale, collegato alle uscite di emergenza, di cui al precedente punto, ed ai 2 edifici posti presso i portali della galleria, lato Sondrio e lato Bormio.

Gli impianti di ventilazione delle vie di esodo hanno seguenti i seguenti obiettivi:

- in condizioni incidentali, pressurizzare le zone filtro al fine di evitare la propagazione dei fumi generati da un evento di incendio, garantendo al contempo condizioni di vivibilità agli utenti in ingresso ed il sicuro intervento delle squadre di soccorso.

Le vie di fuga sono protette da un impianto di pressurizzazione. di tipo "centralizzato": Infatti, presso gli edifici posti ai portali lato Sondrio e lato Bormio, sono presenti delle centrali di ventilazione.
Ciascun edificio accoglie 2 ventilatori (uno di riserva all'altro). In caso di emergenza viene attivato un ventilatore per ciascun imbocco.
Ciascun ventilatore è alloggiato in un locale dedicato, il quale è collegato:

- con l'esterno attraverso una intercapedine che consente di attingere aria.;
- con il cunicolo di fuga, attraverso un canale in calcestruzzo al quale viene collegato il ventilatore.

I ventilatori sono alimentati tramite convertitori di frequenza (inverter).
Oltre ai 2 ventilatori, le centrali sono provviste degli accessori ad essi correlati (giunti antivibranti, pezzi speciali di adattamento al circuito, serrande di intercettazione).
Il cunicolo di fuga è collegato a ciascuno dei filtri delle 3 uscite di emergenza, attraverso due rampe di scale. Cunicolo e rampe sono separate da una parete EI 120'. Le pareti del filtro sono anch'esse, come già sopra indicato, EI 120'.
Presso ciascuna di queste pareti è installata una serranda tagliafuoco, aventi le medesime caratteristiche di resistenza al fuoco: l'aria elaborata dai ventilatori di centrale, raggiunge i filtri attraverso tali serrande.

Inoltre, associata alla tagliafuoco, su ciascun divisorio che separa un filtro dalla galleria, è installata una serranda di sovrappressione, attraverso la quale viene assicurato che la pressione al suo interno non superi il valore di progetto.
Di seguito si illustra una possibile logica di esercizio dell'impianto in emergenza.

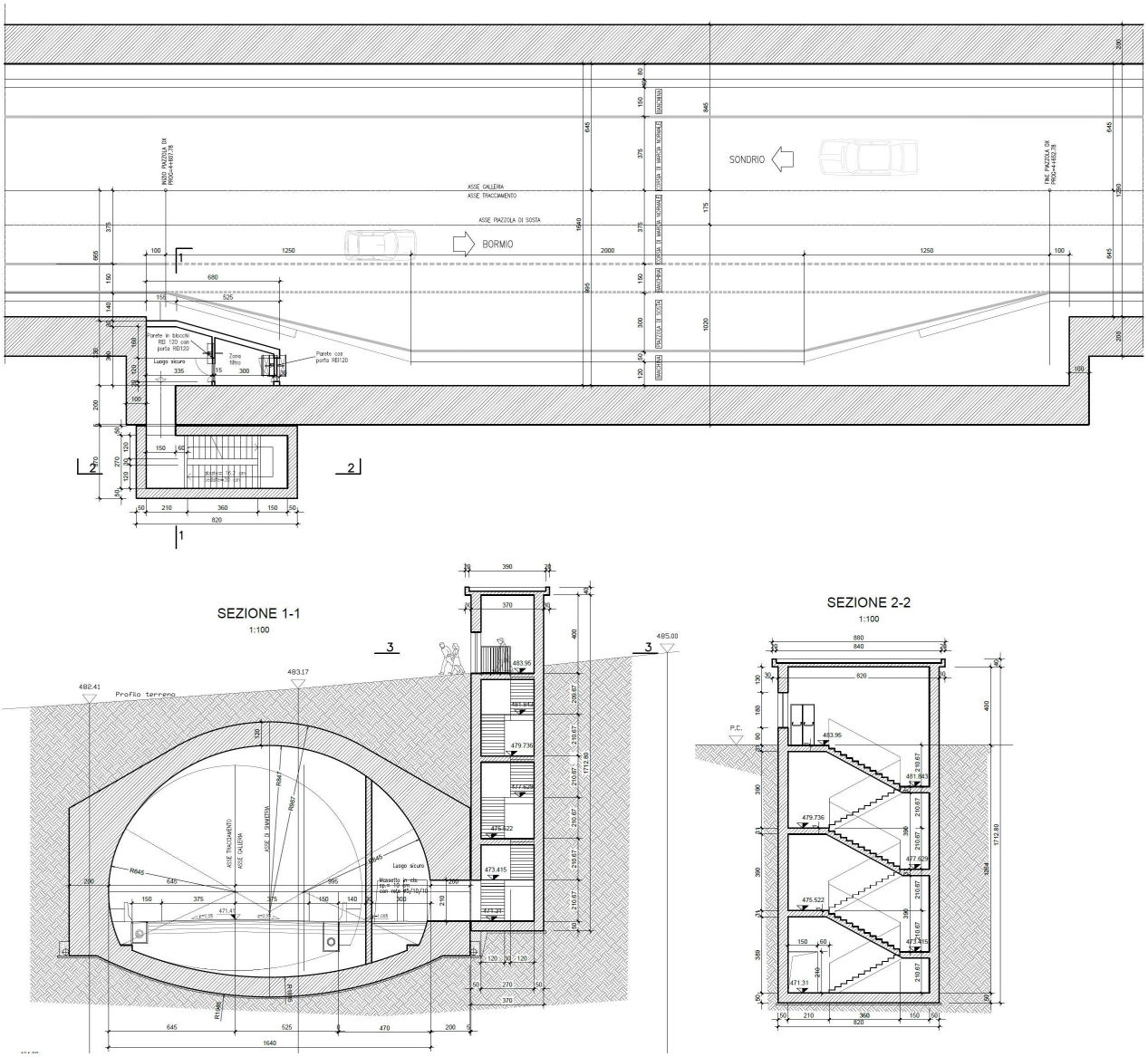
- Al verificarsi di un allarme in galleria, in ciascuna centrale, uno dei due ventilatori presenti viene avviato e portato al punto di funzionamento corrispondente al mantenimento della sovrappressione di 50 Pa (porte chiuse). Tale operazione deve essere preceduta dalla chiusura della serranda ON/OFF relativa al secondo ventilatore che rimane inattivo.
- Al verificarsi dell'apertura di una delle porte che separano i filtri dalla galleria, i ventilatori vengono portati al punto di funzionamento che garantisce di avere una velocità di 2 m/s attraverso la porta aperta, e che corrisponde alle prestazioni nominali richieste al ventilatore.
- Alla chiusura delle porte, i ventilatori possono essere riportati al punto di funzionamento corrispondente ad una sovrappressione di 50 Pa.

L'avvio e le modifiche del punto di funzionamento devono essere eseguiti contemporaneamente sui due ventilatori.
I punti di funzionamento del ventilatore sopra indicati ed individuati nella relazione di calcolo, dovranno essere verificati a valle della installazione dell'impianto, con le operazioni di taratura dello stesso.

9.3.6 IMPIANTO DI PRESSURIZZAZIONE VIA DI FUGA PROTETTA GALLERIA *"IL DOSSO 1"*

La galleria *"il Dosso 1"* è provvista di una uscita di emergenza, che attraverso una scala, la mette in comunicazione con l'esterno. Fra la scala e la canna stradale è realizzato un filtro con caratteristiche Ei 120', che viene provvisto di impianto di pressurizzazione.
Gli impianti di ventilazione delle vie di esodo hanno l'obiettivo, in condizioni incidentali, di pressurizzare le zone filtro al fine di evitare la propagazione dei fumi generati da un evento di incendio, garantendo al contempo condizioni di vivibilità agli utenti in ingresso ed il sicuro intervento delle squadre di soccorso.
L'impianto attinge aria dall'esterno tramite un ventilatore installato nella sommità delle scale e mette in pressione il filtro suddetto attraverso una serranda tagliafuoco. La pressione nel filtro è infine regolata da una serranda di sovrappressione che la mette in comunicazione con la canna stradale. Alla serranda di sovrappressione è associata una serranda tagliafuoco.
Le caratteristiche del ventilatore sono:

- Diametro girante: 800 mm
- Portata aria : 6 m^3/s
- Pressione totale: 450 Pa
- Potenza motore: 5,5 kW



Piazzola di sosta di emergenza tra e progr. 4+607 e 4+563

9.3.7 ALIMENTAZIONE E DISTRIBUZIONE ENERGIA ELETTRICA GALLERIE

In merito all'approvvigionamento elettrico necessario per l'alimentazione degli impianti a servizio delle gallerie, il progetto prevede l'approvvigionamento in media tensione presso la cabina denominata CE01 ubicata presso l'imbocco lato Nord della galleria dosso2.

È prevista la realizzazione di tre cabine MT/BT collegate in anello sul lato MT e ubicate rispettivamente:

- CE01 imbocco NORD galleria *"il Dosso"*
- CE02 imbocco OVEST galleria *"il Dosso"*
- CE03 presso imbocco SUD galleria *"il Dosso 1"*

Per l'installazione dei quadri elettrici di galleria e delle apparecchiature per gli impianti speciali, negli elaborati grafici allegati al progetto sono riportate le caratteristiche elettriche e dimensionali di tutte le apparecchiature previste all'interno delle cabine elettriche.

Per quanto riguarda la distribuzione elettrica di tutti gli impianti di potenza delle gallerie, il progetto prevede la realizzazione di cavidotti interrati esterni necessari per collegare le cabine elettriche all'ingresso dei portali. All'interno delle gallerie, la distribuzione viene effettuata mediante due diverse metodologie:

- una distribuzione del tipo a vista su passerelle asolate in acciaio inox (alimentazione degli impianti di illuminazione);
- una distribuzione realizzata con cavidotti interrati posti in opera, mediante scavi e tubazioni, su entrambi i lati delle singole carreggiate (alimentazione elettrica di tutte le utenze ausiliari quali segnaletica luminosa, colonnine SOS, TVCC, PMV, utenze a servizio delle apparecchiature per il telecontrollo, alimentazione elettrica di sicurezza realizzata con lampade a LED)

Da ogni cabina viene alimentata metà galleria, per avere minore caduta di tensione sulle linee a sbalzo e garantire una maggiore continuità di servizio.
I cavi utilizzati del tipo unipolari o multipolari in alluminio con doppio isolamento saranno del tipo a bassissima emissione di gas tossici tipo ARG16 (O)M16 per le utenze ordinarie e del tipo resistente al fuoco tipo ARTG10M1 0.6-1/kV per le utenze che devono mantenere l'efficienza per un tempo ben definito anche in caso di incendio (illuminazione di emergenza e di sicurezza, alimentazione apparati di sicurezza).
Per quanto riguarda l'alimentazione elettrica degli impianti di segnalazione e i sistemi elettronici di comando e di gestione, il progetto prevede una distribuzione all'interno di tubazioni interrate siano esterne che interne alla galleria. I cavi utilizzati saranno del tipo a fibra ottica e cavi twistati in rame per trasmissione dati e cavi telefonici per le colonnine SOS.

Il progetto dell'impianto di illuminazione, è stato redatto conformemente alle vigenti disposizioni di legge e all'attuale normativa in materia di impianti elettrici, di prevenzione incendi e di prevenzione dagli infortuni, al fine di garantire la sicurezza ed il buon funzionamento dell'impianto.
Al fine del calcolo e verifica illuminotecnica si è considerata come Classe di strada di riferimento la C2 (strada extraurbana secondaria), con limiti di velocità fino a 70-90 km/h.
Alle strade di classe C2, la Norma UNI 11248 associa una categoria illuminotecnica di riferimento ME2.
In relazione alle zone di studio:
zona rotatoria o svincolo;
rampe di uscita/immissione;
zona stradale tipologica;
zona pista calcabile (non sempre presente lungo il tracciato),
in relazione ai risultati dell'analisi del rischio ai sensi della Norma UNI 11248, alle sezioni stradali a progetto saranno associate le seguenti categorie illuminotecniche:
categoria ME3a → luminanza > 1,0 cd/m2 – U0 > 0,4 – Ul> 0,7;
categoria CE2 → illuminamento > 20lx – U0 > 0,4;
categoria S2 → illuminamento > 10lx – Emin > 3lx

9.3.8 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE IN GALLERIA

L'impianto di illuminazione, analogamente agli alti impianti, sarà conforme alla normativa vigente ed alle prescrizioni dettate dalle circolari ANAS. In particolare si è fatto riferimento al alla UNI 11095/2011, alle "Linee guida per la progettazione della Sicurezza nelle Gallerie Stradali secondo la normativa vigente" ed. 2009 ed alla UNI 11248/2012.
L'illuminazione è progettata utilizzando la tecnica del controflusso, ovvero tale da rivolgere il fascio luminoso in direzione opposta al senso di marcia, secondo un'angolazione ottimale per un adeguato livello di contrasto e senza abbagliamenti.
All'entrata di ogni galleria è previsto un impianto di illuminazione di rinforzo, con corpi illuminanti del tipo modulari con ottiche contro flusso e lampade al LED di alta potenza, posizionati sui lati della galleria, posizionati e disposti su unica fila per favorirne la successiva manutenzione

Dopo la zona di entrata con illuminazione di rinforzo, si passa alla zona di transizione, dove l'illuminazione è ridotta gradualmente fino a raggiungere valori di luminanza prossimi al tratto interno. L'illuminazione permanente è realizzata con corpi illuminanti del tipo a LED da 40W.
L'impianto di illuminazione è realizzato con proiettori è con corpo in pressofusione/estruso di alluminio con ottica asimmetrica con orientamento contro flusso per la illuminazione di rinforzo. I proiettori completi di accessori sono equipaggiati con lampade al LED da 463W, 309W, 154W, 79W e 40W per il rinforzo e da 40W per la permanente.
È prevista la realizzazione di una illuminazione di emergenza realizzata con il 50% dei corpi illuminanti utilizzati normalmente come illuminazione permanente. L'alimentazione elettrica è garantita da UPS con autonomia 30 minuti e è da un Gruppo Elettrogeno e relativi accessori che garantiscono un'autonomia di 24 ore.
L'illuminazione permanente a servizio di tutta la galleria, utilizzata anche come illuminazione di emergenza, è realizzata con cavo a doppio isolamento tipo ARTG10M1 (bassissima emissione di gas tossici ed elevata resistenza alle grandi temperature) ed è derivata dai circuiti sotto continuità alimentati dagli UPS presenti nelle cabine elettriche.

9.3.9 IMPIANTO SOS

Le colonnine SOS dislocate all'interno della galleria saranno realizzate e poste in opera in conformità a quanto richiesto dalle Circolari ANAS all'interno di armadi, realizzati in acciaio inox AISI 316 e corredati di tutti gli accessori richiesti.
Gli armadietti di emergenza saranno posizionati sul lato di marcia mantenendo la stessa interdistanza (circa 150 metri).
Tutte le postazioni SOS saranno attrezzate con chiamata telefonica programmabile a quattro servizi preselezionati di soccorso (ad es. soccorso medico, polizia, vigili del fuoco e centrale ANAS) ed attivazione dei segnali di emergenza di tipo composito mediante l'uso di appositi pulsanti allarme. L'impianto sarà tale da supportare un sistema di comunicazione diretta in fonia bidirezionale a "viva voce" tra utente che chiede soccorso ed ente soccorritore facente capo al pulsante selezionato dall'utente. La postazione telefonica sarà collegata al Centro di Controllo locale residente sulla colonnina stessa che provvederà ad attivare il circuito di alimentazione di tutti i cartelli di segnalazione di pericolo per incidente o per incidente con presenza di merci pericolose, nonché ad inoltrare messaggi di allarme ad un centro di controllo remoto.
Le colonnine di chiamata saranno montate su una linea in cavo fibra ottica passante all'interno di uno specifico cavidotto in sede "protetta", in modo da garantire la massima sicurezza di funzionamento del sistema anche nel caso di guasto e/o emergenza.
Le postazioni SOS saranno alimentate elettricamente da dorsali in cavidotto interrato esterno ed interno alla galleria facenti capo ai quadri di cabina composte da cavo di tipo ARG16(O)R16 1-0,6/1KV, mentre le derivazioni di allaccio delle singole utenze saranno realizzate con cavo del tipo ARTG10M1 resistente al fuoco e a bassa emissione di gas tossici (norma EN50200), di sezione adeguata.
L'ubicazione delle postazioni SOS è indicata in galleria con apposito cartello luminoso, indicante anche la presenza degli estintori e degli idranti.

9.3.10 SEGNALETICA LUMINOSA, SEMAFORI E PMV

Per completare l'informazione in caso di emergenza agli utenti della galleria, è stata predisposta una idonea segnaletica di emergenza.
Essa è composta da un certo numero di **segnali verticali bifacciali di tipo retroilluminato** dall'interno, realizzati con cassonetto in alluminio, installati all'interno della galleria e tali da fornire le indicazioni di emergenza all'utenza stradale anche in presenza di condizioni di scarsa visibilità per fumi (distanze e direzioni delle uscite all'aperto o in luoghi sicuri, presenza di SOS e attrezzature antincendio annesse, segnali compositi di pericolo a "scomparsa" attivabili da SOS).

Detta segnaletica luminosa è inoltre integrata da segnali in lamiera di alluminio dotati di pellicole ad alta rifrangenza per le prescrizioni di tipo stradale (delineatori per marciapiedi ecc.) o per l'indicazione della presenza di idranti.

Il semaforo all'imbocco della galleria, preceduto dal cartello di preavviso semaforico è posto a 150 m dal portale di uscita, all'interno della galleria.

Segnaletica: La galleria è preceduta, in corrispondenza dell'imbocco, dal segnale "galleria" di cui all'art. 135 ed alla figura II 316 del D.P.R. 495/92, con pannello integrativo indicante la denominazione e la lunghezza della galleria, secondo l'art. 83 Modello II 2 del suddetto D.P.R. Nel pannello indicante la denominazione deve comparire il logo dell'ANAS come riportato nelle linee guida. Ogni galleria è preceduta da un segnale di pericolo (Figura II 35 Art.103 del D.P.R. 495/92) posto 150 m prima dell'imbocco (e comunque ad una distanza dall'imbocco non inferiore alla distanza di arresto del veicolo), recante l'iscrizione "galleria" secondo il Modello II 6.

La segnaletica verticale di emergenza (S.O.S., estintori, idranti, uscite di emergenza) è di tipo luminoso; la rimanente segnaletica è ricoperta di pellicola ad alta rifrangenza.

Tutta la segnaletica luminosa di emergenza è alimentata dall'impianto elettrico di emergenza (alimentazione sotto gruppo elettrogeno).

L'apparato segnaletico di emergenza è infine completato da **pannelli a messaggio variabile** costituiti da una indicazione alfanumerica e da un pittogramma di tipo full posti a 150 metri dagli imbocchi o a distanza minore/maggiore in relazione alle condizioni di posa rispetto all'esistenza di viadotti nelle immediate vicinanze degli imbocchi.

Sugli elaborati grafici è riportata la disposizione planimetrica dei singoli cartelli, pannelli e semafori, completi delle relative rappresentazioni caratteristiche.

9.3.11 IMPIANTO RILEVAZIONE INCENDI

Il sistema nella galleria artificiale *"il Dosso 1"* di rivelazione è di tipo lineare basato sull'impiego di un cavo in termosensibile digitale, di unità di inizio linea, di unità di fine linea, unità di test per cavo termosensibile digitale, centrale di rilevamento incendio. Il cavo è composto da due conduttori in acciaio aventi diametro esterno di 0,8mm, indipendenti, e individualmente avvolti in un polimero termosensibile.

L'intero impianto è gestito da una centrale elettronica posizionata nel locale tecnico. Dalla centrale è possibile estrapolare tutti i segnali provenienti dal cavo e quindi gestirli con il sistema di controllo. È quindi possibile, oltre a inviare in un posto remoto la segnalazione proveniente dall'impianto, gestire tutti gli impianti speciali previsti.

Per la galleria naturale *"il Dosso"* l'impianto antincendio è costituito da un sistema di rilevazione lineare del calore mediante un cavo in fibra ottica appositamente progettato. Il principio di funzionamento di tale cavo in fibra ottica per la rilevazione lineare della temperatura lungo tutta la sua lunghezza si basa sulla misura delle oscillazioni prodotte dalla struttura a reticolo cristallino della fibra di vetro, attraversata da una sorgente laser, in seguito a variazioni termiche circostanti il cavo stesso. Le misure ottiche effettuate sul cavo consentono all'unità di controllo del sistema antincendio di determinare le puntuali differenze di temperatura lungo l'intera lunghezza del cavo.

I segnali provenienti dal cavo rilevatore vengono analizzati dall'unità centrale di controllo che, attraverso un apposito software, è in grado di fornire la valutazione del calore convettivo e del calore irradiato, misurando contemporaneamente l'aumento della temperatura massima ed il gradiente termico.

Il sistema antincendio è quindi in grado di attivare l'allarme non soltanto al raggiungimento di una temperatura massima programmata, ma anche per un incremento della temperatura nell'unità di tempo ritenuto pericoloso, anche in assenza del superamento della temperatura massima stabilita.

Al sopraggiungere di una qualsiasi situazione di pericolo, l'Unità di Controllo del Sistema Antincendio attiva, tramite il sistema di supervisione, i semafori al colore rosso, nonché i PMV

(Pannelli a Messaggio Variabile) e le barriere mobili predisposte agli imbocchi della galleria, per bloccare l'accesso del traffico stradale.
Oltre all'attivazione della segnaletica agli imbocchi, l'unità di controllo del sistema antincendio è in grado di inviare opportune segnalazioni al sistema di controllo PLC che gestisce l'impianto di illuminazione e di ventilazione, per attuare tutte le procedure previste per le attivazioni di emergenza. Tali segnalazioni sono realizzate con il collegamento al PLC tramite interfaccia seriale RS-232.
I principali parametri utilizzati per determinare le condizioni di allarme sono:

- soglia di temperatura, che rappresenta la temperatura limite oltre la quale viene generata una segnalazione di allarme;
- gradiente della temperatura, che rappresenta la variazione della temperatura in un intervallo prefissato di tempo;
- aumento della temperatura in una delle zone nelle quali l'intera lunghezza della galleria è stata suddivisa per il controllo. Ogni zona del tunnel è caratterizzata da una soglia di temperatura limite oltre la quale viene generato l'allarme.

Lo stato complessivo di funzionamento dell'impianto è monitorabile localmente dal personale addetto alla manutenzione, attraverso un terminale, in modo da facilitare tutte le operazioni di manutenzione ed intervento in seguito ad eventuali guasti.

9.3.12 IMPIANTO TRASMISSIONE RADIO IN GALLERIA

Al fine di garantire la continuità delle trasmissioni radio per i servizi di pronto intervento, il progetto prevede la realizzazione di un impianto che permetta tali funzioni all'interno della galleria. Le caratteristiche dell'impianto sono tali da garantire la continuità di comunicazione, in forma isofrequenziale sincrona, per gli apparati radiomobili palmari o veicolari operanti in banda VHF/UHF sui canali radio di Polizia stradale, Vigili del Fuoco, 118, ANAS. canale radio FM indicato da ANAS (103,3MHz).
L'impianto, operando su frequenze date in licenza agli operatori delle rispettive reti radiomobili, deve essere oggetto di una condivisione e preventiva informazione delle relative frequenze in utilizzo da parte degli stessi. L'appaltatore dovrà pertanto supportare ANAS in tutte le attività e rapporti con tali operatori connesse alle varie fasi di realizzazione.
L'operatività che il sistema è in grado di garantire consente le seguenti comunicazioni:

- tra due o più automezzi operanti nella stessa galleria
- tra due o più automezzi e le reti provinciali esterne (quindi anche con le centrali operative).

Il sistema si compone di una stazione radio base da installare all'interno della cabina elettrica che tramite sistemi di antenne posti in prossimità della cabina viene opportunamente interconnesso mediante tratta in ponte radio con le reti provinciali dei servizi interessati.

9.3.13 IMPIANTO DI TVCC

Al fine di garantire una migliore sicurezza per gli utenti, consistente in un tempestivo intervento degli operatori addetti alla sicurezza in caso di pericoli interni alla galleria stessa, il progetto prevede all'interno della galleria l'impiego di telecamere fisse sul lato di marcia. L'impianto siffatto è completo degli appositi apparati necessari per l'analisi di incidenti (veicolo fermo, crash, pedone, veicolo contromano, fumo, …). Al fine di garantire un'ottima immagine ai sistemi di incident detection, le telecamere adottate sono ad altissime prestazioni e con obiettivo varifocale manuale.

9.3.14 IMPIANTO DI SUPERVISIONE

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto di super visione con trasmissione dei dati in una postazione remota definita dalla stessa Anas. La rete di trasmissione verrà realizzata con cavo in fibra ottica disposto ad anello (all'interno della galleria e nei tratti esterni). Alla rete saranno collegate tutte le apparecchiature presenti in galleria.

10 OPERE D'ARTE

10.1 VIADOTTI

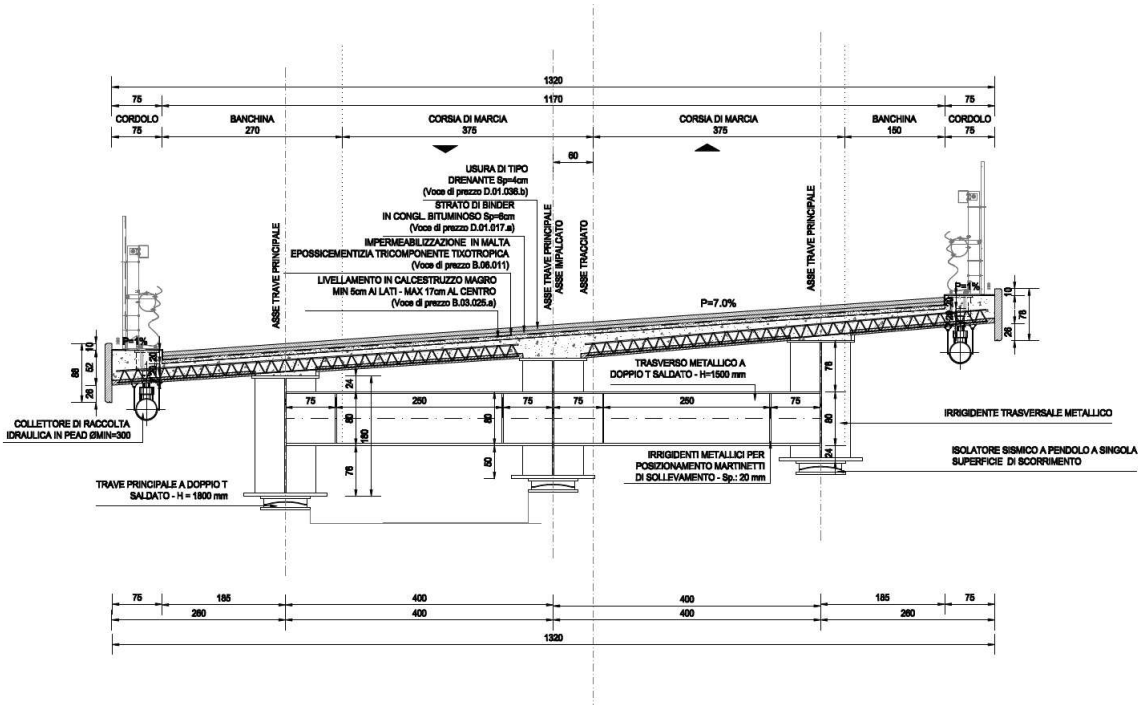
Sono presenti lungo il tracciato n° 2 viadotti:

- Viadotto a tre luci sul f. Adda a Stazzona L=185 m;
- Viadotto a due luci sul f. Adda a Tirano L=113 m.

La tipologia applicata per il viadotto e per i due ponti è del tipo in acciaio/calcestruzzo, con impalcato realizzato a travi in acciaio accostate e getto di soletta in c.a. di solidarizzazione successiva.

10.1.1 VIADOTTO A TRE LUCI SUL F. ADDA A STAZZONA

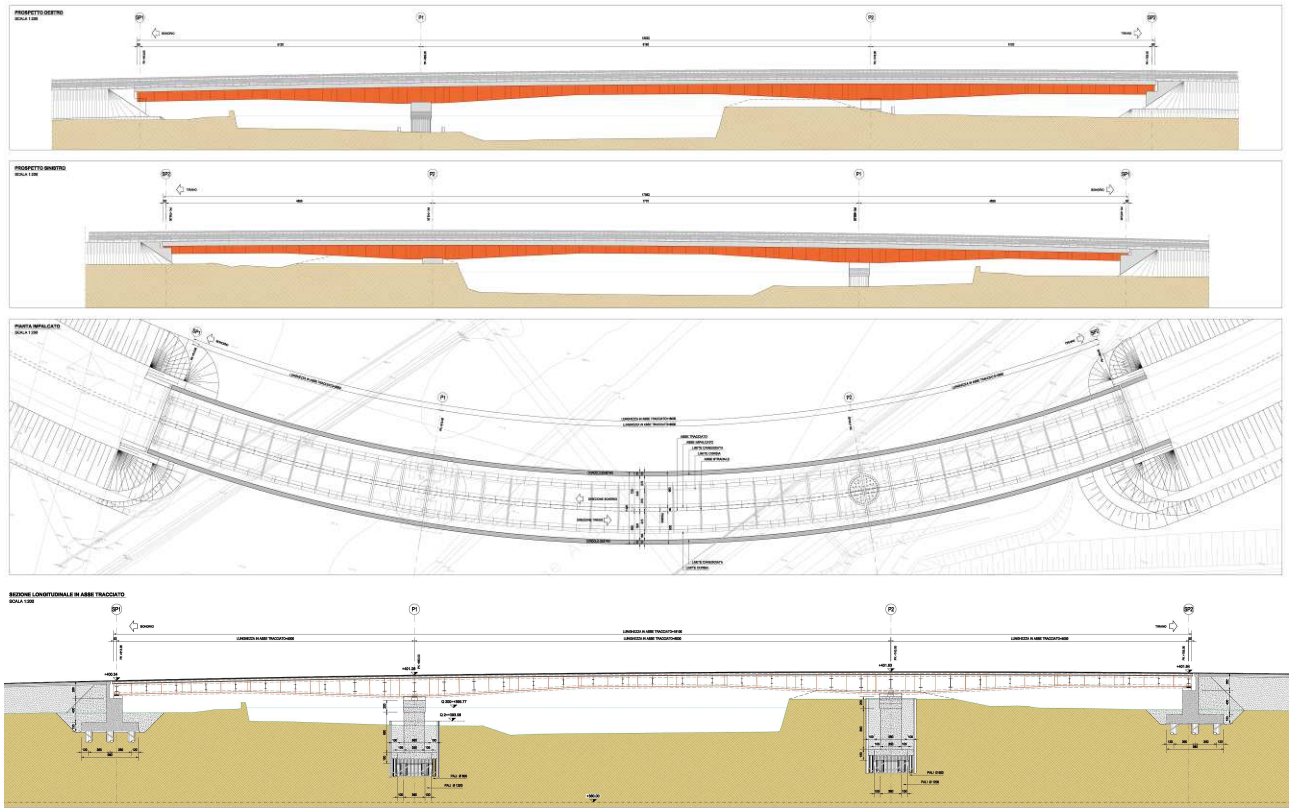
Il viadotto è stato progettato con un impalcato a struttura mista acciaio calcestruzzo a carreggiate separate ciascuna delle quali sorretta da n. 3 travi a doppio "T" ad altezza variabile collegate fra loro da trasversi di tipo torsio-rigidi.



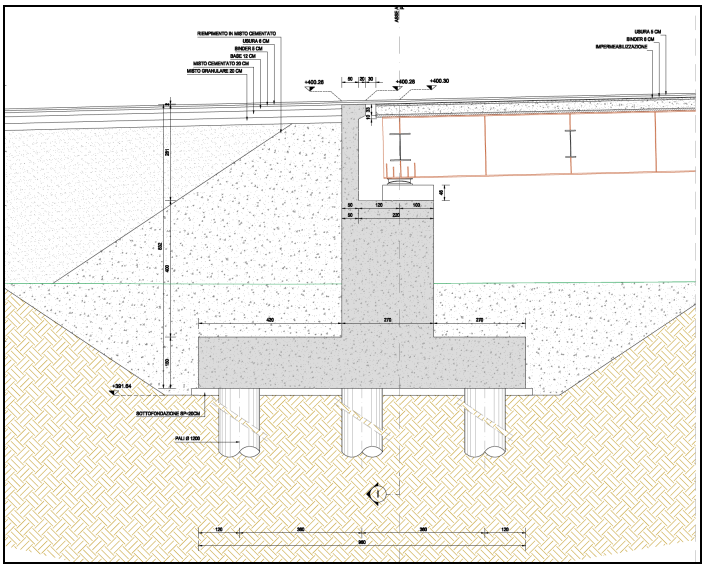
L'opera a tre campate è progettata con schema di trave continua e presenta luci di calcolo misurate in asse appoggio pari a 50m+80m+50m.

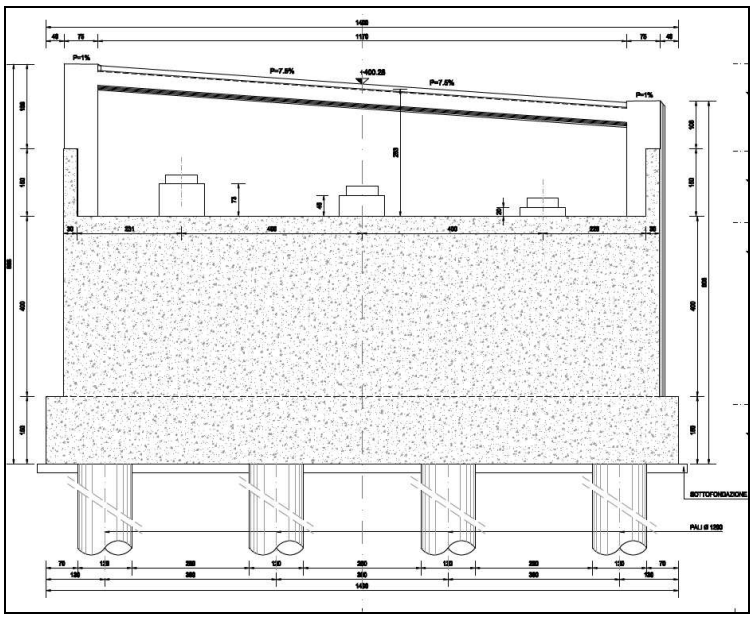
In particolare l'impalcato presenta altezze di 100cm in mezzeria e 300cm sugli appoggi, oltre soletta, così anche da consentire agevoli passaggi sulle viabilità sottostanti con franchi sempre abbondantemente superiori ai 5,0m prescritti dalla norma.

Sul lato interno ed esterno l'impalcato prevede dei cordoli da 75cm sul quale è alloggiata la barriera bordo ponte tipo H3BP ANAS che una rete anti-proiezione. Tali cordoli proseguono sulle spalle.

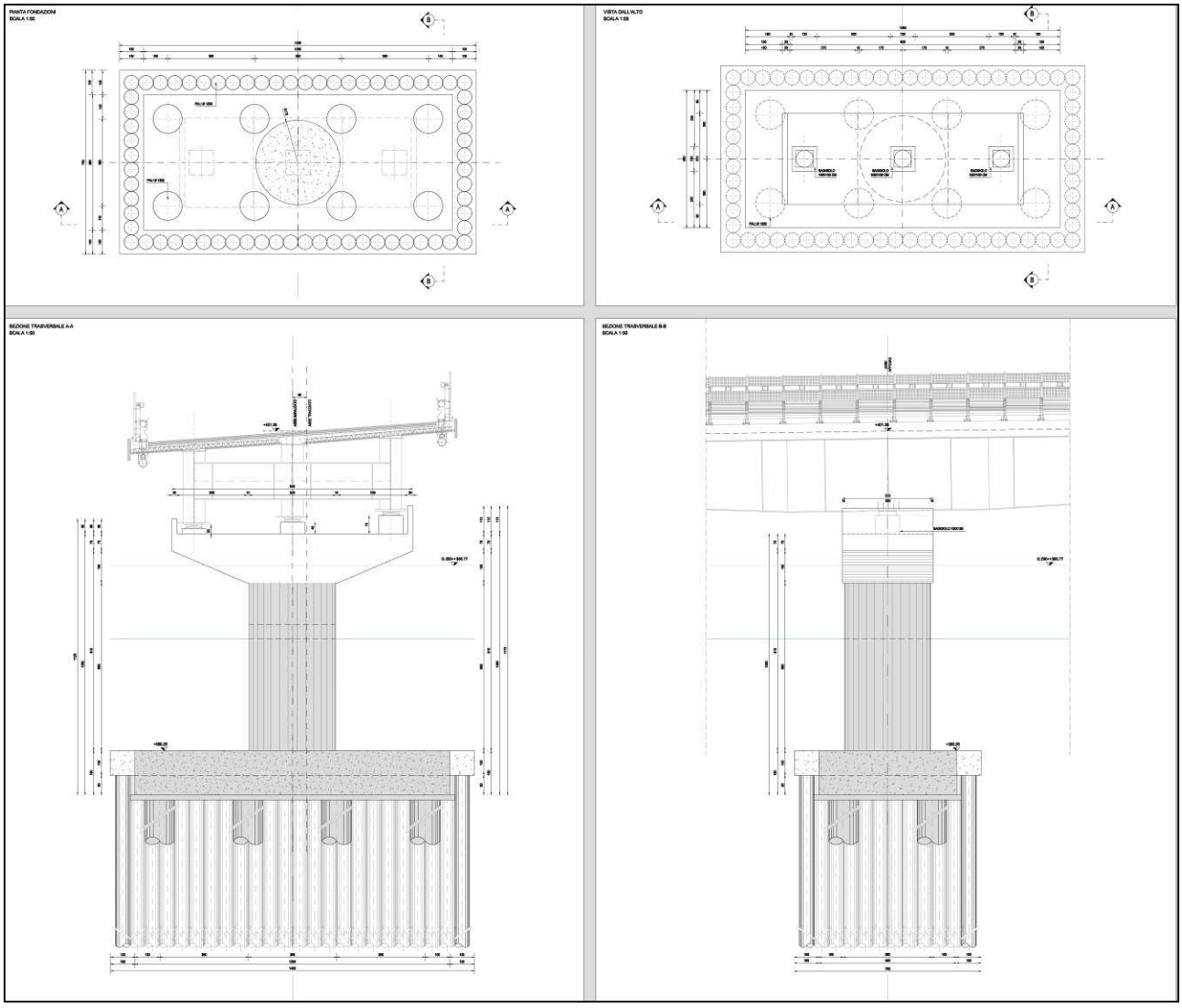


Le spalle sono in c.a., fondate su n 12 pali di grande diametro Ø1200. I piani di imposta delle spalle sono previsti a quota -3.00 rispetto al terreno.
Per la realizzazione dei pali è stato previsto il ricorso ad apposita tecnologia. In particolare si prevede di realizzare pali con morsa con pareti degli scavi sostenuti da apposito tuboforma.
Da quota piano campagna è stata prevista inoltre, come opera provvisionale, l'infissione di un apposito palancolato metallico volto a eliminare qualsivoglia problema realizzativo (franamento delle pareti di scavo ad esempio) e soprattutto ad eliminare azioni sui pali legate al cedimento dei rilevati (attrito negativo).
Un apposito cuneo in misto cementato a tergo della spalla assicura l'assorbimento dei cedimenti differenziali tra l'opera flessibile in terra e quella rigida fondata su pali profondi.





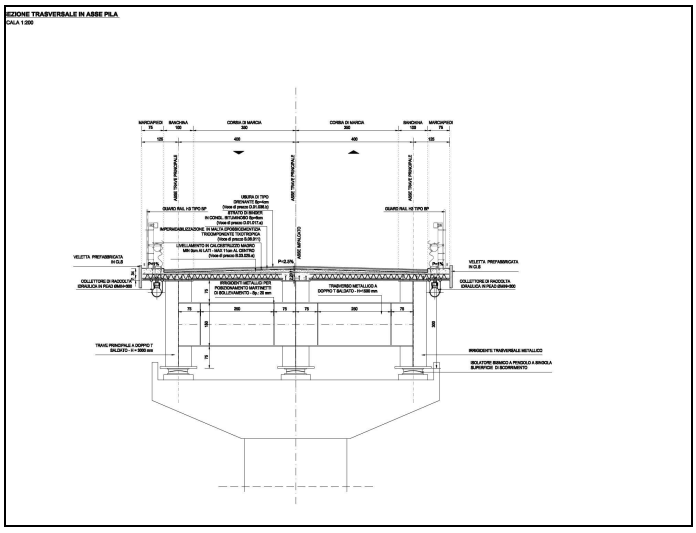
Le pile, ubicate una in alveo e l'altra a tergo dell'argine, sono state progettate come fusto circolare di spessore pari a 3.50m, fondate su apposita zattera di fondazione. L'opera è fondata profondamente su pali del Ø1200 (8 per sottostruttura) realizzati con tuboforma.
Perimetralmente alla zattera di fondazione è prevista una paratia di pali DN 600mm, con funzione antiscalzamento della platea.

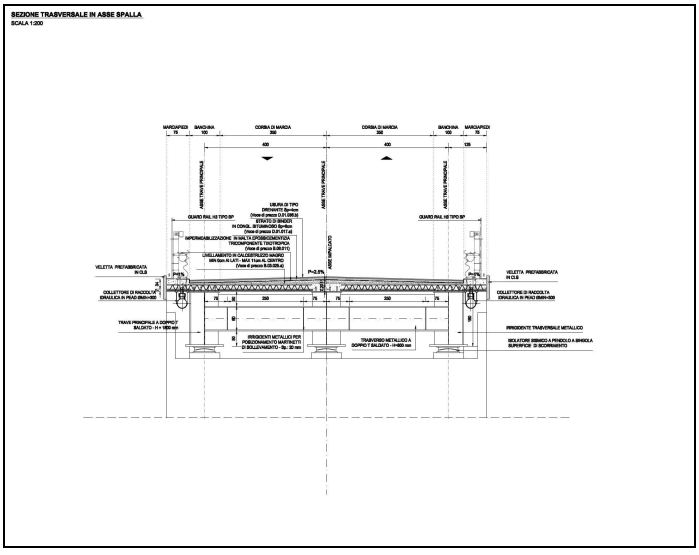


Da quota piano campagna o alveo è stata prevista inoltre, come opera provvisionale, l'infissione di un apposito palancolato metallico volto a eliminare qualsivoglia problema realizzativo (franamento delle pareti di scavo ad esempio) e soprattutto ad eliminare azioni sui pali legate al cedimento dei rilevati (attrito negativo).
I baggioli sono stati progettati a tutta larghezza (150cm) per consentire il futuro alloggiamento dei martinetti per il sollevamento dell'impalcato.
Tra quota estradosso pila e quota intradosso travi è comunque stato fissato uno spazio minimo (baggiolo + apparecchio di isolamento) pari a 40cm.
Alla sommità delle pile e spalle sono disposti apparecchi di appoggio antisismici costituiti da isolatori elastomerici armati, costituiti da strati alternati di lamiere di acciaio ed elastomero, collegati mediante vulcanizzazione.
La descrizione dettagliata dei manufatti è contenuta nelle singole relazioni di ciascuna opera.

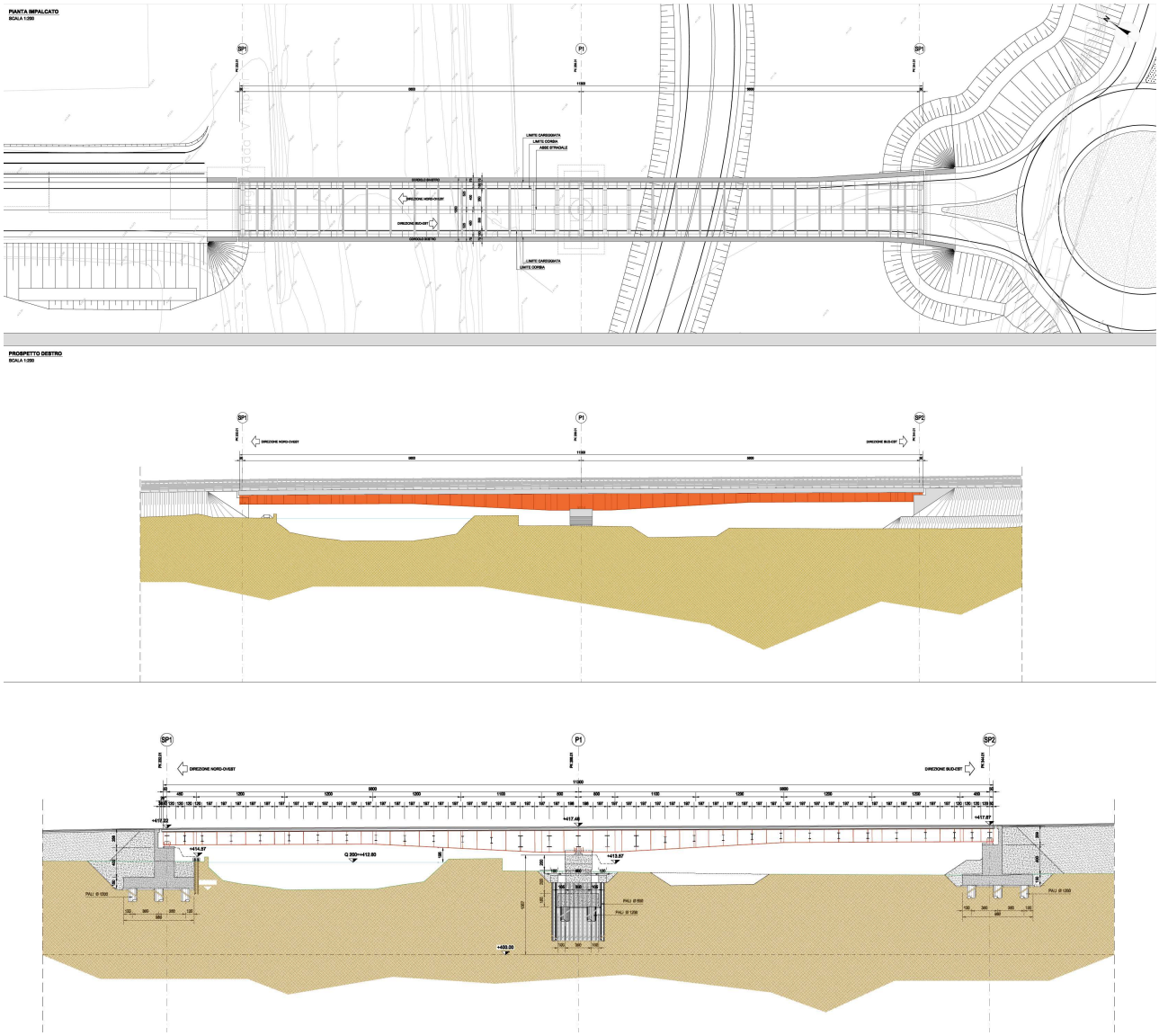
10.1.2 VIADOTTO A DUE LUCI SUL F. ADDA A TIRANO

Il viadotto è stato progettato con un impalcato a struttura mista acciaio calcestruzzo con carreggiata sorretta da n.3 travi a doppio "T" ad altezza variabile collegate fra loro da trasversi di tipo torsio-rigidi.

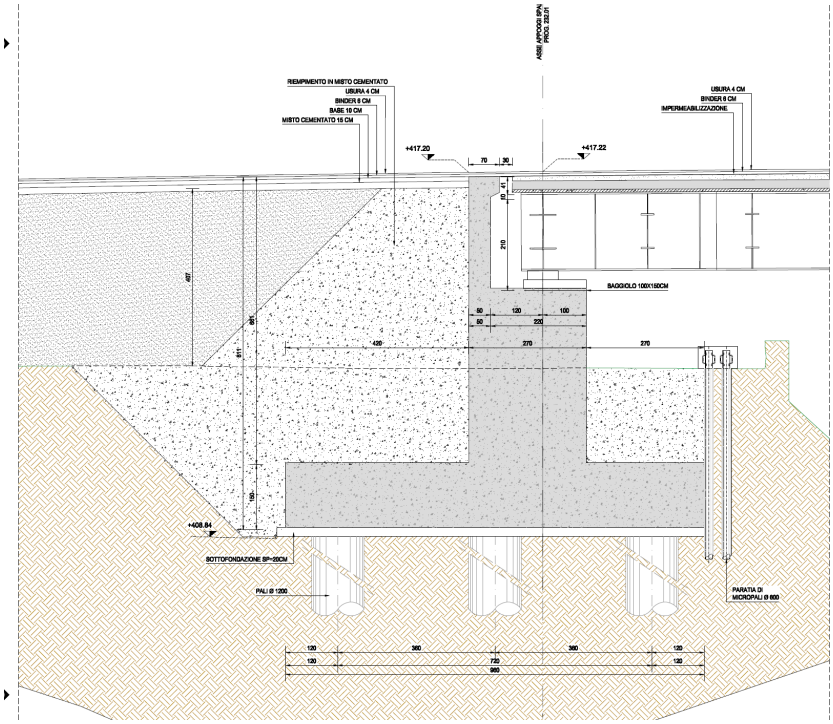




L'opera a due campate è progettata con schema di trave continua e presenta luci di calcolo misurate in asse appoggio pari a 56m+56m. In particolare l'impalcato presenta altezze di 180 cm in mezzeria e 300 cm sugli appoggi, oltre soletta.



Le spalle sono in c.a., fondate su n 12 pali di grande diametro Ø1200. I piani di imposta delle spalle sono previsti a quota -3.00 m rispetto al terreno.
Per la realizzazione dei pali è stato previsto il ricorso ad apposita tecnologia. In particolare si prevede di realizzare pali con morsa con pareti degli scavi sostenuti da apposito tuboforma.
Da quota piano campagna è stata prevista, inoltre, la realizzazione di una paratia di micropali, in fregio alla sponda dell'Adda lato Tirano, volta a consolidare la sponda del fiume e ad eliminare qualsivoglia problema realizzativo (franamento delle pareti di scavo ad esempio).
Un apposito cuneo in misto cementato a tergo della spalla assicura l'assorbimento dei cedimenti differenziali tra l'opera flessibile in terra e quella rigida fondata su pali profondi.



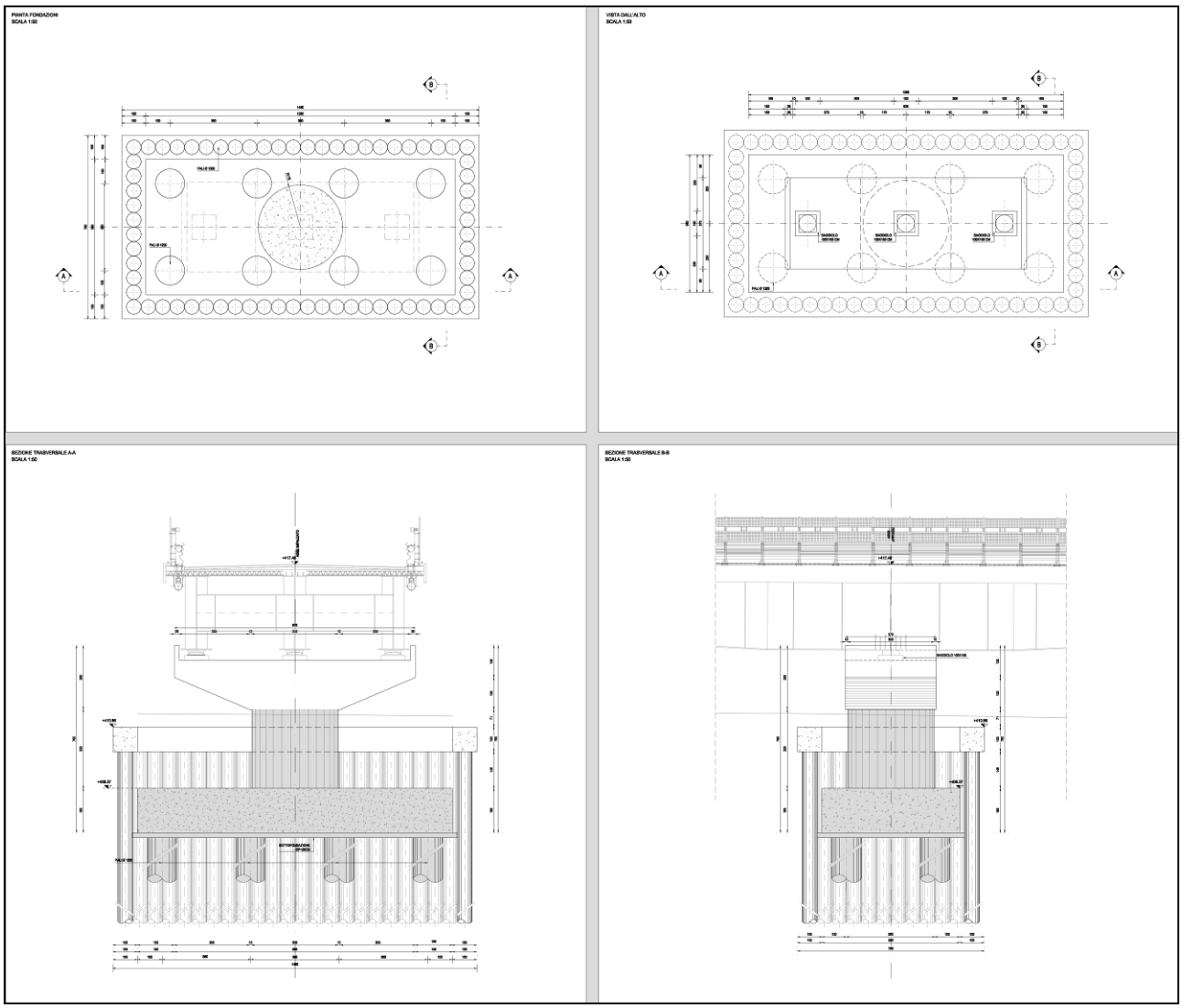
La pila, ubicata a tergo dell'argine, è stata progettata come fusto circolare di spessore pari a 3.50 m, fondate su apposita zattera di fondazione. L'opera è fondata profondamente su pali del Ø1200 (8 per sottostruttura) realizzati con tuboforma.

Perimetralmente alla zattera di fondazione è prevista una paratia di pali DN 600mm, volta a eliminare qualsivoglia problema realizzativo (franamento delle pareti di scavo ad esempio) e soprattutto ad eliminare azioni sui pali legate al cedimento dei rilevati (attrito negativo).

I baggioli sono stati progettati a tutta larghezza (150cm) per consentire il futuro alloggiamento dei martinetti per il sollevamento dell'impalcato.

Tra quota estradosso pila e quota intradosso travi è comunque stato fissato uno spazio minimo (baggiolo + apparecchio di isolamento) pari a 40cm.

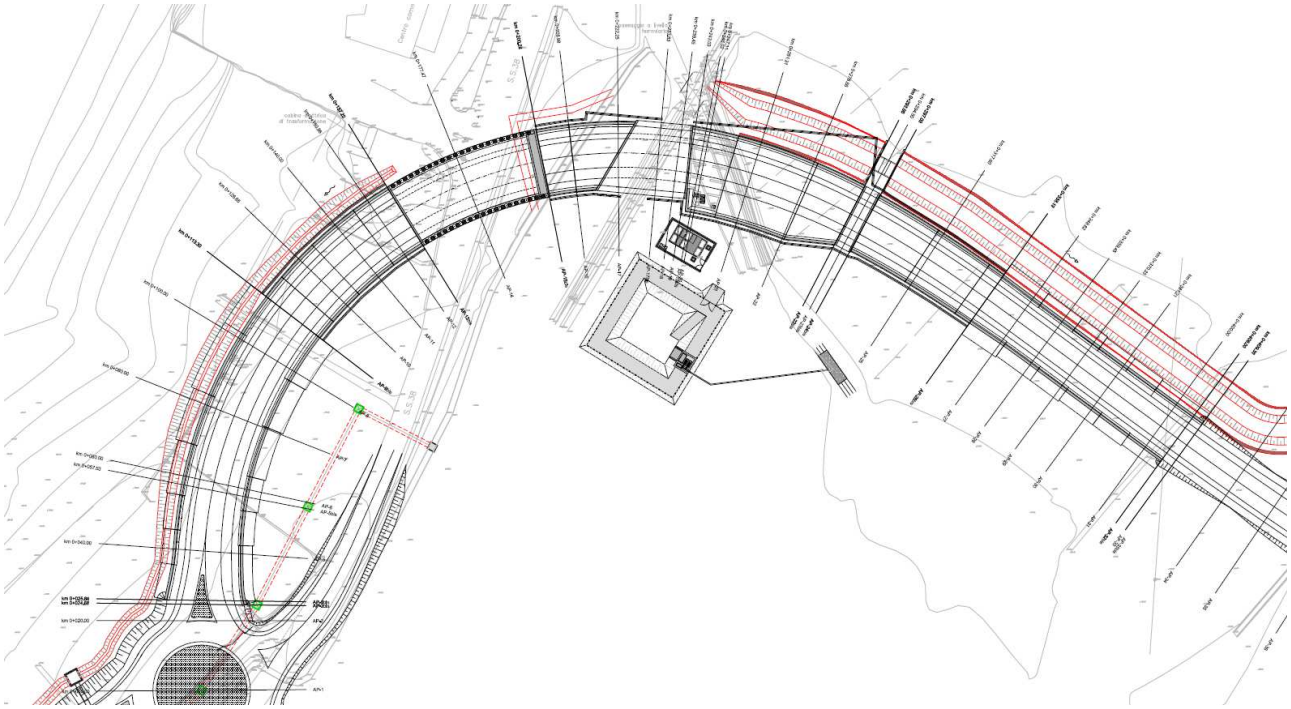
Alla sommità delle pile e spalle sono disposti apparecchi di appoggio antisismici costituiti da isolatori elastomerici armati, costituiti da strati alternati di lamiere di acciaio ed elastomero, collegati mediante vulcanizzazione.

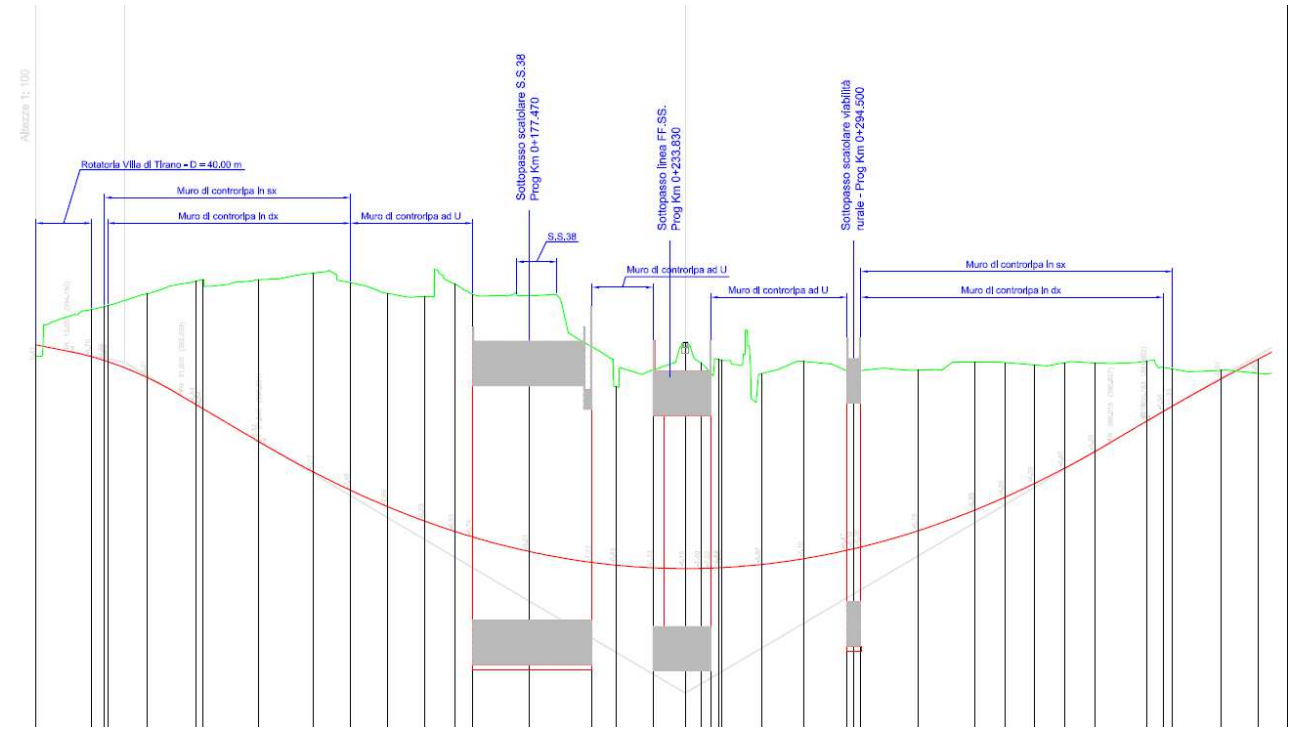


10.2 SOTTOPASSO DELLA S.S.38 A PROGR 0+200 E DELLA FF.SS. A PROGR. 0+260

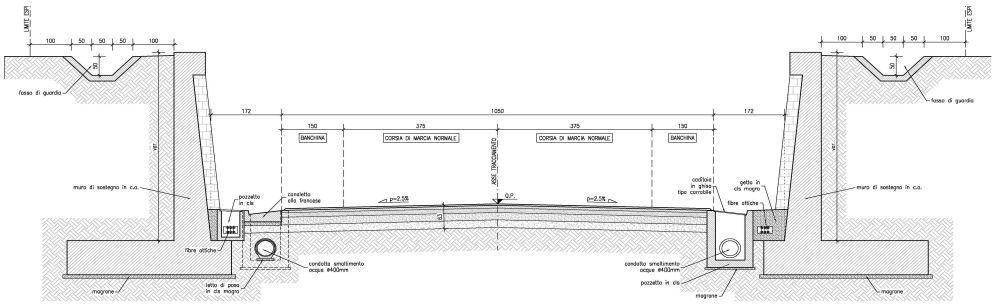
L'opera d'arte che costituisce il sotto attraversamento della SS38 e della Ferrovia è costituita da:

- Una rampa di discesa in trincea protetta da muri in c.a. per accedere al sottopasso (da progr. 0+00 a progr. 0+113);
- Una rampa di discesa in trincea protetta da muri ad "U" in c.a. e da una paratia di micropali, per accedere al sottopasso (da progr. 0+113 a progr. 0+157);
- Uno scatolare in c.a. protetto da pali DN 1000 per il sottopasso della S.S. 38 (da progr. 0+157 a progr. 0+200);
- Una tratto in trincea protetto da muri ad "U" in c.a. e da una paratia di micropali (da progr. 0+200 a progr. 0+338);
- Uno scatolare in c.a. protetto da paratia di micropali e spinto sotto la FF.SS. (da progr. 0+222 a progr. 0+243);
- Una rampa di risalita in trincea protetta da muri in c.a. (da progr. 0+338 a progr. 0+409).



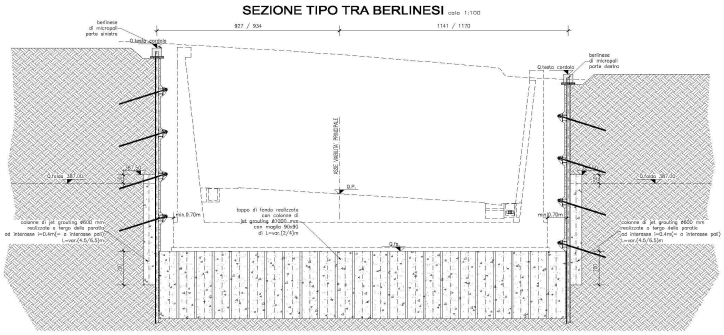


La sezione tipo della rampa in trincea (da progr. 0+00 a progr. 0+113) è protetta lateralmente da muri di sostegno che in un primo tratto dove è possibile lo scavo senza l'interferenza con gli edifici posti all'esterno, vengono realizzati in modo ordinario



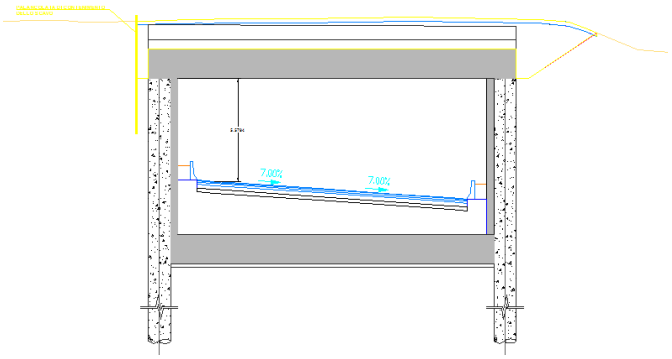
Trincea protetta da muri in c.a.

Nelle tratte dove lo scavo provocherebbe interferenze con gli edifici (da progr. 0+113 a progr. 0+157), lo stesso viene preceduto dalla realizzazione di paratie di micropali. In questo caso la fondazione dei due muri si unisce fino a formare una sezione a "U".
Nella zona dove è anche presente l'interferenza con la falda, da colonne di jet grouting limitatamente alla profondità sotto falda. Le colonne di jet grouting sono utilizzate anche per la creazione di un tappo di fondo per impedire il sifonamento dello stesso.



Trincea protetta da muri tra micropali

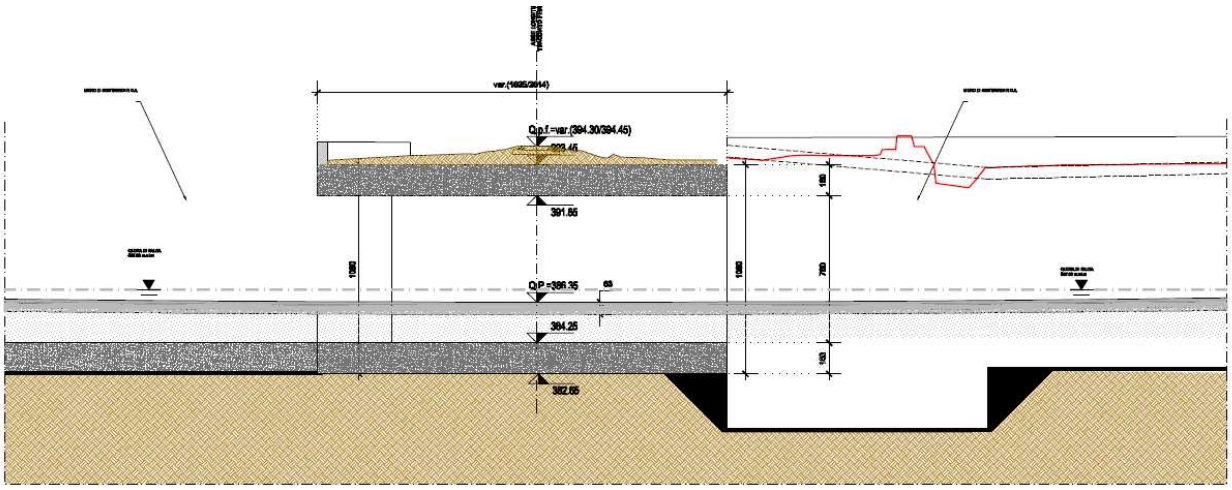
La trincea protetta eseguita tra micropali termina in corrispondenza del sottopasso alla S.S.38 (da progr. 0+157 a 0+200) la cui realizzazione necessita di una deviazione provvisoria della stessa, di circa 100 m. In questo modo la realizzazione del sottopasso avverrà in analogia a quanto descritto per la trincea protetta tra muri con la presenza di opere provvisionali di micropali e jet grouting.



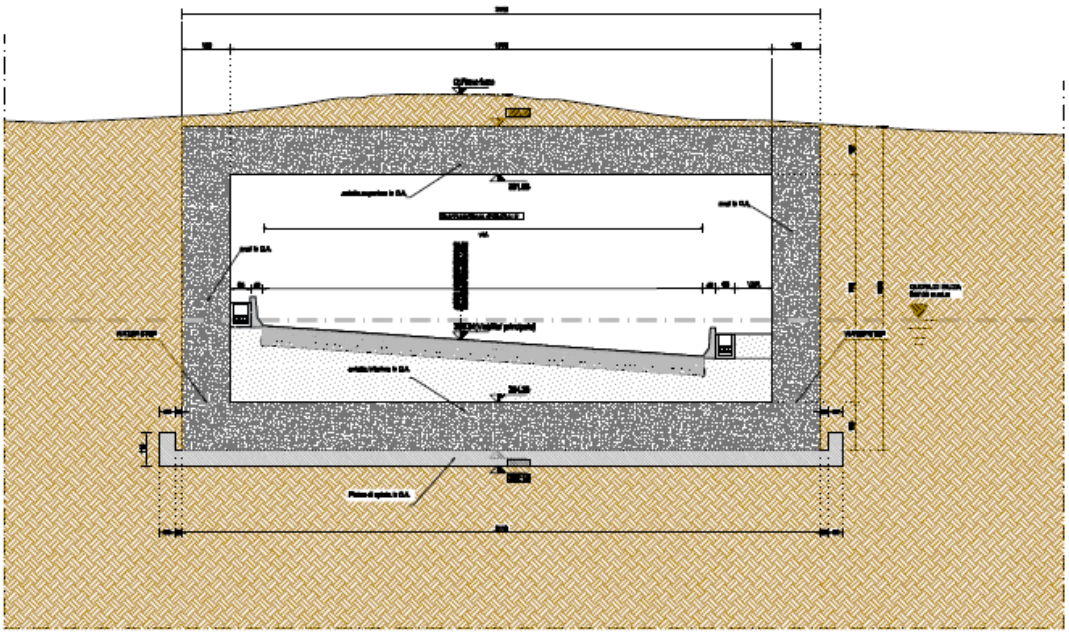
Scatolare protetto da pali

A costruzione avvenuta del sottopasso, la deviazione provvisoria della SS 38 si sopprime a seguito del ripristino della vecchia sede della stessa strada.

Subito dopo il sottopasso stradale è prevista la realizzazione di un sottopasso ferroviario (da progr. 0+222 a 0+243) che, per ragioni connesse all'impossibilità di deviazione o interruzione della linea, verrà realizzato "a spinta". Verrà cioè costruito lo scatolare fuori sede all'interno di una trincea protetta da opere provvisionali di micropali e get grouting, e successivamente spinto sotto la sede ferroviaria tramite un sistema di martinetti. La sede ferroviaria sarà protetta con un sistema a ponte tipo "Essen" in modo tale da garantirne la funzionalità anche durante la spinta del monolite



Geometria del sottopasso a spinta sotto l'attuale sede ferroviaria



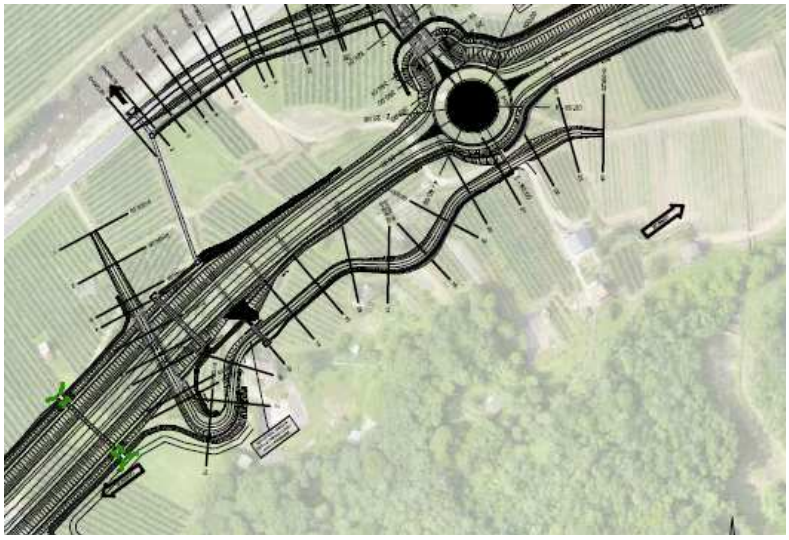
Sezione dello scatolare in c.a. in corrispondenza del sottopasso della sede ferroviaria

Tra i due sottopassi (da progr. 0+200 a 0+222 e da progr. 0+243 a 0+338) è previsto un muro ad "U" protetto da paratia di micropali, che prosegue anche dopo il sottopasso ferroviario, fino a che non si ripristina il contesto in cui è possibile la realizzazione di muri ordinari (da progr. 0+338 a 0+409).

10.3 SOTTOVIA A PROGR. 2+362

L'intervento stradale prevede una ricucitura dell'attuale SP 24 Tirano-Stazzona, individuata anche come via San Bernardo.

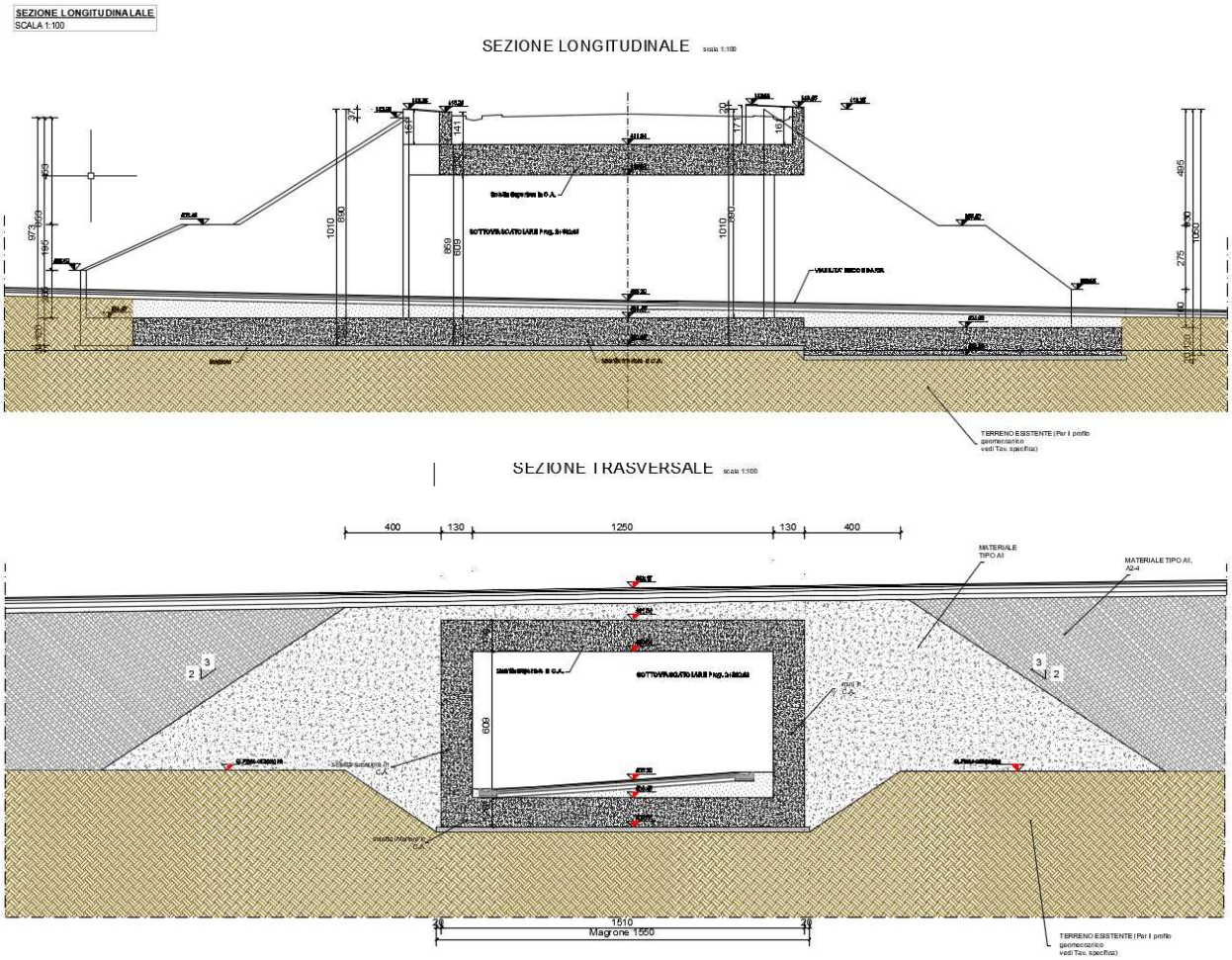
Al km 2+367.52 è previsto un sottovia



La sede stradale pavimentata ha sezione tipo F2 in ambito extraurbano secondo DM 05/11/2001, larga 8.50 m con due corsie da 3.25 m e banchine da 1.00 m.

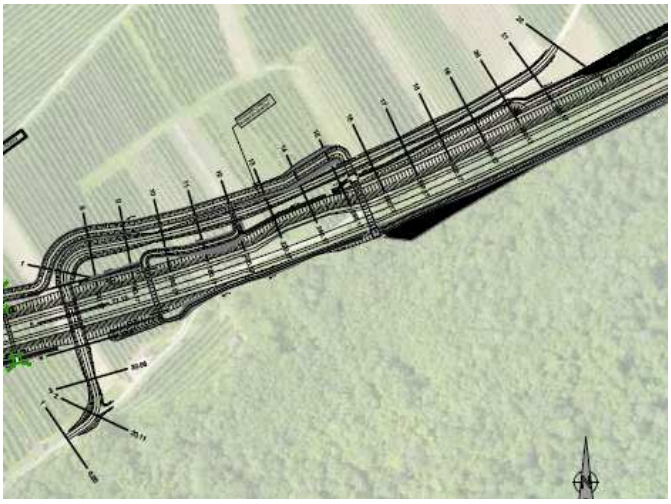
Il manufatto scatolare, realizzato in c.a., ha forma rettangolare, con dimensioni interne di base 12.50m e di altezza 6.10m.

Lo sviluppo del sottopasso è di 15.60m, oltre ai muri d'ala all'entrata e all'uscita, a sostegno del rilevato stradale, disposti in allineamento divergente verso l'esterno rispetto all'asse del sottovia.



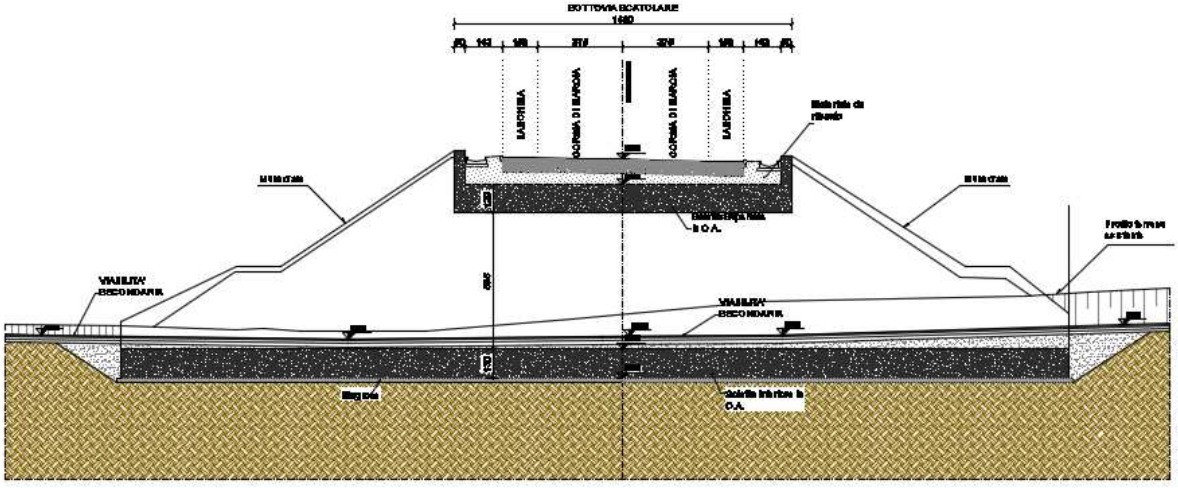
10.4 SOTTOVIA A PROGR. 3+016

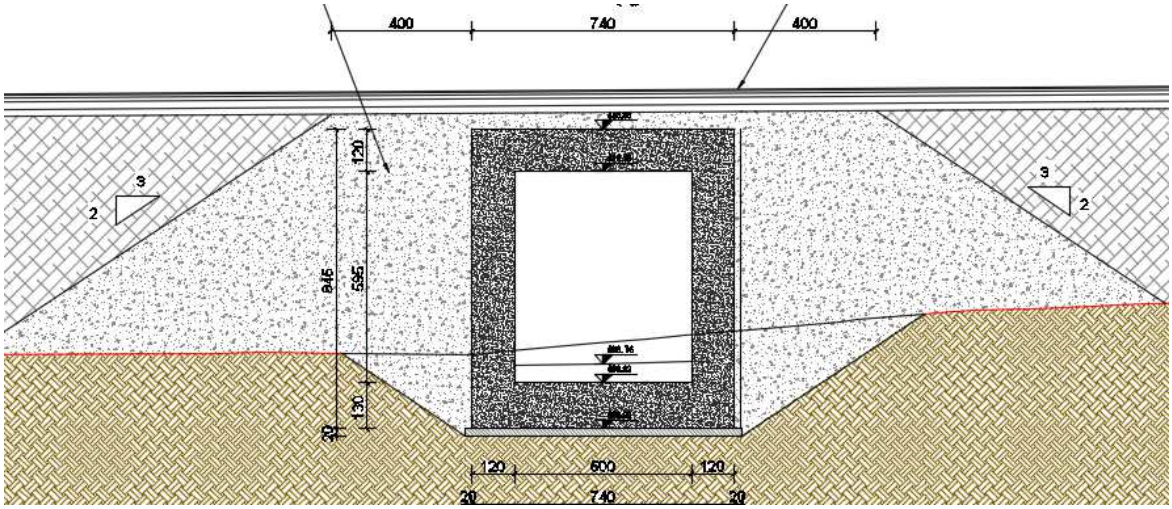
L'intervento stradale prevede la ricucitura della viabilità esistente che dalla SP 24 Tirano-Stazzona, qui individuata anche come lungo Adda 4 Novembre, sale verso il versante orografico destro della valle, a monte dello svincolo di Tirano di progetto. La viabilità esistente, interferita dal rilevato del tracciato principale in prossimità delle rampe direzione Sondrio dello svincolo di Tirano, prevede un sottovia (al km 3+016) per collegarsi ad una strada rurale esistente, ripristinando il collegamento con le arre coltivate e gli edifici rurali a monte della strada. La sede stradale pavimentata è larga 3,50.



Il manufatto scatolare, realizzato in c.a., ha forma rettangolare, con dimensioni interne di base 5.00m e di altezza 5.95m, disposto inclinato rispetto all'asse del sottovia.

Lo sviluppo del sottopasso è di 14.80m, oltre ai muri d'ala all'entrata e all'uscita, a sostegno del rilevato stradale.





10.5 SOTTOVIA A PROGR. 3+520

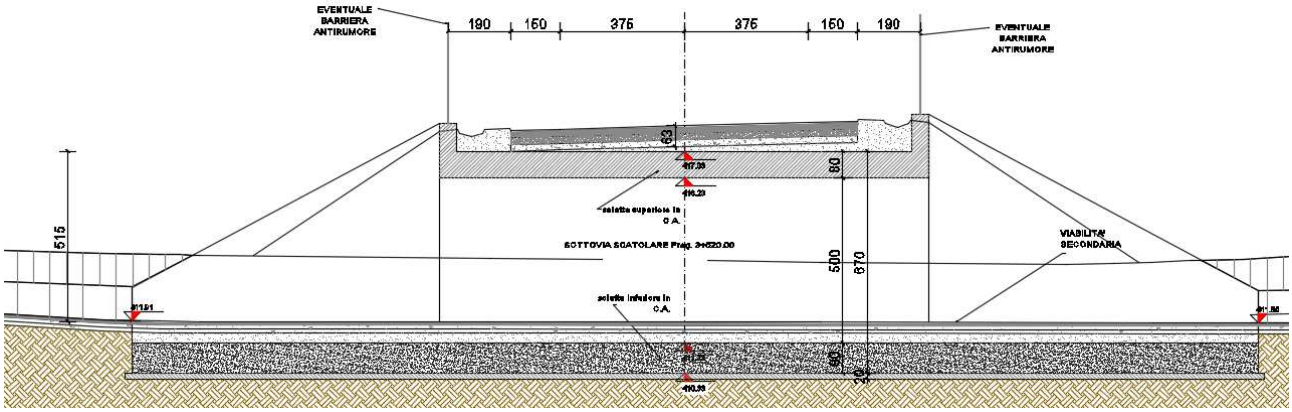
L'intervento stradale prevede la ricucitura della viabilità rurale denominata via Giustizia che dall'abitato di Tirano sale sul conoide addossato al versante orografico destro della valle, a monte dello svincolo di Tirano di progetto.

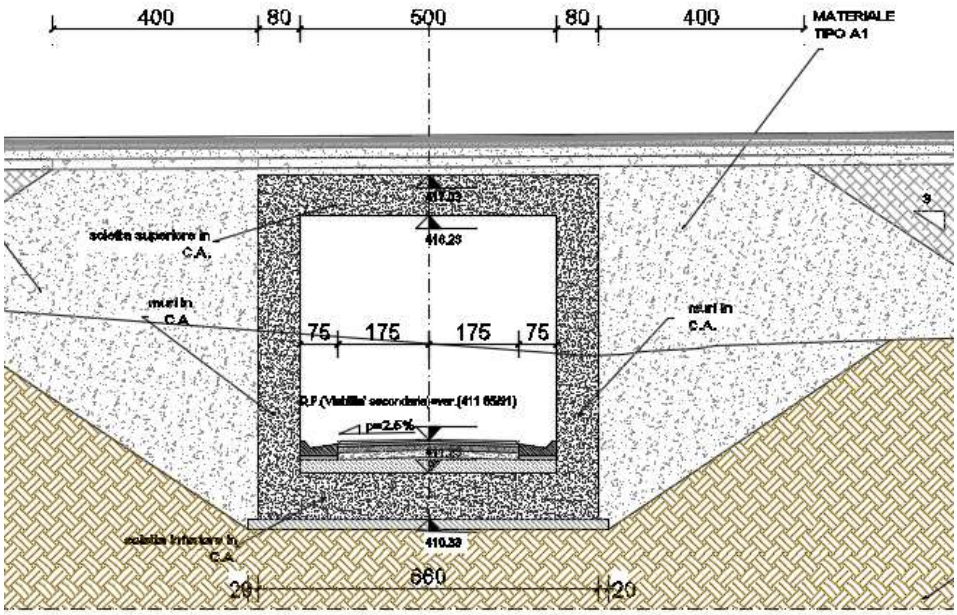
La viabilità esistente, interferita dal rilevato del tracciato principale in prossimità della rampa direzione Bormio dello svincolo di Tirano, prevede un sottovia (al km 3+520) per poi collegarsi a valle in modo complanare al tracciato fino a ricollegarsi a via Giustizia.

La sede stradale pavimentata è larga 3,50.

Il manufatto scatolare, realizzato in c.a., ha forma rettangolare, con dimensioni interne di base 5.00m e di altezza 5.00m.

Lo sviluppo del sottopasso è di 14.30m, oltre ai muri d'ala all'entrata e all'uscita, a sostegno del rilevato stradale.





10.6 MURI DI SOSTEGNO

Le opere di sostegno sono state progettate con intento di realizzare muri di sottoscarpa per riduzione dell'ingombro del rilevato. Per i muri di sottoscarpa sono stati impiegate strutture in c.a. gettate in opera e a fondazione continua.

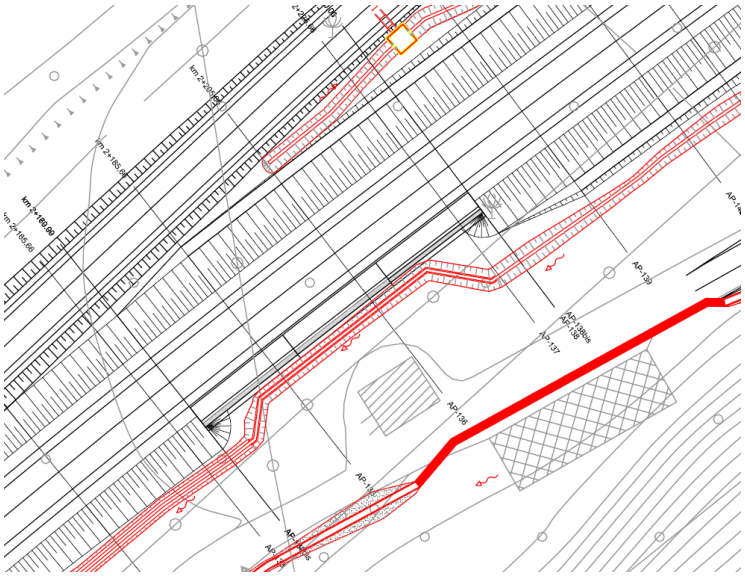
Per ovviare alla risalita della falda, questi ultimi sono provvisti di opportune impermeabilizzazioni e sistemi di drenaggio a tergo del muro (materiale arido, calza di geotessile anticontaminante) e smaltimento delle acque drenate mediante tubazione microforata in PVC DN 150.

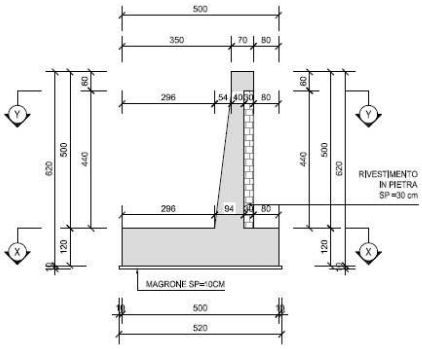
10.6.1 MURI DI SOSTEGNO IN CORRISPONDENZA DEL TRATTO DA 0+022 A 0+409

L'opera di sostegno è stata descritta in precedenza, pe il sottovia della SS38 e della FF.SS.. cui si rimanda per qualsiasi dettaglio

10.6.2 MURI DI SOSTEGNO IN CORRISPONDENZA DEL TRATTO DA 2+170 A 2+230

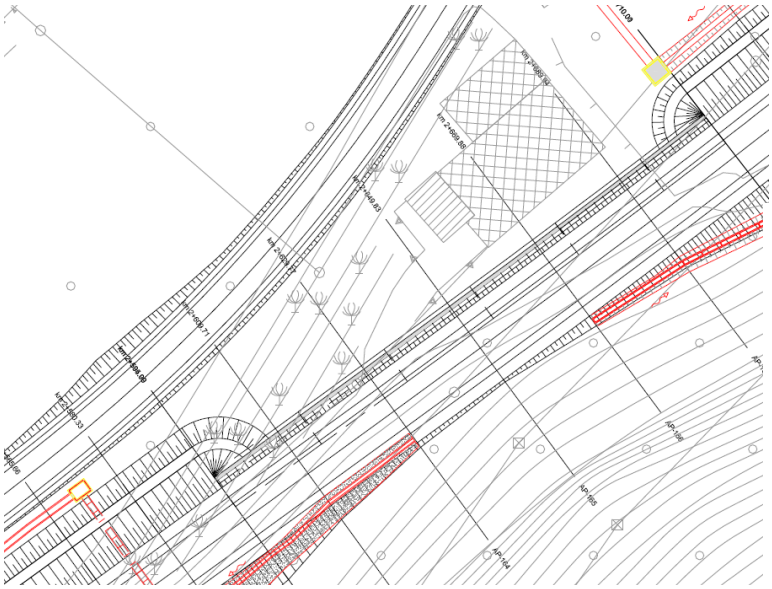
Trattasi di un muro di controripa, di sviluppo 60m in destra, con sezione ad "L"

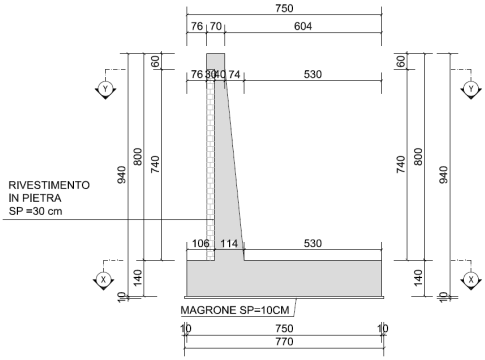




10.6.3 MURI DI SOSTEGNO IN CORRISPONDENZA DEL TRATTO DA 2+595 A 2+710

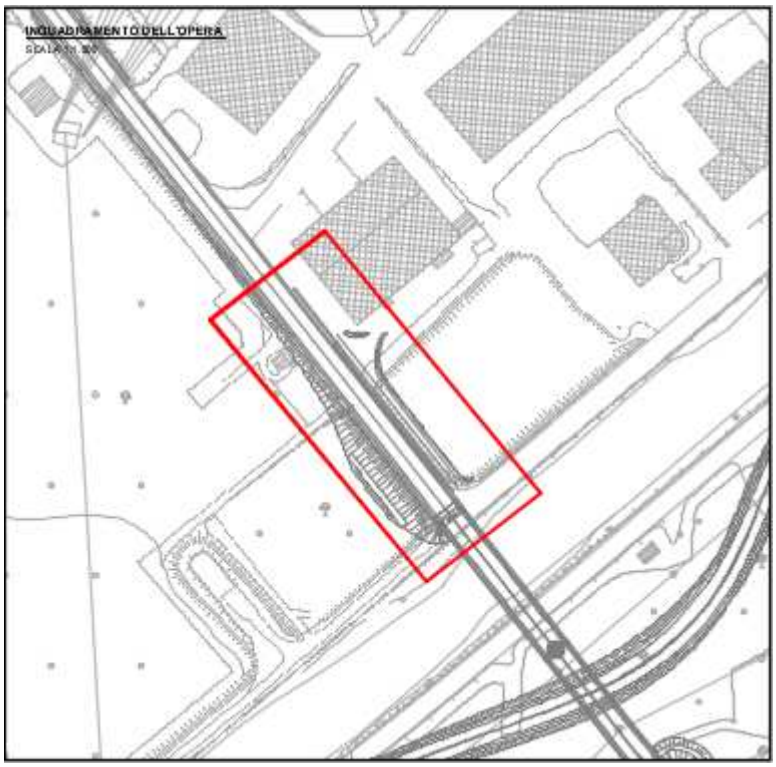
Trattasi di un muro di controripa, di sviluppo 115m in sinistra, con sezione ad "L"





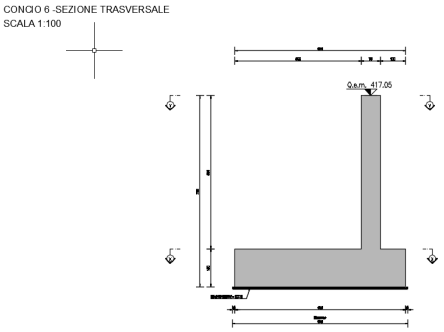
10.6.4 MURI DI SOSTEGNO IN CORRISPONDENZA DEL TRATTO TIRANO – TIRANO CENTRO

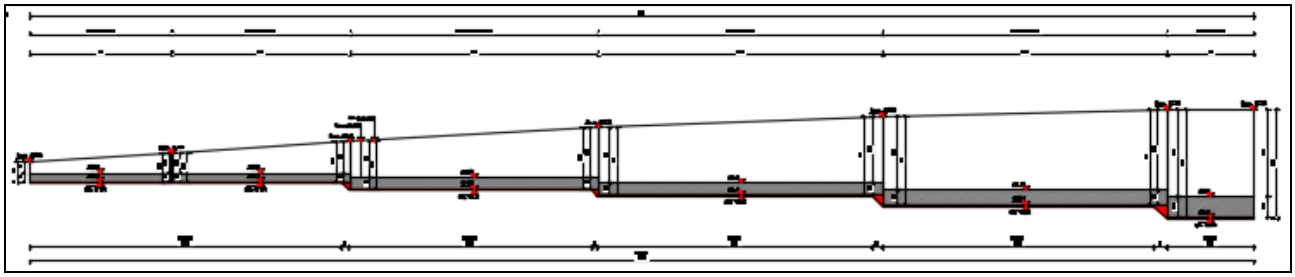
Il muro è ubicato in destra procedendo dal ponte verso il Centro di Tirano.



Il muro, realizzato in cemento armato gettato in opera, di lunghezza complessiva 86.00m, articolato in n. 5 conci di altezza diversa da 0.81m a 6.06m, presenta una sezione trasversale a "L" le cui caratteristiche sono rispettivamente:

- concio n. 1 – L=10.00m – H var. da 0.81m a 1.40m
- concio n. 2 – L=12.50m – H var. da 1.40m a 2.20m
- concio n. 3 – L=17.50m – H var. da 2.50m a 3.45m
- concio n. 4 – L=20.00m – H var. da 3.85m a 4.65m
- concio n. 5 – L=10.00m – H var. da 5.15m a 5.64m
- concio n. 6 – L= 6.05m – H var. da 6.06m a 6.06m



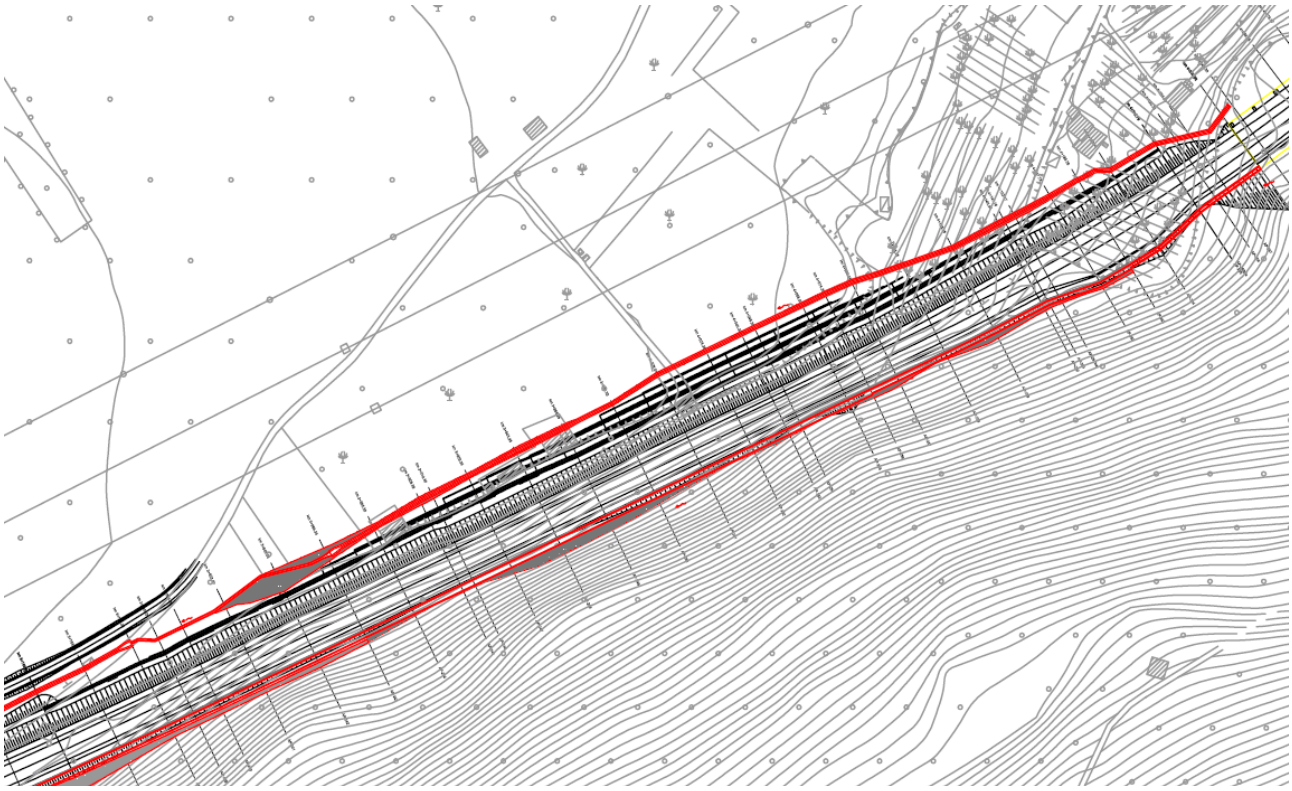


10.6.5 TERRA RINFORZATA IN SX IN CORRISPONDENZA DEL TRATTO DA 3+785 A 4+235

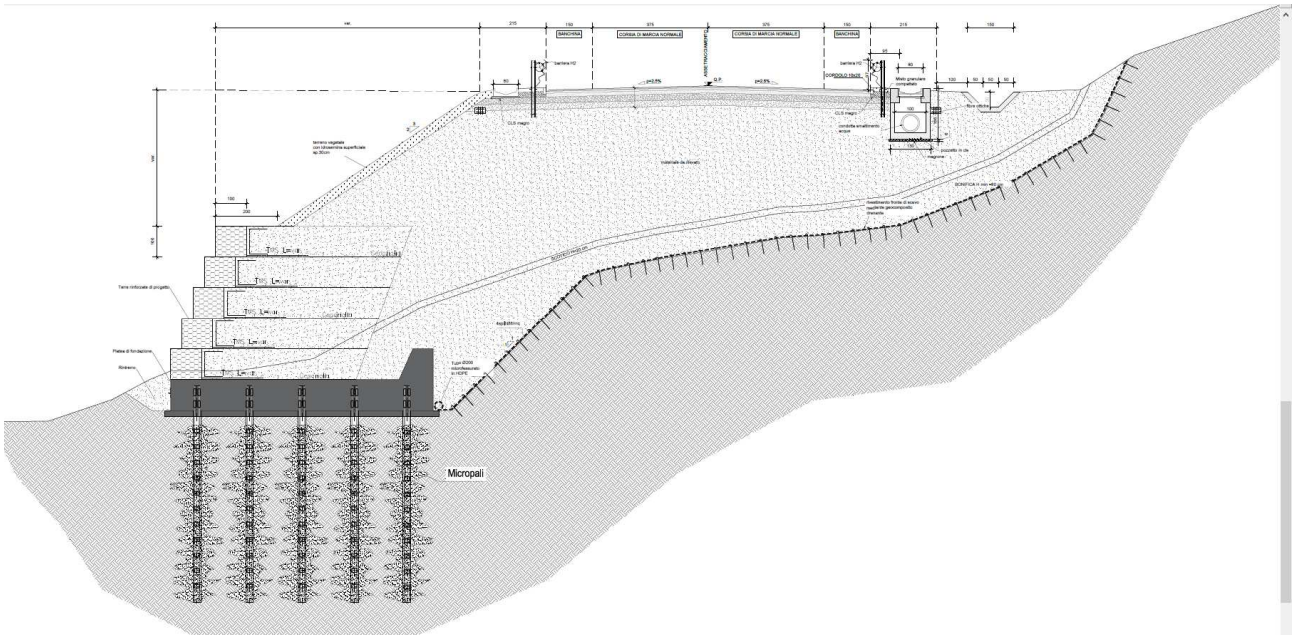
In sinistra procedendo verso Bormio, al fine di ridurre le aree occupate dal rilevato stradale, è stata prevista la realizzazione di terre rinforzate, per uno sviluppo di 450m.

La struttura in terra rinforzata è un elemento modulare, costituita da un paramento in pietrame e da reti di geogriglia solidali, stese in orizzontale, comprese tra i vari strati di terreno, a fornire le caratteristiche di trazione all'insieme della struttura. Si realizza utilizzando, come materiale di

riempimento, il terreno presente in sito (eventualmente additivato con inerte granulare). Le geogriglie sono in poliestere ad alta tenacità.
Al piede della struttura, di grande altezza, è inserita una platea in c.a. fondata su micropali, per stabilizzare l'intera opera.
Per le caratteristiche si rimanda alla relazione di calcolo ed agli elaborati grafici specifici.



Zona intervento Terra rinforzata

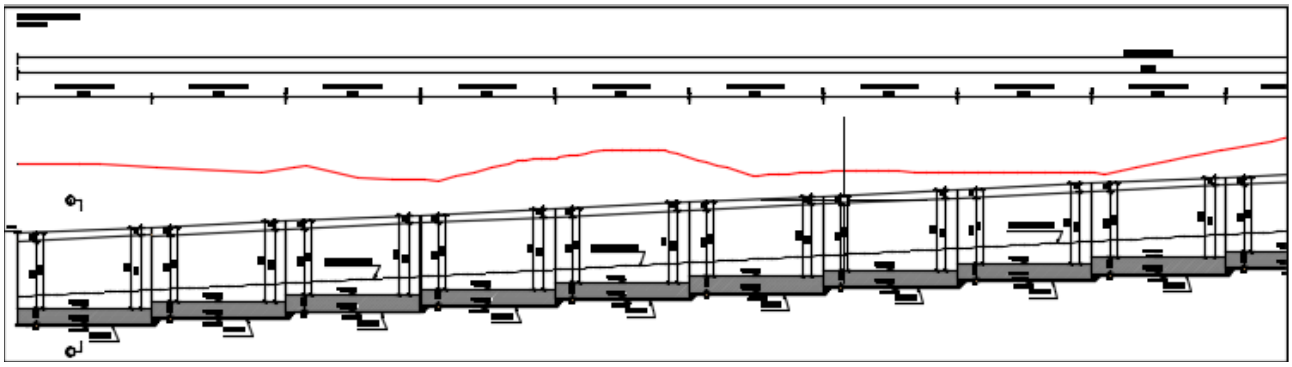


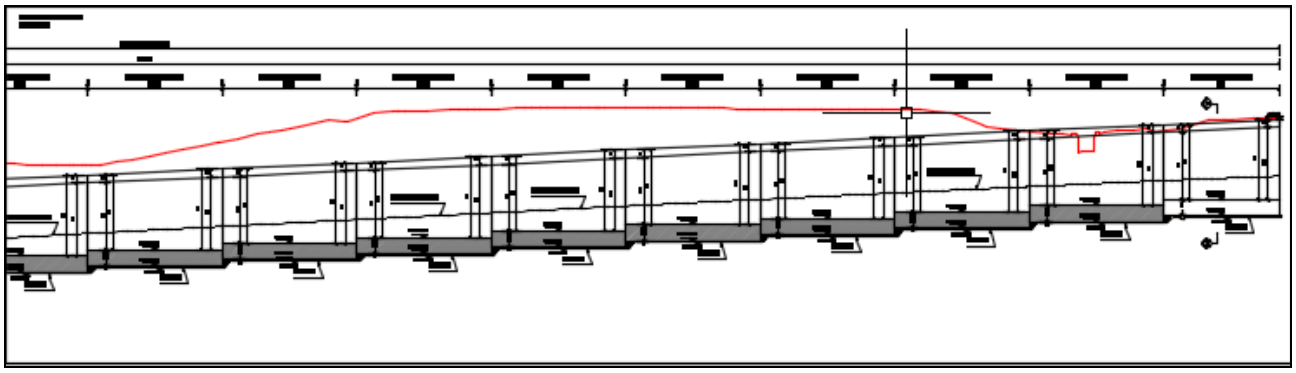
Sezione tipologica terra rinforzata

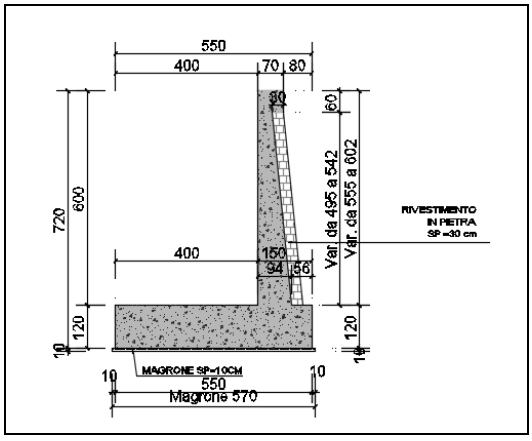
10.6.6 MURI DI CONTRORIPA IN DX DA KM 4+885 A KM 5+055

Il muro è ubicato in destra procedendo da Sondrio verso Bormio. Realizzato in c.a., presenta uno sviluppo complessivo di 168.91m, articolato in n. 2 conci, ripetuti per 17 tratti, presenta una sezione trasversale a "L" le cui caratteristiche sono rispettivamente:

- concio n. 1 – Tratto 1-16 – L=10.00m – H var. da 5.55m a 6.02m ciascuno
- concio n. 2 – Tratto 17 - L=8.60m – H var. da 5.55m a 5.95m



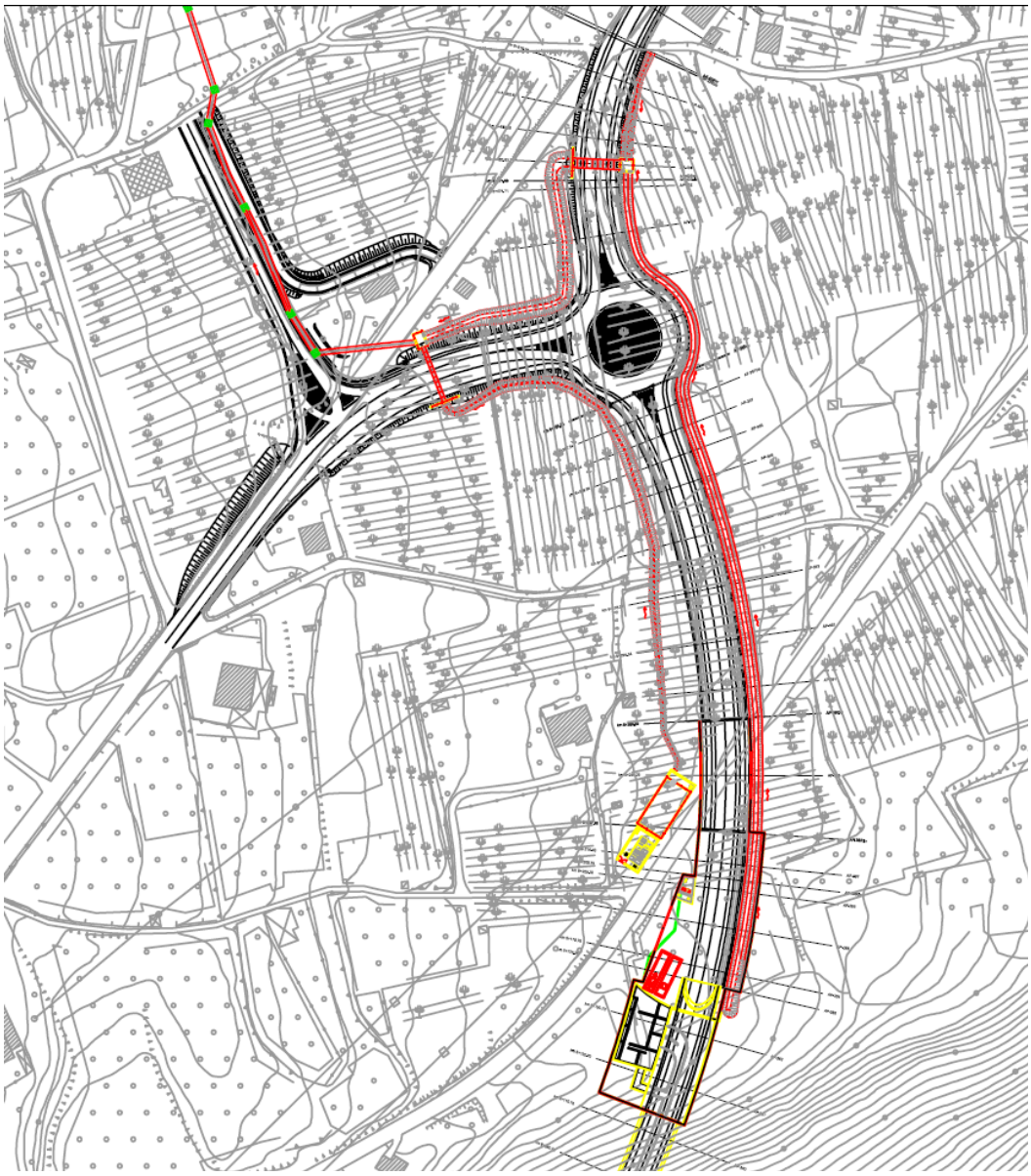




10.6.7 MURI IN DX DA KM 6+160 A KM 6+480

Alla fine del lotto, in destra per uno sviluppo di 320m, è presente un muro di controripa a sezione trasversale a "L". Data la pendenza del tronco stradale, il muro è articolato in diversi conci, gradonati e con altezze variabili.

Di seguito si allega una planimetria, relativa ai muri della zona di Campone, sia sull'asse principale in destra ed in sinistra, e sia per la viabilità secondaria verso l'eliporto.



Planimetria zona Campone

10.6.8 MURI IN SX DA KM 6+256 A KM 6+383

Nella stessa zona, in sinistra procedendo verso Bormio, per uno sviluppo di 127m, è presente un muro di controripa a sezione trasversale a "L". Data la pendenza del tronco stradale, il muro è articolato in diversi conci, gradonati e con altezze variabili.

10.6.9 MURI IN ZONA CAMPONE

Nella stessa zona, sulla viabilità locale per l'eliporto, sia in destra che in sinistra, è presente un muro di controripa a sezione trasversale a "L". Data la pendenza del tronco stradale, il muro è articolato in diversi conci, gradonati e con altezze variabili. Questi muri consentono di realizzare il nuovo svincolo sulla SS38

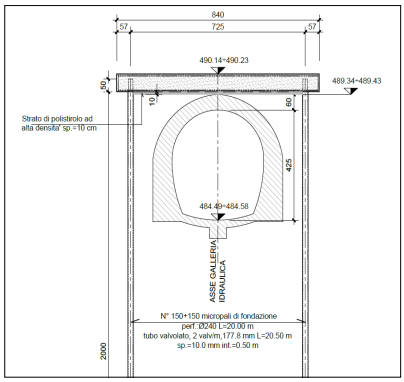
10.7 L'IMBOCCO DELLA GALLERIA NATURALE LATO SONDRIO – GESTIONE DELL'INTERFERENZA CON LA GALLERIA IDRAULICA IN GESTIONE A2A

Con riferimento all'interferenza fra l'imbocco della galleria naturale (lato Sondrio) e la galleria idraulica A2A in sede di progettazione esecutiva sono state eseguite le seguenti attività iniziali:

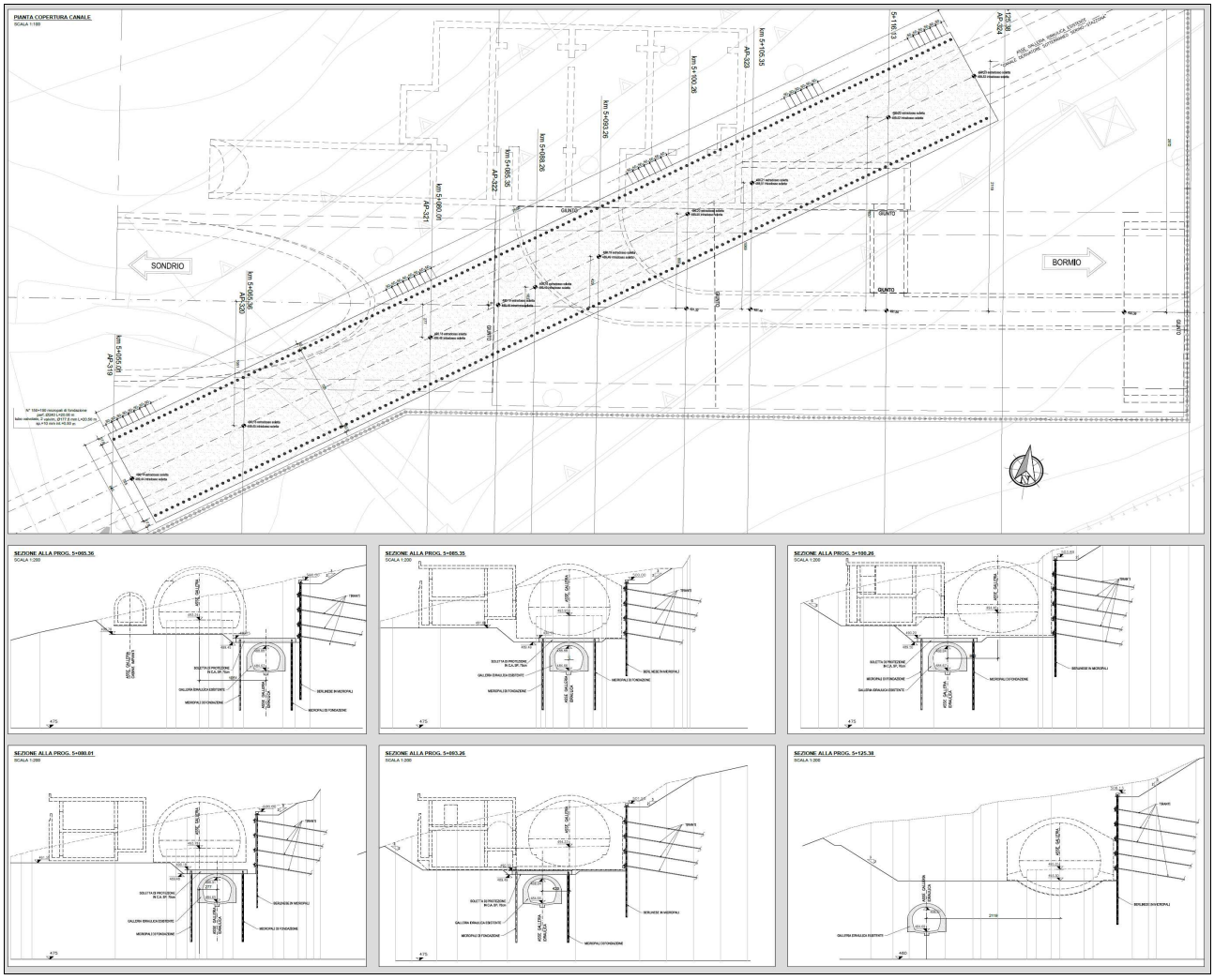
- campagna topografica atta a determinare la corretta posizione plano-altimetrica della galleria idraulica di A2A pre-esistente ricorrendo a personale formato per operazioni in ambiente

confinato. La campagna topografica è stata eseguita nel corso di una interruzione programmata del servizio della condotta. La campagna ha mostrato un significativo scostamento rispetto alle previsioni di progetto definitivo sia in termini planimetrici che altimetrici.

- incontri con la società A2A per individuare le criticità i vincoli e le possibili soluzioni.



La soluzione progettuale ha previsto la realizzazione innanzitutto di un'opera di presidio della galleria realizzando una doppia fila di paratie laterali collegate in testa da una soletta di protezione in c.a. d spessore 70cm circa. Tra la soletta superiore e l'estradosso della galleria idraulica è stata prevista la messa in opera di uno strato di polistirolo per evitare il trasferimento di sovraccarichi puntuali alla struttura della galleria naturale stessa.



La struttura della galleria artificiale è stata prevista realizzata con soletta di fondazione di tipo piatto al fine di minimizzare gli scavi e annullare le possibili interferenze con la struttura della galleria idraulica minimizzando in funzione degli spazi disponibili l'altezza in mezzeria della soletta stessa.

11 SEGNALETICA

Il progetto della segnaletica stradale ha per oggetto la definizione e il posizionamento di tutti gli elementi orizzontali (strisce di delimitazione della carreggiata, delle corsie, ecc.) o verticali (cartelli di pericolo e prescrizione, pannelli laterali o a portale di indicazione) di ausilio agli utenti stradali per una corretta e sicura fruizione del tratto autostradale.

La progettazione della segnaletica è stata redatta in conformità alle normative vigenti di seguito elencate:

- Nuovo Codice della Strada di cui al D.lgs. n. 285 dei 30 aprile 1992 e successivi aggiornamenti ed integrazioni;
- Regolamento di attuazione dei Nuovo Codice della Strada di cui al D.P.R. n. 495 del 16 dicembre 1992;
- Direttiva n. 1156 del 28 febbraio 1997 "Caratteristiche della segnaletica da utilizzare per la numerazione dei cavalcavia sulle autostrade e sulle strade statali di rilevanza internazionale".

Per quanto concerne la **segnaletica orizzontale**, è stato previsto quanto di seguito:

- strisce continue di margine di larghezza pari a 15 cm;
- strisce continue di separazione delle corsie di marcia di larghezza pari a 12 cm;
- strisce discontinue di separazione delle corsie di marcia di larghezza pari a 12 cm, lunghezza pari a 3.00 m, distanziate di 4.50 m sulla strada principale e lunghezza pari a 3.00 m, distanziate di 3.00 m sulle strade secondarie;
- zebrature di incanalamento sulle cuspidi di larghezza pari a 60 cm ad intervalli di 120 cm entro le strisce di raccordo;
- frecce direzionali secondo le dimensioni indicate dal regolamento di attuazione del Nuovo Codice della Strada;
- frecce di rientro impiegate in avvicinamento alle strisce continue secondo le dimensioni indicate dal regolamento di attuazione del Nuovo Codice della Strada;
- strisce trasversali di dare precedenza costituite da serie triangoli con la punta rivolta verso i conducenti in arrivo di altezza pari a 70 cm e larghezza pari a 60 cm.

La **segnaletica verticale** comprende segnali di pericolo, prescrizione ed indicazione ai quali è affidata la comunicazione con gli utenti della strada con il fine di scongiurare condotte scorrette ed andamenti incerti e pericolosi. A tal fine la progettazione di ogni singolo segnale stradale in termini di posizione, orientamento, materiali e simbologia deve tener conto di:

- lo spazio di avvistamento necessario per individuare il segnale, in relazione alla presenza di ostacoli od altri elementi che ostacolino il raggio visuale come, ad esempio, altra segnaletica;
- la larghezza operativa delle barriere di sicurezza;
- la presenza di barriere acustiche;
- il posizionamento dei sostegni in punti singolari che ingenerino pericolo in caso di svio.

In particolare sono stati previsti i cartelli di serie grande e di serie normale delle seguenti dimensioni:

- cartelli triangolari di pericolo di lato pari a 90 cm;
- cartelli di obbligo e divieto circolari di diametro pari a 60 cm;
- delineatori modulari di curva quadrati da 60 cm di lato.

12 BARRIERE DI SICUREZZA

In relazione a quanto prescritto dal DM 21/06/2004 in materia di installazione di barriere di sicurezza stradali (cfr. cap. 2, punto 18), la strada in progetto ricade nella tipologia di traffico III (TGM bidirezionale > di 1000 veicoli/giorno e % di veicoli pesanti > 15%).
Trattandosi di strada di categoria C1, il livello di contenimento minimo richiesto dalla Norma per le barriere di sicurezza è H2.
Per quanto sopra, le barriere di protezione correnti saranno di classe H2. In particolare, a protezione del bordo dei rilevati verranno installate le barriere H2 con dispositivo salva motociclisti (DSM) di concezione ANAS.
Tra il km 2+169 ed il 2+230, tra il km 2+320 ed il 2+410 e tra il km 2+595 ed il 2+740, dove la strada lambisce alcuni fabbricati preesistenti, saranno installate barriere di classe H3 BL (sempre con DSM) onde diminuire il rischio connesso alla fuoriuscita dei veicoli.
Nei tratti in cui sono presenti opere d'arte superficiali di piccola luce (L < 10 m) saranno installate barriere per bordo opera di classe H2.
In corrispondenza del viadotto di attraversamento del fiume Adda, conformemente alle previsioni del progetto definitivo, saranno invece installate barriere bordo ponte di classe H4 con sistema salva motociclisti.
In definitiva le barriere metalliche installate lungo il tracciato saranno:

- ✓ Barriera bordo rilevato tipo Anas classe H2 con DSM
- ✓ Barriera bordo rilevato tipo Anas classe H3 con DSM
- ✓ Barriera bordo opera tipo Anas classe H3 con DSM
- ✓ Barriera bordo opera tipo Anas classe H4 con DSM

Nelle gallerie e nei sottopassi, saranno installati dispositivi sagomati redirettivi (profili redirettivi).
A protezione dei punti singolari saranno installati attenuatori d'urto del tipo SMA t4.
Maggiori dettagli sui sistemi di ritenuta previsti in progetto sono negli elaborati grafici T00PS00TRAPL01-PL08 e T00PS00TRADC01-DC11, oltre che nell'elaborato T00PS00TRARE01.

La viabilità secondaria di progetto comprende per la quasi totalità strade urbane ed extraurbane di categoria F, oltre che alcune viabilità rurali e arginali.
Si sono adottate barriere di classe N2 per la viabilità extraurbana, corrispondente ad una classe di traffico di tipo II ai sensi del della tabella A dell'aggiornamento del 2004 del D.M sulle barriere di sicurezza.
Per omogeneità, nonché per motivi di ottimizzazione della gestione dell'infrastruttura, su tutta la viabilità locale di tipo urbano si è pure adottata una classe di barriere analoga.
Fanno eccezione le barriere dello svincolo Tirano – Tirano Centro che sono di classe H1 in relazione al più elevato volume di traffico pesante atteso. Le barriere bordo ponte previste su tale strada (sul ponte di attraversamento dell'Adda e sul muro prospiciente i capannoni industriali) e sull'asse denominato in progetto "Ricucitura Eliporto" saranno di classe H2.
Per le caratteristiche tecniche delle singole barriere si rimanda alla relazione ed agli elaborati grafici di progetto.
Sono stati previsti, infine, terminali ed elementi di transizione atti a garantire la continuità strutturale tra i diversi tipi di barriere (collegamenti tra tipologie bordo rilevato e bordo ponte); tali elementi sono individuati dalle tabelle B e C della Legge.

13 IDRAULICA FIUME ADDA

In progetto sono stati assunti i valori di portata dello studio dell'Agenzia Interregionale per il fiume Po. Di seguito si riporta la tabella riportata nel capitolo "conclusioni" della Relazione Idrologica del Fiume Adda, allagata al progetto.

Stazione	**Q_{200} [m^3/s]**
Adda a Tirano	830 m^3/s
Adda a valle della confluenza del torrente Poschiavino	917 m^3/s

Tabella13.a - Portate di piena di progetto (m^3/s)

13.1 VERIFICHE IDRAULICHE

Per lo studio del deflusso di piena, corrispondente ad un valore del tempo di ritorno pari a 200 anni, è stato utilizzato il software di calcolo Hec-Ras (*Hydrologic Engineering Center's River Analysis System*) sviluppato dal *Hydrologic engineering Center dall'U.S. Army Corps of Engineers*, che rappresenta un modello matematico in grado di operare in condizioni di moto stazionario monodimensionale (portata costante e geometria dell'alveo variabile). Per tutti i dettagli si rimanda alla relazione idraulica FA01.

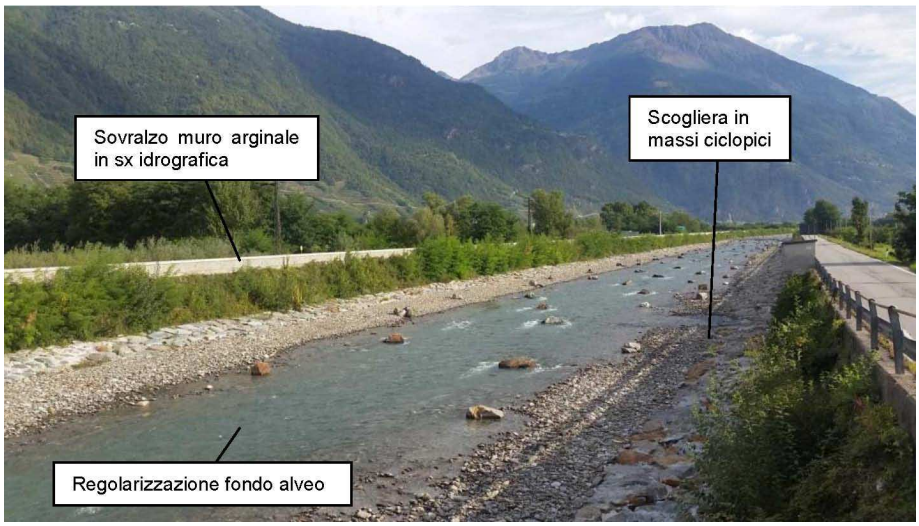


Figura 13.1: Stato attuale del tratto di fiume Adda sottoposto agli interventi AIPo

Il CIPE ha posto una serie di prescrizioni da ottemperare in fase esecutiva, tra cui la riduzione delle interferenze dei due nuovi ponti.
In merito al nuovo ponte di Stazzona, è previsto in curva e di lunghezza pari a 180 m con una pila in alveo e una a tergo dell'argine sinistro. Il nuovo ponte di Tirano non interessa l'alveo, avendo posizionato spalle e pile al di fori degli argini.
Così operando, allungando le luci dei ponti ed in particolare portando le fondazioni delle spalle e delle pile del ponte Tirano al di fuori degli argini, e del ponte Stazzona lasciando in alveo una unica pila circolare, con fondazioni a "pozzo" i progettisti ritengono di aver eliminato le situazioni critiche evidenziate dal CIPE e dal C.S.LL.PP.

Stato attuale

Si mostrano nel seguito i profili del campo di moto ottenuti dalle simulazioni con il codice HEC-RAS per i vari Tr (Figura 13.2), e alcune sezioni estratte dal modello in corrispondenza del ponte esistente (Figura 13.3 e Figura 13.4). In Tabella 13.b sono riportati i risultati numerici della simulazione per il tempo di ritorno di 200 anni. In Allegato B sono riportate le tabelle e le sezioni complete, oltre al profilo in scala maggiore.

HEC-RAS Plan: ATTUALE River: ADDA Reach: Adda Profile: TR = 200 anni

Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Adda	69529.94	830.00	420.20	424.45	425.51	428.26	0.008008	8.65	95.97	26.25	1.44
Adda	68569.1	830.00	412.10	415.70	416.99	419.79	0.009696	8.96	92.64	30.18	1.63
Adda	68205.48	830.00	409.09	412.60	413.77	416.29	0.008938	8.51	97.54	32.85	1.58
Adda	67695.08	917.00	404.80	408.82	409.73	411.88	0.007711	7.76	120.15	163.15	1.46
Adda	67222.66	917.00	401.01	405.42	405.99	407.80	0.008760	6.90	140.57	137.88	1.20
Adda	66719.98	917.00	398.20	401.59	401.85	403.50	0.007815	6.13	149.57	48.79	1.12
Adda	66357.62	917.00	395.30	399.44	399.44	401.19	0.006037	5.85	156.71	44.72	1.00
Adda	65890.16	917.00	392.55	397.33	396.40	398.50	0.003172	4.78	191.80	43.52	0.72
Adda	65880.16	917.00	392.50	397.17	396.42	398.45	0.003596	5.01	183.03	43.40	0.76
Adda	65875	Bridge									
Adda	65870.16	917.00	392.45	396.05	396.40	398.32	0.008836	6.68	137.18	42.61	1.16
Adda	65850.16	917.00	392.35	395.75	396.21	398.13	0.009566	6.83	134.26	42.39	1.21
Adda	65183.16	917.00	388.20	392.54	392.54	393.64	0.005407	4.89	235.11	147.75	0.93
Adda	64666.12	917.00	384.50	389.08	388.19	389.44	0.001921	2.66	363.80	182.25	0.54
Adda	64275.72	917.00	382.81	387.11	387.08	388.14	0.005989	4.67	227.01	109.34	0.83
Adda	63857.53	917.00	380.41	384.57	384.23	385.45	0.006708	4.17	220.09	87.90	0.84
Adda	63538.97	917.00	379.00	382.73	382.40	383.35	0.006018	3.50	261.87	126.23	0.78
Adda	62946.09	917.00	375.59	379.19	378.87	379.69	0.006204	3.14	291.61	169.83	0.77
Adda	62395.70	917.00	372.80	376.20	375.76	376.60	0.005000	2.81	326.83	196.82	0.69

Tabella 13.b: Stato attuale -Grandezze idrodinamiche del tratto in esame per la modellazione con portata corrispondente a TR = 200 anni. (River Sta= N°sezione del corso d'acqua; Min Ch Elev= quota del fondo alveo; Crit WS= quota dell'altezza critica s.l.m.;WS Elev= quota della superficie libera s.l.m.; EG Slope= pendenza della linea dell'energia; Vel Chnl= velocità nel canale; Froude= numero di Froude della corrente)

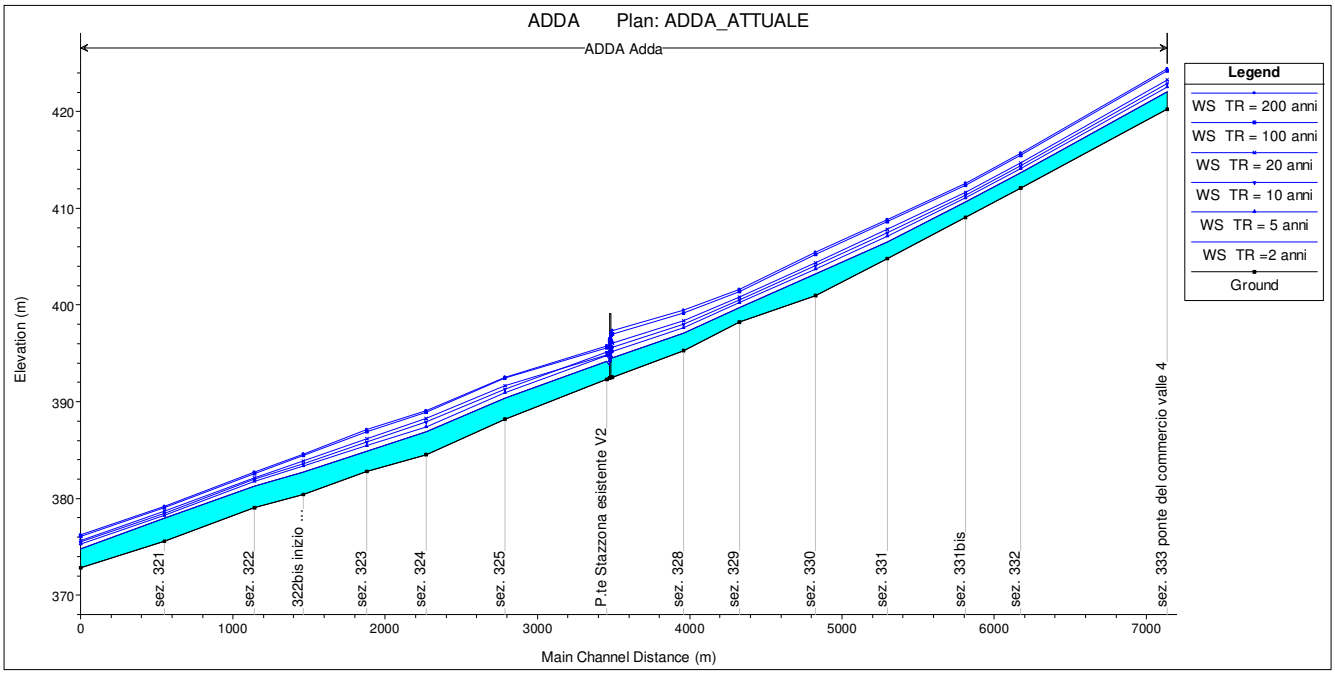


Figura 13.2: Andamento del pelo libero nel tratto del fiume Adda in esame allo stato attuale. WS =quota della superficie libera per le portate associate ai diversi tempi di ritorno

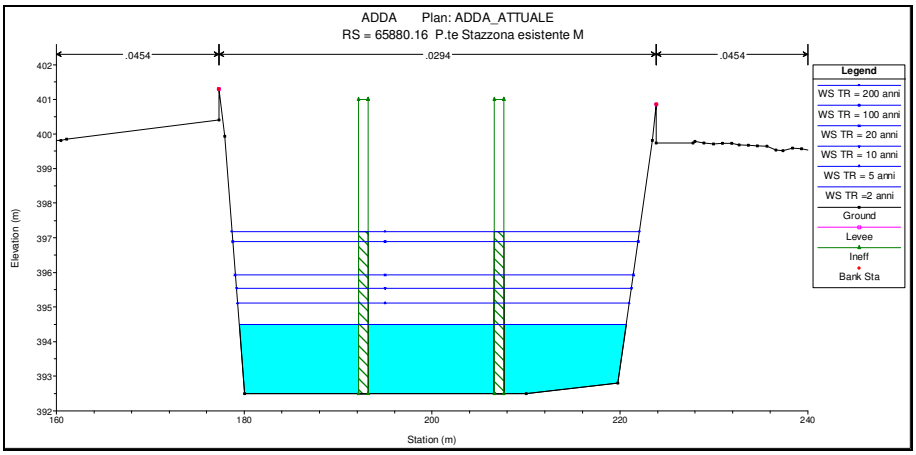


Figura 13.3: Sezione del fiume Adda a monte del ponte esistente di Stazzona (R.S. 65880.16), stato attuale

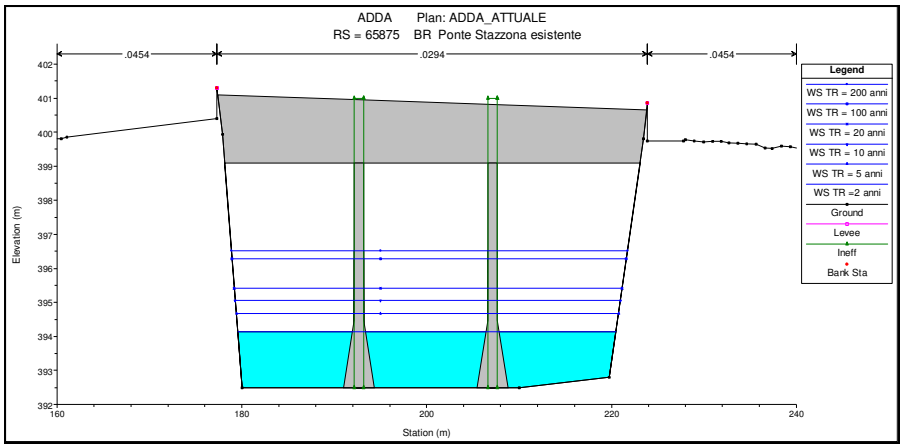


Figura 13.4: Sezione del fiume Adda presso il ponte esistente di Stazzona (R.S. 65875), stato attuale

Stato di progetto

Si mostrano nel seguito i profili del campo di moto ottenuti dalle simulazioni con il codice HEC-RAS per i vari Tr (Figura 13.5), e alcune sezioni estratte dal modello in corrispondenza dei ponti di progetto (da Figura 13.6 a Figura 13.11). In Tabella 13.c sono riportati i risultati numerici delle simulazioni per il tempo di ritorno di 200 anni.

In allegato sono riportate:

- le tabelle relative alle analisi effettuate per i seguenti tempi di ritorno: 2, 10, 20, 100 e 200 anni;
- le sezioni complete relative alla simulazione con un tempo di ritorno di 200 anni;
- il profilo con l'andamento del pelo libero per i tempi di ritorno di 2, 10, 20, 100 e 200 anni.

Per il nuovo ponte di Tirano non risultano esservi problemi di franco idraulico, in quanto l'impalcato dell'opera è posizionato a quota 414,45 m s.l.m. mentre il tirante idrico per la portata corrispondente al TR = 200 anni risulta a quota 412,61 m s.l.m. (franco di 1,87 m valutato, a favore di sicurezza, con il tirante della sezione di monte del ponte).

Per il ponte di Stazzona esistente il progetto non prevede modifiche e quindi si confermano i risultati dello stato attuale. Il nuovo ponte di Stazzona è posizionato, invece, circa 200 m a valle.

Per il nuovo ponte di Stazzona la modellazione non prevede problemi di franco idraulico in quanto il punto più basso dell'impalcato dell'opera è alla quota di 397,66 m s.l.m. mentre il tirante idrico per la portata corrispondente al TR = 200 anni risulta a quota 395,77 m s.l.m. (franco di 1,89 m valutato, a favore di sicurezza, con il tirante della sezione immediatamente a monte del ponte stesso, a 1 m dall'impalcato.

HEC-RAS Plan: PROGETTO River: ADDA Reach: Adda Profile: TR = 200 anni

Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Adda	69529.94	830.00	420.20	424.45	425.51	428.26	0.008008	8.65	95.97	26.25	1.44
Adda	68569.1	830.00	412.10	415.70	416.39	419.79	0.009700	8.96	92.62	30.18	1.63
Adda	68205.48	830.00	409.09	412.58	413.81	416.28	0.008975	8.52	97.36	32.82	1.58
Adda	68200	Bridge									
Adda	68185	830.00	408.92	412.58	413.67	416.04	0.008012	8.24	100.79	32.82	1.50
Adda	67695.08	917.00	404.80	408.76	409.74	411.96	0.008295	7.94	117.17	118.75	1.51
Adda	67222.66	917.00	401.01	405.47	405.98	407.76	0.008328	6.77	143.63	73.45	1.18
Adda	66719.98	917.00	398.20	401.54	401.84	403.52	0.008194	6.23	147.28	48.67	1.14
Adda	66357.62	917.00	395.30	399.45	399.45	401.19	0.006032	5.85	156.81	44.79	1.00
Adda	65890.16	917.00	392.55	397.30	396.40	398.50	0.003273	4.84	189.59	43.50	0.73
Adda	65880.16	917.00	392.50	397.17	396.42	398.45	0.003596	5.01	183.03	43.40	0.76
Adda	65875	Bridge									
Adda	65870.16	917.00	392.45	395.94	396.35	398.27	0.009124	6.76	135.58	42.52	1.18
Adda	65850.16	917.00	392.35	395.62	396.13	398.06	0.010308	6.93	132.32	42.27	1.25
Adda	65705	917.00	391.45	395.76	395.43	397.00	0.004692	4.93	185.95	58.18	0.86
Adda	65700	917.00	391.42	395.77	395.38	396.96	0.004444	4.84	189.54	58.67	0.83
Adda	65690	Bridge									
Adda	65677	917.00	391.28	395.30	395.30	396.82	0.006534	5.46	168.04	58.49	1.00
Adda	65672	917.00	391.25	394.89	395.22	396.75	0.009660	6.04	151.86	58.14	1.19
Adda	65183.16	917.00	388.20	392.54	392.54	393.64	0.005405	4.89	235.16	147.88	0.93
Adda	64666.12	917.00	384.50	389.08	388.18	389.43	0.001921	2.66	363.73	182.44	0.55
Adda	64275.72	917.00	382.81	387.11	387.08	388.15	0.005973	4.67	227.13	109.28	0.83
Adda	63857.53	917.00	380.41	384.57	384.27	385.45	0.006717	4.17	220.00	87.90	0.84
Adda	63538.97	917.00	379.00	382.73	382.40	383.35	0.006019	3.50	261.85	126.23	0.78
Adda	62946.09	917.00	375.59	379.19	378.87	379.69	0.006205	3.15	291.57	169.79	0.77
Adda	62395.70	917.00	372.80	376.20	375.76	376.60	0.005000	2.81	326.81	196.81	0.69

Tabella 13.c: Stato di progetto -Grandezze idrodinamiche del tratto in esame per la modellazione con portata corrispondente a TR = 200 anni. River Sta= N°sezione del corso d'acqua; Min Ch Elev= quota del fondo alveo; Crit WS= quota dell'altezza critica s.l.m.; WS Elev= quota della superficie libera s.l.m.; EG Slope= pendenza della linea dell'energia; Vel Chnl= velocità nel canale; Froude= numero di Froude della corrente

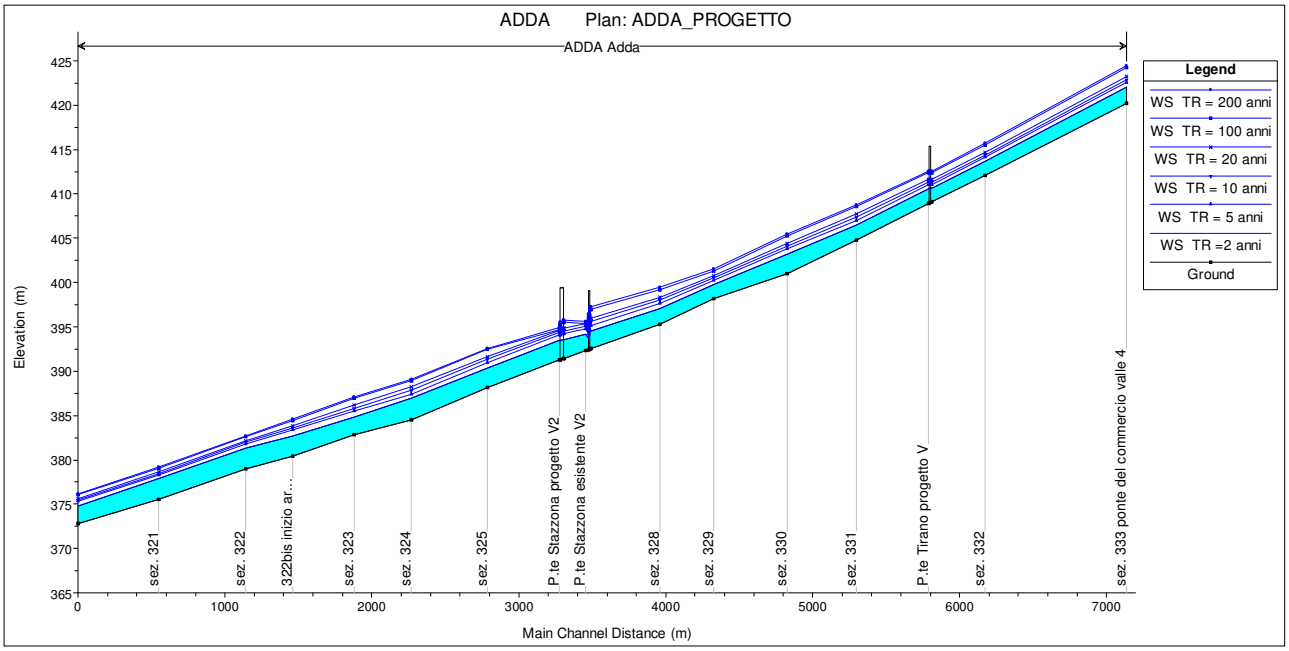


Figura 13.5: Andamento del pelo libero nel tratto di fiume Adda in esame nello stato di progetto. WS =quota della superficie libera per le portate in alveo associate ai diversi tempi di ritorno

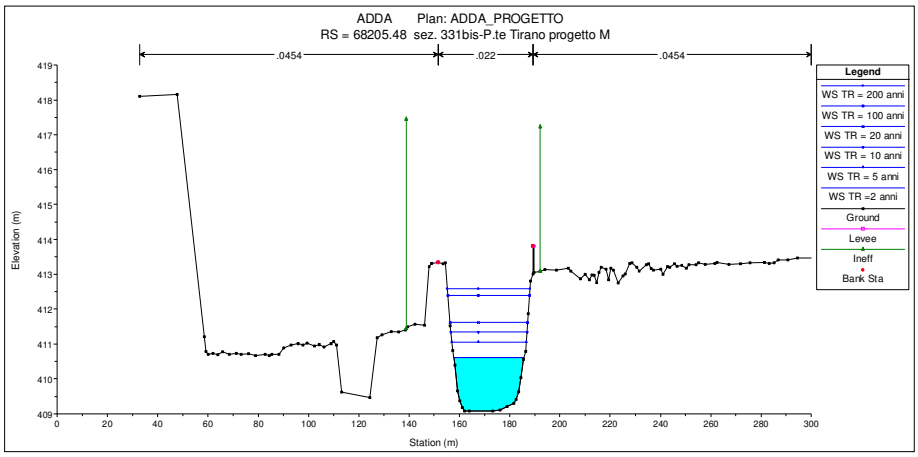


Figura 13.6: Sezione del fiume Adda immediatamente a monte del nuovo ponte di Tirano (R.S. 68205.48), stato di progetto

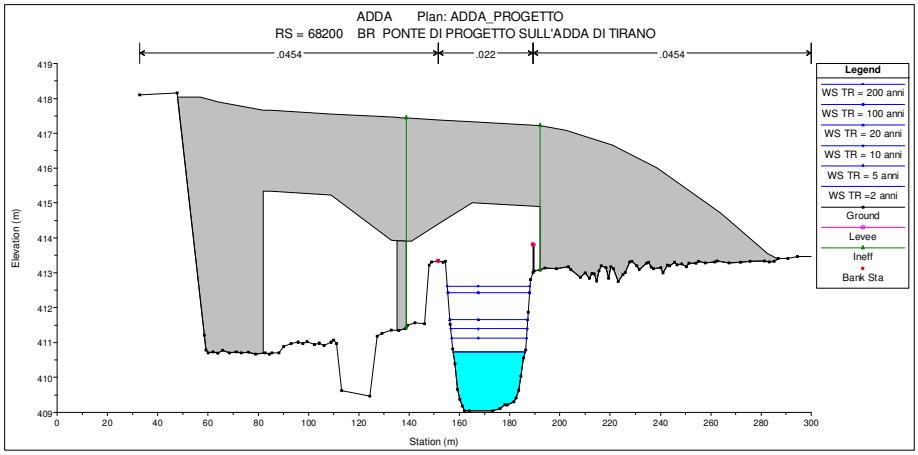


Figura 13.7: Sezione del fiume Adda presso il nuovo ponte di Tirano (R.S. 68200), stato di progetto

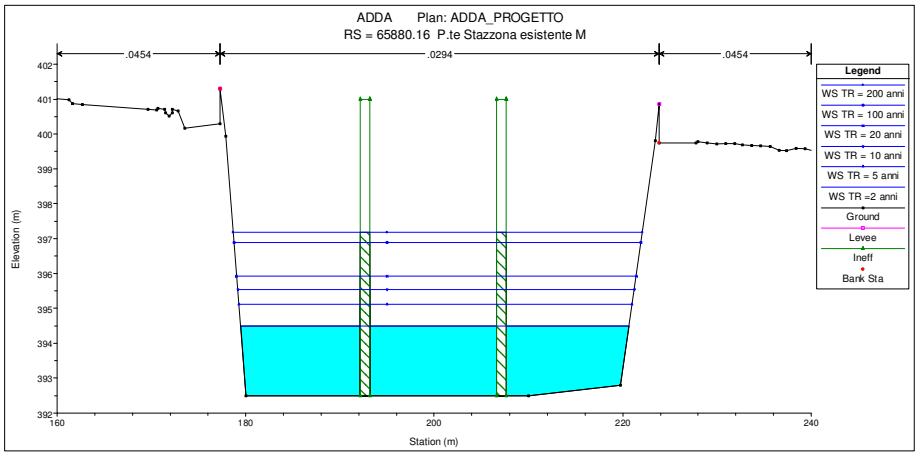


Figura 13.8:: Sezione del fiume Adda immediatamente a monte del ponte esistente di Stazzona (R.S. 65880.16), stato di progetto

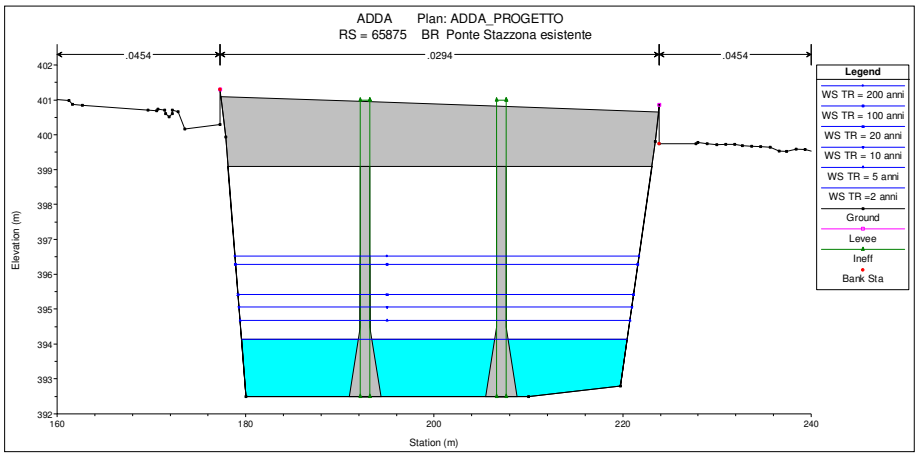


Figura 13.9: Sezione del fiume Adda presso il ponte esistente di Stazzona (R.S. 65875), stato di progetto

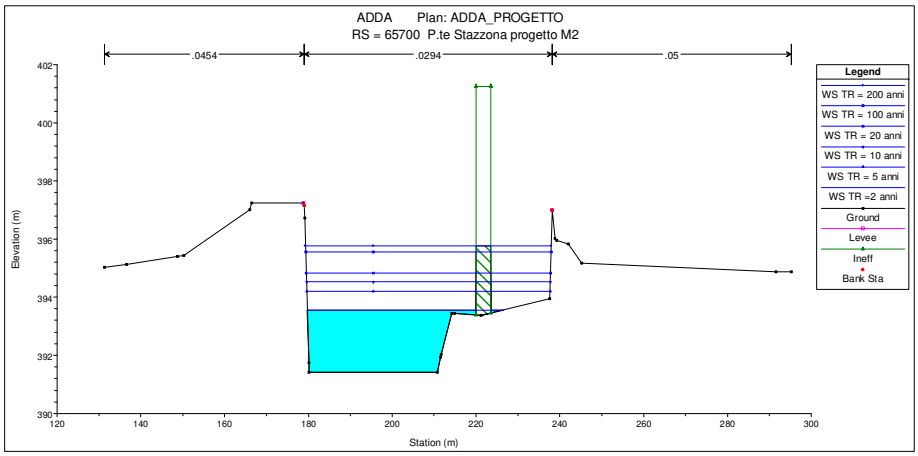


Figura 13.10: Sezione del fiume Adda immediatamente a monte del nuovo ponte di Stazzona (R.S. 65700), stato di progetto

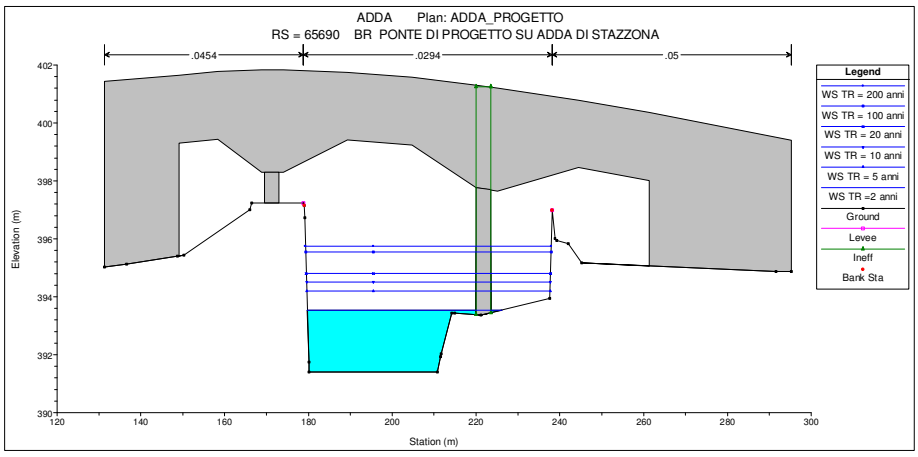


Figura 13.11: Sezione del fiume Adda presso il nuovo ponte di Stazzona (R.S. 65690), stato di progetto

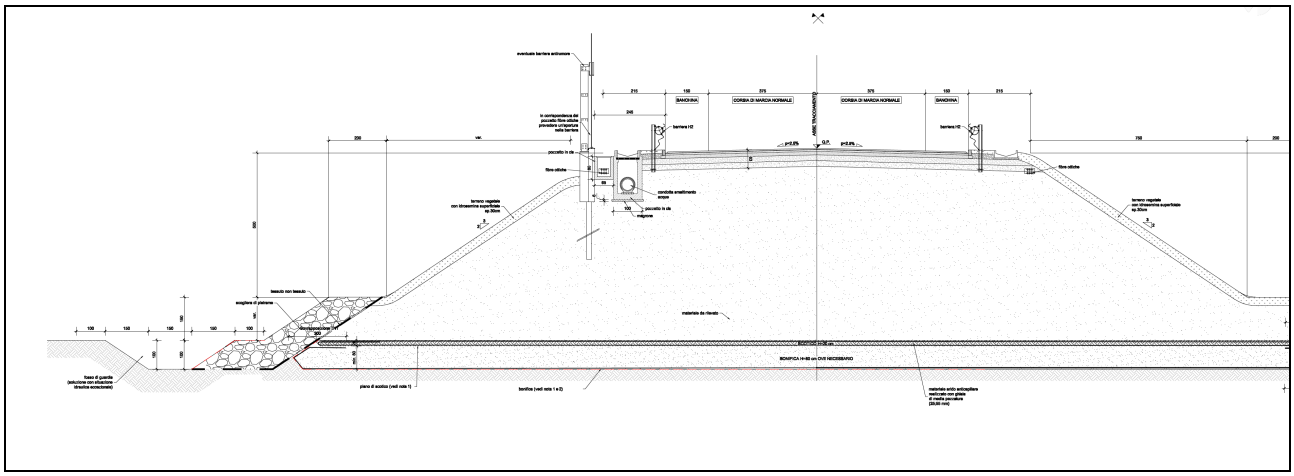
13.2 FENOMENI DI TRASCINAMENTO ED EROSIONE DEL PIEDE DEL RILEVATO

Il tracciato del progetto stradale, tra la progressiva km 1+905 e km 2+950 è interessato dall'esondazione in sinistra idraulica del fiume Adda.

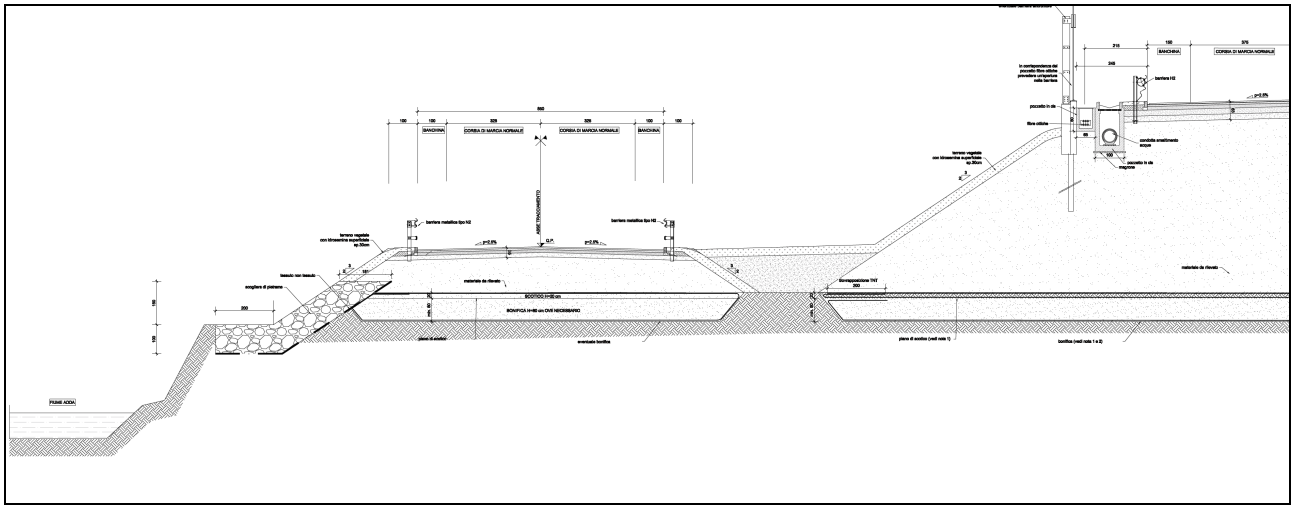
Il fenomeno di trascinamento ed erosione al piede del rilevato stradale, qualora questo fosse interessato direttamente dai livelli idrici, è stato calcolato con il metodo di Shields le velocità calcolate al piede del rilevato sono al massimo 1,61 m/s, troppo basse per innescare qualsiasi azione di trascinamento ed erosione a un rilevato rinverdito.

Per sicurezza le sezioni del rilevato, interessate dalle zone di esondazione, sono comunque state rivestite con scogliera di pietrame, realizzata con massi a pezzatura variabile (peso minimo compreso tra 150kg e 300kg), di altezza circa 1.50m sul piano campagna, di spessore 1.00m,

scarpa 3/2. A tergo e sul piano di fondazione della scogliera è posto un geotessile anticontaminante in T.N.T. (grammatura minima 400gr/mq) con funzione di filtro.



Sezione tipologica in zona di esondazione



Sezione tipologica in vicinanza del F. Adda

Tali rivestimenti sono stati previsti nei seguenti tratti:

- Sez tipo 1 - L=170m tra le progr. 0+540 e 0+615
- Sez tipo 1 - L=80m tra le progr. 0+690 e 0+670
- Sez tipo 1 - L=280m tra le progr. 0+770 e 0+880
- Sez tipo 2 - L=110m tra le progr. 0+770 e 0+900
- Sez tipo 1 - L=720m tra le progr. 1+905 e 2+625
- Sez tipo 1 - L=175m tra le progr. 2+985 e 2+160
- Sez tipo 1 - L=150m tra le progr. 2+225 e 2+375
- Sez tipo 1 - L=260m tra le progr. 2+700 e 2+960

13.3 FENOMENI DI SCALZAMENTO DELLA PILA DEL PONTE DI STAZZONA

Il calcolo dello scalzamento delle pile è stato effettuato utilizzando la consolidata formula di Breusers (Breusers et al 1977).

Per la pila n. 1 del ponte di Stazzona l'erosione massima prevedibile è dell'ordine dei 4 m, e dunque interessa la sola pila.

13.4 COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELLE OPERE

L'allegato 1 alla "Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B" e prescrive che la valutazione della compatibilità di un'assegnata opera pubblica o di interesse pubblico con il regime fluviale potenzialmente interferito venga condotta attraverso l'analisi di alcuni distinti effetti.

Nel seguito, si riportano, per ciascuno dei suddetti effetti, le considerazioni desumibili dai calcoli idraulici effettuati.

Effetto E.1: modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena

Per la valutazione delle modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena occorre valutare gli effetti generati dai ponti di Stazzona e di Tirano in progetto e dal rilevato costituente la nuova S.S. 38.

Le simulazioni effettuate mostrano un effetto trascurabile delle pile dei ponti in progetto sul profilo di piena. Le quote del pelo libero nella situazione esistente e in quella di progetto restano sostanzialmente uguali per il ponte di Tirano; la presenza della pila in alveo nel ponte di Stazzona determina un innalzamento massimo di circa 0,7m del livello nella sezione immediatamente a monte dell'opera. L'effetto del rigurgito provocato dalla pila in alveo si esaurisce in un tratto limitato a monte del ponte. Riguardo al franco disponibile, esso risulta superiore al valore limite pari ad 1,00 m.

Per quanto riguarda il rilevato stradale, il modello idraulico ricostruito a partire dal modello AIPO, dalla sezione 320 alla sezione 333, ha prodotto i seguenti risultati:

- Il livello idrico associato ad una piena duecentennale interessa direttamente il rilevato stradale esclusivamente a valle del nuovo ponte di Tirano, per un tratto di circa 1000 m;
- Le velocità dell'acqua nella zona di esondazione sono da ritenersi piccole e non in grado di innescare pericolosi fenomeni di erosione localizzata. Per ragioni di sicurezza, comunque, è prevista una protezione a scogliera del piede del rilevato e una biostuoia che garantisca il rinverdimento del versante.

Inoltre, il volume del rilevato risulta molto limitato se paragonato a quello dell'igrogramma di piena: pertanto, la riduzione della capacità di laminazione della piena appare del tutto trascurabile.

La quota del piano viabile è stata fissata in modo da ottenere un franco minimo di 1 m rispetto al livello di massima piena. Pertanto, nei tratti ove il rilevato stradale coincide con il limite delle fasce fluviali, viene prevista una protezione a scogliera del rilevato nonché l'interposizione di una strada arginale come espressamente richiesto dal Magistrato per il Po Si prevede di proteggere anche la scarpata destra per circa 420m, a partire da circa 780m a valle del ponte di Tirano di progetto.

Effetto E.2: riduzione della capacità di invaso dell'alveo

Il volume complessivo "sottratto" all'esondazione è pari a circa 870.000 m^3, evidentemente trascurabile nei riguardi di un'onda di piena caratterizzata da volumi complessivi di molti milioni di metri cubi: l'effetto eventuale della cassa d'espansione sarebbe esaurito in pochi minuti.

Effetto E.3: interazioni con le opere di difesa idraulica (opere di sponda e argini) esistenti

Non sono previsti interventi che possano modificare il funzionamento delle opere di difesa idraulica esistenti. Con riferimento al rilevato stradale costituente la nuova SS38 in progetto, ubicato in sinistra idraulica del fiume Adda, il progetto non prevede la modifica degli argini esistenti.

Effetto E.4: opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento

Le opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento si identificano con le protezioni a scogliera previste per il rilevato costituente la nuova S.S. 38 e per il tratto arginale in corrispondenza del nuovo ponte di Tirano.

Effetto E.5: modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico dell'alveo inciso e di piena

Non si segnalano possibilità di modifiche dell'alveo inciso in quanto non sono previste opere in tale area. Non vi sono ragionevoli indicazioni che portino ad individuare nuove vie di deflusso all'interno dell'alveo di piena.

Effetto E.6: modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale

Le opere di protezione sono progettate utilizzando tecniche di ingegneria naturalistica volte a limitare l'impatto sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale.

Effetto E.7: condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena

Il modello di calcolo non evidenzia rischi particolari. Nel caso del rilevato costituente la nuova S.S. 38, l'opera si mostra molto utile in condizioni di eventi di piena in quanto, grazie al franco di progetto adottato, si pone a garanzia di eventuali operazioni di evacuazione di aree a rischio.

Riguardo ai ponti in progetto, si evidenziano il rispetto del franco minimo con un ampio margine di sicurezza, la forma circolare delle pile, le ampie luci previste: tutti aspetti che permettono di ritenere sicura l'opera nei confronti degli eventi di piena ad elevato tempo di ritorno.

13.5 VERIFICA DELLA COMPATIBILITÀ DELLE OPERE DI ATTRAVERSAMENTO DURANTE LE FASI DI LAVORO

I due nuovi ponti in progetto prevedono una durata dei lavori in alveo tra i **5** (ponte di Tirano) e gli **8 mesi** (nuovo ponte di Stazzona).

Di seguito si riportano le verifiche di compatibilità delle opere di attraversamento durante le fasi di lavoro con una portata al colmo associata ad un determinato periodo di ritorno e, alla luce dei risultati, l'eventuale progettazione di opere provvisionali in alveo.

Le portate che sono state utilizzate per le verifiche idrauliche durante le fasi di lavoro in alveo sono:

- **Ponte di Tirano**: la sezione in corrispondenza del nuovo ponte di Tirano non viene ristretta per permettere i lavori in alveo; la portata con tempo di ritorno 2 anni (178 m^3/s) transita con un tirante di 2,37 m. Si ricorda che la pila è stata riposizionata a tergo dell'argine.
- **Nuovo ponte di Stazzona**: la sezione in corrispondenza della pila del nuovo ponte di Stazzona, ristretta per permettere i lavori in alveo, è attraversata da una portata con tempo di ritorno 2 anni (214 m^3/s) con un tirante di 4,1 m. Sono state previste, in sponda destra, due ture provvisorie per tutta la durata dei lavori in alveo (8 mesi), alte rispettivamente 2,9 m, che garantiranno il passaggio di tale portata con un franco idraulico di 0.5 m.

13.6 OPERE PROVVISIONALI IN ALVEO

Le sezioni in corrispondenza del nuovo ponte di Stazzona, ristrette per permettere i lavori in alveo, vengono attraversate da una portata con tempo di ritorno 2 anni (214 m^3/s) con un tirante di 2,1 m.

È stata prevista, in sponda destra una tura provvisoria per tutta la durata dei lavori in alveo (8 mesi), alta circa 1.00m, che garantirà il passaggio di tale portata con un **franco idraulico di 0.5 m**.

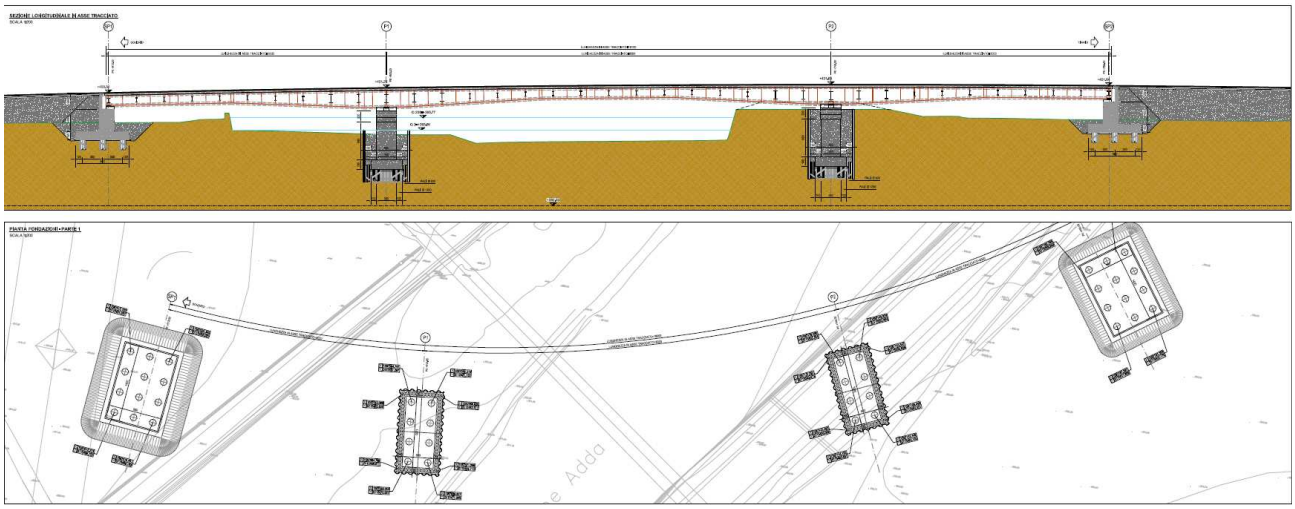


Figura 8.1: planimetria e sezione del ponte di Stazzona, opere in fondazione per garantire il passaggio di una portata con tempo di ritorno 2 anni (vista valle monte)

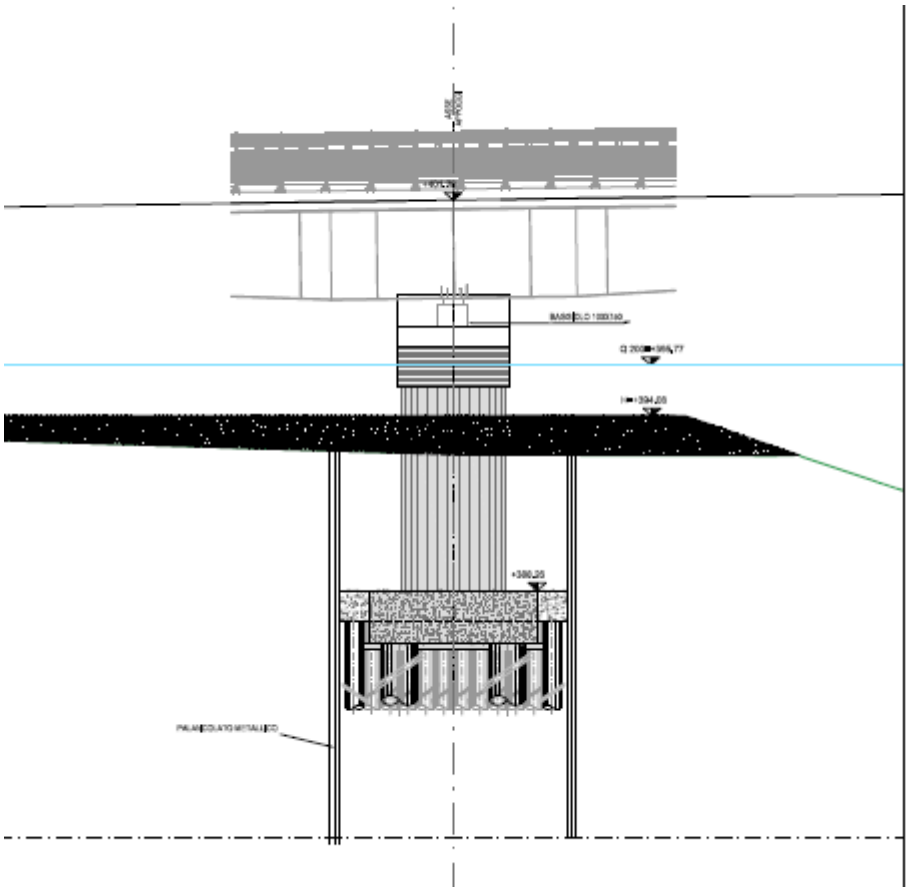
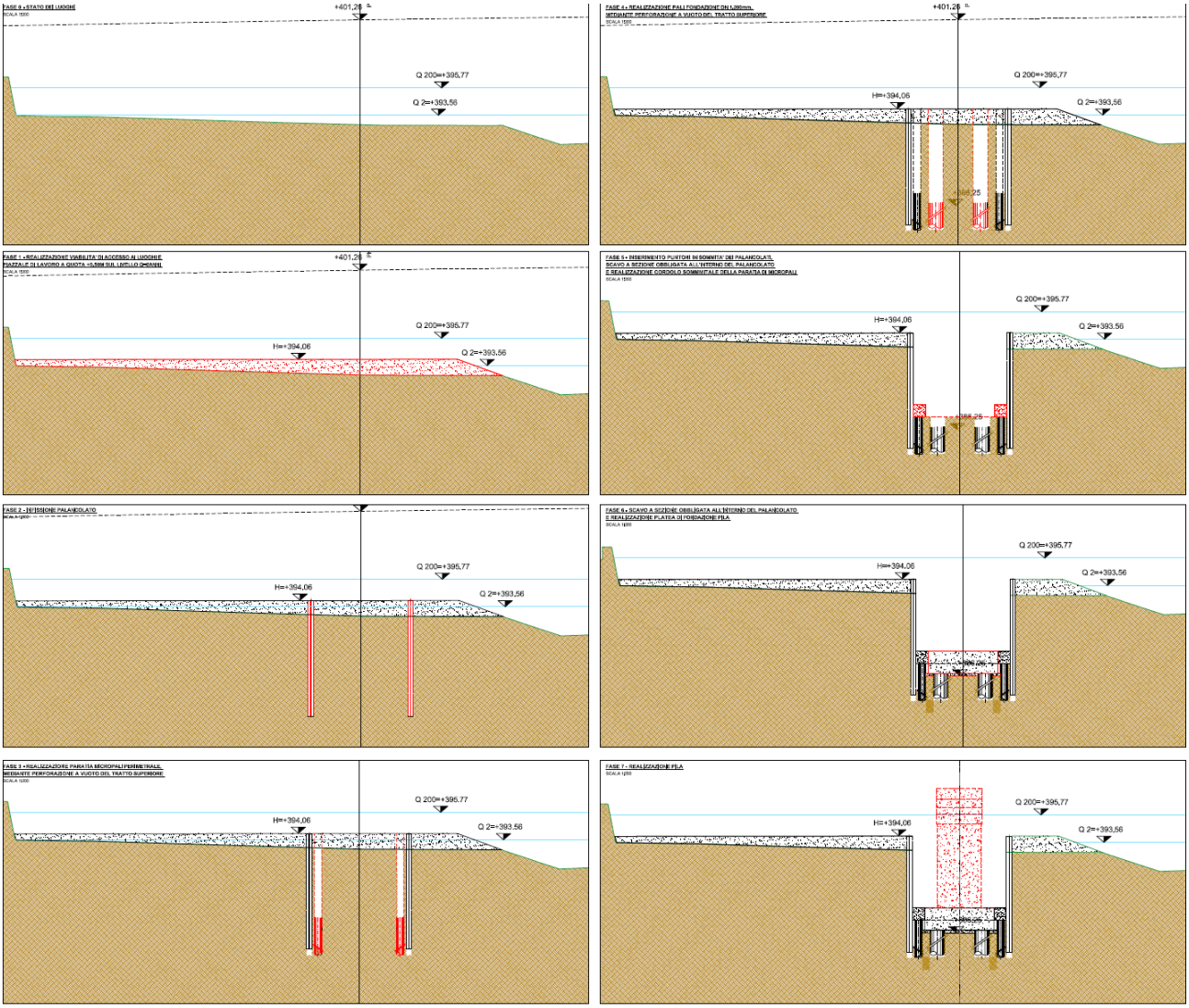


Figura 8.2: sezione del ponte di Stazzona, scavi per la fase lavori e costruzione di una tura provvisoria per garantire il passaggio di una portata con tempo di ritorno 2 anni (vista valle monte)

- fase 2: realizzazione di una pista in golena e di un piano di lavoro in corrispondenza della pila.
- fase 3: Su questo piano di lavoro, inizialmente sarà infisso un palancolato metallico perimetrale alla soletta di fondazione, così da consentire lo scavo a sezione obbligata senza manomettere la golena.
- Fase 4: si realizzerà all'interno del palancolato una paratia perimetrale di micropali, per stabilizzare il piede del palancolato.

- Fase 5: Si procede quindi, sempre dall'alto, a perforare i pali di grande diametro di fondazione del plinto.
- Fase 6: scavo all'interno del palancolato e realizzazione del cordolo in c.a. della paratia di micropali.
- Fase 7: getto della soletta in c.a. del plinto
- Fase 8: realizzazione del fusto della pila
- Fase 9: riempimento dello scavo con scogliera di pietrame, sfilaggio del palancolato e ripristino dei luoghi.



Così operando, in alveo si crea un disturbo minimo al passaggio della corrente di piena, le opere in fase di realizzazione sono sempre protette.

14 IDRAULICA DI VERSANTE

I progettisti, nella redazione del presente elaborato di progetto esecutivo, hanno seguito i seguenti criteri, per ottemperare alle condizioni degli Organi Istruttori:

- È stata effettuata una totale revisione dei calcoli idraulici sia delle acque di piattaforma che per quelle di versante, utilizzando criteri di calcolo tradizionali, più aderenti alla realtà fisica dei territori e delle infrastrutture interessate;
- I calcoli sono stati verificati anche sulla base delle valutazioni idrauliche contenute nei P.G.T. (Piani di Governo del Territorio) dei Comuni territorialmente interessati dalle opere della nuova strada;
- Sono state effettuate le verifiche in moto permanente per tutte le strutture di attraversamento, di primaria importanza;
- Le opere sono state dimensionate con accorgimenti mirati a migliorare l'esercizio (impianti di sollevamento) e di manutenzione (tombini idraulici, ecc);
- Gli argini stradali in presenza di esondazioni da parte del fiume Adda sono stati opportunamente protetti;
- È stata posta particolare attenzione alla ricucitura della viabilità esistente, sia per quelle arginali, sia per quelle rurali.

14.1 ANALISI PLUVIOMETRICA

Per l'analisi dei dati relativi alle piogge con durata superiore all'ora si è fatto riferimento ai valori dei parametri messi a disposizione, per la zona ove insistono le opere in progetto, da ARPA Lombardia tramite il proprio Portale Idrologico Geografico.

Alla luce di quanto ottenuto dalle analisi descritte nella specifica relazione idraulica dei bacini di versante si sintetizza che:

- l'elaborazione delle piogge orarie relative alla zona di Tirano ha portato ai seguenti valori di progetto dei parametri *a* e *n*:

•	*a*	*n*
TR 2	19.54	0.377
TR 5	27.784	0.3773
TR 10	33.931	0.3772
TR 20	40.422	0.3773
TR 50	49.812	0.3773
TR 100	57.687	0.3769
TR 200	66.214	0.377

Tabella 14.1.a: Valori di a e n al variare dei tempi di ritorno per piogge di durata superiori o uguali ad 1 ora calcolati con la metodologia ARPA (Fonte: Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia)

- l'elaborazione delle piogge suborarie (scrosci) sviluppata usando il metodo di Bell , i cui risultati sono stati utilizzati sia per la progettazione dei tombini di attraversamento del rilevato stradale che per la progettazione delle opere di raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma, ha fornito:

	TR 25	TR 50	TR 100
a	44.085	51.503	59.645
n	0.4636	0.4636	0.4636

Tabella 14.1.b: Curve di possibilità pluviometrica per eventi di breve durata per TR = 25, 50 e 100 anni

Per quanto riguarda i tempi di ritorno di progetto utilizzati nelle analisi statistiche sono stati utilizzati:

- TR = 25 anni, per il dimensionamento delle tubazioni di drenaggio della sede stradale;
- TR = 50 anni, per il dimensionamento dei fossi di guardia e delle vasche di laminazione;
- TR = 100 anni, per le verifiche dei tombini di ripristino degli impluvi

14.2 DESCRIZIONE DELLA RETE DI DRENAGGIO PER LE ACQUE PROVENIENTI DAI VERSANTI

Per la protezione delle opere della sede stradale di progetto, dei rilevati e delle opere di sostegno si prevede la realizzazione di fossi di guardia per l'intercettazione e l'allontanamento delle acque di versante proveniente dalle zone limitrofe all'infrastruttura.
La tipologia del manufatto dipende dal tipo di opera da proteggere e dalla superficie del bacino scolante a monte dell'opera stessa. I fossi di guardia vengono posizionati al piede delle scarpate stradali o in testa ai muri di controripa.
In questa sede si prevede la realizzazione di diversi sistemi:

- a protezione dei rilevati stradali:
    - fossi di guardia in terra o, ove necessario, rivestiti in scogliera di pietrame, di forma trapezoidale delle dimensioni di:
        - 0,50x0,50x0,50 m (per bacini scolanti di piccole-medie dimensioni);
        - 0,70x0,70x0,70 m (per bacini scolanti di piccole-medie dimensioni);
        - 1.00x1.00x1.00 m (per bacini scolanti di grandi dimensioni);
        - 1.00x2.00x1.00m (per bacini scolanti di più grande dimensione);
- a protezione di muri di controripa:
    - fossi di guardia a sezione rettangolare, con prefabbricati in calcestruzzo, dalle dimensioni di 0,50m di base per 0,50m di altezza fino a 2.00m di base per 1.00 di altezza.

Questi sistemi non prevedono il trattamento delle acque di prima pioggia, in quanto non ricevono drenaggi dalla sede stradale, e scaricano direttamente nei corsi d'acqua ricettori.

14.3 BACINI IMBRIFERI – CARATTERISTICHE DELLE AREE DI DRENAGGIO DI VERSANTE

La viabilità di progetto scorre ai piedi di versanti montuosi che si elevano per un migliaio di metri sopra il fondo valle (quota massima della perimetrazione è circa 1900 m s.m in sinistra idraulica del Fiume Adda e circa 2300 m s.m. in destra idraulica). Questi versanti, quasi interamente ricoperti da bosco, sono incisi da corsi d'acqua minori a carattere torrentizio.
Lungo i versanti, durante le piogge, avviene un naturale ruscellamento che raggiunge il fondovalle attraverso impluvi naturali. Laddove non risultano impluvi ben definiti le acque di ruscellamento, in corrispondenza dell'opera in progetto, devono essere intercettate e convogliate da fossi di guardia posti a protezione delle opere stradali.
Il dimensionamento di questi fossi di guardia dipende in gran misura dall'estensione delle aree contribuenti a monte.
La definizione del reticolo di drenaggio superficiale e dei relativi bacini imbriferi è stata effettuata sulla base della cartografia al 5000 fornita dalla Regione Lombardia e degli elaborati dei Piani di Governo del Territori (PGT) dei comuni in cui ricade il progetto.

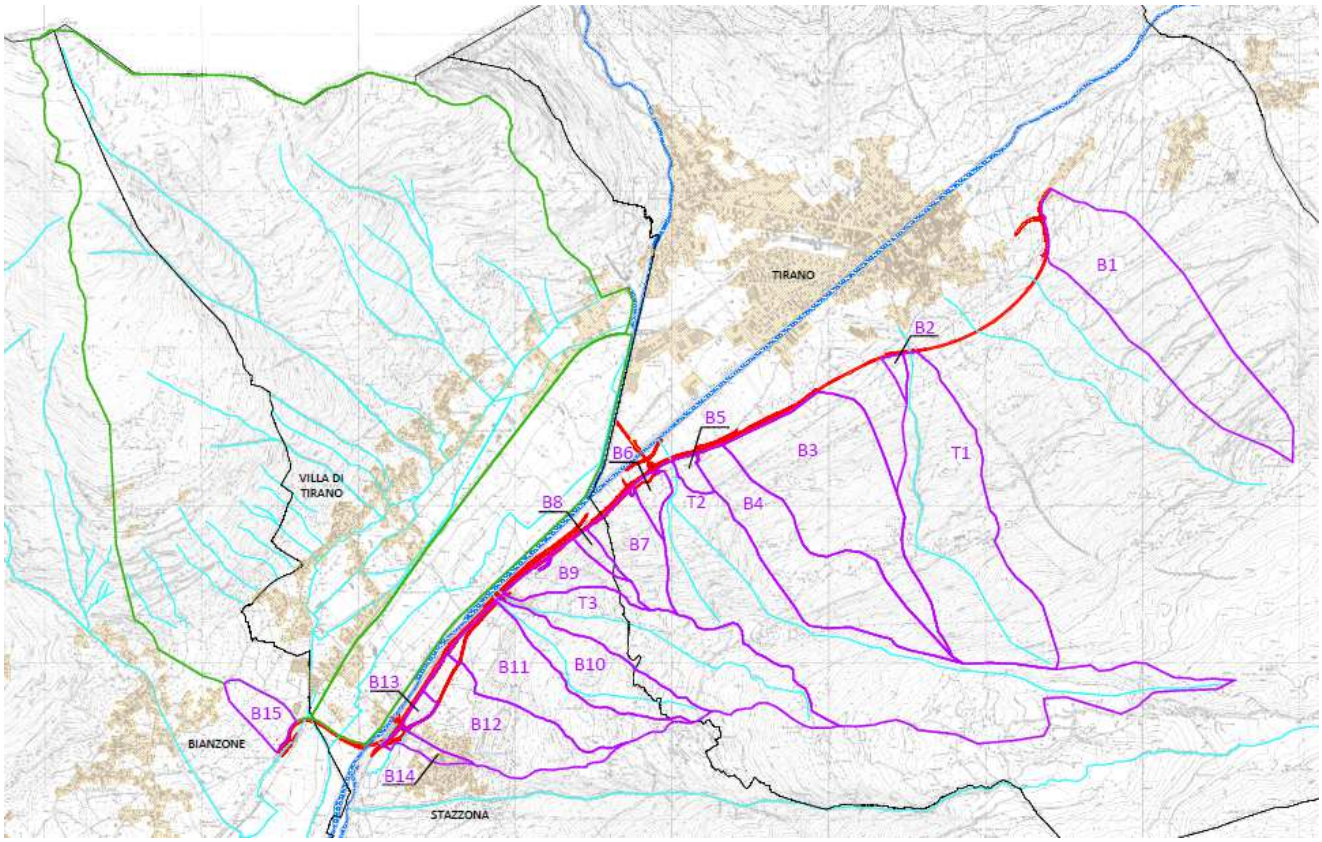


Figura 14.3.1 – Bacini imbriferi

La planimetria indica i bacini considerati: in viola sono indicati i bacini in destra, in verde il Canale Rossi e il suo affluente; in nero sono riportati i confini comunali e in rosso il tracciato di progetto.

Nella Tabella 14.3.a e 14.3.b si riportano le superfici calcolate nelle perimetrazioni dei bacini in destra e le caratteristiche principali, Tutti i bacini sono ubicati in sinistra idraulica, ad eccezione del bacino B15.

Le caratteristiche altimetriche dei bacini sono state estratte dal DTM a 20m della Regione Lombardia. I bacini denominati "B" risultano direttamente tributari dei fossi di guardia laterali, mentre quelli denominati "T" sono incanalati negli impluvi naturali (Rio Valle dei Ferri, Rio San Bernardo, Rio Val di Gondo e Rio Val dei Morti) individuati nel paragrafo precedente.

Nel calcolo delle portate di deflusso è stata operata una distinzione metodologica tra le acque provenienti dalla piattaforma stradale (che sono inviate alle vasche di trattamento e laminazione), e quelle provenienti dai versanti sottesi dai fossi di guardia sul lato Sud – Est del tracciato.

CODICE BACINO	AREA BACINO	LUNGHEZZA ASTA	QUOTA MASSIMA	QUOTA MINIMA	QUOTA MEDIA	PENDENZA MEDIA
	(km^2)	(km)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/m)
T1	1.04	2.45	1711.20	495.03	984.36	1711.20
T2	1.62	4.22	1843.63	417.91	1249.52	1843.63
T3	0.69	2.32	1425.53	403.94	968.16	1425.53
B1	0.93	2.40	1592.19	498.10	940.59	560.02
B2	0.02	0.34	560.02	497.13	516.36	1540.75
B3	0.83	2.32	1540.75	417.00	812.50	1051.14
B4	0.61	2.10	1500.00	413.50	806.24	1500.00
B5	0.04	0.27	595.70	413.20	442.00	946.48
B6	0.05	0.36	550.00	425.00	450.00	870.77
B7	0.21	0.81	946.48	409.94	594.09	559.99
B8	0.03	0.36	740.00	405.20	540.00	1066.29
B9	0.15	0.65	870.77	404.91	520.00	511.68
B10	0.33	1.59	1131.47	404.08	826.38	430.00
B11	0.45	1.66	1066.29	396.72	579.39	1592.19
B12	0.44	1.49	890.59	395.17	536.01	541.66
B14	0.04	0.77	511.68	393.53	418.93	400.00
B15	0.10	0.44	459.53	397.69	423.54	397.00

Tabella 14.3.a – *Bacini imbriferi in sinistra idraulica del Fiume Adda e loro caratteristiche*

NOME BACINO	AREA BACINO	LUNGHEZZA ASTA	QUOTA MASSIMA	QUOTA MINIMA	QUOTA MEDIA	PENDENZA MEDIA
	(km2)	(km)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m s.m.)	(m/m)
CANALE ROSSI	9.93	5.16	2280.0	395.5	1026.2	0.36
INFLUENTE LATERALE	1.41	3.51	416.5	393.3	403.7	0.01

Tabella 14.3.b – *Bacini imbriferi in destra idraulica del Fiume Adda e loro caratteristiche*

14.4 CALCOLO DELLE PORTATE

La portata al colmo di piena è data da:

$$Q = \frac{\varphi \cdot i \cdot S}{360}$$

Essendo:

- Q la portata al colmo [m^3/s],
- Φ il valore del coefficiente d'afflusso medio del bacino (o sottobacino),
- i l'intensità di pioggia di durata pari al tempo di corrivazione [mm/h],
- S la superficie del bacino [ha].

Nella Tabella 14.4.a vengono riportati i risultati del calcolo delle portate cinquantennali per i bacini di versante tipo "B"; nella tabella 14.4.b quelli per i tre bacini tipo "T" e nella tabella 14.4.c quelli relativi al Canale Rossi.

TR = 50 anni

CODICE BACINO	COEFF. DI DEFLUSSO	INTENSITA' DI PRECIPITAZIONE	PORTATA TR=50anni
		(mm/h)	(m^3/s)
B1	0.30	79.64	6.18
B2	0.30	134.66	0.26
B3	0.35	79.19	6.41
B4	0.35	84.77	4.99
B5	0.35	134.66	0.47
B6	0.30	134.66	0.61
B7	0.35	134.66	2.79
B8	0.35	134.66	0.41
B9	0.35	134.66	1.99
B10	0.35	101.08	3.21
B11	0.35	76.47	3.35
B12	0.40	73.55	3.59
B14	0.50	134.66	0.79
B15	0.30	134.66	1.11

Tabella 14.4.a – *Calcolo delle portate di versante in destra (TR=50 anni)*

TR = 100 anni

CODICE BACINO	COEFF. DI DEFLUSSO	INTENSITA' DI PRECIPITAZIONE	PORTATA TR=100anni
		(mm/h)	(m^3/s)
T1	0.35	92.83	9.40
T2	0.35	86.97	13.70
T3	0.35	103.56	6.94

Tabella 14.4.b – Calcolo delle portate degli impluvi in destra (TR=100 anni)

TR = 100 anni

CODICE BACINO	COEFF. DI DEFLUSSO	INTENSITA' DI PRECIPITAZIONE	PORTATA
		(mm/h)	(m^3/s)
CANALE ROSSI	0.30	59.32	49.11
INFLUENTE LATERALE	0.20	29.11	2.29

Tabella 14.4.c – Calcolo delle portate dei canali in sinistra (TR=100 anni)

14.5 FOSSI DI GUARDIA

In sede di redazione del progetto esecutivo sono stati eseguiti dei rilievi delle dimensioni e delle caratteristiche dei manufatti esistenti in prossimità del tracciato di progetto, per ogni fosso interferito.

Le aste di nuova inalveazione sono finalizzate al disegno di una nuova rete di fossi che colleghi direttamente l'alveo esistente mediante tombini sottopassanti il corpo stradale, ovvero mediante nuova inalveazione di fossi, normalmente parallelo all'asse stradale, prolungati fino a dove è possibile attraversare il corpo stradale stesso.

In sintesi, le esigenze progettuali dell'infrastruttura stradale hanno coinvolto buona parte dei deflussi dei versanti, senza necessitare di frequenti manufatti di attraversamento ma obbligando le acque a seguire, a debita distanza, la campitura esterna della sagoma stradale stessa, ricucendo lungo il percorso la rete dei fossi minori e funzionando da fosso di guardia.

- Di seguito si riporta la sintesi dei dimensionamenti dei fossi di guardia

Fosso	Base	Altezza	L	Q	i [%]	RI	Allegato	RECAPITO	Note	Tipologia canale
01asx	0.7	0.7	49.0	0.50	0.19%	RI00	FB12	Th.01sx	DN 1000	Trapezio
01adx	DN1500		144.0	1.00	0.12%	TR01	FB12	derivazione C. Rossi		Tracciato
01bsx	0.7	0.7	180.0	0.40	0.56%	TR01	FB12	Th.01sx	DN 1000	Trapezio
02sx	2.0	1.0	56.0	1.00	0.18%	ST01-TR02		derivazione C. Rossi		Tracciato
03adx	0.5	0.5	70.5	0.10	0.28%	RI01	FB16	Deviazione canale Rossi		Trapezio
03bdx	0.5	0.5	92.5	0.10	1.48%	RI01	FB16	Deviazione canale Rossi		Trapezio
03sx	0.7	0.7	76.0	0.62	0.79%	RI01	FB16	Deviazione canale Rossi		Trapezio
04adx	0.7	0.7	98.0	0.64	0.50%	RI02	FB19	Th.04c	DN 1000	Trapezio
04bdx	0.5	0.5	50.6	0.15	0.18%	RI02	FB19	Th.04c	DN 1000	Trapezio
04cdx	0.5	0.5	116.0	0.10	0.19%	RI02	FB19	Th.04c	DN 1000	Trapezio
05dx	0.5	0.5	204.7	0.28	0.51%	RI02	FB22	Th.05	DN 1000	Trapezio
05sx	1.5	1.5	220.0	2.10	0.90%	RI02	FB22	Th.05	DN 1000	Trapezio
07adx	0.7	1.0	232.9	0.15	0.75%	RI02	FB25	07bdx		Trapezio
07asx	0.5	0.5	272.0	0.20	0.22%	RI02	FB25	07bs x		Trapezio
07bdx	1.5	1.5	279.5	3.50	1.29%	RI02	FB30	Th.08f	2.00x2.00	Trapezio
07bsx	0.5	0.5	282.5	0.20	0.22%	RI02	FB30	Th.08f	2.00x2.00	Trapezio
07cdx	2.5	1.5	201.5	6.40	0.18%	RI02	FB38	Th.08c	2xDN1000	Trapezio
07ddx	0.7	0.7	241.5	0.58	0.21%	RI02	FB38	Th.08d	2xDN1000	Trapezio
10adx	1.0	1.0	210.0	1.24	0.60%	RI02	FB42	10bdx		Rettangolare
10bdx	1.0	1.0	128.2	1.50	0.70%	RI02	FB42	Th.11b	2.00x2.00	Rettangolare
10cdx	1.5	1.5	139.2	1.89	0.14%	RI02	FB45	Th.11c	2.00x2.00	Trapezio
10ddx	0.5	0.5	126.5	0.30	1.30%	RI02	FB50	Th.11b	2.00x2.00	Rettangolare
10edx	0.5	0.5	212.0	0.20	0.24%	RI02	FB49	10cdx		Trapezio
10asx	0.5	0.5	92.5	0.20	0.13%	RI02	FB50	Th.10sx	DN 1000	Trapezio
10bsx	0.5	0.5	20.0	0.10	0.22%	RI02	FB50	Th.10sx	DN 1000	Trapezio
11adx	0.5	0.5	15.4	0.11	2.58%	RI02	FB54	Th.11a	DN 1000	Rettangolare
11bdx	0.5	0.5	54.5	0.30	1.74%	RI02	FB54	Th.11a	DN 1000	Rettangolare
11csx	1.0	0.5	197.2	0.40	0.38%	RI02	FB52	Th.11c	DN 1000	Rettangolare
12adx	0.7	0.7	199.9	1.10	0.58%	RI02	FB57	Th.12adx	DN 1500	Trapezio
12bdx	1.0	1.0	118.6	2.18	0.38%	RI02	FB57	Th.12bdx	2.00x2.00	Trapezio
12cdx	0.7	0.7	138.4	0.60	1.14%	RI02	FB62	Th.12bdx	2.00x2.00	Rettangolare
12asx	0.5	0.5	222.4	0.30	0.40%	RI02	FB60	12bs x		Trapezio
12bsx	1.0	1.0	97.5	2.50	0.70%	RI02	FB60	Th.12bsx	DN 1500	Trapezio
13adx	0.7	0.7	162.7	0.60	0.97%	RI02	FB65	Th.13a	DN 1500	Rettangolare
13bdx	1.0	1.0	94.2	0.80	1.00%	RI02	FB65	Th.13b	2.00x2.00	Rettangolare
13cdx	0.5	0.5	27.8	0.10	2.36%	RI02	FB65	Th.13b	2.00x2.00	Rettangolare
13ddx	0.5	0.5	169.4	0.20	1.90%	RI03-RI02	FB69	13bdx		Trapezio
13sx	0.5	0.5	30.0	0.10	0.15%	RI02	FB71	tubazione di scarico (n.38)	DN 1500	Trapezio
13bsx	0.5	0.5	97.1	0.10	5.67%	RI02	FB71	tubazione di scarico (n.38)	DN 1500	Trapezio
16sx	0.5	0.5	410.0	0.10	0.44%	RI02-RI03-RI04	FB72	tubazione di scarico (n.38)	DN 1500	Trapezio
16adx	0.7	0.7	122.4	0.50	0.32%	RI03-RI04	FB72	Th.16	2.00x2.00	Trapezio
16bdx	0.5	0.5	92.5	0.20	0.58%	RI04	FB77	Th.16bdx	2.00x2.00	Trapezio
16cdx	0.5	0.5	56.1	0.20	0.20%	RI04	FB77	Th.16bdx	2.00x2.00	Trapezio
17adx	1.0	1.0	120.8	2.75	2.96%	RI04	FB80	Th.17dx	2.00x2.00	Rettangolare
17bdx	1.0	1.0	27.0	1.25	0.22%	RI04	FB80	Th.17dx	2.00x2.00	Trapezio
17asx	0.5	0.5	42.2	0.10	0.24%	RI04	FB82	17bs x		Trapezio
17bsx	1.5	1.5	64.5	5.30	0.16%	RI04	FB82	Th.17sx	2.00x2.00	Trapezio
17csx	0.5	0.5	55.2	0.10	2.15%	RI04	FB82	Th.17sx	2.00x2.00	Trapezio
18adx	1.0	1.0	230.0	2.00	4.24%	RI05 - TR05	FB87	18bdx		Rettangolare
18bdx	1.5	1.0	107.2	4.00	5.82%	RI05	FB90	18cdx		Rettangolare
18cdx	2.0	1.0	209.0	6.00	5.80%	RI05	FB92	18ddx		Rettangolare
18ddx	2.0	1.0	173.2	6.41	0.50%	RI04	FB96	Th.18ddx	2.00x2.00	Rettangolare
18asx	0.5	0.5	209.9	0.20	0.92%	RI05 - TR05	FB87	18bs x		Trapezio
18bsx	0.5	0.5	206.0	0.30	0.97%	RI05	FB90	18cs x		Trapezio
18csx	0.5	0.5	130.7	0.40	0.60%	RI05	FB92	18ds x		Trapezio
18dsx	0.5	0.5	175.2	0.40	0.40%	RI04	FB96	Th.18dsx	2.00x2.00	Rettangolare
18esx	2.0	2.0	70.0	6.41	0.10%	RI04	FB99	Rio Val di Gondo		Trapezio
18fsx	2.0	2.0	330.0	8.50	0.19%	RI04	FB99	Th.18f	2.00x2.00	Trapezio
19dx	1.0	1.0	134.2	0.50	4.68%	TR06	FB101	Th.19	DN 800	Rettangolare
20sx	DN800		164.2	1.00	0.50%	TR01	FB12	derivazione C. Rossi		Tracciato
22adx	1.5	1.5	502.1	6.30	0.40%	TR07-TR08-RI06	FB104	Th.22 dx	2.00x2.00	Trapezio
22bdx	0.5	0.5	119.7	0.15	0.58%	RI06	FB104	Th.22 dx	2.00x2.00	Trapezio
22a sx	0.5	0.5	295.4	0.20	0.40%	TR08	FB109	Th.22 sx	DN 1000	Trapezio
22b sx	1.5	1.5	199.0	8.19	0.66%	RI06	FB109	Th.22 sx	DN 1000	Tracciato

Tabella 14.5.a – Verifica dei fossi di guardia

14.6 ATTRAVERSAMENTI IDRAULICI PRINCIPALI – METODO DI CALCOLO

Per lo studio del deflusso di piena, corrispondente ad un valore del tempo di ritorno pari a 100 anni è stato utilizzato il software di calcolo Hec-Ras (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), modello matematico in grado di operare in condizioni di moto stazionario monodimensionale (portata costante e geometria dell'alveo variabile).

Le interferenze tra l'asse stradale di progetto e gli impluvi naturali, che risultano in tutti i casi dotati di sistemazione idrauliche, già allo stato attuale, sono le seguenti:

- Canale Rossi al km 0+460
- Rio di S. Bernardo al km 1+980
- Rio val di Gondo al km 3+350
- Rio val dei Morti al km 5+038.

In tabella 14.6.a si riportano le caratteristiche dei bacini dei tre corsi d'acqua, con riferimento alla sezione di chiusura a monte dell'attraversamento con l'asse stradale.

Denominazione canale	Codice tombino	Tipologico	Codice bacino	Superficie [km^2]	Q100 [m^3/s]
Canale Rossi	TM03a	4,00x3,00	-	-	4.2
	TM03b	3 X (4,00x3,00)	-		6.5
Rio di S. Bernardo	TM10d	3,00x2,00	T3	0.69	6.94
	TM10c	3,00x2,00	-	0.84	8,50
Rio Val di Gondo	TM16	4,00x3,00	T2	1.62	13,70
	TM16sx	2 X (3,00x2,00)	-	3.12	26,40
Rio Val dei Morti	TM20dx	3,00x2,00	T1	1.04	9,40

Tabella 14.6.a – Caratteristiche dei bacini degli impluvi naturali interferenti (T_R=100 anni).

14.6.1 SISTEMAZIONE DEL CANALE ROSSI IN DX IDRAULICA

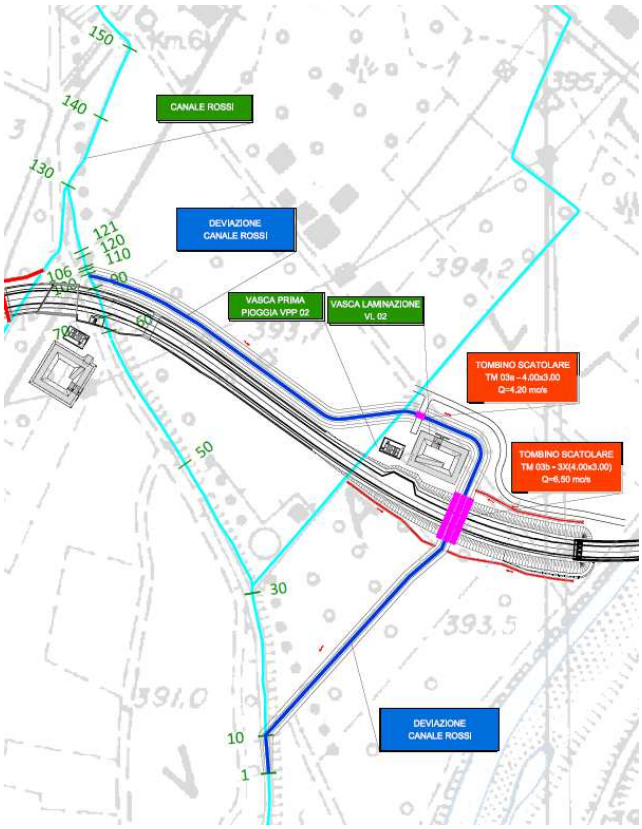


Figura 14.6.1.1 Ubicazione selle sezioni di calcolo del modello di moto permanente – progetto.

La simulazione idraulica è stata eseguita in due ipotesi:

- la prima simulazione con:
  - portata centennale pari a 49,1m^3/s fino all'immissione del canale di scolo in sinistra idraulica (sezione 60 del modello idraulico) e 51,4m^3/s dalla confluenza fino al raccordo con il canale esistente
  - realizzazione di un canale di tipo trapezio con base 10.0m, altezza 2,5m, sponde 3:2 e pendenza del fondo i=0.001;
  - attraversamento della viabilità principale mediante 3 tombini scatolari di base 4,0m ed altezza 3,0m.
- la seconda simulazione con:
  - portata effettivamente transitabile a valle del ponte ferroviario pari a 4,2m^3/sec fino alla sezione 61 del modello idraulico e a 6,6m3/s dalla confluenza al raccordo con il canale esistente;
  - realizzazione di un canale di tipo trapezio con base b=4.0m, altezza 1,5m, sponde 3:2 e pendenza del fondo i=0.001;
  - attraversamento della viabilità secondaria con un tombino scatolare di base 4,0m ed altezza 3,0m;
  - attraversamento della viabilità principale mediante tombino scatolare di base 4,0m ed altezza 3,0m.

I risultati tabellari della simulazione, effettuata mediante il software HEC-RAS, sono riportati nella tabella inserita nell'Allegato A2 alla relazione idraulica di versante.

Come visibile dal profilo riportato nella immagine seguente, la portata di progetto transita in sicurezza nel canale progettato.

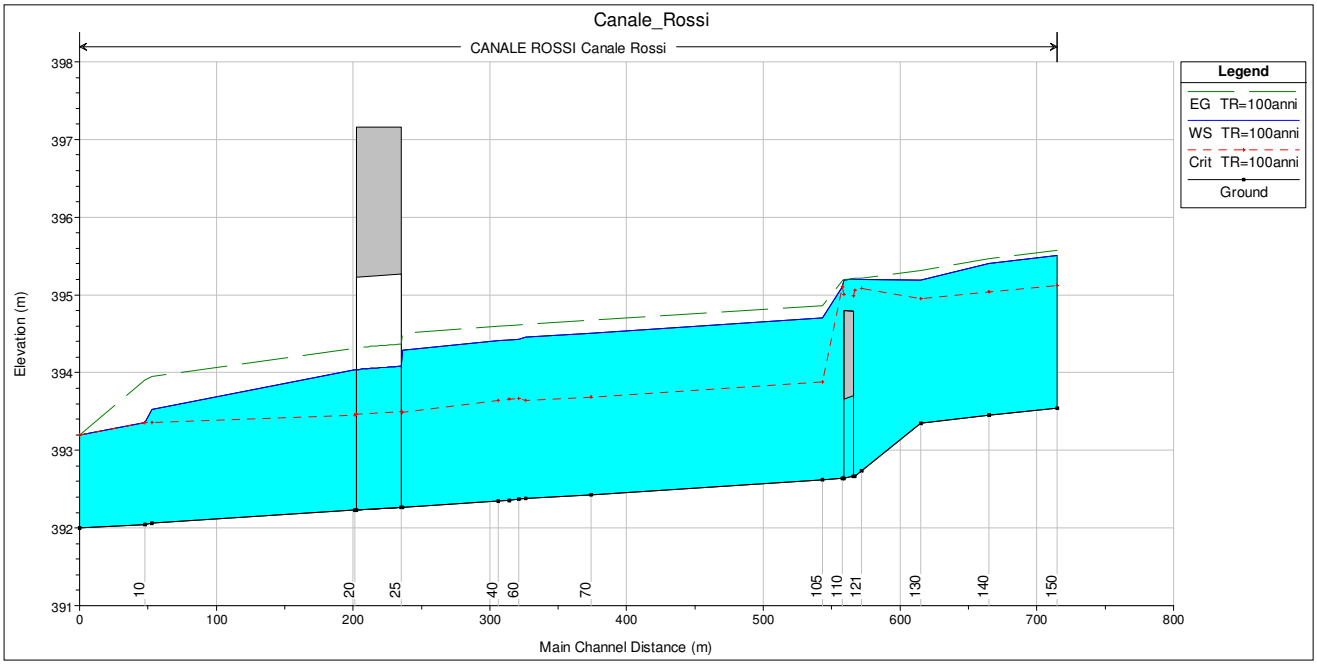


Figura 14.6.1.2: profilo del Canale Rossi di progetto per la portata centennale.

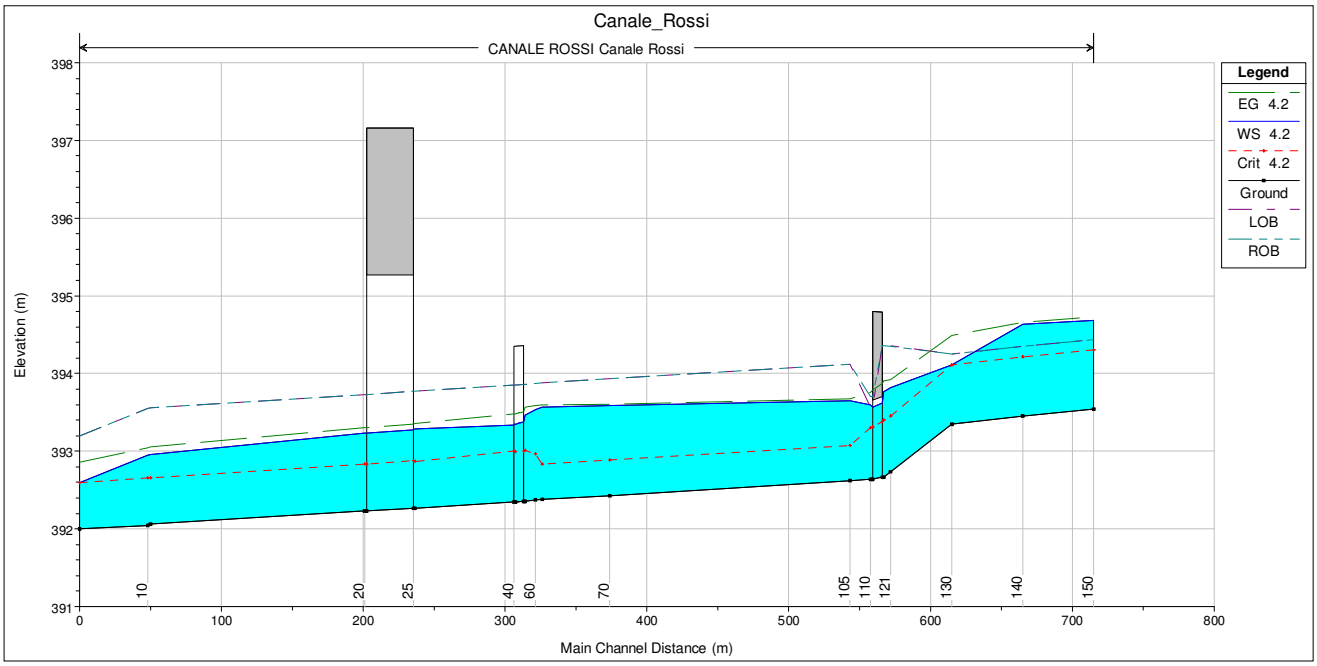


Figura 14.6.1.3: profilo del Canale Rossi di progetto per la portata Q=4,2m³/s e Q=6,5m³/s dalla sezione 60

14.6.2 RIO DI S. BERNARDO (TOMBINI TM10C E TM10D)

Nella situazione attuale è stato verificato che la tubazione esistente (diametro 1000 mm), che attraversa il paese, non è sufficiente. In corrispondenza di tale manufatto il restringimento di sezione all'imbocco, per le portate in gioco, provoca a monte un risalto, necessario per recuperare l'energia sufficiente a superare l'ostacolo. Questo porta il pelo libero dell'acqua a scavalcare la strada esistente e a bypassare la tubazione.

Nella simulazione post-operam il tombamento circolare esistente viene interrotto a circa 25m a monte dell'imbocco del tombino di progetto. L'attraversamento stradale avviene con tombini delle dimensioni 3.00m di base per 2.00m di altezza.

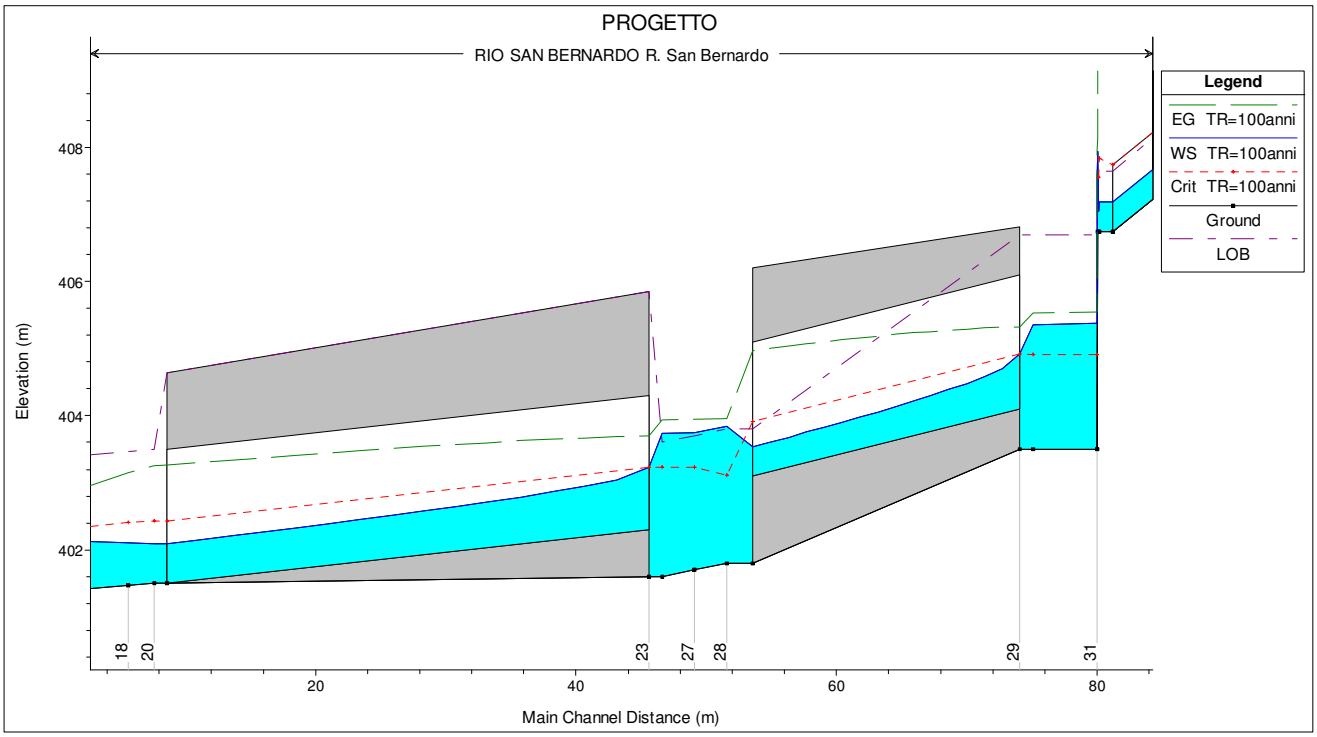


Figura 14.6.2.1: profilo del Rio San Bernardo nella zona di intervento di progetto

Nell'Allegato B2 alla relazione idraulica si riportano le tabelle di sintesi dei risultati ottenuti nelle modellazioni HEC-RAS dello stato di progetto, il profilo idraulico e le sezioni.
Come si evince dai risultati le opere di progetto rispettano i franchi di sicurezza. L'adeguamento del tombino circolare esistente elimina inoltre la criticità esistente a monte dell'attraversamento di progetto.

14.6.3 RIO VAL DI GONDO (TOMBINI TM16 E TM16SX)

A partire dal manufatto di immissione, si instaura un regime di corrente sempre veloce, che risulta sempre governato da monte, con passaggio per l'altezza critica che si mantiene fino a valle.
Nell'Allegato C2 alla relazione idraulica si riportano le tabelle di sintesi dei risultati ottenuti nelle modellazioni HEC-RAS dello stato di progetto, il profilo idraulico e le sezioni.
L'attraversamento stradale avviene con tombini delle dimensioni 4.00m di base per 3.00m di altezza. Come si evince dai risultati le opere di progetto rispettano i franchi di sicurezza. L'adeguamento del canale esistente a valle dell'attraversamento dell'asse principale di progetto, inoltre, elimina le criticità esistenti nel tratto di valle del canale.

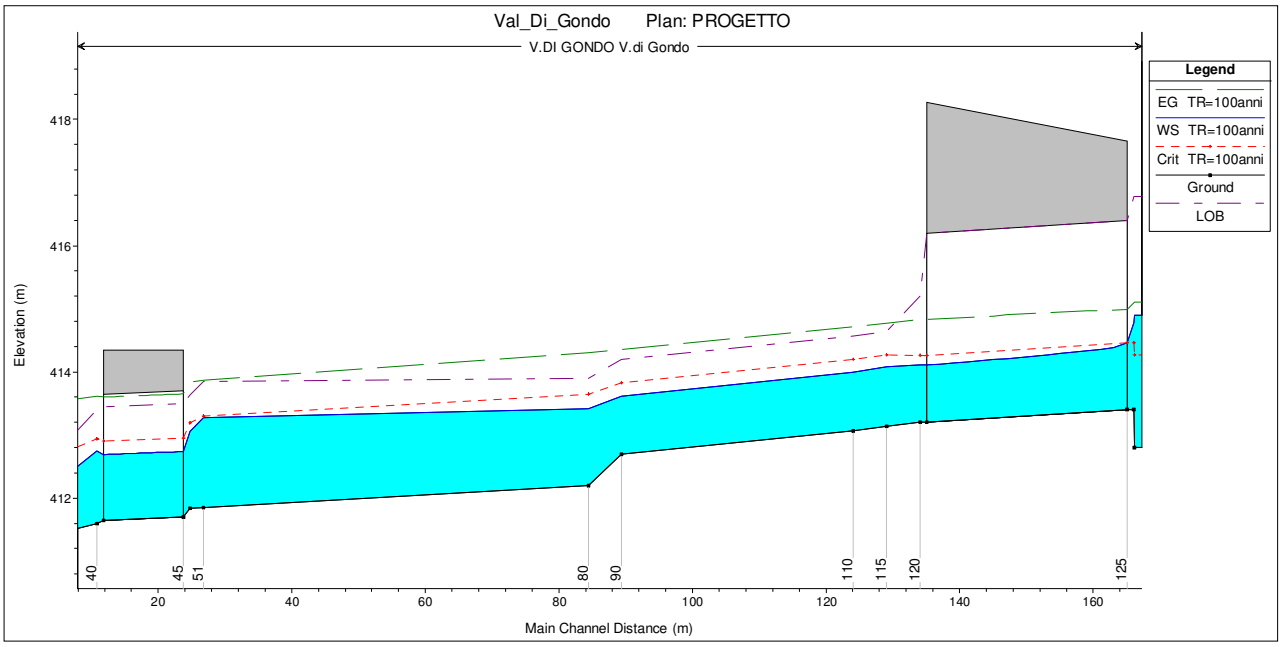


Figura 14.6.3.1: profilo del Val di Gondo nella zona di intervento di progetto

14.6.4 RIO VAL DEI MORTI (TOMBINI TM 20DX)

Nell'Allegato D2 alla relazione idraulica si riportano le tabelle di sintesi dei risultati ottenuti nelle modellazioni HEC-RAS dello stato di progetto, il profilo idraulico e le sezioni.
Analizzando le condizioni di moto che si instaurano, si evidenzia che si è in presenza di corrente veloce, governata da condizioni al contorno di monte, sia a monte che a valle dell'attraversamento di progetto.
Mediante un manufatto di raccordo l'acqua dal canale esistente è convogliata in un tombino scatolare 3,00 x 2,00(TM20dx) che sottopassa l'asse principale alla progressiva chilometrica 5+035. A valle dell'attraversamento, per una lunghezza di circa 40m, è prevista la sistemazione del canale attuale con una sezione rettangolare in calcestruzzo di base pari a 3,0m e altezza di 1,5m.
Come si evince dai risultati le opere di progetto rispettano i franchi di sicurezza.

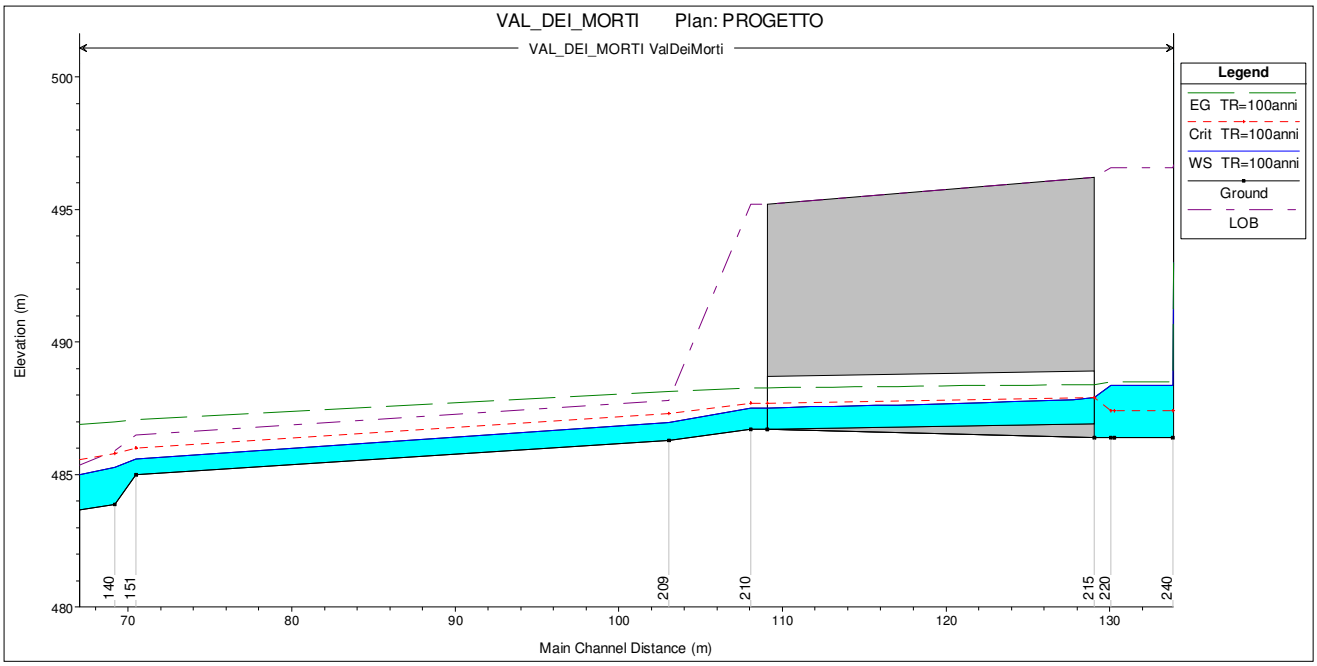


Figura 14.6.4.1: profilo del Rio Valle dei Morti nella zona di intervento di progetto

14.7 ATTRAVERSAMENTI IDRAULICI SECONDARI – VERIFICA TOMBINI

Le opere di attraversamento sono state dimensionate rispettando le prescrizioni idrologiche indicate nella relazione idraulica relativa al reticolo idrografico, dove sono riportate le verifiche a moto permanente dei singoli tombini che interferiscono con l'asse principale e con le strade di svincolo.

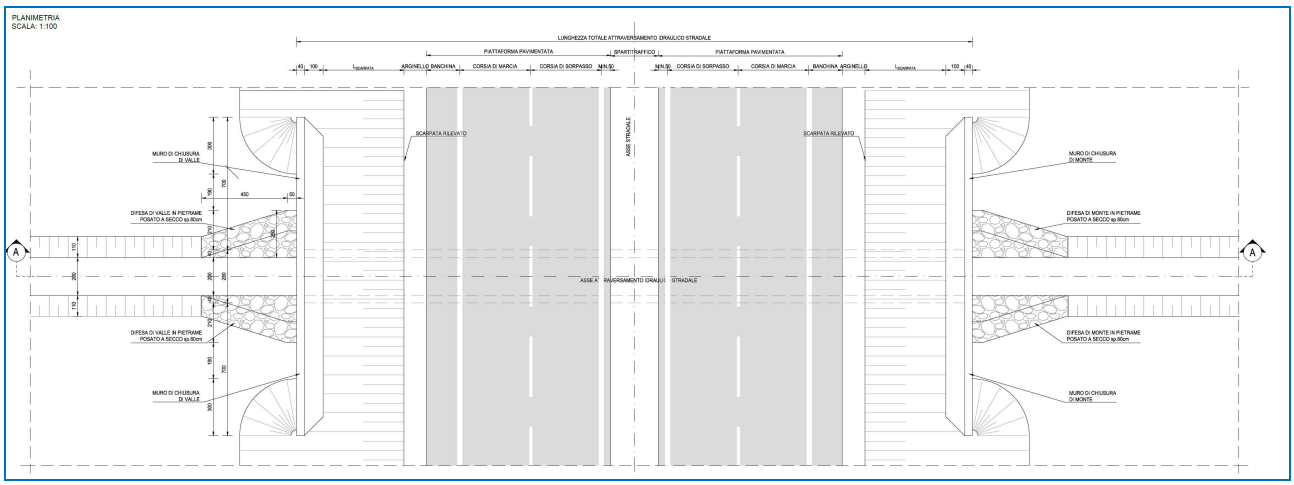
14.7.1 TOMBINI 3.00 X 2.00M

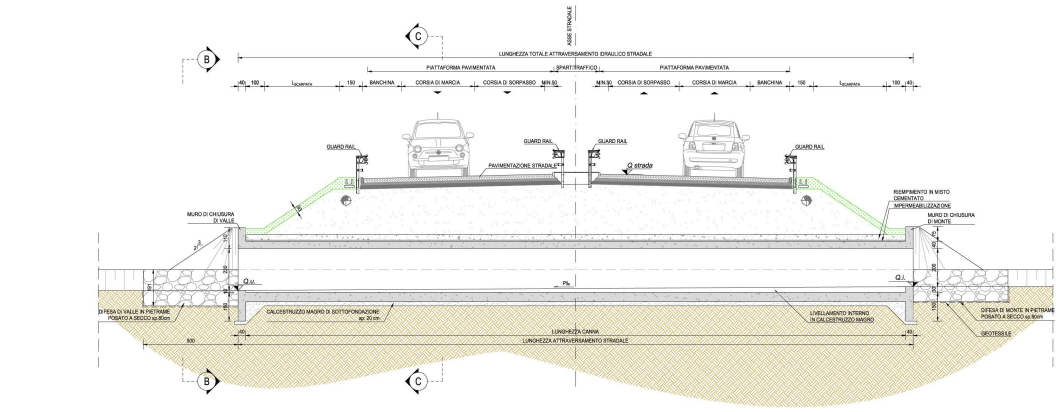
Sono stati individuati n. 18 attraversamenti, le cui dimensioni interne del manufatto sono state proposte in almeno 3.00 x 2.00m, per garantire l'ispezionabilità del manufatto.

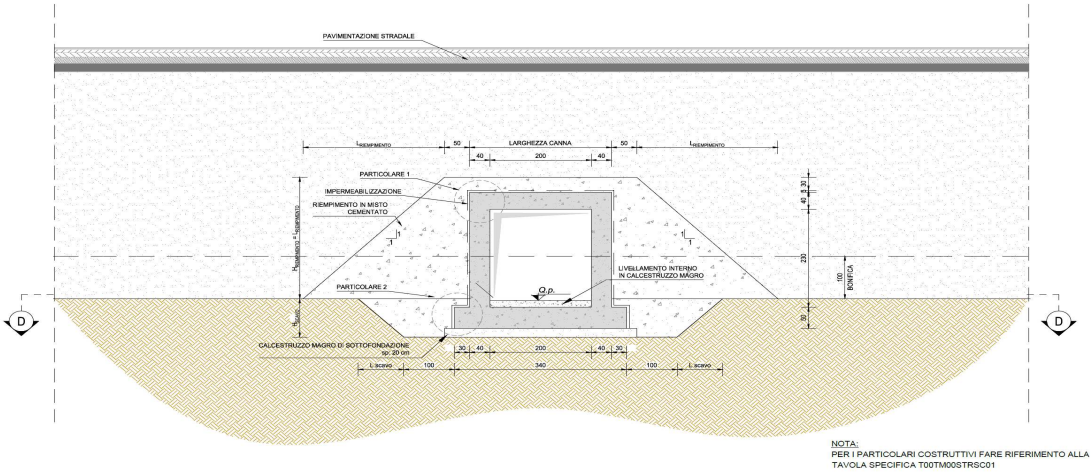
Tombino	Tipologico	Progressiva	L m	Fosso afferente	Q m³/s	i %	RI	Allegato
TM03a	4.00x3.00	0+475	6.1	Deviazione C.Rossi	6.60	0.16%	RI01	LAB
TM03b	3x(4.00x3.00)	0+530	32.1	Deviazione C.Rossi	6.60	0.12%	RI01	LAC
TM03c	4.00x3.00	0+294	6.1	Deviazione C.Rossi	4.20	0.33%	ST03	LAD
TM07	3.00x2.00	1+165	45.7	07DX	7.00	0.22%	RI03	LAL
TM09	3.00x2.00	1+945	56.4	Versante	3.21	0.18%	RI03	LAM
TM10c	3.00x2.00	1+985	39.4	San Bernardo-10cDx	8.50	1.52%	RI03	LAO
TM10d	3.00x2.00	0+017	19.3	San Bernardo	6.94	5.19%	RI24	LAO
TM12bDx	2.00x2.00	2+806	40.1	12bDx-12cDx	2.79	0.25%	RI03	LAT
TM13bDx	2.00x2.00	3+036	31.1	13bDx-13cDx	0.80	0.32%	RI03	LAV
TM16	4.00x3.00	3+350	24.2	Val di Gondo-16aDx	13.70	0.83%	RI04	LAZ
TM16bDx	2.00x2.00	3+450	24.1	16bDx-16cDx	0.40	2.69%	RI04	LBA
TM16Sx	2x (3.00x2.00)	0+297	14.4	Val di Gondo	26.40	0.35%	RI42	LBB
TM17Dx	2.00x2.00	3+565	24.1	17aDx-17bDx	5.00	1.66%	RI04	LBC
TM17Sx	2.00x2.00	0+200	6.2	17bSx-17cSx	5.00	3.25%	RI61	LBD
TM18dDx	3.00x2.00	3+690	28.1	18dDx	6.41	1.42%	RI04	LBE
TM18dSx	3.00x2.00	0+268	8.1	18dSx	6.41	1.23%	RI61	LBE
TM18fSx	3.00x2.00	3+360	6.1	18fSx	9.50	1.64%	RI04	LBF
TM20Dx	3.00x2.00	5+031	28.0	Val dei Morti	10.10	0.71%	TR06	LBG
TM22Dx	3.00x2.00	6+483	18.1	22aDx-22bDx	6.18	0.55%	RI06	LBH

Tabella 14.7.a – Caratteristiche dei tombini idraulici scatolari

Il manufatto è previsto del tipo in c.a. prefabbricato, con conci di lunghezza 2.00m e giunto maschio-femmina, posati su un allettamento di calcestruzzo magro sp. 10 cm.
Due muri frontali in c.a. gettati in opera costituiscono rispettivamente l'imbocco e lo sbocco del tombino, con funzione di sostegno del rilevato retrostante.
Il fosso è previsto rivestito in scogliera di pietrame, a raccordare la sezione corrente del fosso con l'opera di imbocco-sbocco, per una lunghezza media di 10.00m.
Di seguito si riporta lo schema tipologico dei tombini attraversanti l'asse principale.







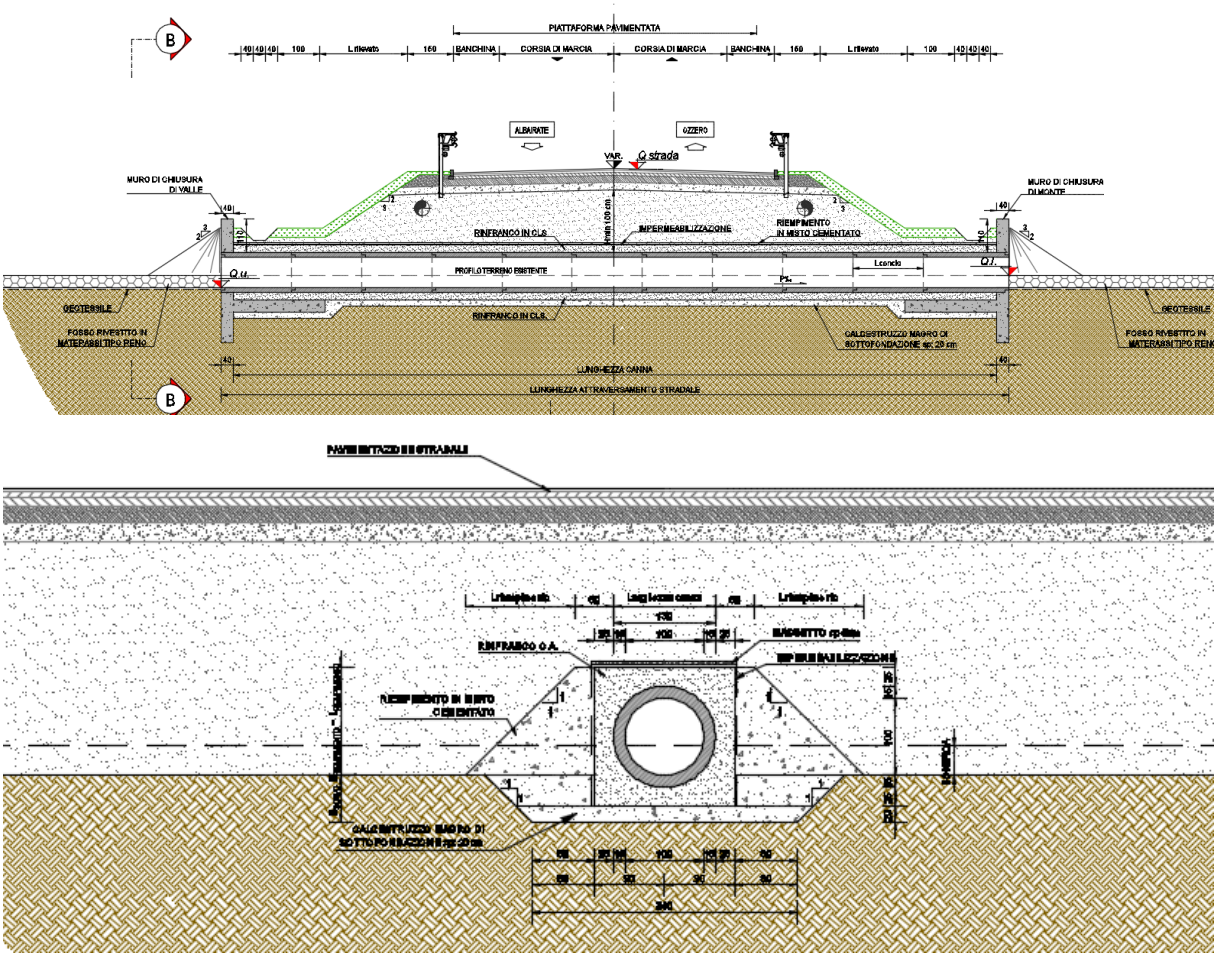
14.7.2 TOMBINI CIRCOLARI

Sono stati individuati n. 14 attraversamenti. L'opera, utilizzata sia sulla viabilità principale che per quella secondaria, è di tipo prefabbricato in c.a., avente diametro minimo 1.00 m. I tombini circolari sono stati protetti da un blindaggio in calcestruzzo C20/25 con spessore delle pareti di 25cm e rinfiancati in misto cementato con pendenza 1/1.

Tombino	Tipologico	Progressiva	L m	Fosso afferente	Q m^3/s	i %	RI	Allegato
TM01Sx	DN 1000	0+064	22.1	01aSx-01bSx	1.1	0.45%	RI12	LAA
TM04c	DN 1000	0+183	22.1	04bDx-04cDx	0.1	0.90%	RI20	LAE
TM05	DN 1000	0+938	36.1	05Dx	0.3	0.28%	RI03	LAF
TM10b	2xDN1000	2+119	8.1	10bDx-10dDx	1.8	1.23%	RI03	LAN
TM10Sx	DN 1000	0+412	12.2	10aSx-10bSx	0.3	1.64%	RI30	LAP
TM11a	DN 1000	2+573	30.1	11aDx-11bDx	0.4	0.66%	RI03	LAQ
TM11c	DN 1000	0+337	14.2	11cSx	0.4	0.71%	RI31	LAR
TM12aDx	DN1500	2+905	6.1	12aDx	1.1	0.82%	RI03	LAS
TM13aDX	DN 1500	0+180	10.1	13aDx	0.6	1.97%	RI51	LAU
TM22Sx	DN 1000	0+144	22.1	22aSx	0.2	0.90%	RI70	LBI
TM19	DN 1000	4+885	22.1	19Dx	0.5	0.45%	TR06	LBL

Tabella 14.7.b– Caratteristiche dei tombini idraulici circolari

Si riportano nelle figure seguenti le caratteristiche dell'opera.



14.7.3 VERIFICA IDRAULICA DEI TOMBINI

Le portate affluenti alle opere sono state calcolate in funzione della superficie da alimentare ovvero in funzione delle caratteristiche del canale interferito.

La verifica è stata realizzata con l'ausilio del codice HY8, sviluppato dalla Federal Highway Administration (FHWA) del U.S. Department of Transportation. Il codice permette di determinare, sia la dimensione, la forma e il numero di opere d'arte necessari a far defluire una portata di progetto o di calcolare il livello idrico raggiunto a monte del manufatto per far defluire una

determinata portata (in condizioni di normale deflusso o in condizioni di acqua ferma all'imbocco), sia il profilo idrico della portata transitante nell'opera.
I dati idraulici di progetto dei tombini (sezione dell'opera, tipo d'imbocco, pendenza e lunghezza del tombino e condizione al contorno di valle) sono riportati nella tabella successiva.

Codice Tombino	Q	H_{imb}	h_{monte}	h_{valle}	h_u	h_c	h_{sbo}	h_{tw}	V_{sbo}	V_{tw}	G_r
	m^3/s	m slm	m	m	m	m	m	m	m/s	m/s	%
TM01Sx	1.11	393.47	0.92	0.97	0.65	0.60	0.60	0.52	2.24	1.76	60.0%
TM04c	0.10	394.04	0.24	0.0*	0.17	0.17	0.17	0.12	1.08	0.26	17.0%
TM05	0.29	395.53	0.41	0.53	0.39	0.29	0.56	0.56	0.62	0.25	56.0%
TM07	7.00	396.74	1.39	1.54	1.24	0.82	1.30	1.30	1.80	1.35	65.0%
TM09	3.21	402.18	0.84	0.88	0.77	0.49	0.49	1.95	2.19	0.00	24.5%
TM10b	1.80	402.71	0.81	0.64	0.50	0.54	0.51	0.62	2.15	1.38	51.0%
TM10Sx	0.30	403.92	0.42	0.12	0.26	0.30	0.26	0.27	1.76	0.56	26.0%
TM11a	0.40	406.69	0.49	0.19	0.32	0.35	0.32	0.20	1.77	0.66	32.0%
TM11c	0.40	404.34	0.49	0.54	0.37	0.35	0.41	0.41	1.33	0.49	41.0%
TM12aDx	1.10	408.56	0.73	0.91	0.51	0.53	0.86	0.86	1.01	0.68	57.3%
TM12bDx	2.79	408.56	1.00	1.06	0.89	0.58	0.80	0.80	1.74	1.94	40.0%
TM13aDX	0.60	413.92	0.52	0.20	0.30	0.39	0.31	0.35	2.15	1.74	20.7%
TM13bDx	0.90	410.41	0.43	0.71	0.34	0.25	0.77	0.77	0.52	0.32	38.5%
TM16bDx	0.40	413.67	0.27	0.0*	0.11	0.16	0.11	0.17	1.84	1.11	5.5%
TM17Dx	5.00	414.94	1.44	0.62	0.69	0.86	0.71	0.75	3.52	2.95	35.5%
TM17Sx	5.00	414.50	1.43	1.50	0.54	0.86	1.37	1.37	1.82	1.09	68.5%
TM18dDx	6.41	414.80	1.30	0.50	0.70	0.77	0.72	0.70	2.95	2.29	36.0%
TM18d Sx	6.41	414.46	1.31	1.46	0.63	0.77	1.34	1.34	1.59	1.43	67.0%
TM18fSx	0.50	483.46	0.56	0.63	0.47	0.40	0.56	0.56	1.10	0.28	56.0%
TM22Dx	6.18	488.41	1.28	1.31	0.82	0.76	1.04	1.04	1.99	2.35	52.0%
TM22Sx	0.20	492.14	0.34	0.06	0.24	0.25	0.24	0.22	1.32	0.29	24.0%
TM19	0.50	483.45	0.56	0.62	0.40	0.40	0.46	0.46	1.40	0.34	46.0%

Tabella 14.7.c– Verifica idraulica dei tombini

14.8 SCARICHI NEI CORPI RICETTORI FINALI

Lungo tutta la linea di progetto, dalla ricucitura delle viabilità esistenti presso la rotonda di Villa di Tirano alla ricucitura nei pressi della rotatoria di Tirano, si realizzano 9 scarichi nei ricettori finali. Questi corpi recettori sono i corsi d'acqua esistenti presenti all'interno (o nelle vicinanze) dell'area interessata dall'intervento e già elencati nei precedenti paragrafi. Si riporta di seguito l'elenco degli scarichi individuati.

Codice	PK	Descrizione
Scarico N. 1	0+938	Scarico collettore circolare DN1500 in Adda
Scarico N. 2	1+945	Scarico tombino TM09 in Adda
Scarico N. 3	1+985	Scarico tombino TM10C in Adda
Scarico N. 4	2+235	Scarico collettore circolare DN1000 in Adda
Scarico N. 5	2+726	Scarico collettore circolare DN1500 in Adda
Scarico N. 6	3+088	Scarico collettore circolare DN1500 in Adda
Scarico N. 7	3+350	Scarico tombino TM09 in Adda
Scarico N. 8	5+036	Scarico collettore circolare DN1000 nel fosso Val dei Morti
Scarico N. 9	oltre fine intervento	Scarico collettore circolare DN1800 in Adda

Tabella 14.8.a – Descrizione degli scarichi previsti

Lo scarico S1 a valle del tombino TM 05 raccoglie le acque di versante da pr 0+940 a pr 1+900.
Lo scarico S2 a valle del tombino TM 09 raccoglie le acque di versante a pr 1+945.

Lo scarico S3 a valle del tombino TM 10 raccoglie le acque del fosso San Bernardo e le acque di versante da pr.1+985 a pr. 2+530.
Lo scarico S4 a valle del tombino TM 10sx raccoglie le acque delle scarpate stradali e di versante da pr 2+200 a pr 2+650.
Lo scarico S5 a valle del tombino TM 12bDx raccoglie le acque di versante da pr 2+650 a pr 3+040.
Lo scarico S6 a valle del tombino TM 13bDx raccoglie le acque di versante da pr. 3+040 a pr. 3+230.
Lo scarico S7 a valle del tombino TM 16Sx raccoglie le acque del Rio Val di Gondo e le acque di versante da pr. 3+230 a pr. 3+350.
Lo scarico S8 avviene con confluenza diretta dei fossi di guardia/tubazioni nel Fosso Val dei Morti al pr. 5+035.
La condotta di scarico di fine lotto denominata S9, di lunghezza pari a circa 1100 m, è stata dotata di salti di fondo per disperdere il notevole carico cinetico, accumulato nei tratti più pendenti.
I collettori, allo sbocco in Adda, saranno dotati di opportune valvole clapet (o chiaviche) posizionate in corrispondenza dello sbocco del manufatto. Con l'installazione di queste apparecchiature in occasione di eventi di piena nel F. Adda la corrente del fiume non trova sfogo all'interno di tali collettori e l'acqua non può risalire a ritroso lungo le opere di progetto.
Queste valvole infatti, durante i periodi di magra dell'Adda, permettono il naturale scarico della portata transitante nei tubi direttamente nel fiume. Durante le piene, invece, ricevendo la spinta data dalla pressione del fiume, si chiudono automaticamente e creano uno sbarramento al flusso, sia entrante che uscente. In questo modo risulta possibile proteggere le opere a monte dello scarico dalle piene del fiume.
Si riportano di seguito due immagini di valvole a Clapet tipologiche, una su collettore scatolare e l'altra su tubo circolare.

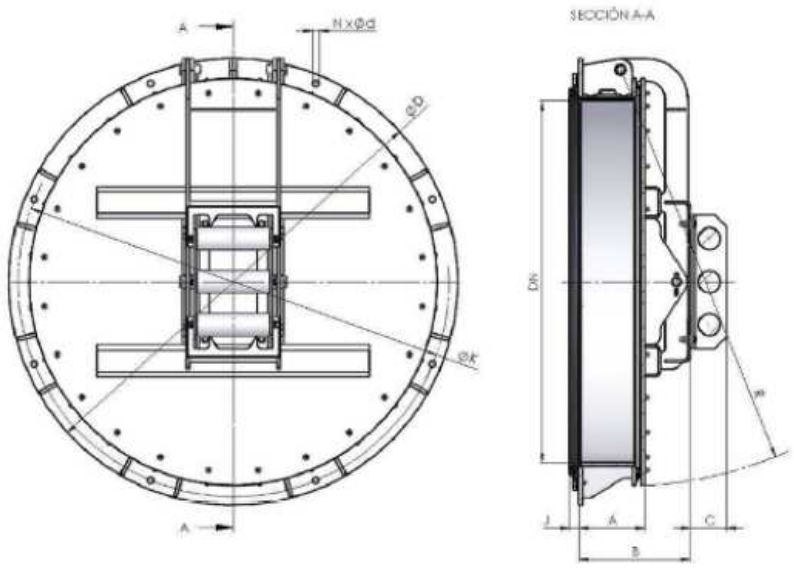


Figura 14.8.1 – Valvole a clapet per tubazioni in c.a.

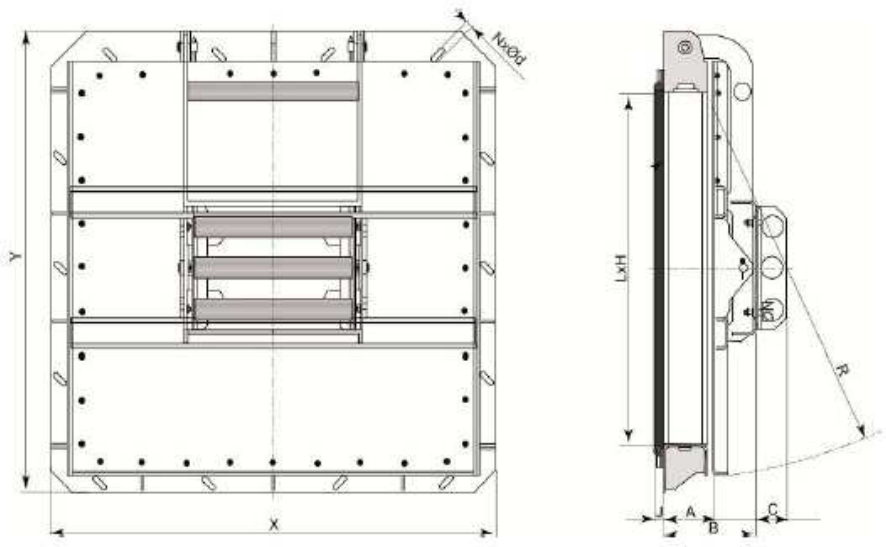


Figura 14.8.2 – Valvole a clapet per scatolari in c.a.

Si analizzano nel dettaglio gli scarichi diretti nel fiume Adda.

Scarico	Progressiva	Recapito	RI
N. 1	0+938	**F. Adda**	RI03
N. 2	1+945	**F. Adda**	RI03
N. 3	1+985	**F. Adda**	RI03
N. 4	2+235	**F. Adda**	RI03
N. 5	2+726	**F. Adda**	RI03
N. 6	3+088	**F. Adda**	RI03
N. 7	3+350	**F. Adda**	RI04
N. 9	oltre fine intervento	**F. Adda**	RI06

Tabella 14.8.b – Elenco degli scarichi previsti in Adda

Scarico	Tipologico	L m	Q m3/s	i %
N. 1	Circolare DN 1500	20.8	7.00	0.48%
N. 2	Scatolare 3,0mx2,0m	56.4	3.21	0.18%
N. 3	Scatolare 3,0mx2,0m	39.4	8.50	1.52%
N. 4	Circolare DN 1000	12.8	0.40	0.78%
N. 5	Circolare DN 1500	111.3	2.80	0.09%
N. 6	Circolare DN 1500	84.0	1.00	0.18%
N. 7	2 scatolari 3,0mx2,0m	14.0	26.40	0.35%
N. 9	Circolare DN 1800	855.0	6.18	2.00%

Tabella 14.8.c – Caratteristiche dei manufatti di scarico in Adda

Le verifiche sono state svolte nell'ipotesi che l'Adda sia in magra e che quindi le tubazioni siano in grado di scaricare le acque nel fiume. Il dimensionamento dei manufatti di smaltimento è stato effettuato considerando i seguenti tempi di ritorno:

- TR = 25 anni, per le tubazioni di drenaggio della sede stradale;
- TR = 50 anni, per i fossi di guardia;
- TR = 100 anni, per i tombini di ripristino degli impluvi

Scarico	Quota recapito m slm	Quota minima fondo alveo f. Adda m slm	Livello f. Adda TR=2anni m slm
N. 1	394.8	392.70	394.75
N. 2	401.2	399.25	401.10
N. 3	401.5	399.50	401.30
N. 4	403.2	400.95	403.10
N. 5	406.6	404.70	406.35
N. 6	409.35	407.40	409.25
N. 7	411.65	410.10	411.60

Tabella 14.8.d – Verifica idraulica dei manufatti di scarico in Adda

15 IDRAULICA DI PIATTAFORMA

Per quanto riguarda gli aspetti della regimazione delle acque di piattaforma della rete primaria si precisa che il progetto prevede la raccolta delle acque piovane direttamente sulla carreggiata stradale, il trasporto mediante tubazioni poste al di sotto del manto bituminoso e l'accumulo in opportune vasche, in cui viene eseguita una depurazione di prima pioggia tramite decantazione e disoleazione per gravità.

Tali manufatti prevedono comunque la possibilità di intercettazione di eventuali liquidi inquinanti, sversati dalla piattaforma stradale.

Il nuovo nastro stradale principale è stato suddiviso in sottobacini, congruentemente alle giaciture della livelletta di progetto nei vari tratti presenti, ciascuno dei quali a sua volta recapitante in una vasca di prima pioggia mediante una rete di raccolta dedicata

E' stata progettata e dimensionata una specifica rete idraulica per la raccolta e lo smaltimento pluviale, che consentisse di ottenere contemporaneamente più finalità principali:

- Lo smaltimento delle portate di piena conseguente ad eventi critici determinati progettualmente con tempo di ritorno pari a 25 anni.
- L'isolamento delle portate raccolte sino al loro trattamento nelle citate vasche di prima pioggia, opportunamente dimensionate al fine di conseguire il primo livello di depurazione congruentemente alle specifiche normative in vigore;
- Il convogliamento delle acque di piattaforma, opportunamente trattate nelle vasche di prima pioggia, nelle limitrofe vasche di laminazione, per ottemperare ai criteri di invarianza idraulica imposti dalla Regione Lombardia, dimensionate adottando il parametro di 600 mc/ha di superficie scolante.

E' stato condotto anche uno studio della viabilità di accesso ai nuovi insediamenti impiantistici per il trattamento delle acque di prima pioggia, individuando in qualche caso la necessità di adeguare le strade campestri esistenti.

Le piogge sono state già descritte nel precedente paragrafo 14.1.

La captazione delle acque avviene tramite tre tipologie principali a seconda delle caratteristiche delle sezioni stradali:

- sezioni in rilevato: le acque di piattaforma vengono convogliate, mediante appositi imbocchi disposti longitudinalmente con un interasse 20 m, in una canalina a pelo libero ubicata all'esterno della barriera di protezione; la canalina provvede a scaricare le acque in una

tubazione sub-parallela in PRFV SN 8 DN 400 - 600 mm, mediante caditoie, recapitando la parte in eccesso direttamente nei fossi di guardia a bordo strada;

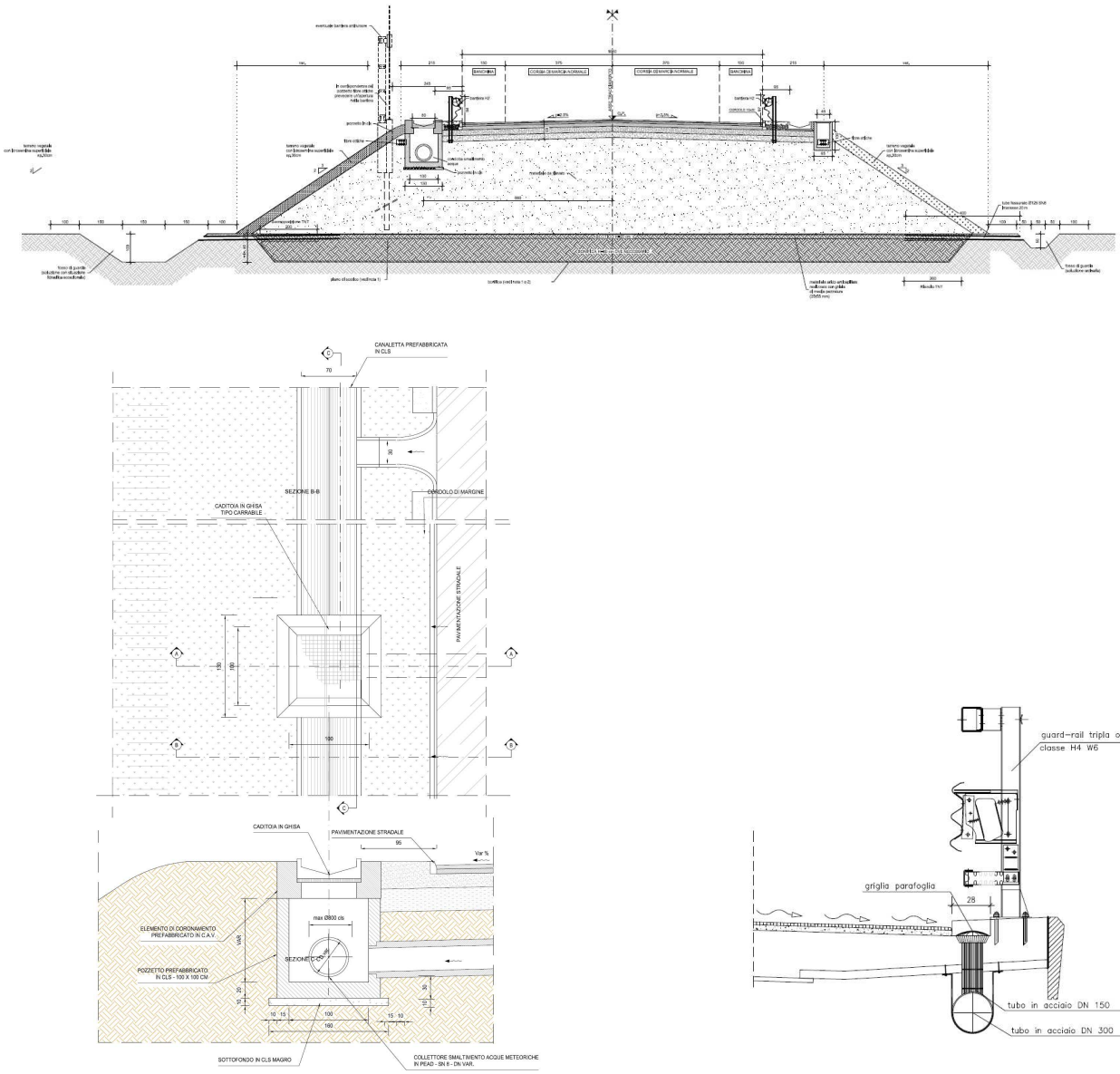


Figura 15.1 – tipologico della canaletta di margine rilevato e trincea

Figura 15.2 – Raccolta sui viadotti.

- sezione su viadotto: le acque vengono raccolte medianti caditoie (con interasse pari a 10 m) posizionate all'interno di un vano previsto nel marciapiede avente larghezza di 28 cm e lunghezza di 60 cm. Dalla caditoia, l'acqua viene scaricata in una tubazione DN300 in acciaio ancorata sotto l'impalcato;

- sezioni in trincea: le acque di precipitazione, unitamente a quelle di versante, convergono presso una cunetta alla francese posizionata in corrispondenza del ciglio stradale; da questa sede, le acque vengono scaricate in una tubazione sub-parallela DN 400 - 600 mm in PRFV SN 8 mediante griglie posizionate longitudinalmente con un interasse 20 m;

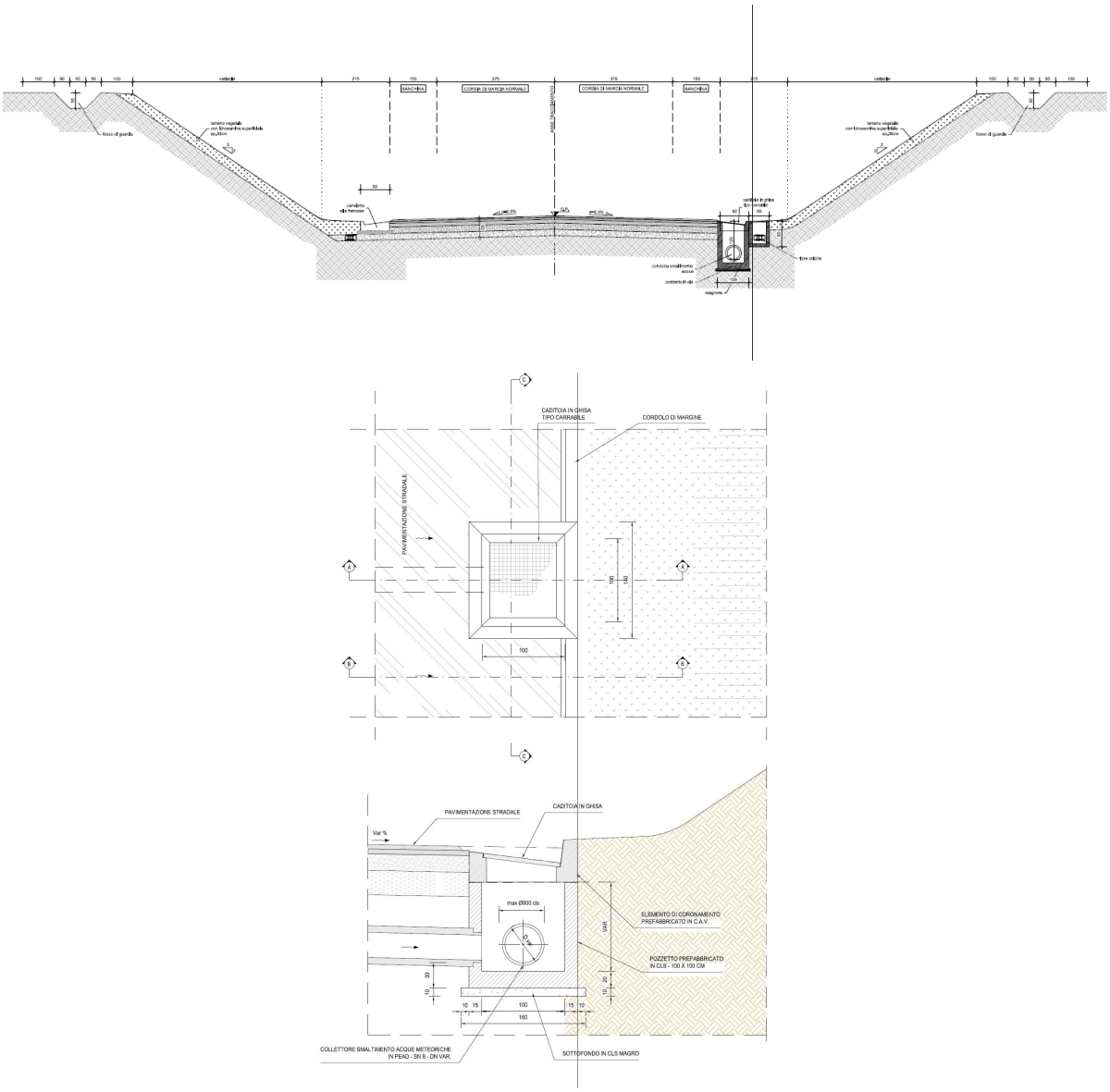


Figura 15.3 - Organizzazione della sezione tipo "C1" in trincea nella situazione ordinaria

- sezioni in trincea fra muri: le acque di piattaforma sono raccolte con le stesse modalità già illustrate per le sezioni in trincea, ad eccezione del fatto che verranno utilizzate tubazioni in PRFV SN 8 del diametro esterno di 400 mm;
- La sezione tipo associata alla galleria, sia naturale che artificiale, rispecchia gli standard ANAS per questo genere di strade. Essa è in grado di ospitare la piattaforma stradale e gli impianti senza dover ricorrere a soluzioni particolari.
- Le tubazioni in galleria artificiale sono di PRFV DN 300mm SN 16..
- Il collettore in galleria naturale è una canaletta a fessura continua in calcestruzzo polimerico delle dimensioni interne b=0.20m ed altezza h=0.26m
- In galleria sono stati adottati pozzetti sifonati, per evitare il propagamento della fiamma.

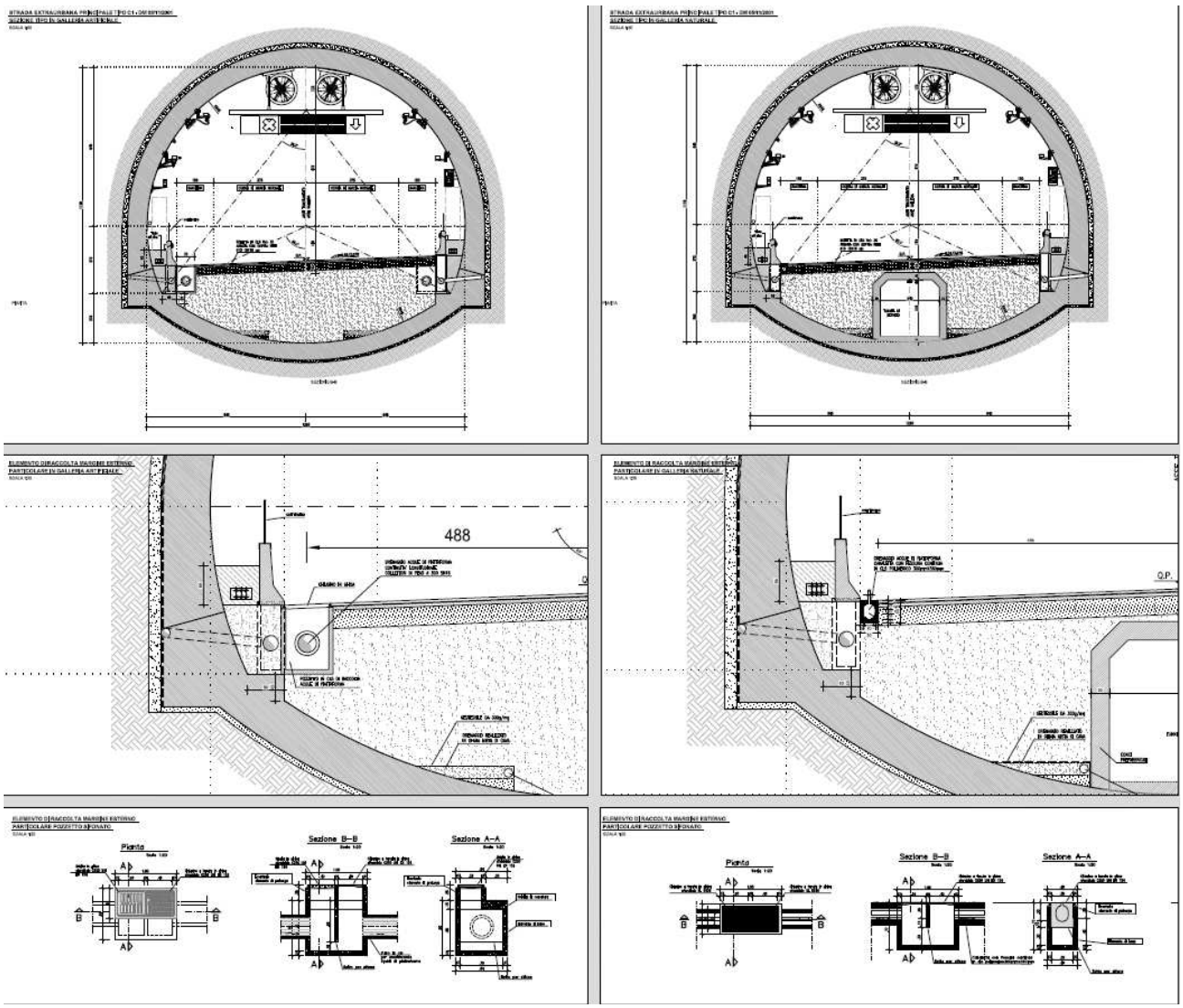


Figura 4.1.d - Schema tipologico della sezione in galleria naturale ed artificiale

- La sezione tipologica di posa in opera di linea prevede un letto di posa spessore 20cm, in materiale granulare selezionato e vagliato ed un rinfianco in misto granulare. L'attraversamento del corpo stradale è realizzato con tubazioni in PRFV SN 8, opportunamente rinfiancate con misto cementato.

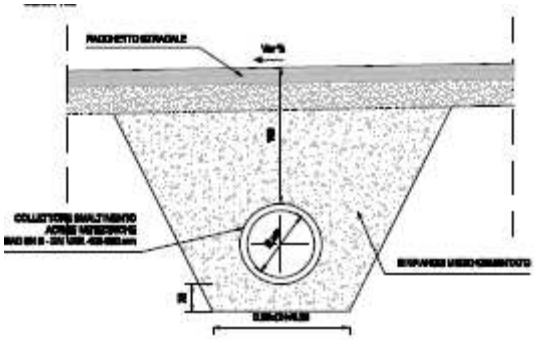


Figura 15.6 – tipologico fossa di posa

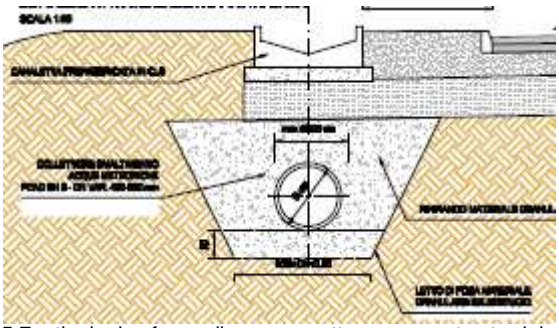


Figura 15.7 – tipologico fossa di posa per attraversamento stradale

15.1 COLLETTORI PLUVIALI

Le acque di pioggia sono allontanate mediante collettori, in PEAD (DN >=400mm), SN 8, alloggiati al di sotto dell'arginello laterale o, per i tratti in curva, al di sotto del marine interno (spartitraffico).

Le quote di posa e le caratteristiche geometriche delle singole tratte sono riportate nella relazione idraulica di calcolo e nei profili longitudinali delle condotte.
La metodologia di calcolo si basa innanzitutto sulla quantificazione dell'apporto di pioggia che cade sulla superficie stradale.
I dati idrologici di input sono i seguenti:

- tempo di pioggia tp = 10 minuti
- tempo di ritorno TR = 25 anni
- coefficiente di deflusso $\varphi = 0.9$

Il valore della portata al colmo dell'idrogramma di piena è stato ottenuto applicando la relazione generale del metodo della corrivazione (formula razionale):

$$Qc = 2.78 \cdot \varphi \cdot i \cdot S = 2.78 \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta c^{n-1} \cdot S$$

dove

- Qc è la portata di picco espressa in [l/s],
- φ è il coefficiente d'afflusso,
- θc l'intensità critica di pioggia [mm/ora]
- S la superficie del bacino scolante [ha].

Il calcolo dei coefficienti udometrici per le diverse zone porge:

- **Area pavimentata C1= 0.9 Qp10 = 290 l/s/ha**
- **Area scarpata C2= 0.7 Qsc10= 225 l/s/ha**
- **Area agricola C3= 0.3 Qag10=100 l/s/ha**

La verifica delle condotte è stata effettuata ipotizzando che ciascun tratto di collettore sia percorso tutto dalla stessa portata e in condizioni di moto uniforme, utilizzando nella determinazione della portata la formula di Gauckler –Strickler:

$$Q = A\, K_S\, R_H^{2/3}\, i^{1/2}$$

dove:

- Q = portata;
- A = sezione liquida;
- KS = coefficiente di Strickler;
- RH = raggio idraulico;
- i = pendenza longitudinale.

Fissati il coefficiente di scabrezza Ks e la pendenza longitudinale i, sì è in grado, con la formula precedente, di determinare la combinazione di diametro e grado di riempimento che danno luogo ad una portata Q pari a quella massima di progetto calcolata con il metodo razionale.
I valori del coefficiente di scabrezza secondo Strickler assunti sono

- Ks=70 m1/3/s, per le tubazioni in conglomerato cementizio
- Ks=90 m1/3/s per le tubazioni in PVC

Nella determinazione del diametro ottimale, si è cercato di mantenere il grado di riempimento della condotta entro i valori:

- y/D=50% per condotte di diametro pari o inferiore a DN 500mm,
- y/D=70% per condotte di diametro superiore.

Sono stati adottati collettori in PEAD SN8 DN400, DN500, DN630 e DN800 per i tratti in rilevato e trincea, SN16 per i tratti in galleria artificiale. In galleria naturale si sono adottate canalette a fessura continua in calcestruzzo polimerico.

Lo sviluppo dei collettori è risultato il seguente:

TRONCO	L	DN 300	DN 400	DN 500	DN 630	Canaletta con fessura continua	canale arginello		Pozzetti 100 x 100	Attraversamenti	
										L	DN
Dx 1	380,00	0,0	333,1	46,9	0,0		760,00		20		
Sx 1	122,40	0,0	122,4	0,0	0,0		244,80		7	10,5	500
Dx 2	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0		0,00		1	10,5	400
Sx 2	273,00	120,0	153,0	0,0	0,0		546,00		15	10,5	500
Dx 3	1020,04	0,0	153,3	73,0	793,7		2040,08		52	10,5	
Sx 3	833,90	40,0	573,9	220,0	0,0		1667,80		43		
Dx 4	704,15	0,0	322,3	0,0	381,9		1408,30		36	10,5	500
Sx 4	519,50	0,0	100,4	160,9	258,2		1039,00		27		
Dx 5	513,90	0,0	120,0	59,7	334,2		1027,80		27	10,5	400
Sx 5	280,90	0,0	280,9	0,0	0,0		561,80		15		
Dx 6	1012,80	0,0	1012,8	0,0	0,0		2025,60		52	10,5	500
Sx 6	1127,30	0,0	697,4	125,6	304,3		2254,60		57		
Dx 7	170,00	0,0	170,0	0,0	0,0		340,00		10	10,5	500
Sx 7	362,80	0,0	57,5	0,0	0,0	305,3	725,60		19		
Dx 8	215,80	0,0	175,7	40,1	0,0		431,60		12	10,5	500
Sx 8	1142,10	0,0	141,4	127,4	63,3	810,0	2284,20		58	10,5	500
	8678,59	160	4414,1	853,64	2135,55		17357,18	7563,29	450	136,5	

Tabella 15.1.a: Sviluppo collettori

Inoltre è prevista la realizzazione di attraversamenti della piattaforma stradale, per convogliare le acque dalla canaletta di margine esterno a quello interno e viceversa, dovuta alla rotazione dei cigli in curva, del DN 400-500mm.
I pozzetti di linea, posti mediamente ad interasse 20m, sono del tipo in cemento prefabbricato, ad elementi sovrapposti, delle dimensioni interne in pianta di 1.00 x 1.00m ed altezza variabile fino al raggiungimento del piano viario (mediamente h=1.70m). Complessivamente è prevista l'installazione di circa 450 pozzetti.

15.2 VASCHE DI PRIMA PIOGGIA

Le piogge fanno riferimento ad un tempo di ritorno di 50 anni.
Il volume delle vasche di prima pioggia è stato dimensionato sulla base di 5 mm di pioggia caduta sulla piattaforma stradale e sono state previste due tipologie di vasche, rispettivamente **di tipo "A" per 40 m^3 e di tipo "B" per 60 m^3**: complessivamente è stato prevista l'adozione di n. 6 vasche di tipo "A" e n. 6 vasche di tipo "B".
Nelle porzioni di piattaforma stradale controllate, le acque confluiscono in una **vasca di trattamento di prima pioggia in c.a.,** che con appositi setti all'interno agevolano il distacco dei fanghi che precipitano sul fondo del sedimentatore. In uscita dal sedimentatore, una griglia di protezione a sfioramento non permette ad eventuali materiali in galleggiamento di defluire nel separatore. La forma del sedimentatore è studiata per favorire l'equalizzazione delle acque (evitare la formazione di turbolenze). A monte del sedimentatore, è inserito un by-pass, costituito da una soglia di sfioro, che consente, secondo la normativa regionale di cui al paragrafo precedente, di far defluire le eventuali acque in esubero.
Dalla linea di galleggiamento, le acque defluiranno in uno scomparto disoleatore, che provvederà lo stacco degli oli. La separazione fisica per differenza di peso specifico è alla base di tutti gli impianti gravimetrici.
Per lo scarico in Tabella "A" degli idrocarburi viene inserito un apposito filtro a coalescenza (di materiale oleofilo) che permette di trattenere le microgoccioline con il fenomeno della coalescenza.

Un apposito galleggiante di sicurezza in acciaio inossidabile tarato con il peso specifico dell'olio (premontato nel separatore) non permetterà, anche in caso di evento eccezionale (es.: rovesciamento di autocisterne) il riversamento degli oli nel recapito finale; il galleggiante con apposita piastra gommata chiude l'uscita contenendo l'intero sversamento di inquinanti. Il galleggiante ha, inoltre, la funzione di rilevare l'accumulo degli oli.
Con il sistema adottato, tutti i fluidi drenati dalla piattaforma stradale transitano nelle vasche costituenti il presidio ambientale. In questo modo, oltre al trattamento delle acque di prima pioggia, si provvede all'intercettazione delle eventuali sostanze sversate in carreggiata. Pertanto, risulta possibile intercettare gli eventuali sversamenti anche in condizioni di pioggia per eventi caratterizzati da un tempo di ritorno inferiore o al limite uguale a quello di progetto della rete di drenaggio.

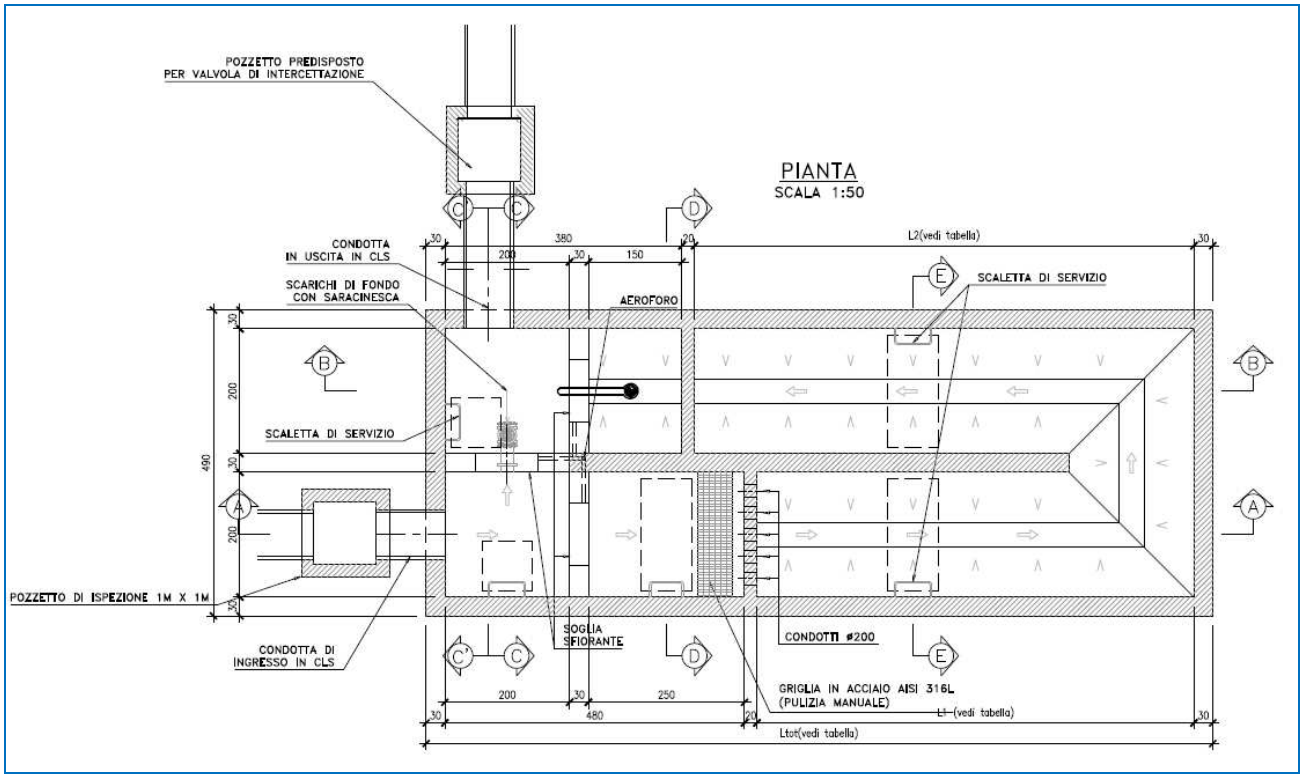


Figura 15.2.1: Tipologico vasca prima pioggia

Il trattamento delle acque di prima pioggia prevede un sistema di grigliatura, dissabbiatura e disoleatura.
Le acque di prima pioggia vengono convogliate, tramite un by-pass interno alla vasca, alla zona di trattamento, che prevede 3 fasi distinte:

- Separare tramite un bypass-scolmatore interno le prime acque meteoriche, che risultano inquinate, dalle seconde.
- Accumulare temporaneamente le prime acque meteoriche molto inquinate dal dilavamento della strada e sue pertinenze, per permettere, durante il loro temporaneo stoccaggio, la sedimentazione delle sostanze solide;
- Stoccaggio della frazione oleosa nella parte superiore del volume di accumulo per il necessario prelevamento con idoneo mezzo aspirante.

Le acque di prima pioggia cosiddetta, sono costituite del volume corrispondente ai primi 5 minuti di pioggia caduti sul bacino di competenza dell'impianto. Detto volume viene separato e assoggettato

alle 3 fasi di cui sopra all'interno delle vasche, attraverso un dispositivo idraulico di bypass a sfioro che si innescala raggiungimento del volume di accumulo della vasca.
Le tre frazioni separate all'interno della vasca: parte galleggiante, parte sospesa sedimentata e parte oleosa vengono asportate successivamente mediante idonei mezzi meccanici e smaltite in idonee discariche.
Al fine di evitare fenomeni di intasamento, l'altezza massima di sedimento consentita sul fondo della vasca di prima pioggia è di 20 cm (pari all'altezza del gradino che divide il bacino di sedimentazione dalla cameretta della pompa), che, nel caso di una vasca di prima pioggia di volume 50 m^3, determina un volume massimo consentito di 1,6 m^3. È stato quindi stimato che la manutenzione delle vasche deve essere effettuata almeno 3-4 volte l'anno (una volta ogni tre mesi) per asportare il materiale solido sul fondo vasca e quello oleoso in galleggiamento.
Il dimensionamento delle vasche con relativa geometria si trova nell'allegato elaborato tipologico "particolare vasca di prima pioggia". complessivamente è stato prevista l'adozione di n. 4 vasche di tipo "A" e n. 4 vasche di tipo "B".

VASCA	Progressiva	Superficie drenata	Volume lordo	Volume prima pioggia	Tipo A 40 mc	Tipo B 60 mc
-		[mq]	[mc]	[mc]	-	-
1	247,11	6.573	394	33	A	
2	460,00	4.066	244	20	A	
3	925,66	16.486	989	82		B
4	1.925,66	14.686	881	73		B
5	2.831,42	9.420	565	47		B
6	3.401,33	12.333	740	62		B
7	4.884,97	2.112	127	11	A	
8	6.205,70	7.060	424	35	A	
Totale		**72.736**	**4.364**	**364**	**160**	**240**

Tabella 15.2.a – Posizionamento e volumi delle Vasche di Prima Pioggia

15.3 VASCHE DI LAMINAZIONE

A valle delle vasche di prima pioggia sono inserite le vasche di laminazione, che compensano i volumi di pioggia e li restituiscono in tempi successivi, quando la piena del corso primario è passata.
Dette vasche sono dimensionate con piogge con tempo di ritorno 50 anni e con il parametro di 600 mc/ha di superficie pavimentata drenata.
L'acqua che vi affluisce è quella proveniente dalle vasche di prima pioggia, e quindi già depurate. Non è necessario impermeabilizzare le vasche, ma si realizza un rivestimento in scogliera di pietrame, per mantenere le sponde e facilitare le operazioni di spurgo.
Geometricamente le vasche presentano sponde con scarpa 3/2 ed argine sommitale largo 3.00m.
Normalmente, rispetto alla quota di piano campagna, sono scavate per 1.00m (dove è contenuto il volume di rifasamento) e presentano un rilevato di altezza 1.00m (franco idraulico). In altri casi le vasche presentano profondità superiori, aumenta lo scavo e diminuisce il rilevato.
In tal modo la parte bagnata risulta essere in scavo e quindi maggiormente stabile, mentre il rilevato compensa il volume di scavo.
Dalle vasche l'acqua viene espulsa mediante impianto di sollevamento, dimensionato secondo il criterio dell'invarianza idraulica, con valore di Q=20l/sec/ha.

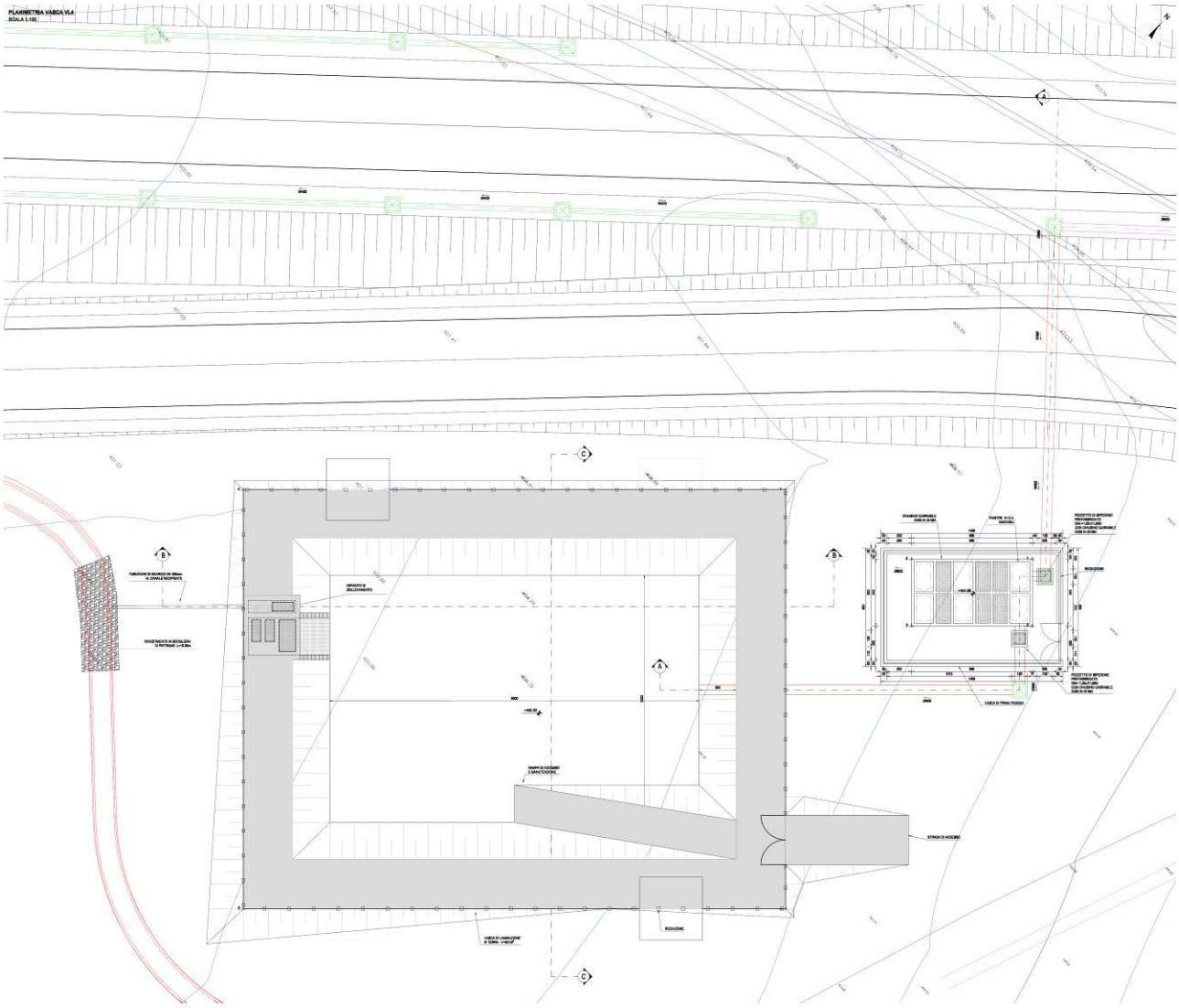


Figura 15.3.1 - Vasca di laminazione – sistemazione tipologica

Per il dimensionamento delle vasche di laminazione si è usato il metodo delle piogge. Di fatto per piogge di durata diversa si è calcolato il volume entrante nella vasca, il volume in uscita per sollevamento con portata pari a 20l/sec/ha, quindi il volume invasato. Si è verificato che mediamente è necessario invasare un volume corrispondente ad una pioggia di durata di circa 2.5 ore.

Nella seguente tabella si riporta il volume lordo da laminare (corrispondente a quello di 600mc/ha di superficie drenata), il volume al netto di quanto immagazzinato nelle limitrofe vasche di prima pioggia.

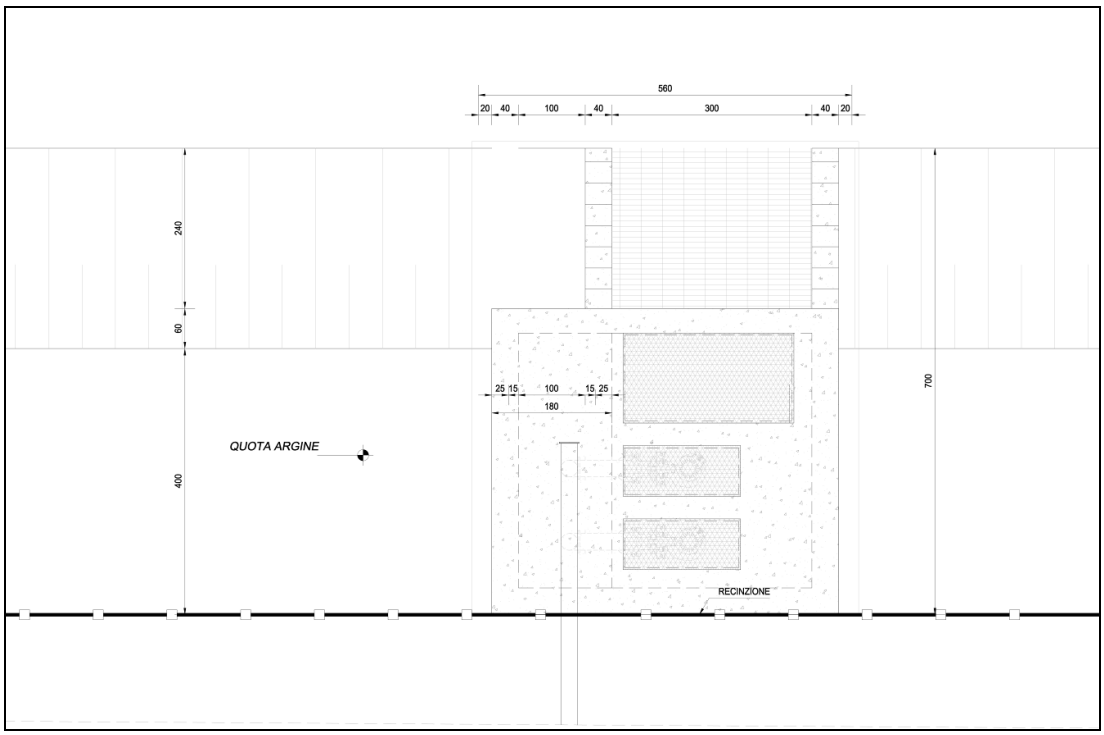
VASCA	Progressiva	Superficie drenata	Volume lordo	Volume prima pioggia	Tipo A 40 mc	Tipo B 60 mc	Volume netto	b1	b2	V
-		[mq]	[mc]	[mc]	-	-	(mc)			
1	247,11	6.573	394	33	A		354	15	15	272,25
2	460,00	4.066	244	20	A		204	10	20	247,25
3	925,66	16.486	989	82		B	949	10	30	362,25
4	1.925,66	14.686	881	73		B	841	20	30	677,25
5	2.831,42	9.420	565	47		B	525	10	30	362,25
6	3.401,33	12.333	740	62		B	700	20	40	892,25
7	4.884,97	2.112	127	11	A		87	7	10	195,5
8	6.205,70	7.060	424	35	A		384	10	20	494,5
Totale		**72.736**	**4.364**	**364**	**160**	**240**	**4.044**			**3.504**

Tabella 15.3.a – Posizionamento e volumi delle Vasche di Laminazione

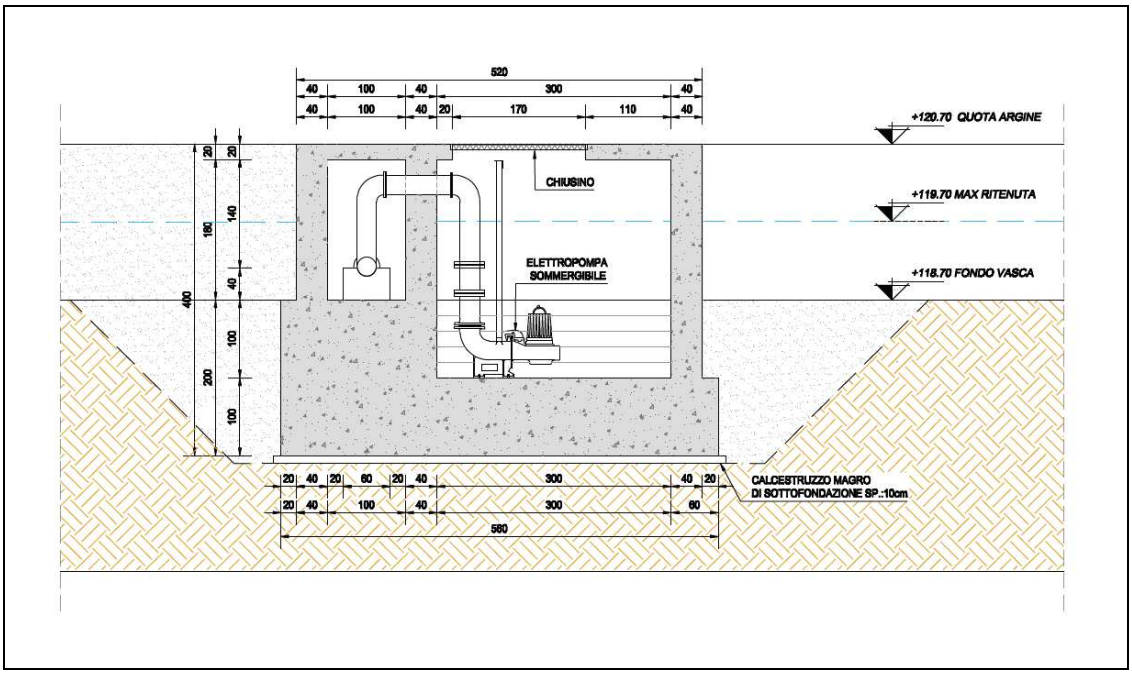
15.4 IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO NELLE VASCHE

Il progetto prevede la seguente tipologia di sollevamento:

1. L'impianto di sollevamento nelle vasche che deve sollevare normalmente una portata di 20 l/sec/ha; per semplicità costruttiva, verificato che la superficie drenata da ciascuna vasca è circa 1 ha, le pompe sono state dimensionate per una portata di 20 l/sec, per una prevalenza di circa h=3.50m. L'impianto prevede l'installazione di due pompe uguali, di cui una di riserva.
   Di seguito la tipologia di installazione sull'argine della vasca di laminazione e la restituzione al canale di bonifica:



Pianta dell'impianto di sollevamento



Sezione trasversale impianto di sollevamento

2. l'impianto di sollevamento in corrispondenza della galleria di attraversamento della FF.SS., alla progressiva 0+240, con Q50=250 l/s (Tr=50 anni) e prevalenza di circa 12.00m. Dal fondo della vasca di alloggiamento pompe l'impianto in oggetto solleva le acque verso una vasca di p.p. e da questa alla vasca di laminazione; in uscita dalla vasca di laminazione stessa sarà poi presente l'impianto di sollevamento di restituzione, con le caratteristiche di cui al precedente punto1. L'impianto prevede l'installazione di quattro pompe uguali, ciascuna da 80 l/sec, di cui una di riserva.
3. l'impianto di sollevamento in corrispondenza dello sbocco della galleria, alla progressiva 6+245, con Q50=390 l/s (Tr=50 anni) e prevalenza di circa 12.00m. Dal fondo della vasca di alloggiamento pompe l'impianto in oggetto solleva le acque verso una vasca di p.p. e da questa alla vasca di laminazione; in uscita dalla vasca di laminazione stessa sarà poi presente l'impianto di sollevamento di restituzione, con le caratteristiche di cui al precedente punto1. L'impianto prevede l'installazione di quattro pompe uguali, ciascuna da 130 l/sec, di cui una di riserva.

Nella specifica relazione idraulica di piattaforma sono riportate le caratteristiche elettromeccaniche delle pompe, delle valvole di flussaggio e dei quadri elettrici.

15.5 GRUPPI ELETTROGENI

I gruppi elettrogeni sono stati previsti a garanzia del funzionamento delle pompe in caso di mancanza di energia elettrica. Sono installati all'aperto, in superficie rispetto al livello stradale.
Gli impianti di sollevamento sono rispettivamente:

Vasca 1 :	Q=216l/s;	3 pompe da 110 l/s;	h=12m;	P=2x22KW=44KW
Vasca 8 :	Q=280l/s;	3 pompe da 140 l/s;	h=13m;	P=2x22KW=44KW

I gruppi elettrogeni hanno rispettivamente le seguenti caratteristiche:

Vasca 1 : P=60 KVA
Vasca 8 : P=60 KVA

15.6 IMPATTO DELL'OPERA SULL'AMBIENTE IDRICO

L'analisi degli impatti sulla componente idrica del territorio interessato dall'infrastruttura in oggetto, individua, in fase di esercizio, nelle acque di piattaforma la fonte principale di un possibile peggioramento della qualità delle acque; le cause sono ascrivibili principalmente all'azione di dilavamento delle acque di pioggia sulla piattaforma stradale e intorbidimento delle stesse dovuto a particelle e solidi sospesi che possono contenere sostanze inquinanti rilasciate dagli scarichi degli autoveicoli che transitano nell'infrastruttura. Le acque contengono, specialmente nei primi minuti di pioggia, elevati contenuti di sostanze organiche affini all'asfalto e su di esso adsorbite, o altre semplicemente depositate (idrocarburi, IPA, metalli pesanti utilizzati come additivi per carburanti, residui delle gomme ecc.).
Altri impatti possono essere ricondotti all'alterazione della dinamica fluviale generata dalla presenza del viadotto e dei ponti nell'asta del corso d'acqua principale e all'interruzione della continuità del reticolo idrografico esistente per la presenza di opere d'arte minori quali canalette e tombini idraulici.
Relativamente alle acque sotterranee, i possibili impatti maggiori riguardano il rischio di contaminazione della falda superficiale che potrebbe verificarsi a seguito di sversamenti accidentali da parte dei mezzi transitanti sulla strada. In particolare il rischio appare maggiore in corrispondenza di quelle porzioni di tracciato allo scoperto che si attestano su sedimenti quaternari (alluvioni, fasce detritiche e coni di deiezione) che presentano i maggiori coefficienti di permeabilità

tra tutti i terreni affioranti, mentre i tratti in galleria si possono considerare sostanzialmente impermeabili.
Come è stato richiesto nelle prescrizioni di approvazione del progetto definitivo, la mitigazione è stato previsto nel progetto esecutivo un sistema di tipo "chiuso", che separi cioè le acque direttamente provenienti dal dilavamento della sede stradale, che necessitano di specifico trattamento, rispetto a quelle provenienti dai versanti dei rilevati o dai bacini esterni alla sede stradale stessa.
Nell'ambito del progetto sono stati previsti 13 Impianti di prima pioggia di capacità variabile, in cui le acque di piattaforma vengono trattate attraverso dissabbiatura e disoleatura per essere successivamente recapitate verso quelli che sono stati individuati come i corpi idrici recettori, cioè il Fiume Adda nella maggioranza dei casi, e qualche corso d'acqua secondario direttamente afferente al fiume.
I parametri delle acque in uscita dall'impianto di trattamento saranno sottoposti a controllo periodico per la verifica del rispetto della normativa vigente in materia di scarichi, costituita dal D.Lgs 152/06 parte III sezione II inerente la tutela delle acque dall'inquinamento.

16 IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE ESTERNA

Per i tratti stradali si è valutata l'utilizzazione di un'armatura stradale a tecnologia LED costituita da un gruppo ottico antinquinamento luminoso di tipo Cut-Off, con distribuzione simmetrica in senso longitudinale e distribuzione asimmetrica (altamente performante) in senso trasversale.
L'alimentazione elettrica è di 230V, 50Hz con isolamento di Classe II.
La scelta della tecnologia a LED è dovuta ad una ottima efficienza luminosa (lm/W), pari a 142,5, nonché un'ottima resa cromatica IRC>80, oltre ed una buona durata della componentistica. La temperatura del colore, per questo tipo di sorgente luminosa, è di 4000 °K, con un indice di resa cromatica di IRC > 80. I valori di resa cromatica e temperatura del colore, in caso di manutenzione, dovranno sempre essere rispettati oppure migliorati, qualora la tecnologia lo permettesse, senza ridurre l'efficienza luminosa della lampada, per non compromettere la guida visiva.
I calcoli di verifica illuminotecnica sono stati eseguiti con software professionale, utilizzando i corpi illuminanti precedentemente descritti.
Come fattore di manutenzione è stato utilizzato un valore pari 0,80, essendo l'impianto soggetto ad un ciclo di manutenzione standard.
Si rimanda alla tavola specifica di progetto per ulteriori dettagli.
Per la progettazione e dimensionamento dell'impianto di illuminazione pubblica si è fatto riferimento ai seguenti parametri:

- disposizione dei centri luminosi: unilaterale;
- altezza dei centri luminosi (h palo fuori terra): 9,0m;
- sbraccio di avanzamento di 2,5m;
- distanza tra i centri luminosi: 35m lungo i rettilinei, lungo i tratti curvi, variabile a seconda del raggio di curvatura;
- posizionamento del palo a bordo stradale: 1,8m dal limite esterno della banchina.

Il posizionamento dei pali nel progetto illuminotecnico verifica i requisiti della Legge Regione Lombardia n. 31 del 05 Ottobre 2015 in materia di inquinamento luminoso.
Inoltre ciascun apparecchio installato, compresi quelli di rinforzo alle piste ciclabili nei sottopassi, saranno dotati, come richiesto dal DECRETO 22 febbraio 2011: "Adozione dei criteri ambientali minimi da inserire nei bandi gara della Pubblica amministrazione per l'acquisto dei seguenti prodotti: tessili, arredi per ufficio, illuminazione pubblica, apparecchiature informatiche", di

dispositivo CLO – COSTANT LIGHT OUTPUT, per la riduzione della potenza assorbita da ciascun apparecchio durante la fase iniziale di esercizio.
Le sezioni di impianto di nuova realizzazione saranno alimentate, per ciascuno svincolo, rotatoria o intersezione, direttamente dall'Ente Distributore di energia elettrica in bassa tensione. Ciascun sistema elettrico sarà quindi di tipo TT. L'alimentazione dell'impianto avverrà in corrente alternata a 50 Hz, con tensione nominale di alimentazione pari a 400 V.
Dal Quadro Generale di rotatoria o svincolo saranno alimentati, per mezzo di contattori comandati dagli interruttori crepuscolari/orari, gli organi illuminanti, suddivisi su più circuiti trifase. I singoli corpi illuminanti saranno alimentati ad una tensione nominale pari a 230 V e distribuiti lungo le tre fasi, in modo da rappresentare un carico complessivamente equilibrato.
Le condutture delle linee di alimentazione saranno costituite da cavi in ALLUMINIO isolati in gomma di qualità G7 e con guaina in PVC, di tipo ARG7R 0,6/1kV, viaggianti in cavidotti di tipo 450 o 750 di diametro DN 160 ed interrati ad una profondità superiore a 0,8m su letto di sabbia vagliata.
La distribuzione nei sottopassi sarà a vista in canale metallico 100x75mm con coperchio, IPX4, da cui saranno derivate mediante cassetta in metallo e tubazione flessibile TAZ le alimentazioni ai singoli apparecchi illuminanti.
Lungo il tracciato sono presenti sia impianti di trattamento acqua che impianti di sollevamento e rilancio acqua piovana asserviti ai tre sottopassi presenti.
Tali impianti saranno alimentati dal quadro elettrico di svincolo o rotatoria.
Gli impianti di sollevamento asserviti ai sottopassi, unitamente alle utenze di controllo allagamento sottopassi saranno alimentati in "riserva" da Gruppi Elettrogeni indipendenti per ciascuna sezione di impianto. Ciascun gruppo elettrogeno, cassonato per installazione da esterno, sarà dotato a bordo di centralina automatica di commutazione rete-gruppo. Nel quadro elettrico sarà comunque previsto una coppia di interruttori di by-pass per permettere la manutenzione del gruppo stesso. Ciascun GE sarà collegato equipotenzialmente al dispersore di terra predisposto per ciascun quadro generale. La protezione dai contatti indiretti sarà assicurata da interruttore automatico differenziale posto a valle del GE, quale generale della sezione "riserva" nel quadro elettrico.

17 INTERVENTI AMBIENTALI

17.1 APPROCCIO METODOLOGICO ALLA PROGETTAZIONE ESECUTIVA DELLE OPERE A VERDE

In accordo con la prescrizione 1.5.2.6 (cfr par 5), la progettazione esecutiva delle opere a verde è partita dagli interventi già sviluppati nella precedente fase di progettazione.

Di tali interventi è stata preliminarmente effettuata una rilettura critica alla luce delle prescrizioni del CIPE e delle indicazioni della normativa vigente in materia.

Agli esiti di tali verifiche, sono state riscontrate delle criticità in merito ai sesti di impianto tipologici utilizzati che risultavano di gran lunga troppo esigui ai fini di una crescita sana e organica di tutti gli esemplari. Si nota infatti che le specie arboree individuate si riferiscono tutte a elementi che alla maturità arrivano ad altezze mediamente di 20 m ed oltre con sesti di impianto di almeno 7-10 m. Similmente anche le specie arbustive individuate presentano altezze medie a pieno accrescimento mediamente di 4 m con impianto che devono essere normalmente distanziati di almeno 2 m. Ne consegue che la scelta di imporre un sesto di impianto univoco di 1,5 m, seppure determinato dalla volontà di costituire impianti intensivi, sembra di gran lunga troppo riduttivo.

Ciò risulta pertanto penalizzante non solo per il materiale vegetale impiantato, che sarà evidentemente soggetto ad una dura competizione per la sopravvivenza, ma anche per l'effetto finale degli interventi che si troveranno mutati in funzione della selezione data dalla preponderanza di alcune specie a più rapido accrescimento rispetto ad altre.

E' stato inoltre riscontrato un mancato rispetto delle indicazioni normative in merito alle distanze degli impianti dalle infrastrutture stradali e dai confini di proprietà ed ai criteri di visibilità.

Tutto ciò ha portato a rivedere gli interventi previsti nel PD, sia nella composizione e tipologia che nella localizzazione, mantenendone, in ogni caso, invariati i criteri generali di progettazione.

A tale scopo sono stati rivisti gli impianti tipologici ottimizzando l'utilizzo delle specie arboree e arbustive nel rispetto degli spazi a disposizione.

In generale ne è derivata una decisa diminuzione del numero complessivo di esemplari da impiantare ed anche una modifica del rapporto percentuale tra specie arboree e specie arbustive, in favore di queste ultime.

In accordo con la prescrizione 1.5.2.16 che prevede la realizzazione di reimpianti sostitutivi della "IGP - Mela di Valtellina", si è scelto di sostituire gli impianti a Melo selvatico con meleti produttivi IGP. A tale scopo sono stati attentamente analizzati gli schemi di impianto esistenti dei fondi espropriati in modo da realizzare i nuovi impianti in coerenza con gli esistenti.

Dal punto di vista paesaggistico, inoltre tale soluzione consente di ricostituire la trama agricola esistente, con una conseguente migliore integrazione dell'infrastruttura nel territorio.

Tale soluzione consente di dare in gestione i meleti di nuovo impianto al territorio, cosicché l'intervento di mitigazione diventa compensazione e risarcimento per la collettività.

Seguendo questa filosofia progettuale anche le tipologie di intervento a macchia boscata e fascia alto arbustiva sono stati studiati per l'impianto sito specifico.

Per ciascuna, intervento elementare è stata studiata una disposizione propria per la superficie area a disposizione. Il risultato è la costituzione di mosaici vegetazionali sempre differenziati in cui si affiancano unità arboree ad unità erbacee ed arbustive in una distribuzione "*casuale*" come è quella naturale, arricchendo il paesaggio dal punto di vista estetico.

17.2 SCELTA DELLE SPECIE

Il criterio del PD di utilizzare specie autoctone tipiche della vegetazione potenziale delle aree interessate dal progetto, è scelta condivisa e peraltro ormai ampiamente adottata nelle opere di ripristino e mitigazione ambientale. Le specie locali, essendo coerenti con la vocazione dei luoghi, si adattano maggiormente alle condizioni climatiche dell'area e alle caratteristiche dei suoli, assicurando una più facile riuscita dell'intervento. Esse inoltre risultano più resistenti verso gli attacchi esterni (gelate improvvise, siccità, parassitosi) e necessitano in generale di una minore manutenzione, consentendo di ridurre al minimo, in fase d'impianto, l'utilizzo di concimi chimici, fertilizzanti od antiparassitari.
Occorre in primo luogo, infatti, come già detto, puntare su quelle specie già presenti nel paesaggio per evitare, da un lato, di proporre verde che non è in grado di sopravvivere e crescere spontaneamente e, dall'altro, per non incorrere in soluzioni artificiose che risultino avulse dal contesto ambientale circostante.
Si ritiene quindi opportuno sottolineare anche la necessità di assicurarsi, in fase di realizzazione, sulla idonea provenienza delle piante di vivaio, per evitare l'uso di specie che abbiano nel proprio patrimonio genetico caratteri di alloctonia che potrebbero renderle più vulnerabili a malattie e virosi.
In sintesi i criteri adottati per la scelta delle specie sono i seguenti:

- potenzialità fitoclimatiche dell'area;
- coerenza con la flora e la vegetazione locale;
- individuazione degli stadi seriali delle formazioni vegetali presenti;
- aumento della biodiversità locale;
- facilità di attecchimento;
- minima manutenzione;
- valore estetico naturalistico.

A fronte dei suddetti criteri, è fondamentale conoscere le potenzialità vegetazionali dei luoghi, derivanti dalla conoscenza degli aspetti climatici, nonché delle condizioni stazionali (pedologiche, geomorfologiche ecc.) e, al tempo stesso, individuare mediante sopralluoghi in campo, le specie vegetali realmente presenti.
Devono però essere considerate anche dimensione e forma delle chiome delle specie arboree e arbustive per un corretto impianto nel sito, il tipo di copertura dello strato erbaceo, il colore degli organi vegetativi e riproduttivi.
Compatibilmente con le caratteristiche degli interventi nella composizione floristica dell'impianto si è mirato ad ottenere una diversità delle specie vegetali poiché ad elevata diversità vegetazionale corrisponde in genere un'elevata diversità animale.
Una scelta idonea consente un incremento della naturalità dei luoghi attuando un processo di riqualificazione e di rivalutazione di un ambito territoriale già modificato rispetto alle sue condizioni naturali.
In continuità con le precedenti fasi di progettazione, le specie utilizzate sono state comunque individuate tra quelle già previste nel progetto definitivo.
In relazione alla minore presenza di elementi arborei negli impianti del PE si è proceduto ad una selezione delle specie indicate nel PD.
Nella scelta si è tenuto conto non solo del portamento ai fini di un armonico inserimento nell'intervento, ma anche delle modalità di accrescimento. Sono stati infatti in generale preferiti esemplari di specie a più rapido sviluppo quali Ulmus Glabra e Populus tremula.

17.3 MODALITÀ DI APPROVVIGIONAMENTO E TRATTAMENTO DEL MATERIALE VEGETALE

Un aspetto a cui viene dato rilievo è la tipologia di materiale vegetale che si intende impiantare.
A di là di prevedere l'impianto di specie autoctone è necessario che anche il materiale (e quindi non solo la specie) sia autoctono e cioè proveniente da germoplasma locale.
Sono infatti gli esemplari locali quelli già adattati alle condizioni pedoclimatiche della zona e che, quindi, possono garantire una maggiore capacità attecchimento. Essi risultano pertanto più resistenti agli attacchi esterni (siccità, parassiti, etc) e necessitano in generale di una minore manutenzione consentendo di ridurre al minimo, in fase di impianto e di esercizio, l'utilizzo di fertilizzanti e fitofarmaci.
Inoltre al di là delle esigenze di adattabilità si potrà in questo caso evitare un possibile inquinamento genetico delle specie già presenti ed ottenere anche un migliore effetto di inserimento nell'ambiente circostante, aumentano il valore estetico e naturalistico dell'intervento.
Pertanto in sede di realizzazione delle opere si dovrà limitare il bacino di provenienza del materiale vegetale ai vivai presenti nel distretto valtellinese.
Inoltre, ai fini di un pronto effetto in termini percettivi, in accordo con le indicazioni del PD di prevede il ricorso a esemplari piantine in misura forestale.

17.4 CONSERVAZIONE DELLA RISORSA PEDOLOGICA

Lo strato di terreno fertile attualmente presente in sito, preliminarmente ad ogni operazione di realizzazione delle opere in progetto, sarà asportato e conservato al fine del suo riutilizzo per gli interventi di ripristino vegetazionale.
La movimentazione del terreno vegetale avverrà avendo cura di rispettare, durante le operazioni di scotico, di stoccaggio e di stesura, le seguenti precauzioni e modalità di esecuzione:

- l'esecuzione di tutte le operazioni (scotico, stoccaggio, stesura) avrà luogo in assenza di precipitazioni atmosferiche;
- il riconoscimento dello spessore del terreno vegetale sarà effettuato zona per zona, prima dello scotico, con scavi di assaggio;
- lo scotico verrà effettuato in maniera tale che le macchine non circolino mai sul terreno vegetale e quindi in marcia avanti con deposito e accumulo laterale;

- il terreno vegetale verrà accumulato separatamente dal sottostante terreno minerale eventualmente asportato e dagli altri materiali inerti (roccia, ghiaia ecc.); in fase di scotico sarà valutata la fattibilità dello stoccaggio separato dei diversi orizzonti pedologici presenti, in maniera tale da consentirne il corretto riposizionamento in fase di riutilizzo del terreno;
- i cumuli avranno altezza massima pari a 2 m e saranno costituiti da strati di terreno di circa 50 cm di spessore, alternati a strati di 10 cm costituiti da torba, paglia e concime; alla base dei cumuli si predisporranno adeguate tubature per la raccolta e l'allontanamento del percolato;
- i cumuli saranno protetti dall'insediamento di vegetazione infestante e dall'erosione idrica superficiale procedendo subito al rinverdimento degli stessi mediante semina (eventualmente ripetuta in caso di bisogno) di un miscuglio di specie da sovescio; tale inerbimento protettivo verrà effettuato nel caso in cui il periodo di stoccaggio si protragga almeno fino alla stagione vegetativa successiva; il miscuglio sarà così composto (quantità di sementi di previsto utilizzo pari a 25 g/mq):
    - *Vicia faba minor* 30% in peso;
    - *Trifolium incarnatum* 10%;
    - *Lupinus albus* 25%;
    - *Vicia sativa* 15%;
    - *Medicago sativa* 20%;
- verrà effettuato, se necessario, il miglioramento delle caratteristiche fìsico-idrologiche ed organiche del terreno mediante addizione delle frazioni carenti nella tessitura o mediante impiego di ammendanti condizionatori del suolo e atti a mantenere la struttura del suolo stesso, limitare l'evaporazione, aumentare la capacità dì campo (ritenzione di acqua disponibile alle piante), fornire una protezione contro l'erosione eolica ed idrica, il tutto finalizzato a favorire la germinazione e la crescita della vegetazione;
- avvenuta la messa in posto del terreno, le opere di idrosemina e piantagione seguiranno il più rapidamente possibile per evitare fenomeni di deterioramento e ruscellamento, in grado di annullare in breve tempo le precauzioni adottate in precedenza.

Al termine della fase di stoccaggio si provvederà al riutilizzo del terreno fertile conservato mediante la messa in pratica di una serie di accorgimenti, riepilogati di seguito, indirizzati all'ottimale ripresa delle funzioni del suolo:

- verrà eseguita, preliminarmente ad ogni altra operazione, una lavorazione atta a arieggiare il terreno e ad eliminare eventuali compattamenti;
- la lavorazione verrà effettuata mediante aratura fino a 40 cm di profondità oppure ripuntatura (con ripuntatore a 3 o 5 punte di altezza minima 70 cm) per frantumare lo strato superficiale;
- la posa del terreno di scotico e dell'eventuale terreno agrario ad integrazione di questo, dovrà aver luogo in strati uniformi, in condizioni di tempera del terreno, rispettando il più possibile l'originaria successione, utilizzando attrezzature cingolate leggere o con ruote a sezione larga, avendo cura di frantumare le zolle per evitare la formazione di sacche di aria eccessive e di non creare suole di lavorazione e ulteriori gradi di compattazione del suolo;

- sia la fase di aratura sia la fase di stesura e di modellazione della terra dovranno predisporre un adeguato reticolo di sgrondo delle acque di ruscellamento, con adeguata pendenza;
- prima della fase di realizzazione delle sistemazioni a verde previste si eseguirà una leggera lavorazione superficiale consistente in erpicatura con profondità minima di lavoro 15 cm e passaggi ripetuti ed incrociati per ottenere uno sminuzzamento del terreno per la semina;
- la fase di ripristino e di rivegetazione dovrà avvenire nel minor tempo possibile dalla fase di stesura e di rimodellamento del terreno.

Per quanto riguarda l'eventuale necessità di concimazioni integrative si ritiene opportuno procedere come di seguito indicato:

- durante la fresatura verrà interrato del concime organico a lenta cessione consistente in letame bovino ben maturo nella dose di 3-4 kg/mq;
- con l'erpicatura si provvederà ad una concimazione di fondo mediante concime ternario (formula media: 80 kg/ha di azoto, 80 kg/ha di fosforo, 80 kg/ha di potassio).

17.5 TIPOLOGIE DELLE OPERE A VERDE

In sintesi, lungo l'intera tratta in progetto gli interventi progettati possono riferirsi schematicamente alle seguenti tipologie:

- Mitigazione con fascia alto arbustiva (Tipologia 01)
- Mitigazione con fascia arboreo e alto arbustiva (Tipologia 02)
- Mitigazione imbocco galleria con fascia alta arbustiva (Tipologia 03)
- Ripristino dei meleti (Tipologia 04)
- Inerbimento tramite semina a spaglio
- Inerbimento tramite idrosemina

Nella relazione specifica allegata al progetto sono indicate le quantità di prato, alberi ed arbusti previsti.

17.6 ATTRAVERSAMENTI FAUNISTICI

La progettazione di una nuova infrastruttura ad elevata permeabilità faunistica, ovvero che non rappresenti un ostacolo invalicabile a danno della fauna locale durante i propri spostamenti per esigenze nutritive o riproduttive, ha preso avvio dai seguenti dati:

- Individuazione delle specie animali "target" presenti nel contesto d'intervento a vantaggio delle quali concepire le caratteristiche degli interventi per favorire la permeabilità faunistica della nuova strada.
- A seguito dell'identificazione delle suddette specie "target" sono progettati i varchi faunistici, individuandone sia le caratteristiche geometriche che le caratteristiche atte a massimizzarne la probabilità di utilizzo (le cosiddette misure di "allestimento faunistico.

Le caratteristiche costruttive della nuova strada affrontano favorevolmente il tema della permeabilità faunistica prevedendo tratti in galleria naturale o artificiale ed un viadotto sul Fiume Adda.

Impedimenti importanti, tuttavia, si riscontrano nel tratto a cielo aperto compreso tra lo svincolo di Stazzona e l'imbocco orientale della galleria il Dosso; in tale tratto la nuova strada si configura come una vera e propria barriera interposta tra il territorio seminaturale (il versante boscato) e il territorio antropizzato del fondovalle.

Pur considerando le pressanti barriere alla permeabilità faunistica attualmente rappresentate dal fiume Adda (in questo tratto canalizzato), dalla strada statale 38 e dalla linea ferroviaria della Valtellina, è da tenere presente che in talune aree del fondovalle a ridosso del fiume si possono verificare fenomeni di ristagno idrico che invitano in modo particolare alla frequentazione da parte degli anfibi.

Nel caso delle specie di mammiferi occorre fare una distinzione; nel caso dei mammiferi di grande taglia che potrebbero discendere dai boschi del versante orobico è senz'altro preferibile non condurre alcun intervento che possa favorirne la diffusione nel fondovalle, denso di ambienti a queste specie poco ospitali e, al contrario, ricchi di elementi di pericolosità, fra cui la strada stessa.

Per i mammiferi di piccola e media taglia che possano essere già allo stato diffusi nel territorio del fondovalle, è possibile prevedere sottopassi di attraversamento, sebbene l'effetto deterrente derivante dall'infrastruttura stessa, dal rumore, dalle vibrazioni e dalle luci farà sì che la strada venga, almeno inizialmente, temuta dagli animali, che tenderanno ad evitare l'avvicinamento.

La fauna selvatica troverà permeabilità non solo attraverso le aree soprastanti le gallerie e nelle aree sottostanti il viadotto, ma anche appositi sottopassi faunistici situati in corrispondenza delle progressive:

Sottopasso FAU 01	km 2+120
Sottopasso FAU 02	km 2+794
Sottopasso FAU 03	km 2+964
Sottopasso FAU 04	km 3+484

I sottopassi saranno costituiti da scatolari in calcestruzzo a sezione quadrangolare della dimensione di 1,25 m x 1 m, in grado quindi di permettere un'ampia superficie di passaggio; si ritiene che una luce di questa ampiezza sia adeguata per garantire l'utilizzazione del passaggio con successo.

La forma quadrangolare viene preferita alla forma circolare, poiché consente il transito a più individui presenti contemporaneamente nel sottopasso senza indurne il disturbo reciproco.

La superficie interna al sottopasso dovrà essere priva di asperità e ricoperta di terreno naturale, sabbia o humus da disporre sul fondo del tubo.

Per favorire l'uso del sottopasso si ricorre alla rivegetazione per alcuni metri di entrambi i lati che conducono all'imboccatura del passaggio.

Le soluzioni proposte hanno la finalità di rendere facilmente individuabile, tramite la vegetazione di invito, un passaggio che corrisponda alle "preferenze" della fauna presente; gli animali, infatti, prediligono gli attraversamenti nei luoghi più stretti, dotati di copertura vegetale e non lontano da aree arbustive, dove esiste un rischio di predazione minore.

Al fine di massimizzare la funzionalità dei passaggi fauna e le probabilità di utilizzo dei medesimi saranno messi in sintesi in atto i seguenti accorgimenti:

- All'interno del passaggio, ad un lato del camminamento faunistico, verrà costituita una fascia continua di pietrame di media pezzatura non compattato ed accatastato nel senso della lunghezza del varco, per consentire il transito delle specie striscianti che preferiscono muoversi occultate utilizzando gli spazi tra il pietrame;
- Piano di calpestio in terra, a livello non sopraelevato rispetto al piano campagna o sottostante lo stesso;
- Realizzazione di una passerella (in tavole di legno resistente agli agenti atmosferici, fissate al suolo) di superamento delle canalette

A lato degli imbocchi dei passaggi fauna (sottopassi e sovrappasso) saranno posizionati tratti di rete anti-intrusione con lunghezza pari a 20 m per lato dell'imbocco.

Di seguito la rappresentazione tipologica dei passaggi ad esclusivo uso faunistico in progetto (varchi faunistici di II livello): in figura è rappresentato un sottopasso faunistico.

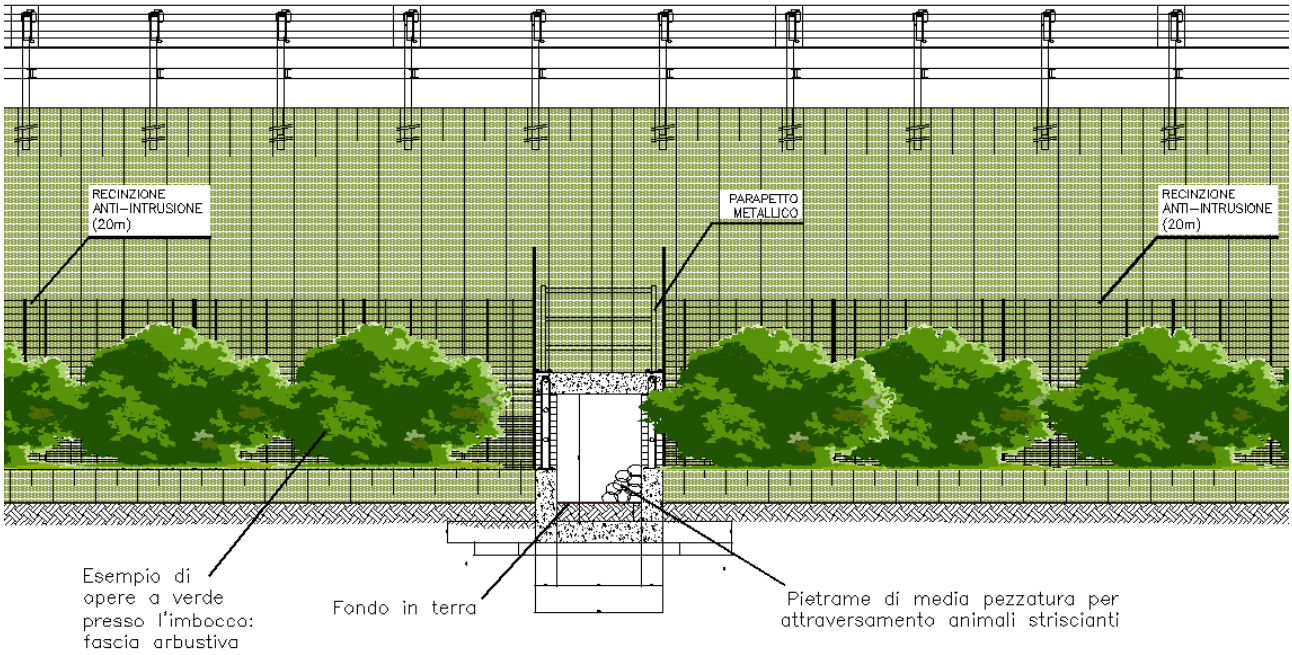


FIGURA 1 - *RAPPRESENTAZIONE TIPOLOGICA DELL'IMBOCCO DEI VARCHI AD ESCLUSIVO USO FAUNISTICO*

In prossimità degli imbocchi dei varchi faunistici sono presenti alcune delle opere a verde di inserimento paesaggistico e ambientale dell'opera, illustrati nei paragrafi precedenti, le quali svolgeranno la funzione di attrattori faunistici in prossimità degli imbocchi e punto di sosta protetto in corrispondenza del quale l'animale potrà programmare l'operazione di attraversamento (particolare rilevanza assumono, in questo senso, gli interventi a macchia boscata in progetto).
Le caratteristiche dei varchi sono riportati nelle tavole del Tipologico varchi faunistici.

17.7 LE AREE DI INTERVENTO

Lo sviluppo del progetto esecutivo delle opere a verde è stato effettuato, come detto, con rilettura critica del progetto definitivo alla luce delle prescrizioni del CIPE (vedi par.2.1) nel rispetto della normativa vigente in materia (vedi par. 3)
Sono stati quindi sviluppati degli elaborati grafici specifici (Doc. T00IA03AMBDI01A – T00IA03AMBDI16A) dove sono stati riportati gli stralci planimetrici in scala 1:5000 e 1:2000, le sezioni in scala 1:500 e i sesti di impianto in scala 1:100.
Gli interventi sono stati organizzati in 9 WBS che a sua volta si compongono di più interventi elementari, come evidenziato in figura.

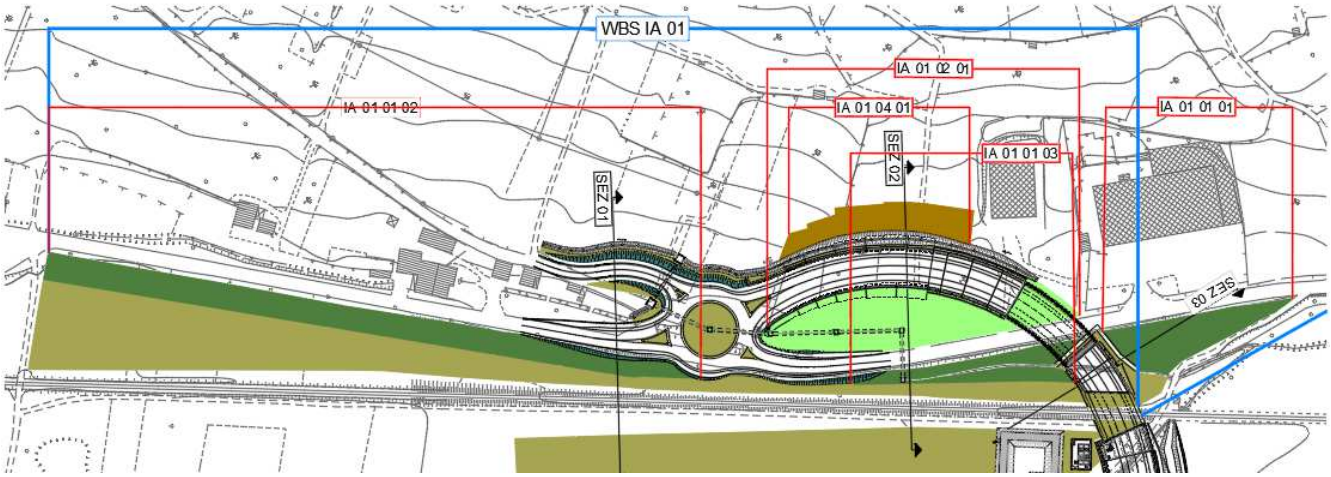


FIGURA 2 – STRUTTURA DELLE OPERE A VERDE

Ciascun intervento elementare è contraddistinto da un codice univoco del tipo IA XX-YY-NN dove
IA XX individua la WBS principale
YY indica la tipologia di impianto a verde
NN rappresenta il progressivo della tipologia di impianto nella WBS
In particolare si evidenzia che i sesti di impianto sono stati delineati in funzione delle reali caratteristiche geometriche e vegetazionali (ad es. tessitura degli impianto di meleto esistenti) dell'area di intervento nonché dei vincoli di natura tecnica imposti dal progetto.

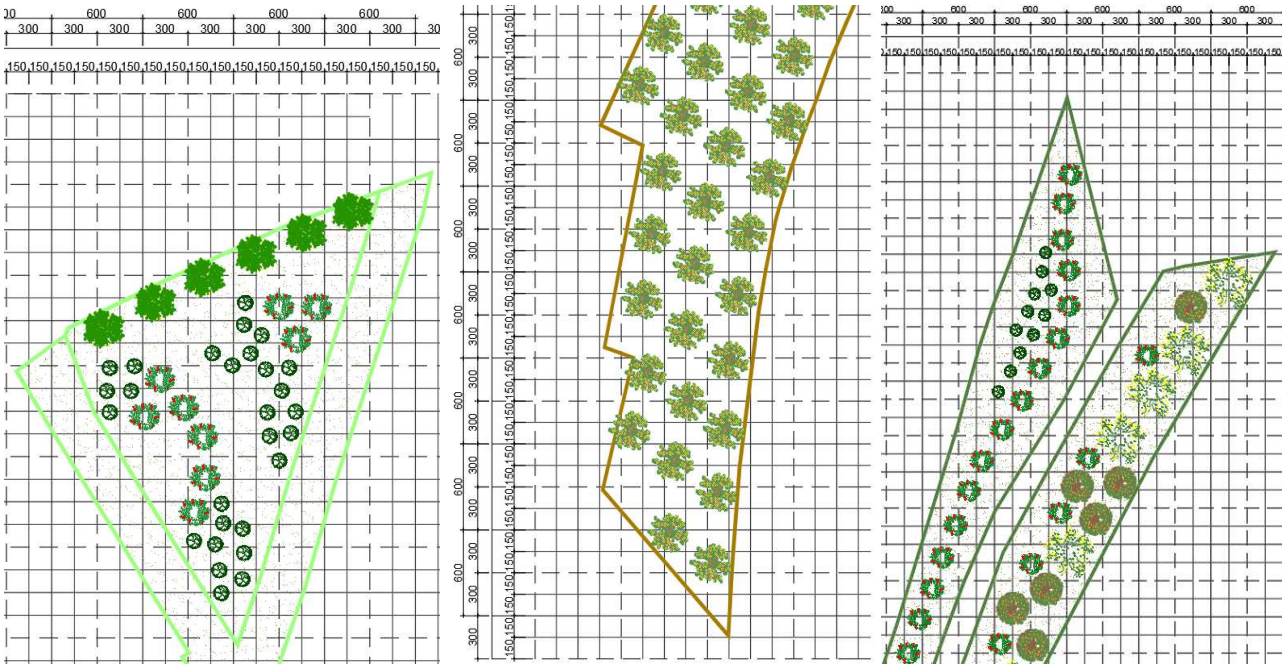


FIGURA 3 – ESEMPI DI GRIGLIE DI IMPIANTO

Il "disegno" e la distribuzione degli elementi arbustivi all'interno dei sesti di impianto sono stati concepiti tentando di "copiare" le forme naturali o agricole esistenti al fine di favorire il più possibile l'inserimento paesaggistico con l'intorno ed assicurare quindi la perfetta giunzione tra il nuovo e l'esistente. A tal fine si è cercato di allontanarsi il più possibile da una disposizione troppo ordinata che rivelerebbe palesemente l'artificialità dell'impianto stesso. E' chiaro che gli impianti nella fase di attecchimento e di primo accrescimento potrà apparire artificiale, in quanto inserito dall'uomo, e risulterà quindi "staccato" e riconoscibile dal resto delle comunità esistenti. Per ridurre tale effetto è potrebbero essere utilizzare anche specie più adulte.

Il sistema sarà comunque in grado di evolvere rapidamente nel corso del tempo, riproponendo alla fine una situazione assimilabile a quella naturale potenziale dell'area.

17.8 INTERVENTO DI PROTEZIONE ACUSTICA

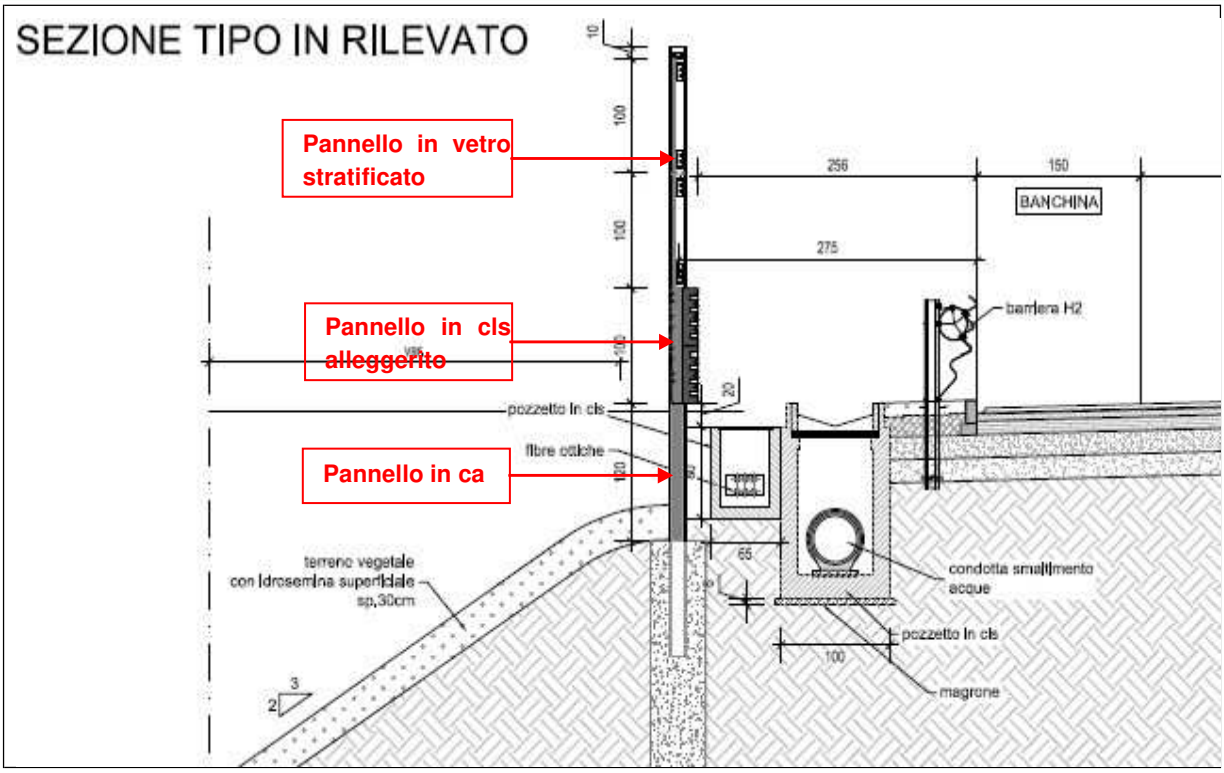
Le schermature acustiche sono di tipo misto; esse sono costituite da pannelli fonoisolanti e fonoassorbenti in cls alleggerito posti alla base, per l'altezza di un metro, e soprastanti pannelli fonoisolanti in lastre di vetro stratificato per un'altezza pari a 2,00 m.
Si prevede la realizzazione di 4 schermature acustiche, di cui una suddivisa in due tratti, come rappresentato nella tabella che segue.
Si veda inoltre in merito la tavola EB02 di progetto.

	Asse	Lato	Progressive	Altezza (m)	Tipo	Lunghezza (m)
BA01	Principale	DX	1+869.07 2+215.09	3.0	Cls alleggerito e vetro	345
BA02	Principale	DX	2+995.05 3+101.30	3.0	Cls alleggerito e vetro	105
BA03	Principale	DX	3+339.91 3+478.77	3.0	Cls alleggerito e vetro	138
BA04a	Principale	SX	4+925,08 5+035,00	3.0	Cls alleggerito e vetro	113
BA04a	Principale	SX	5+040,08 5+061,78	3.0	Cls alleggerito e vetro	25

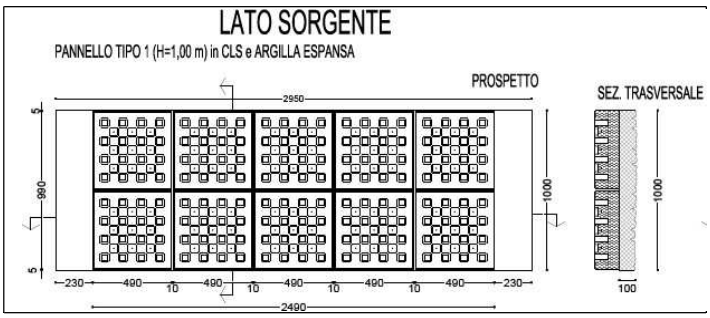
TABELLA 17.8.1: TABELLA DI RIEPILOGO DELLE BARRIERE ANTIRUMORE PREVISTE

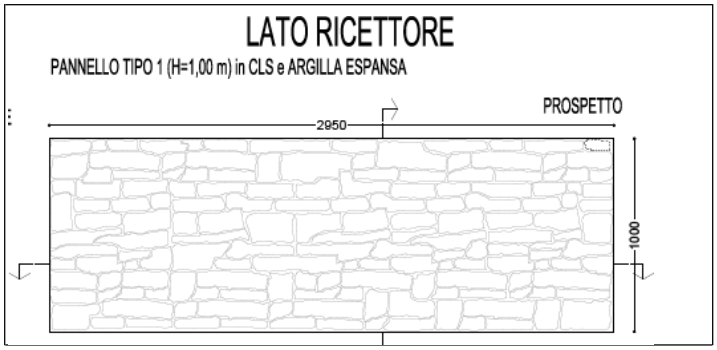
Come già esposto le schermature acustiche sono di tipo misto; esse sono costituite da pannelli fonoisolanti e fonoassorbenti in cls alleggerito posti alla base, per l'altezza di un metro, e soprastanti pannelli fonoisolanti in lastre di vetro stratificato per un'altezza pari a 2,00 m.
La fondazione della barriera è costituita da pali in tubi in acciaio, del diametro 580 mm e spessore 10 mm, vibroinfissi nel terreno e riempiti di calcestruzzo.
Al di sopra dei tubi di fondazione, come elemento di raccordo seminterrato tra la fondazione e la schermatura acustica, è previsto un pannello in cls strutturale di altezza 1,2 metri.
I pannelli sono sostenuti da montanti HEB160 infissi nel riempimento in cls dei tubi di fondazione.
Nei tratti al di sopra di muri o di tombini scatolari, i montanti saranno collegati alla struttura mediante piastra di ancoraggio 460x460 mm, spessore 30 mm, fissata mediante tirafondi alla sottostante struttura.

I pannelli di base prefabbricati in calcestruzzo armato sono previsti nei tratti in rilevato, al di sotto dei pannelli in calcestruzzo alleggerito, come elemento strutturale di raccordo ai pali di fondazione (figura che segue).
I suddetti pannelli sono previsti di altezza 1,2 m, lunghezza 3,0 m e spessore pari a 10 cm.



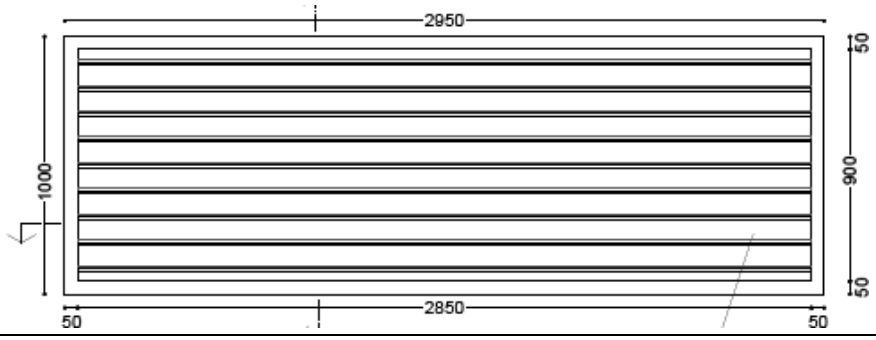
I pannelli in calcestruzzo alleggerito dovranno corrispondere alla categoria di fonoassorbimento A4 e di fonoisolamento B3 e dovranno soddisfare tutte le caratteristiche prestazionali descritte nella voce di Elenco prezzi ANAS G.05.013.
Le caratteristiche estetiche dei pannelli in calcestruzzo alleggerito, con specifico riferimento al trattamento lato ricettore della struttura in cls dei pannelli, sono rappresentate nelle avole EB12 ed EB13.





I pannelli in vetro dovranno corrispondere alla categoria di fonoisolamento B3 e dovranno soddisfare tutte le caratteristiche prestazionali descritte nella voce di Elenco prezzi ANAS G.05.017.
Le caratteristiche estetiche dei pannelli in vetro sono rappresentate nelle tavole EB12 ed EB13.

Considerata la continuità delle parti trasparenti, per mitigare il potenziale impatto dell'avifauna, si prevede l'utilizzo della tipologia serigrafata.



PANNELLO TIPO 2

Pannello fonoisolante in vetro stratificato di altezza pari a 1000 mm, costituito da lastra di vetro trasparente sp. 8 mm (LATO SORGENTE), + FILM IN POLIVINILBUTIRRALE colorato VERDE MARINO CHIARO spessore 1.50 mm, + lastra di vetro trasparente sp. 8 mm con serigrafia di righe orizzontali di larghezza mm 20 (suddivisa in due strisce identiche di 10 mm di larghezza ciascuna, di cui una bianca e una nera) intervallate da 80 mm di vetro liscio (LATO RICETTORE). Le lastre hanno le seguenti caratteristiche: antivandalismo CLASSE P2A e antiproiettile CLASSE BR1. Tra le lastre è interposto un film in polivinilbutirrale colorato nella tonalità specificata con sp 1.5 mm. Spessore totale del pannello vetrato 18 mm, montata su telaio di irrigidimento e corredato di guarnizioni e sigillature per la continuità fonica.
Peso pannello 40 kg/mq



18 MONITORAGGIO AMBIENTALE

Tenendo conto della significatività delle componenti così come riportate nel SIA, il Progetto di Monitoraggio di seguito illustrato riguarda nello specifico le seguenti componenti ambientali:

- Atmosfera (ATMO)
- Ambiente Idrico: Acque Superficiali (ASU)
- Ambiente Idrico: Acque Sotterranee (ASO)
- Suolo e Sottosuolo (SUO)
- Rumore (RUM)
- Vibrazioni (VIB)
- Vegetazione esistente, Flora e Fauna, Ecosistemi (VFF)
- Paesaggio e Stato fisico dei luoghi) (SFL)

Nella cartografia allegata al progetto è rappresentata l'ubicazione dei punti di monitoraggio suddivisi per categoria ed ognuno di tali punti è identificato da un codice alfanumerico univoco. Nelle medesime tavole è fornita, inoltre, l'indicazione delle fasi di monitoraggio previste per ciascuna tipologia:

- AO: ante operam;
- CO: corso d'opera;
- PO: post operam.

18.1 MODALITÀ REALIZZATIVE

Il programma dei lavori è strutturato seguendo una suddivisione delle lavorazioni secondo l'ordine ordine crescente delle progressive. Nello specifico, il cantiere è stato suddiviso in 7 unità localizzate, 4 delle quali (unità 1, unità 2, unità 4, unità 6) prevedono l'apertura nei primi 6 mesi dall'apertura del cantiere.

Tali unità di riferimento, definite "unità di macrocantierizzazione", comprendono:

Unità di macrocantierizzazione 1

si riferisce alle trincee di inizio lotto inclusi i due sottovia di attraversamento della ferrovia e della SS38 ed al rilevato fino alla spalla del ponte sull'Adda e precisamente:

- corpo stradale in trincea, incluse le opere di sostegno, dalla progr. 0+000 alla progr. 0+157 circa;
- sottopasso alla SS38 della Valtellina alla progr. 0+177 circa;
- sottopasso alla Ferrovia alla prog. 0+234 circa e opere da prog. 0+200 circa a prog. 0+292 circa;
- corpo stradale in trincea, incluse le opere di sostegno, dalla prog. 0+292 circa alla prog. 0+426 circa e sottopasso scatolare;
- corpo stradale in rilevato, incluse le opere minori, dalla progr. 0+426 circa alla progr.0+613 circa;

Unità di macrocantierizzazione 2:

fanno parte di questa unità i due ponti sull'Adda, le opere lungo linea, nonché la viabilità secondaria e i rilevati lungo linea, inclusi quelli per lo svincolo di Tirano, ed il rilevato in terra rinforzata oltre lo svincolo. In ordine crescente delle progressive si avranno pertanto le seguenti lavorazioni:

- ponte "Adda 1", in corrispondenza di Stazzona, da progr. 0+613 a progr. 0+768;
- corpo stradale in rilevato, incluse le opere minori, dalla progr 0+793 circa alla prog. 2+865;

- corpo stradale in rilevato per lo svincolo di Tirano, incluse opere minori, da 2+865 a 3+745 circa;
- ponte "Adda 2" in corrispondenza dello svincolo di Tirano e rilevati di approccio;
- corpo stradale eseguito in terra rinforzata tra progr. 3+745 e progr. 4+212;

Unità di macrocantierizzazione 3:
fa capo alla realizzazione della galleria Artificiale denominata "il *"il Dosso 1"*".

Unità di macrocantierizzazione 4
riguarda la realizzazione delle opere eseguibili dall'imbocco Ovest della galleria naturale denominata "il *"il Dosso"*" e lo scavo della galleria eseguito da tale imbocco.

Unità di macrocantierizzazione 5
riguarda la realizzazione delle opere eseguibili dall'imbocco Est della galleria naturale denominata "il *"il Dosso"*" e lo scavo della galleria eseguito da tale imbocco, compreso il sottopasso alla SP 26 "Panoramica" a progr. 6+248 circa, le trincee di fine lotto.

Unità di macrocantierizzazione 6
raggruppa le rotatorie di svincolo di Campone, Villa di Tirano e Stazzona e rami di connessione alla viabilità esistente.

Unità di macrocantierizzazione 7
comprende le pavimentazione, la segnaletica e le barriere e le opere a verde.

Il sistema di cantierizzazione previsto prevede quattro tipologie di cantiere:

- Cantiere Base: ospita i prefabbricati e le attrezzature necessarie per il controllo, la direzione dei lavori e l'alloggiamento degli operai e svolge la funzione di cantiere-appoggio per alcune lavorazioni;
- Cantiere di Servizio: svolge la funzione di cantiere-appoggio permettendo la realizzazione di attività di servizio per le lavorazioni (trattamento materiali, produzione calcestruzzo, ecc...);
- Area di stoccaggio e deposito: svolge la funzione di stoccaggio e deposito temporaneo dei materiali inerti;
- Cantiere Operativo: svolge la sola funzione di cantiere-appoggio per le lavorazioni.

Nello specifico sono state individuate:
n. 2 aree di Cantiere Base poste in adiacenza (colore ciano in figura);
n. 1 Cantiere di Servizio è ubicato in prossimità dello svincolo per Tirano con funzione di supportare i cantieri operativi e di ospitare l'impianto di betonaggio a servizio degli stessi (colore giallo in figura);
n. 1 Area di Stoccaggio collocata in prossimità dell'inizio del lotto e quindi dei cantieri base B1 e B2, in un'area compresa tra la linea ferroviaria esistente ed il fiume Adda (colore arancio in figura).
n. 6 aree di cantiere operativo distribuite in prossimità delle opere principali (colore magenta in figura):

- Cantiere Operativo Sottopasso Ferroviario
- Cantiere Operativo Ponte Adda 1 suddiviso in due aree sulle rispettive sponde
- Cantiere Operativo Ponte Adda 2 e Svincolo di Tirano
- Cantiere Operativo Galleria Artificiale
- Cantiere Operativo Galleria Naturale Imbocco Ovest
- Cantiere Operativo Galleria Naturale Imbocco Est

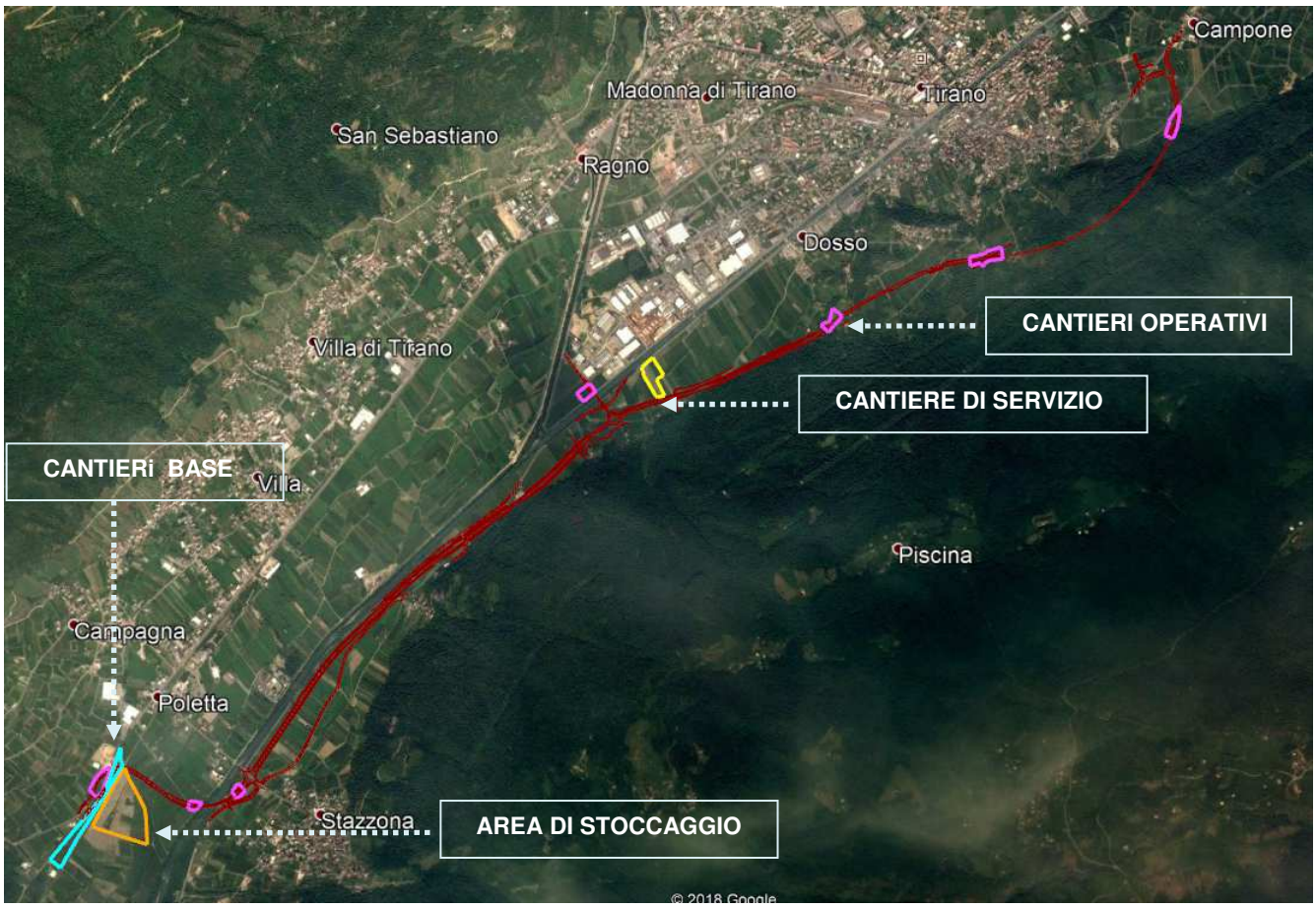


TABELLA 1 – LOCALIZZAZIONE DEI CANTIERI

Per ciascuna area di cantiere è stata redatta una apposita scheda di sintesi in cui sono riportati i dati di localizzazione, gli accessi, la destinazione d'uso e i vincoli, nonche lo stato d'uso attuale e le modalità di restituzione delle aree al termine dei lavori.

18.2 ATMOSFERA

Le finalità degli accertamenti previsti per questi ambiti d'indagine sono pertanto rivolte alla determinazione delle concentrazioni dei principali inquinanti dovuti alle emissioni prodotte dal flusso veicolare della futura infrastruttura stradale e delle polveri sospese generate dalla movimentazione dei mezzi di cantiere; contestualmente saranno acquisiti i principali parametri meteorologici. Le misure sono orientate ai ricettori residenziali presenti nel territorio circostante la realizzazione dell'opera.

Le risultanze del monitoraggio permetteranno di verificare l'incremento del livello di concentrazioni di polveri indotto in fase di realizzazione dell'opera, l'eventuale incremento dei restanti inquinanti in funzione sia delle lavorazioni effettuate nei cantieri che delle eventuali modificazioni al regime del traffico indotto dalla cantierizzazione e l'incremento delle concentrazioni degli inquinanti emessi dall'infrastruttura durante l'esercizio.

Le informazioni desunte saranno quindi utilizzate per fornire prescrizioni ai cantieri per il prosieguo delle attività, limitando la produzione di polveri che saranno determinate in corso d'opera e per implementare le informazioni rispetto allo stato della qualità dell'aria in presenza del traffico veicolare indotto dalla movimentazione da e per le aree di cantiere, oltre che per monitorare l'evoluzione delle concentrazioni degli inquinanti dopo l'avvio di esercizio dell'opera.

Le attività di monitoraggio, in riferimento alla componente in esame, saranno attuate tramite postazioni mobili per campagne di misura periodiche o postazioni fisse di rilevamento automatiche.

La strumentazione utilizzata si compone di laboratori mobili o fissi dotati di adeguato sistema di condizionamento per garantire una continua ed ottimale distribuzione della temperatura al suo interno; questo permette agli analizzatori di lavorare sempre in condizioni controllate e standard.
Le stazioni di rilevamento sono organizzate in tre blocchi principali:

1. analizzatori/campionatori automatici per la valutazione degli inquinanti aerodispersi;
2. centralina per la valutazione dei parametri meteorologici;
3. unità di acquisizione ed elaborazione dati.

Nel corso delle campagne di monitoraggio verranno rilevate le seguenti categorie di parametri:

- Parametri relativi all'inquinamento dell'aria
- Parametri meteorologici;
- Parametri di inquadramento territoriale.

Tali dati saranno raccolti in schede riepilogative per ciascuna zona di indagine.
Nello specifico verranno monitorati gli inquinanti di seguito riportati.
Il set di inquinanti da monitorare dipende dalla tipologia di sorgente da controllare. In particolare, per postazioni localizzate in prossimità dei cantieri fissi e del Fronte Avanzamento Lavori gli inquinanti da monitorare sono invece i seguenti:

- Polveri PM_{10};
- $PM_{2.5}$

Per il rilevamento in corrispondenza di ricettori prossimi alla viabilità interessata dai mezzi di cantiere, il set degli inquinanti da monitorare sarà il medesimo già individuato per i cantieri fissi e precisamente:

- Polveri PM_{10};
- $PM_{2.5}$
- Monossido di carbonio;
- Ossidi di Azoto;
- Biossido di zolfo;
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA - Benzo(a)pirene);
- Benzene (C6H6)
- Piombo-Arsenico-Nichel-Cadmio sulla frazione PM10
- Ozono.

Per l'ozono si prevede la misurazione nei soli periodi estivi, in quanto l'O_3 è uno dei principali responsabili dello smog fotochimico.
Per ogni postazione devono essere fornite le concentrazioni orarie degli inquinanti, le medie, suddivise nelle varie opzioni previste dalla legislazione, i minimi ed i massimi di concentrazione degli inquinanti rilevate in ogni singolo giorno di monitoraggio, i valori orari dei parametri meteorologici.
Le unità di misura saranno conformi alla normativa vigente in materia.
Per ciascuna postazione saranno fornite le concentrazioni orarie degli inquinanti, le medie, suddivise nelle varie opzioni previste dalla legislazione, i minimi ed i massimi di concentrazione degli inquinanti rilevate in ogni singolo giorno di monitoraggio, i valori orari dei parametri meteorologici.
In relazione ai parametri meteorologici saranno rilevati:

- Temperatura;
- Velocità e direzione del vento;

- Piovosità;
- Umidità;
- Radiazione solare;
- Pressione atmosferica.

I parametri sopra riportati saranno acquisiti in continuo durante un periodo di misurazione e saranno campionati su base oraria in maniera da poter effettuare una correlazione con i dati relativi agli inquinanti nell'aria.
In relazione alla prevista tempistica di realizzazione dell'opera si prevedono campagne di monitoraggio della qualità dell'aria.
Ogni singola indagine sarà realizzata analizzando in continuo la qualità dell'aria mediante un laboratorio mobile.
Nella fase AO, per ogni punto di monitoraggio, saranno eseguiti n. 4 rilievi ciascuno della durata di 14 giorni nel corso dell'anno che precede l'apertura dei cantieri (cadenza trimestrale).
Nella fase CO i rilievi avranno una durata di 14 giorni e saranno eseguiti durante il periodo di effettiva durata delle lavorazioni in prossimità della postazione o comunque con cadenza trimestrale.
Nella fase PO, ugualmente alla fase AO, saranno eseguiti n. 4 rilievi ciascuno di durata di 14 giorni nell'anno successivo all'entrata in esercizio da effettuarsi con cadenza trimestrale.
Per le postazioni è emersa l'opportunità di individuare n. 5 postazioni di misura.

18.3 AMBIENTE IDRICO – ACQUE SUPERFICIALI

Lo stato delle acque superficiali è riferibile sia ad aspetti qualitativi che quantitativi. Nello specifico del presente Progetto di Monitoraggio questi sono riconducibili a:

- aspetti qualitativi: contaminazione, perdita di funzionalità dei corpi idrici;
- aspetti quantitativi: alterazione del regime idrologico, consumo di idrorisorse superficiali.

L'azione di monitoraggio dovrà consentire di determinare se le eventuali modificazioni dello stato delle acque superficiali possano essere riconducibili alla realizzazione dell'opera ed al suo funzionamento. Questo con lo scopo specifico di poter individuare azioni correttive o mitigative al fine di raggiungere condizioni prossime allo stato quali-quantitativo preesistente.
Nelle diverse fasi di monitoraggio, al fine di evidenziare le possibili interferenze provenienti da aree esterne a quelle di intervento, indipendenti quindi da esso, saranno valutate con specifici rilievi le caratteristiche quali-quantitative dei corpi idrici a monte delle aree potenzialmente investite dall'opera.
I possibili fattori d'impatto sulla componente acque superficiali legati alla fase di cantiere sono costituiti da:

- l'inquinamento delle acque;
- la degradazione delle risorse idriche in termini qualitativi;
- il consumo di risorse idriche.

La componente in esame assume particolare rilievo nel piano di monitoraggio per la presenza dei due attraversamenti sul fiume Adda e per l'interferenza con diversi canali e rogge che però non hanno un regime tale da permettere un monitoraggio continuo e significativo.
Per la gestione del controllo ambientale del cantiere è stata messa a punto la procedura di seguito descritta. Le acque presenti nel cantiere sono:

1. Acque meteoriche di dilavamento dei piazzali del cantiere,
2. Lavaggio gomme dei mezzi che trasportano il materiale scavato, il calcestruzzo ed altri materiali per la costruzione;
3. Lavaggio delle autobetoniere;

4. Scarichi civili.

Il Monitoraggio *Ante Operam* (MAO) dell'Ambiente Idrico Superficiale ha lo scopo di definire le condizioni esistenti e le caratteristiche dei corsi d'acqua in condizioni esenti da disturbi, ovvero in assenza dei disturbi provocati dall'opera in progetto. Il progetto definisce gli indicatori ambientali ed i parametri chimici per il monotoraggio.

In considerazione delle caratteristiche territoriali, per ciascun punto di monitoraggio è previsto:

- Determinazioni idrologiche e di carattere chimico-fisico: ogni 3 mesi
- Determinazioni di laboratorio, chimiche e batteriologiche: ogni 3 mesi
- Parametri morfologici: ogni 12 mesi

L'ubicazione dei punti è rappresentata nelle Planimetrie dei punti di monitoraggio ambientale allegate al progetto.

Il Monitoraggio in *Corso d'Opera* (MCO) ha lo scopo di controllare che l'esecuzione dei lavori per la realizzazione dell'opera non alteri i caratteri qualitativi del sistema delle acque superficiali.

A differenza del Monitoraggio Ante Operam (MAO), che deve fornire una fotografia dello stato esistente, senza alcun giudizio in merito alla sua qualità, il MCO dovrà confrontare quanto via via rilevato con lo stato *Ante Operam* e segnalare le eventuali divergenze da questo; a tal fine è prevista la predisposizione di punti di monitoraggio sia a monte che a valle degli attraversamenti dei corsi d'acqua principali interferenti con l'opera in progetto o con le aree di cantiere.

Il Monitoraggio in *Corso d'Opera* avrà una durata pari al tempo di realizzazione delle opere potenzialmente interferenti o di permanenza delle aree di cantiere. Nello specifico è stata considerata a rischio di impatto l'intera Unità di Macrocantierizzazione 2 non solo per la realizzazione dei n. 2 ponti sull'ADDA ma anche per la tratta di rilevato da realizzarsi in adiacenza al fiume. Durante le lavorazioni correnti, saranno effettuate misure e determinazioni di campagna trimestrali.

Il Monitoraggio *Post Operam* (MPO) dovrà verificare gli effetti a lunga scadenza della realizzazione dell'opera sull'ambiente idrico, ovvero verificare che eventuali effetti negativi indotti durante la costruzione scompaiano al termine della stessa.

I risultati del MPO andranno quindi confrontati non solo con il quadro preesistente all'opera, ma anche con le tendenze evolutive del locale ambiente idrico.

Il MPO avrà una durata tale da garantire che si siano stabiliti i nuovi equilibri ambientali, relativamente alle acque superficiali, controllando che questi siano compatibili con il quadro preesistente. Le operazioni di monitoraggio Post Operam saranno eseguite nell'anno successivo al termine dei lavori e avrà una durata complessiva di un anno.

Le cadenze previste sono le medesime del MAO e MCO, come pure le postazioni:

- Determinazioni speditive chimico-fisiche: ogni 3 mesi
- Determinazioni di laboratorio, chimiche e batteriologiche: ogni 3 mesi
- Parametri morfologici: ogni 12 mesi

18.4 AMBIENTE IDRICO SOTTERRANEO

Il Progetto di Monitoraggio dell'Ambiente Idrico Sotterraneo ha lo scopo di evidenziare le eventuali significative variazioni quantitative e qualitative, determinate dalla realizzazione delle opere in progetto sugli equilibri idrogeologici.

L'eventualità di contaminazione delle falde idriche ad opera di ipotetici inquinanti va comunque in generale riferita all'ipotesi di sversamento accidentale di sostanze nocive.

Il rischio derivante dalle potenziali attività d'interferenza potrà essere ridotto sia attraverso un accurato controllo delle varie fasi lavorative in ciascuna delle aree logistiche fisse e mobili da parte del personale preposto, sia attraverso le attività di monitoraggio descritte nel seguito.

L'azione di monitoraggio comporta la costruzione di una rete di rilevamento dati composta da stazioni (piezometri) ovvero l'utilizzo dei dati delle stazioni (ove possibile) esistenti e gestite da Enti pubblici. Le interferenze prodotte dall'opera, in fase di realizzazione, sull'ambiente idrico superficiale sono sinteticamente riconducibili alla alterazione delle caratteristiche chimiche e chimico-fisiche.

Stato quantitativo

I parametri di riferimento per la classificazione quantitativa dei corpi idrici sotterranei devono essere rappresentativi delle caratteristiche dell'acquifero: tipologia, piezometria, permeabilità, coefficiente di immagazzinamento, portata e prelievi.

Stato chimico

Lo stato chimico delle acque sotterranee, articolato in 5 classi chimiche, viene definito in relazione ad una serie di macrodescrittori selezionati tra i seguenti parametri di base: temperatura, durezza, conducibilità elettrica, bicarbonati, calcio, clururi, magnesio, potassio, sodio, solfati, ione ammonio, ferro, manganese, nitrati.

Per la scelta e la definizione dei punti di monitoraggio si è tenuto conto della tipologia delle lavorazioni, individuando quelle particolarmente rischiose dal punto di vista della preservazione delle acque sotterranee, in questo caso principalmente lo scavo delle gallerie.

In particolare andrà verificata la posizione di pozzi e sorgenti che potrebbero presentare ricadute dalla realizzazione delle gallerie sotto il profilo sia qualitativo che quantitativo. Saranno inoltre monitorate le acque drenate dalle attività di scavo delle gallerie.

Il Monitoraggio *Ante Operam* (MAO): In questa fase si prevede di condurre gli accertamenti di seguito riportati:

- Acquisizione presso gli enti locali deputati al controllo delle acque sotterranee di dati che possono essere utili ai fini del monitoraggio;
- Coordinamento delle attività sulla base del programma temporale dei lavori;
- Misura dei livelli piezometrici;
- Definizione delle caratteristiche fisico-chimico e batteriologiche delle acque sotterranee tramite il prelievo e l'analisi di campioni d'acqua;
- Censimento di tutti gli scarichi sul suolo (civili abitazioni non allacciate al sistema fognario, aziende agricole che effettuano fertirrigazione) presenti a monte (rispetto al flusso presumibile medio areale di falda) situati a distanza di 200 metri dal perimetro dell'area sottoposta a monitoraggio;
- Ricostruzione della situazione idrogeologica locale.

Immediatamente prima della fase di costruzione e di accantieramento, nei luoghi scelti per il monitoraggio dovrà essere eseguita una serie di campagne complete di prelievi e misure.

Tali campagne saranno finalizzate alla caratterizzazione qualitativa e quantitativa degli acquiferi, quale situazione di riferimento per individuare le eventuali modificazioni significative causate dall'intervento costruttivo; per tale fase si prevede una durata di 3 mesi. Le misurazioni saranno n. 2 effettuate all'inizio e alla fine del periodo di indagine.

Il Monitoraggio in Corso d'Opera (MCO), ha lo scopo di controllare che l'esecuzione dei lavori per la realizzazione dell'opera non induca alterazioni dei caratteri quantitativi e qualitativi del sistema delle acque sotterranee. In riferimento alle caratteristiche quantitative delle acque il MCO dovrà evidenziare eventuali variazioni di livello dei pozzi e di portata delle sorgenti. Per quanto riguarda le caratteristiche qualitative delle acque sotterranee, il MCO dovrà segnalare eventuali variazioni dello stato chimico delle acque e situazioni di inquinamento. A seguito del rilevamento e della segnalazione di scostamenti rispetto ai caratteri preesistenti il MCO dovrà avviare le procedure di verifica, per confermare e valutare lo scostamento, e le indagini per individuarne le cause. Una volta stabilite queste si dovrà dare corso alle contromisure predisposte o elaborate al

momento nel caso di eventi imprevisti. Il Monitoraggio in Corso d'Opera avrà una durata pari al tempo di realizzazione delle opere di interesse ovvero interesserà l'intera durata delle Unità di Macrocantierizzazione 3 e 4.
Anche nel monitoraggio in corso d'opera i parametri da monitorare previsti sono gli stessi dell'Ante Operam, cui si rimanda per una puntuale elencazione. Le attività di monitoraggio saranno concentrate nel periodo di realizzazione delle opere e saranno effettuate con frequenza trimestrale.
Il Monitoraggio Post Operam (MPO) dovrà verificare gli effetti a lunga scadenza dell'opera sull'ambiente idrico sotterraneo, e controllare che le procedure connesse con l'esercizio della viabilità non interferiscano con le acque, ovvero che abbiano su queste un effetto trascurabile.
Il MPO avrà una durata di un anno dalla conclusione delle attività di costruzione. Anche nel monitoraggio post d'operam i parametri da monitorare previsti sono gli stessi dell'Ante Operam. Le attività di monitoraggio saranno concentrate nel periodo di realizzazione delle opere e saranno effettuate con frequenza trimestrale per la durata di un anno dal completamento delle attività di costruzione dell'opera.

18.5 SUOLO

Il suolo è una matrice ambientale che si sviluppa dalla superficie fino ad una profondità di 1 metro.
Il monitoraggio di questa componente ha l'obiettivo di verificare l'eventuale presenza e l'entità di fattori di interferenza dell'opera infrastrutturale sulle caratteristiche pedologiche dei terreni, in particolare quelli dovuti alle attività di cantiere.
Il concetto di "qualità" si riferisce alla fertilità (compattazione dei terreni, modificazioni delle caratteristiche di drenaggio, rimescolamento degli strati, infiltrazioni, ecc.) e dunque alla capacità agro-produttiva, ma anche a tutte le altre funzioni utili, tra cui principalmente quella di protezione. Più in generale misura la capacità del suolo di favorire la crescita delle piante, di proteggere la struttura idrografica, di regolare le infiltrazioni ed impedire il conseguente inquinamento delle acque.
Le operazioni di monitoraggio della componente suolo consentiranno di valutare le modificazioni delle caratteristiche pedologiche dei terreni dovute alle operazioni di impianto dei cantieri e alle relative lavorazioni in corso d'opera.
Le alterazioni della qualità dei suoli conseguenti all'impianto e alle lavorazioni di cantiere possono essere sintetizzate come segue:

- modificazione delle caratteristiche chimico-fisiche dei terreni;
- modificazioni delle caratteristiche agronomiche del terreno vegetale stoccato nei cantieri e da riutilizzare per il ripristino dei medesimi o per il rivestimento delle scarpate ed i rinterri nelle aree destinate a verde;
- variazione di fertilità (compattazione dei terreni, modificazioni delle caratteristiche di drenaggio, rimescolamento degli strati costitutivi, infiltrazione di sostanze chimiche, etc.).

Gli interventi di mitigazione e ripristino potranno essere diversi a seconda del tipo di problema incontrato.
Per quanto riguarda la perdita di materiale asportato, bisogna considerare che tutti i terreni utilizzati in sostituzione di questa porzione inerte avranno sicuramente migliori caratteristiche prestazionali, essendo stati scelti appositamente. La porzione eliminata, d'altro canto, sarà stoccata in apposite aree senza creare impatti particolari sul territorio. Dunque, la scelta oculata delle zone di cava e discarica è considerata di per sé un ottimo metodo per mitigare il problema della perdita del materiale naturale.
Per quanto concerne le eventuali contaminazioni in corso d'opera, saranno chiaramente attivate tutte le misure consolidate di prevenzione nelle aree di cantiere, quali:

- la realizzazione delle vasche di contenimento delle sostanze pericolose
- lo stoccaggio di materiale assorbente
- la predisposizione di aree predisposte per le movimentazioni pericolose

Il monitoraggio Ante Operam ha lo scopo di caratterizzare lo stato del suolo, in termini qualitativi e quantitativi, prima dell'inizio dei lavori. Il MAO fornirà un quadro di base delle conoscenze delle caratteristiche del terreno che permetterà di definire gli interventi possibili per ristabilire eventuali condizioni di disequilibrio. Le attività verranno eseguite, nella fase Ante Operam, una sola volta.

Il monitoraggio in Corso d'Opera ha lo scopo di verificare la corretta conservazione del terreno vegetale che, a seguito dello scotico delle aree di lavoro e di cantiere, viene mantenuto in cumuli presso apposite aree di stoccaggio al fine di essere impiegato al termine dei lavori per il ripristino ambientale delle aree. Il monitoraggio avrà lo scopo di verificare i seguenti parametri:

- altezza massima dei cumuli di terreno di stoccaggio;
- corretto inerbimento dei cumuli di terreno.

Esso avrà inoltre lo scopo di determinare l'eventuale presenza di situazioni di contaminazione che possono avere interessato il terreno vegetale. Il monitoraggio verrà effettuato tramite analisi visive. Il monitoraggio CO verrà svolto con un sopralluogo con cadenza semestrale presso ciascuna delle aree di stoccaggio delle terre da scavo che verranno reimpiegate come terreno vegetale di copertura nelle aree di cantiere, sulle scarpate dei rilevati o nell'ambito di altri lavori di riambientalizzazione. Sono escluse le aree interessate allo stoccaggio dei terreni che verranno riutilizzati per la costruzione dei rilevati o per il confezionamento di conglomerati cementizi o bituminosi.

Il monitoraggio Post Operam ha l'obiettivo di evidenziare, sui punti maggiormente critici in base alla localizzazione delle attività di cantiere, le eventuali alterazioni delle caratteristiche originarie del terreno. Nel caso venissero riscontrate variazioni significative negative, prima della sistemazione finale, si dovrà provvedere alla bonifica del terreno. Su tutti i terreni campionati nella fase AO verranno ripetute le determinazioni relative ai parametri chimico-fisici e chimici. Le operazioni di monitoraggio Post Operam verranno realizzate una sola volta dopo le attività di sgombero del cantiere e di rinaturalizzazione del sito che prevedono:

- la rimozione di tutti i materiali dalle aree di cantiere dismesse;
- lo scotico dello strato superficiale del terreno per una altezza variabile in funzione del grado di compattazione acquisito nel corso delle lavorazioni e la erpicatura del terreno sottostante per un'adeguata profondità;
- la posa in opera e il rimodellamento di terreno vegetale, accantonato per tutta la durata dei lavori, nei siti coinvolti dalla cantierizzazione.

Si prevede un'attesa di un anno dal termine di tali attività per l'effettuazione delle attività di monitoraggio Post Operam, al fine di permettere un certo reimpianto del suolo.

18.6 RUMORE

L'obiettivo generale del Monitoraggio Ambientale della Componente Rumore è il controllo dell'inquinamento acustico che potrà essere indotto dalla costruzione e dall'esercizio del tratto stradale e la verifica dell'efficacia degli interventi di mitigazione adottati per la fase di costruzione e per quella di esercizio, in modo da consentire, nel caso sia necessario, l'adozione di ulteriori interventi o accorgimenti di protezione acustica a tutela dei ricettori sensibili presenti nell'area interessata.

Per la redazione del progetto di monitoraggio si è tenuto conto dei risultati dello studio acustico del Progetto definitivo, dei risultati nelle misure effettuata in fase di progetto esecutivo e soprattutto nelle prescrizioni CIPE.

Da tale studio acustico, nonostante l'inserimento degli interventi di mitigazione si riscontrava la presenza di superamenti dei limiti nella situazione post operam in corrispondenza di n. 4 ricettori residenziali, di n. 1 ricettore misto e n. 1 ricettore sensibile costituito da una scuola.
Di questi, n, 3 residenziali e l'edificio a destinazione mista sono situati al termine del tracciato e quindi attualmente caratterizzati da un clima acustico superiore ai limiti per la presenza della SS38 esistente, tuttavia le indagini eseguite nel PD evidenziano un miglioramento per effetto della realizzazione della variante. Per un ricettore residenziale il PD ha stimato un livello interno comunque entro i limiti di norma anche con infissi di caratteristiche scadenti. La scuola si trova ad oltre 250 metri dalla strada, in una posizione rialzata difficilmente mitigabile mediante barriere antirumore e comunque, nonostante non sia stato stimato un impatto interno, il PD ha previsto la sostituzione degli infissi con serramenti antirumore. Per questi ricettori si prevede comunque la realizzazione di misure post operam.
Ne deriva che le attività di monitoraggio dovrà prevedere in generale le seguenti attività:

1) monitoraggio del rumore in prossimità dei cantieri fissi e delle aree di lavoro: ha lo scopo di determinare il livello di rumore per i ricettori sensibili al rumore derivante dalle attività di costruzione dell'opera (Fase di indagine ante operam e in corso d'opera);
2) monitoraggio del rumore da traffico: ha lo scopo di determinare il livello di rumore nelle zone a ridosso della viabilità e delle piste utilizzate dai mezzi addetti al trasporto dei materiali (Fase di indagine ante-operam e in corso d'opera).
3) monitoraggio del rumore in prossimità dell'infrastruttura: ha lo scopo di determinare per i ricettori sensibili il livello di rumore prodotto dal traffico veicolare sia per i ricettori localizzati entro la fascia di pertinenza acustica sia per quelli posti nella fascia immediatamente esterna (Fase di indagine post operam).

Il monitoraggio *ante-operam* è finalizzato ai seguenti obiettivi:

- integrare e verificare i risultati del monitoraggio effettuato nel PE per meglio testimoniare lo stato dei luoghi precedentemente all'apertura dei cantieri ed al completamento dei lavori;
- quantificare un adeguato scenario di indicatori ambientali tali da rappresentare la "situazione di zero" a cui riferire l'esito dei successivi rilevamenti atti a descrivere gli effetti indotti dalla realizzazione e dall'esercizio dell'opera;
- consentire un agevole valutazione degli accertamenti effettuati, al fine di evidenziare specifiche esigenze ambientali ed orientare opportunamente eventuali interventi di mitigazione.

Il monitoraggio in *corso d'opera* è finalizzato ai seguenti obiettivi:

- documentare l'eventuale alterazione dei livelli sonori rilevati nello stato ante-operam, dovuta allo svolgimento delle fasi di realizzazione dell'infrastruttura di progetto;
- individuare eventuali situazioni critiche che si dovessero verificare nella fase di realizzazione delle opere, allo scopo di prevedere opportune modifiche nella gestione delle attività di cantiere ovvero di realizzare adeguati interventi di mitigazione, di tipo temporaneo.

Il monitoraggio *post-operam* è finalizzato a conseguire i seguenti obiettivi specifici:

- confronto degli indicatori definiti nello "stato di zero" con quelli rilevati durante l'esercizio dell'opera in modo da evidenziare l'apporto all'inquinamento ambientale indotto dall'adeguamento dell'infrastruttura e verificare la congruenza tra situazione reale e conclusioni dello studio acustico;
- verifica il rispetto dei limiti acustici e l'efficacia degli interventi di mitigazione

Il programma temporale delle attività di monitoraggio indica due tipologie di accertamenti:

- misure in continuo della durata di 24h continuate da applicare nelle fasi AO e CO per il monitoraggio delle aree di cantiere non influenzate dalla presenza di traffico stradale

- misure in continuo della durata di una settimana da applicare nelle fasi AO e CO per il monitoraggio delle aree di lavoro interessato dal traffico stradale
- misure della durata di una settimana da applicare nella fase PO.

Le indagini saranno ripetute con cadenza trimestrale nel periodo di attività del singolo cantiere/realizzazione opera.
Per quanto riguarda le misure post operam, le stesse saranno effettuate con una indagine nel secondo semestre dall'apertura dell'infrastruttura che sarà ripetuta dopo 24 mesi.

18.7 VIBRAZIONI

L'obiettivo generale del Monitoraggio Ambientale della Componente Vibrazioni è il controllo dell'eventuale impatto generato dall'attività di cantiere nonché della verifica dei livelli in fase di esercizio.
Per la redazione del progetto di monitoraggio si è tenuto conto dei risultati degli studi eseguiti nel Progetto definitivo
Il monitoraggio della fase *ante-operam* è finalizzato all'obiettivo di quantificare i livelli vibrazionali della "situazione di zero" a cui riferire l'esito dei successivi rilevamenti atti a descrivere gli effetti indotti dalla realizzazione e dall'esercizio dell'opera.
Le finalità del **monitoraggio in *corso d'opera*** sono le seguenti:

- documentare l'eventuale alterazione dei livelli vibrazionali rilevati nello stato ante-operam, dovuta allo svolgimento delle fasi di realizzazione dell'infrastruttura di progetto. In questo caso è stato necessario effettuare un'attenta disanima delle attività di cantiere al fine di individuare quelle potenzialmente impattanti. Agli esiti è stata considerata significativa per le potenziali criticità la realizzazione di pali di fondazione delle opere d'arte;
- individuare eventuali situazioni critiche che si dovessero verificare nella fase di realizzazione delle opere, allo scopo di prevedere opportune modifiche nella gestione delle attività di cantiere.

Per le fasi AO e PO, la frequenza degli accertamenti è unica (una volta nel periodo), mentre per la fase CO sarà bimestrale e comunque da svolgersi durante il periodo di cantiere che interessa la postazione.

18.8 VEGETAZIONE FLORA, FAUNA, ECOSISTEMI

Il monitoraggio ambientale, relativamente all'ambito vegetazionale e faunistico deve documentare lo stato attuale nella fase ante operam al fine di definire, nelle fasi successive del monitoraggio (corso d'opera e post operam) l'evolversi e quindi il variare delle caratteristiche che connotano le componenti stesse.
In particolare gli accertamenti all'**ambito vegetazionale** non sono finalizzati esclusivamente agli aspetti botanici ma riguardano anche i contesti naturalistici ed ecosistemici (in particolare habitat faunistici) entro cui la vegetazione si sviluppa.
Il monitoraggio di questa componente è quindi finalizzato a monitorare gli effetti delle attività di costruzione sulla vegetazione esistente e sugli habitat faunistici e a controllare l'evoluzione dei nuovi impianti previsti dagli interventi di inserimento ambientale di cui allo Studio di Impatto Ambientale.
In maggiore dettaglio il monitoraggio deve prevedere:

- la definizione della situazione ante operam per quanto riguarda copertura del suolo e stato della vegetazione naturale e semi - naturale;
- il monitoraggio delle condizioni fitosanitarie della vegetazione naturale e semi - naturale durante la fase di costruzione;

- la garanzia, durante la costruzione, del controllo della situazione ambientale, in modo da rilevare tempestivamente eventuali situazioni non previste e predisporre tempestivamente le necessarie azioni correttive.

Il nuovo tracciato stradale si sviluppa a cielo aperto pressoché esclusivamente in corrispondenza di aree coltivate a frutteto. Queste parti sono da considerarsi già allo stato attuale di valore naturalistico basso in n quanto prive di vegetazione naturale significativa e caratterizzate da una presenza faunistica limitata e relativamente banale; sono altresì assenti unità ecosistemiche di particolare rilevanza.
Il tratto in galleria posto sul lato orientale si caratterizza per la presenza di vegetazione forestale dotata di particolare valore ecologico che quindi risulta interessata in modo molto marginale. Questo determina di per sé una notevole limitazione all'impatto prodotto, sia in fase di cantiere che in fase di esercizio.
Il grado di disturbo apportato dalla realizzazione della nuova infrastruttura stradale nei confronti della componente sarà direttamente proporzionale ad una serie di fattori e di attività legate alle tipologie costruttive, all'habitat coinvolto, alla dimensione delle superfici vegetate oggetto di trasformazione d'uso. Le problematiche più rilevanti potranno essere riscontrate nel tratto a cielo aperto ed in galleria artificiale compreso tra lo svincolo di Stazzona e l'imbocco lato Sondrio della galleria naturale il Dosso. La realizzazione dell'opera determinerà sulla componente vegetazione impatti di tipo diretto (riferibili agli abbattimenti necessari, alla sottrazione irreversibile di suolo, a stress da inquinamento) e impatti di tipo indiretto, riconducibili agli effetti indotti nel tempo dal diradamento della vegetazione.
Nel suo tratto di fondovalle, la sostituzione di suoli coltivati con il sedime stradale può favorirvi ai margini la crescita di specie invasive, autoctone ed alloctone, di scarso interesse naturalistico; in questo senso la sottrazione di un ambiente controllato, come è quello agricolo, può potenzialmente provocare l'incremento della componente sinantropica della flora che, unitamente alla componente esotica, contribuisce ad accrescere l'inquinamento floristico sul territorio.
Il degrado della composizione e della struttura delle comunità vegetali può accentuarsi in modo particolare in corrispondenza delle aree di cantiere, dove viene sottratta non solo la vegetazione presente ma anche lo strato più fertile del suolo; sui terreni smossi le specie ruderali hanno maggiore facilità di inserimento, con limitazioni alla ricolonizzazione delle specie autoctone e banalizzazione complessiva della variabilità floristica locale.
Viene in ogni caso previsto il ripristino delle aree di cantiere nelle condizioni ante-operam, motivo per cui durante il monitoraggio ambientale di ante operam è previsto il censimento floristico delle specie presenti.
Per quanto concerne invece **la fauna** dagli esiti delle valutazioni riportate nel SIA si rileva quanto segue:

- il territorio interessato dall'intervento non interessa zone protette a fini naturalistici, aree pregiate di nidificazione, aree di alimentazione o di rifugio di specie faunistiche rare o sensibili, aree di ripopolamento e cattura;
- l'area sulla quale insiste l'intervento non svolge la funzione di corridoio faunistico e non è in questo senso utilizzata né dalle popolazioni di uccelli né dalle popolazioni di mammiferi, rettili o anfibi; il territorio del fondovalle a causa dell'antropizzazione presenta una valenza faunistica limitata e piuttosto banale;
- nei tratti in cui sono presenti gli ambiti forestali, il tracciato viene costruito in galleria, senza interessamento diretto degli habitat soprastanti;
- nell'area sopravvivono zone umide localizzate, caratterizzate da lembi di vegetazione igrofila che rivestono un maggior grado di diversità faunistica.

18.9 STATO FISICO DEI LUOGHI

Il monitoraggio della componente stato fisico dei luoghi è indirizzato a valutare le possibili ripercussioni risultanti dalla realizzazione dell'infrastruttura in esame sulle caratteristiche morfologiche delle aree direttamente interessate dall'opera sia durante la sua costruzione sia durante l'esercizio, cosi come previsto dalle Linee Guida della Commissione Speciale di Valutazione di impatto Ambientale (Rev. 1 del 4 Settembre 2003).

In particolare le attività di monitoraggio perseguono i seguenti obiettivi:

- caratterizzare il territorio in esame in tutti i suoi aspetti naturali ed antropici, con particolare riferimento a:
  - caratteristiche morfologiche e strutturali derivabili da un'analisi incrociata delle componenti naturali;
  - caratteri antropici del territorio con particolare riferimento alla viabilità esistente;
  - caratteri socio-culturali, storici ed architettonici del territorio;
- evidenziare, durante la realizzazione dell'opera, l'eventuale instaurarsi di situazioni di criticità sugli elementi morfologici del territorio;
- verificare al termine della fase di costruzione la corretta applicazione degli interventi mitigativi nell'ottica del ripristino morfologico del territorio.

Le indagini previste allo scopo dovranno consentire una verifica continua delle condizioni del territorio mediante sopralluoghi in campo e documentazione fotografica mirati a completare e aggiornare il quadro informativo inizialmente acquisito, con particolare attenzione alle aree di maggiore sensibilità ambientale.

Il monitoraggio della componente in oggetto, che si presenta comunque strettamente correlato con il monitoraggio delle altre componenti ambientali previste dalle Linee Guida ai fini dell'ottenimento di un quadro complessivo della situazione del territorio interessato dall'opera, sarà effettuato mediante due principali tipi di attività:

- indagini conoscitive;
- indagini in campo attraverso sopralluoghi diretti.

Il monitoraggio ante operam ha lo scopo di fornire un quadro preliminare dello stato fisico del territorio che funga da riferimento sia per individuare e dimensionare eventuali variazioni che intervengono nella fase di costruzione, sia per valutare in post operam l'efficacia e la correttezza degli interventi di ripristino previsti. In questa fase verranno analizzati anche il progetto di cantierizzazione e il piano cave prodotti in sede di Progetto Esecutivo dell'opera, per una migliore e più dettagliata definizione delle criticità in relazione alle caratteristiche dei luoghi: in particolare verranno prese in esame tutte le misure di mitigazione previste in corso d'opera per la riduzione degli impatti prodotti dalle attività di cantiere, nonché gli interventi di ripristino previsti nel post operam.

Il monitoraggio in corso d'opera ha lo scopo di consentire l'analisi delle variazioni dello stato fisico dei luoghi in relazione alle attività di costruzione della viabilità e delle opere complementari.

Tutte le variazioni che intervengano in questa fase, e che risultino direttamente o indirettamente riconducibili alle attività di costruzione, dovranno essere prese in esame in relazione alla natura temporanea o meno degli impatti prodotti, valutando contestualmente anche l'efficacia di eventuali misure di mitigazione adottate. L'attività di monitoraggio in corso d'opera verrà svolta almeno una volta all'anno sulla totalità delle aree d'indagine, effettuando i sopralluoghi in corrispondenza degli stessi punti nello stesso periodo dell'anno precedente; la tempistica delle attività di campo dirette sarà definita anche in base allo stato di avanzamento lavori.

Il monitoraggio post operam ha l'obiettivo specifico di controllare la corretta esecuzione dei ripristini ambientali di progetto, l'assenza di danni e/o modifiche fisico/ambientali nelle aree

interessate direttamente e indirettamente dai cantieri di costruzione dell'opera in progetto attraverso il confronto con la situazione territoriale definita in ante operam.
La verifica in fase post operam della corretta esecuzione dei ripristini, intesi sia come aree di compensazione, in cui sono stati previsti degli interventi a verde, sia come aree restituite alla loro precedente fruizione verrà fatta con le medesime modalità e negli stessi periodi previsti per le fasi precedenti.
Le attività di monitoraggio saranno effettuate con cadenza annuale. Le campagne di monitoraggio manterranno tale cadenza in tutte le fasi (AO, CO e PO).

Il progetto definisce le modalità di restituzione dei dati del monitoraggio, nelle sue diverse fasi operative.

19 INTERFERENZE

La presente relazione identifica e analizza le interferenze tra le reti e i sottoservizi con il tracciato di progetto della Variante di Tirano della Strada Statale 38 "dello Stelvio".
I tracciati delle reti e dei sottoservizi sono stati forniti dagli Enti interessati dalle interferenze già in fase di progettazione definitiva. Successivamente, nella progettazione esecutiva, è stato eseguito un rilievo accurato dell'area di progetto; da tale rilievo sono emersi alcuni elementi non presenti nella prima stesura.
Sulla scorta delle risultanze dei nuovi rilievi e delle modifiche intervenute durante la progettazione esecutiva, tutti gli enti proprietari e/o gestori dei servizi interferenti sono stati contattati inviando loro le planimetrie di progetto esecutivo onde verificare la compatibilità delle nuove opere e concordare le modalità di eliminazione delle interferenze. A seguito di tale attività è risultata l'esistenza di alcune altre interferenze da risolvere.
Il giorno 11 ottobre 2018 è stato organizzato dai progettisti un sopralluogo congiunto con i tecnici degli enti interferenti sulle aree interessate dall'intervento. A seguire, il 12 ottobre 2018, si è tenuto presso la sede Anas di Milano un incontro tra RUP, progettisti e rappresentanti degli Enti interferenti. A seguito di tale attività sono stati richiesti da Anas gli aggiornamenti dei preventivi di spesa forniti in sede di progettazione definitiva (marzo 2010), nonché alcuni nuovi preventivi da parte di Enti non censiti in precedenza. Sono quindi state riportate le nuove previsioni di spesa in relazione ai preventivi forniti dagli Enti gestori e/o proprietari che hanno fatto pervenire ad Anas una propria nota di aggiornamento. Negli altri casi si è proceduto ad effettuare una stima della spesa per la risoluzione delle interferenze basandosi sui dati presenti nel progetto definitivo ove previsti.
Il progetto di risoluzione delle interferenze è dunque costituito da:

- N. 2 elaborati grafici planimetrici di individuazione delle interferenze (elab. T00 IN00 INT PL 01-02 "Planimetria di indicazione delle interferenze").
- N. 19 elaborati di risoluzione delle interferenze suddivisi per Ente (elab. T00 IN01-10 INT CS 01-06 "Risoluzione interferenza")
- la presente relazione di stima dei tempi e dei costi di risoluzione, con indicazione delle interferenze, degli Enti interferenti e delle modalità di risoluzione (elab. T00 IN00 INT RE 01 "Relazione tecnica sulla risoluzione delle interferenze").

19.1 ENTI GESTORI SERVIZI

Si riporta di seguito l'elenco degli Enti interferenti con le opere in progetto:

- E-Distribuzione S.p.A.
- Enel Sole s.r.l.
- Terna S.p.A.
- Azienda Energetica Valtellina Valchiavenna s.r.l. (AEVV s.r.l.)
- La rete elettrica gestita dall'Azienda Energetica Multiservizi di Tirano S.p.A., come riportato nella relazione sulle interferenze del progetto definitivo, è ora gestita dall'Azienda Energetica Valtellina Valchiavenna s.r.l. (AEVV s.r.l.).
- A2A S.p.A.
- La rete elettrica e telefonica gestita dalla AEM S.p.A., come riportato nella relazione sulle interferenze del progetto definitivo, è ora gestita dalla A2A S.p.A. Dai contatti intercorsi con il tecnico di riferimento dell'Ente è stato appurato che la linea telefonica è stata dismessa, mentre la linea elettrica è tutt'ora in uso.
- RFI

- Tim S.p.A.
- SECAM S.p.A.
- Le condotte della rete idrica e fognaria gestita dall'Azienda Servizi Pubblici Locali s.r.l., come riportato nella relazione sulle interferenze del progetto definitivo, è ora gestita dalla SECAM S.p.A.
- Consorzio di Miglioramento Fondiario Sponda Soliva
- Consorzio Sponda Sinistra Adda

19.2 RISOLUZIONE INTERFERENZE

Gli studi di risoluzione interferenze redatti dai singoli enti gestori, comprendono uno schema planimetrico che evidenzia sia il nuovo percorso della nuova deviazione della rete interferente che le tratte di rete esistente da dismettere, completati da indicazioni generali sulle caratteristiche tecniche della rete in esame e dalle tempistiche di realizzazione.
In ogni caso prima di iniziare i lavori sarà cura dell'impresa appaltatrice individuare l'esatta posizione e la profondità delle linee dei Pubblici Servizi interferiti, mediante specifici sopralluoghi con in tecnici dei vari enti proprietari e/o gestori delle linee.
Per tutti i dettagli si rimanda alla lettura della relazione specifica sulle interferenze.

La tempistica più critica sono i **560 giorni** necessarie a SECAM s.p.a. (ente che gestisce le linee di acquedotto e fognatura) per la risoluzione dell'interferenza Serbatoio acquedottistico "Nuova Tirano".
I costi globali sommano sopra riportati sommano un totale di € 8.342.000,00 oltre IVA a cui si devono sommare i costi relativi alla esecuzione delle opere di rinforzo del piano interrato dell'ipermercato Iperal: € 8.342.000,00 + € 90.000,00 = di € 8.432.000,00 oltre IVA (22%), per un totale di € 10.287.040,00. A tale cifra si deve poi sommare il preventivo fornito da SECAM, già ivato. **Totale ~ € 12.200.000,00**

20 CANTIERIZZAZIONE

L'esecuzione di questa variante stradale renderà possibile evitare l'attraversamento del centro urbano di Tirano che, ad oggi, costituisce un impedimento alla fluidità del traffico di attraversamento lungo la SS38 e, per contro, genera un notevole impatto nel contesto cittadino.
Il progetto esecutivo è stato sviluppato a partire dalle soluzioni contenute nel progetto definitivo che prevede la realizzazione di un'asta stradale della lunghezza di oltre 6 km, dei quali circa 1100 m circa in trincea, 140 m su viadotto (di attraversamento del fiume Adda), 1500 m in galleria e la rimanente parte su rilevato. In quest'ultimo caso, al fine di limitare l'occupazione del territorio, è stato scelto di rinforzare il terrapieno in modo da portare le scarpate ad avere angoli di inclinazione elevati. Il tratto in terra rinforzata si sviluppa per circa 450 m. I rimanenti 2800 si sviluppano su rilevato ordinario che, quando corre lungo le zone di esondazione o di deflusso, ha sempre una quota superiore rispetto al massimo livello raggiungibile dalle acque in accordo agli studi idraulici.
Lungo il tracciato verranno realizzate 4 rotatorie di svincolo: la prima in ingresso in prossimità di Villa di Tirano che costituisce l'opera di accesso alla variante, la seconda lungo la strada per Stazzona, la terza associata alle opere di svincolo per Tirano e l'ultima a fine tracciato in località Campone. L'asta viaria si completa con la realizzazione di un nuovo ponte sull'Adda annesso allo svincolo di Tirano, ed a una serie di viabilità di ricucitura e/o di servizio con funzione di collegamento delle viabilità interrotte con la realizzazione della variante.

20.1 UBICAZIONE DEI CANTIERI

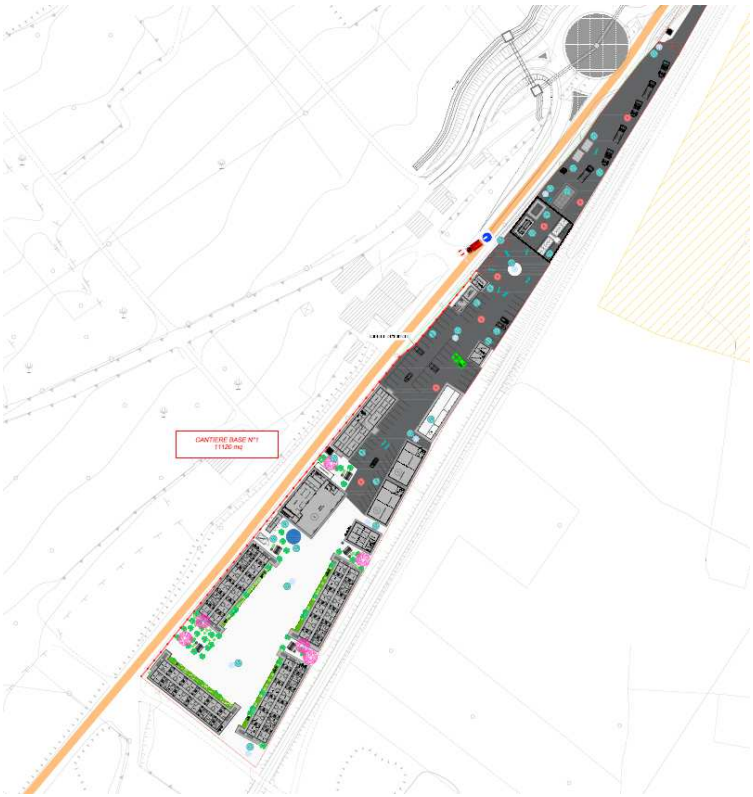
La realizzazione delle opere in oggetto ha portato ad installare diversi cantieri, attinenti a quattro tipologie differenti:

- **Cantiere Base**: ospita i box prefabbricati e le attrezzature necessarie per il controllo, la direzione dei lavori e l'alloggiamento degli operai oltre a svolgere la funzione di cantiere-appoggio per alcune lavorazioni;
- **Cantieri Operativi**: svolgono la sola funzione di cantiere-appoggio per le lavorazioni. Tra questi cantieri rientrano quelli previsti per le aree tecniche in corrispondenza delle aree di realizzazione delle gallerie e delle spalle dei viadotti;
- **Cantiere di Servizio**: svolge la funzione di cantiere-appoggio permettendo inoltre la realizzazione di attività di servizio per le lavorazioni (ad esempio: trattamento materiali, produzione calcestruzzo, ecc...);
- **Area di stoccaggio e deposito**: svolge la funzione di stoccaggio e deposito temporaneo dei materiali inerti;

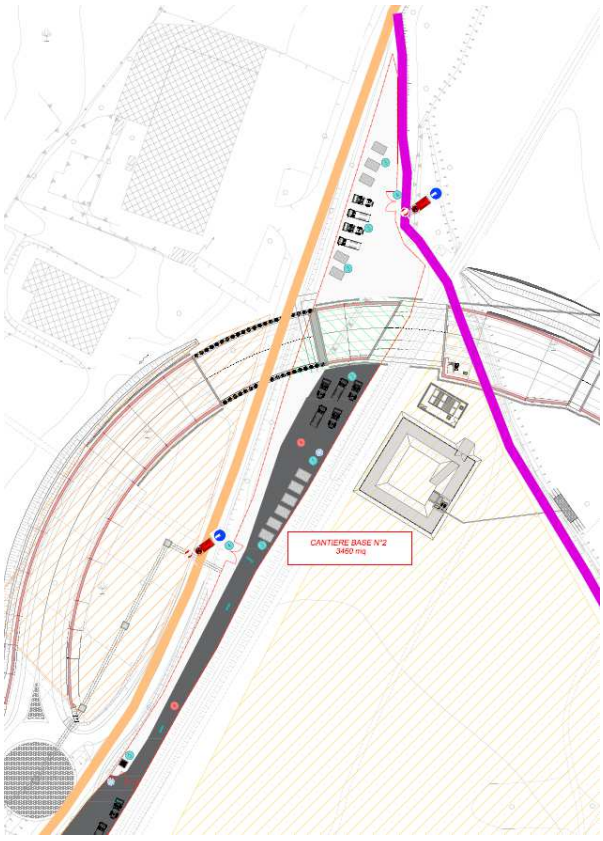
La corretta localizzazione dei siti di cantiere costituisce il primo provvedimento preventivo in merito al contenimento degli eventuali impatti, in quanto da esso dipendono gli effetti più significativi che si possono determinare sull'ambiente circostante e sul normale assetto funzionale delle viabilità e dei servizi. In relazione a ciò, avendo il progetto definitivo già scontato l'iter approvativo della conferenza di servizi si è ritenuto di confermarne le previsioni. Saranno quindi installati due Cantieri Base (B1 e B2), sei Cantieri Operativi ed un Cantiere di Servizio, oltre ad alcune Aree di Lavorazione.

La localizzazione dei campi base e dei cantieri operativi risulta effettuata sia in funzione delle esigenze legate alla realizzazione dell'opera, sia in funzione delle condizioni ambientali e dei vincoli presenti nei contesti interessati. I cantieri previsti, nello specifico, sono:

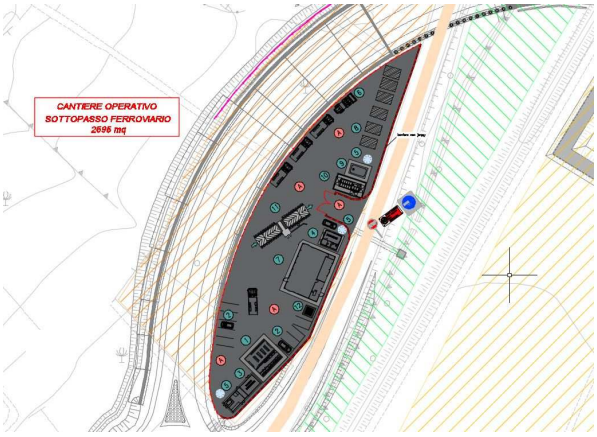
- **Cantiere Base B1** (circa 11.120 m2), dotato di un'area logistica dedicata alle attività dell'intero appalto;



- **Cantiere Base B2** (circa 3.460 m2), dotato di un'area di supporto al primo cantiere base ed eventualmente un'area di stoccaggio e deposito temporaneo di materiale;



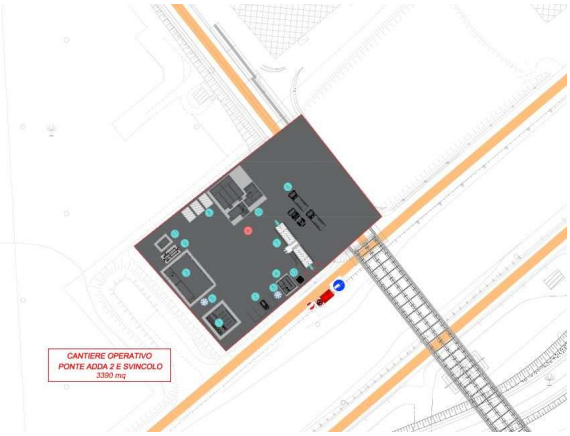
- **Cantiere Operativo Sottopasso Ferroviario** (circa 2.595 m2), dotato di un'area di supporto dedicata più specificatamente alla realizzazione del Sottopasso Ferroviario e delle opere facenti parte la zona di inizio lotto;



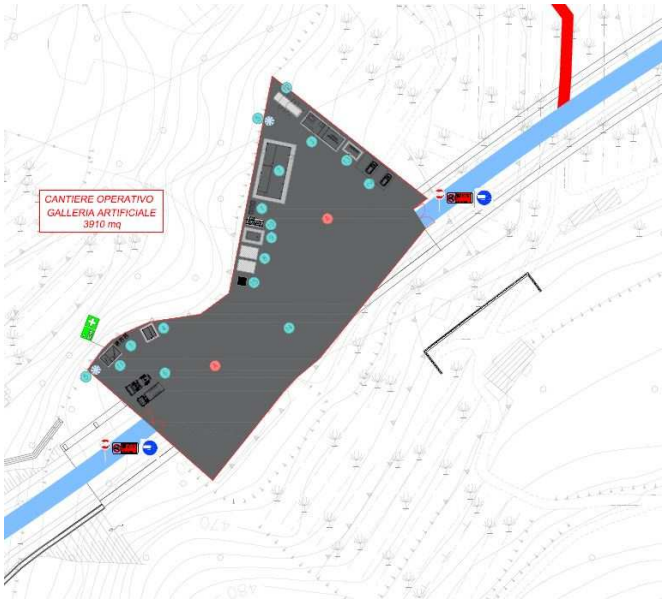
- **Cantiere Operativo Ponte Adda 1** (circa 4.045 m2), dotato di un'area di supporto dedicata più specificatamente alla realizzazione delle sole opere in C.A. del primo ponte sul fiume Adda; Ultimate tali opere, il cantiere operativo viene smontato per permettere l'esecuzione dei rilevati stradali.



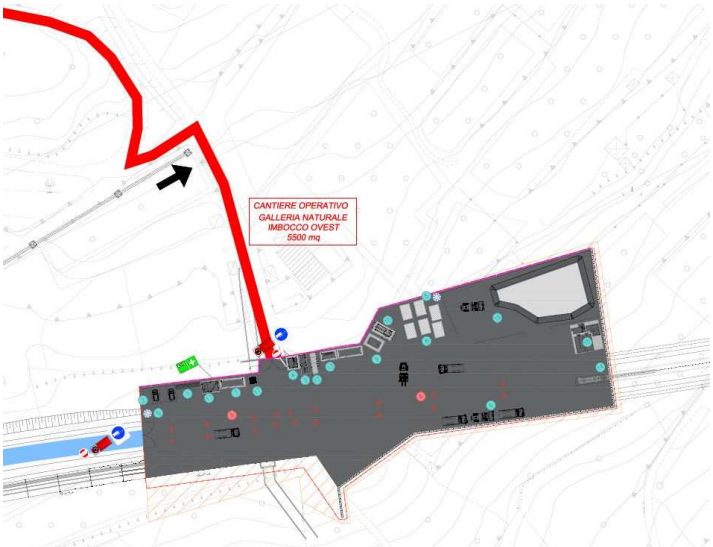
- **Cantiere Operativo Ponte Adda 2** (circa 3.390 m2), dotato di un'area di supporto dedicata più specificatamente alla realizzazione delle sole opere in C.A. del secondo ponte sull'Adda in corrispondenza dello svincolo di Tirano; Ultimate tali opere, il cantiere operativo viene smontato per permettere l'esecuzione dei rilevati stradali.



- **Cantiere Operativo Galleria Artificiale** (circa 3.910 m2), dotato di un'area di supporto dedicata più specificatamente alla realizzazione della Galleria Artificiale;



- **Cantiere Operativo Galleria Naturale Imbocco Ovest** (circa 5.500 m2), dotato di un'area di supporto dedicata più specificatamente alla realizzazione alla realizzazione dell'Imbocco Ovest della galleria naturale, allo scavo della stessa ed allo stoccaggio„ polmone" di una certa quantità di scavo;



- **Cantiere Operativo Galleria Naturale Imbocco Est** (circa 3.100 m2), dotato di un'area di supporto dedicata più specificatamente alla realizzazione alla realizzazione dell'Imbocco Est della galleria naturale, allo scavo della stessa e alla realizzazione del sottovia SP26 „Panoramica";

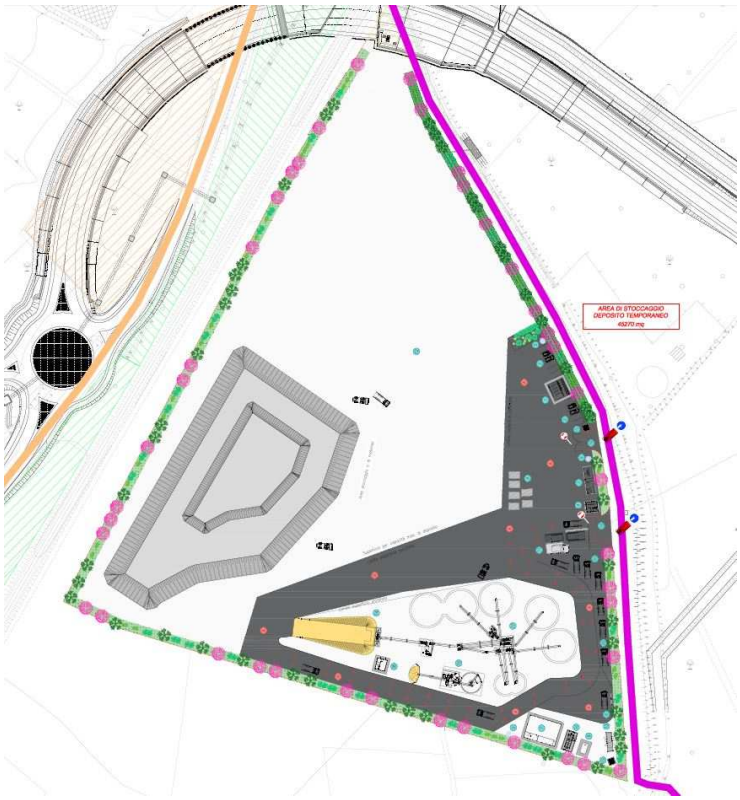


- **Cantiere di Servizio** (circa 9.200 m2), dotato di un'area di supporto e servizio agli altri cantieri operativi. Nell'ambito di quest'area verrà collocata la centrale di betonaggio con annessi i servizi necessari ad un ottimale funzionamento;



- **Area di stoccaggio e deposito temporaneo dei materiali inerti**, individuata per la realizzazione della variante in oggetto, è collocata in prossimità dell'inizio del lotto e quindi

dei cantieri base B1 e B2, in un'area compresa tra la linea ferroviaria esistente ed il fiume Adda. Tale area si estende per una superficie di circa 45.270 m2 e la sua capacità di stoccaggio garantisce, per tutta la durata dei lavori, la movimentazione dei materiali.



Per tutti i cantieri a fine lavorazione è previsto lo smantellamento e rinaturalizzazione delle aree attraverso la rimozione e sostituzione dello strato superficiale dell'intera area con idoneo terreno.

20.2 VIABILITÀ DI ACCESSO E PISTE DI CANTERE.

La viabilità interessata dal traffico indotto dalle attività di costruzione dell'opera in esame si estende dalle aree immediatamente limitrofe alla zona dei lavori, fino ai poli estrattivi dei materiali di costruzione ed alle discariche variamente ubicate nella provincia di Sondrio.
In questa sede è stata fatta l'ipotesi che l'appaltatore si serva delle numerose cave presenti lungo il fiume Adda, tutte individuate nelle tavole T00CA00CANPL01, T00CA00CANPL02, T00CA00CANCD01 e T00CA00CANCD02. La rete viaria interessata è rappresentata nella planimetria di ubicazione cave e discariche e nelle planimetrie dei vari cantieri. I tratti indicati nelle planimetrie di cantierizzazione, hanno lo scopo di segnalare quelli che si ritiene siano i percorsi più idonei, sia dal punto di vista funzionale che del traffico giornaliero, per raggiungere le varie aree.
Le viabilità di accesso ai cantieri e alle aree di stoccaggio e deposito temporaneo sono quelle indicate volta per volta per i diversi cantieri, e si avvalgono principalmente delle piste di cantiere e, ove questo non sarà possibile, della Strada Statale 38 dello Stelvio (limitatamente ai Cantieri Base), di alcune strade provinciali, delle strade secondarie limitrofe.
Per quanto riguarda **le piste di cantiere**, per quasi tutta la lunghezza dell'intervento può essere garantita una continuità di collegamento longitudinale lungo il lotto sfruttando piste da realizzare sul sedime della futura strada. I mezzi potranno spostarsi prevalentemente attraverso tali piste di cantiere da costruire immediatamente dopo la presa in possesso delle aree e le attività di bonifica necessarie. In particolar modo la realizzazione del ponte "Adda 1" permetterà l'utilizzo della pista lungo il sedime dell'asta principale per raggiungere le diverse aree di lavoro e quindi i flussi dei mezzi d'opera sulla viabilità esistente potranno essere notevolmente ridotti a partire dal momento

di utilizzo di tale infrastruttura. Le piste costituiranno un collegamento valido per tutta la durata dei lavori adattandosi di fatto con l'avanzamento dei lavori e ai rilevati in costruzione.
Di particolare interesse è la pista che permetterà di servire il cantiere dell'imbocco ovest della galleria naturale. Tale pista avrà inizio in corrispondenza del cantiere di servizio e rimanendo sul sedime della strada in progetto raggiungerà l'imbocco ovest. Per la sua realizzazione sarà necessario costruire parte delle terre rinforzate di progetto per consentire alle livellette della pista di non superare mai la pendenza del 10% consentendo quindi ai mezzi d'opera di superare la differenza di quota in comodità (cfr. capitolo ND – PISTA DI CANTIERE).

21 STIMA DEI MOVIMENTI DI MATERIA

Le formazioni interessate dagli scavi producono un materiale che non può essere riutilizzato per il confezionamento di calcestruzzi ma può essere destinato alla formazione di rilevati e si stima che solo una percentuale del 5% sia non idoneo a tale scopo e quindi destinata a discarica. Lo scotico verrà in parte utilizzato come materiale di inerbimento e in parte come materiale per rinterri. Allo stesso modo il materiale proveniente dalla bonifica del piano di posa dei rilevati verrà portato a discarica o eventualmente utilizzato come materiale da rinterro.
Nel calcolo che seguono si è applicato una percentuale di rigonfiamento pari al 30% (che include il recupero per ricompattazione per la stesa al rilevato, altrimenti sarebbe pari al 45%) sui materiali provenienti dalla Galleria Naturale e pari al 20% per le altre provenienze.
Il materiale adatto alla formazione di calcestruzzi dovrà provenire da cava, tale materiale sarà quindi inviato al cantiere di servizio per il confezionamento in loco dei calcestruzzi necessari alle lavorazioni; in questo modo non sarà necessario acquisire dall'esterno il calcestruzzo già preconfezionato.
Di seguito si riportano le tabelle riassuntive delle quantità di materiali riutilizzati e di quelli destinati a discarica:

A	RILEVATO	488980	mc
B	SCAVO	522004	mc
C	SCAVO GN	177600	mc
D	SCOTICO	45642	mc
E	VEGETALE	25364	mc
F	ARIDO	129632	mc
G	BONIFICA	138697	mc
H	RINTERRO	302487	mc

I	SCAVO RIGONFIATO (B*1,2)+(C*1,3)	857284,8	mc
L	SCAVO A DISCARICA (I*0,05)	42864,24	mc
M	SCAVO RIUTILIZZABILE (I-L)	814420,6	mc

N	MATERIALE ARIDO DA CAVA (F)	129632	mc
O	MATERIALE DA CAVA PER RILEVATO (A*0,1)	48898	mc
P	MATERIALE SCAVATO RIUTILIZZATO PER RILEVATI (A*0,9)	440082	mc
Q	SCOTICO RIUTILIZZATO COME VEGETALE (E)	25364	mc

R	MATERIALE SCAVATO A DISCARICA (M-P-H)	71851,56	mc
S	SCOTICO A DISCARICA (D-E)	20278	mc
T	MATERIALE DA BONIFICA A DISCARICA (G)	138697	mc

L	SCAVO A DISCARICA (I*0,05)	42864,24	mc
	TOT. A DISCARICA	273690,8	mc

L'area messa a disposizione per lo stoccaggio dei materiali risultanti dalle lavorazioni di scavo lungo la linea ha un'area di circa 25.000 m^2 da occupare temporaneamente. Si sottolinea inoltre il fatto che, nel corso dei lavori, le aree dedicate allo stoccaggio potranno man mano essere liberate dal materiale conferendolo alle discariche vicine. In questo modo sarà possibile diluire nel tempo il traffico in ingresso e uscita dei mezzi di trasporto.

22 CAVE E DISCARICHE

Per l'approvvigionamento degli inerti per la formazione dei calcestruzzi e dei rilevati, come anche per lo stoccaggio temporaneo dei materiali prodotti dagli scavi, è stata individuata un'area di deposito temporaneo. Tale area, collocata all'inizio del lotto in prossimità dei caniteri base B1 e B2 in località Villa di Tirano, ha una superficie di circa 45.270 mq e garantisce il necessario supporto ai lavori per tutta la durata degli stessi. In ogni caso anche ciascuna area di cantiere (operativo e di servizio) potrà predisporre al suo interno piccoli volumi di deposito, mantenendo comunque la loro dipendenza dall'area di stoccaggio e deposito temporaneo principale.
Le formazioni interessate dagli scavi producono un materiale che non può essere riutilizzato per il confezionamento di calcestruzzi ma può essere destinato alla formazione di rilevati e si stima che solo una percentuale del 5% sarà comunque destinata a discarica. Lo scotico, come detto nel capitolo 3, verrà in parte utilizzato come materiale di inerbimento ed in parte come materiale per rinterri.
Si ricorda inoltre che si applica una percentuale di rigonfiamento pari al 30% (che include il recupero della ricompattazione per la stesa al rilevato, altrimenti sarebbe pari al 45%) sui materiali provenienti dalla Galleria Naturale ed un 20% sulle altre provenienze.
Il materiale adatto alla formazione di calcestruzzi dovrà provenire da cava, tale materiale sarà quindi trasferito al cantiere di servizio per il confezionamento in loco dei calcestruzzi necessari alle lavorazioni, in questo modo non sarà necessario acquisire dall'esterno il calcestruzzo già preconfezionato.
In particolare sono state individuate le seguenti cave dalle quali attingere per l'approvvigionamento degli inerti:

- Cava n°1 (denominazione piano cave della Provincia di Sondrio: B8-ATEg71 (nuova denominazione ATE: ATEg11)) con volume massimo disponibile pari a 246000 m^3 circa (dato da progetto definitivo riferito al 2009).
- Cava n°2 (denominazione piano cave della Provincia di Sondrio: B8-ATEg70 (nuova denominazione ATE: ATEg10)) con volume massimo disponibile pari a 145000 m^3 circa (dato da progetto definitivo riferito al 2009).
- Cava n°3 (denominazione piano cave della Provincia di Sondrio: B8-ATEg69 (nuova denominazione ATE: ATEg9)) con volume massimo disponibile pari a 359000 m^3 circa (dato da progetto definitivo riferito al 2009).
- Cava n°4 (denominazione piano cave della Provincia di Sondrio: B8-ATEg67 (nuova denominazione ATE: ATEg8)) con volume massimo disponibile pari a 338000 m^3 circa (dato da progetto definitivo riferito al 2009).
- Cava n°5 (denominazione piano cave della Provincia di Sondrio: B8-ATEg66 (nuova denominazione ATE: ATEg7)) con volume massimo disponibile pari a 319000 m^3 circa (dato da progetto definitivo riferito al 2009).

Le discariche di inerti, in Provincia di Sondrio, individuate per il deposito del materiale da inviare a discarica sono le seguenti:

- Discarica nel Comune di Gordona, avente una capacità residua di circa 17000 m^3 e una distanza media dai cantieri di circa 80 km. (Aggiornato al 2015. Fonte: ARPA 2019)
- Discarica nel Comune Chiesa Valmalenco, avente una capacità residua di circa 140000 m^3 e una distanza media dai cantieri di circa 45 km. (Aggiornato al 2015. Fonte: ARPA 2019)
- Discarica nel Comune di Livigno a una distanza media dai cantieri di circa 65 km. Per la quale non sono disponibili le informazioni sulla capacità residua.

23 CARATTERIZZAZIONE ARCHEOLOGICA

Per la gestione del tematismo legato agli aspetti archeologici, in analogia a quanto finora già prescritto dalla Sovrintendenza ai Beni Archeologici della Lombardia, sarà incaricato in fase di realizzazione un archeologo professionista che assista agli scavi e verifichi il rinvenimento di eventuali reperti.

24 TEMPI DI ESECUZIONE

L'organizzazione delle attività è stata sviluppata considerando la sequenza della serie di operazioni collegate, minimizzando le tempistiche dei percorsi critici.
Seguendo l'impostazione del progetto definitivo è stata considerata la "specializzazione" delle operazioni che vede la realizzazione della galleria come un'opera differente sia come mezzi necessari che come modalità di esecuzione dal ponte e dai movimenti terra per i rilevati.
Dal punto di vista operativo, il cantiere è stato suddiviso in 7 unità localizzate, 4 delle quali (unità 1, unità 2, unità 4, unità 6) prevedono l'apertura nei primi 6 mesi dall'apertura del cantiere.
Tali unità di riferimento, definite "unità di macrocantierizzazione", comprendono:

- Unità di macrocantierizzazione 1: si riferisce alle trincee di inizio lotto inclusi i due sottovia di attraversamento della ferrovia e della SS38 ed al rilevato fino alla spalla del ponte sull'Adda.
- Unità di macrocantierizzazione 2: fanno parte di questa unità i due ponti sull'Adda, le opere lungo linea, nonché la viabilità secondaria e i rilevati lungo linea, inclusi quelli per lo svincolo di Tirano, ed il rilevato in terra rinforzata oltre lo svincolo.
- Unità di macrocantierizzazione 3: fa capo alla realizzazione della galleria Artificiale denominata "il *"il Dosso 1"*".
- Unità di macrocantierizzazione 4: riguarda la realizzazione delle opere eseguibili dall'imbocco Ovest della galleria naturale denominata "il *"il Dosso"*" e lo scavo della galleria eseguito da tale imbocco.
- Unità di macrocantierizzazione 5: riguarda la realizzazione delle opere eseguibili dall'imbocco Est della galleria naturale denominata "il *"il Dosso"*" e lo scavo della galleria eseguito da tale imbocco, compreso il sottopasso alla SP 26, le trincee di fine lotto.
- Unità di macrocantierizzazione 6: raggruppa le rotatorie di svincolo di Campone, Villa di Tirano e Stazzona;
- Unità di macrocantierizzazione 7: comprende le pavimentazioni, la segnaletica e le barriere e le opere a verde.

Ogni singola lavorazione prevista nel cronoprogramma reca l'indicazione dell'unità di macrocantierizzazione di riferimento.

Il programma lavori prevede una cantierizzazione avente una durata complessiva di 1915 giorni naturali e consecutivi (circa 5,25 anni).

Da questa tempistica sono esclusi i tempi per la preparazione (risoluzione interferenze e bonifica ordigni bellici) e per le procedure di gara.

La durata del cantiere è stata ottenuta dall'incrocio dei tempi necessari all'esecuzione delle attività facenti parte delle suddette unità di macrocantierizzazione. In particolare, si prevede:

- la partenza in contemporanea, entro due mesi dall'avvio dei lavori, del cantiere per la realizzazione delle opere facenti capo alle unità 2, 4 e 6.
- È previsto che le lavorazioni dell'unità 2 inizino subito dopo la consegna dei lavori in quanto contemplano la realizzazione delle viabilità di ricucitura necessarie per liberare il sedime della nuova asta viaria dall'interferenza del traffico veicolare.
- L'inizio dei lavori dell'unità 4, pur essendo relativa alle attività specialistiche connesse alla realizzazione della G.N., è prevista all'inizio delle lavorazioni; ciò per consentire la messa a nudo, nel più breve tempo possibile, del canale di derivazione della società A2A che, in base ai rilievi eseguiti in concomitanza del fermo del canale avvenuto dal 05/03/2019 al 07/03/2019, risulta avere una quota di estradosso prossima alla quota d'imposta dell'arco rovescio della porzione artificiale della galleria. Si è pertanto ritenuto di partire subito con tale lavorazione per avere la possibilità di intervenire tempestivamente nel caso di disallineamento tra le quote di progetto e le quote realmente riscontrate con la messa a nudo del canale. In ogni caso l'attività di scavo non potrà avvenire prima degli undici mesi allor quando sarà completata la pista di cantiere che permetterà di trasportare a deposito (cantiere di stoccaggio) il materiale scavato dall'imbocco. Per tale ragione nella fase di avvio delle lavorazioni è anche prevista l'immediata realizzazione del rilevato in Terre Rinforzate previsto tra la prog. Km 3+745 km 4+212 nonché l'avvio della realizzazione del ponte Adda1.
- Alla fine del decimo mesi sarà disponibile una pista di cantiere (interna al sedime della nuova strada) che condurrà direttamente dall'imbocco Ovest della Galleria Naturale il Dosso2 al cantiere di stoccaggio. I dettagli per la realizzazione di tale pista di cantiere nel tratto compreso tra il cantiere di servizio e l'imbocco sono riportati negli elaborati del capitolo ND-Pista di Cantiere.
- A partire dal decimo mese in poi, quindi, sarà dunque possibile iniziare con gli scavi della G.N. dall'imbocco Ovest rientranti nella unità lavorativa 4.
- L'avvio dei lavori relativi all'imbocco est della G.N., sono invece previsti nell'ambito del quattordicesimo mese, solo dopo che sia stato realizzato il sottopasso della SP26 e tutte le opere in trincea comprese tra l'imbocco e la vecchia sede della SS38. Per tale ragione, all'avvio delle lavorazioni, sono anche previste le opere connesse alla realizzazione della rotatoria di Campone (unità 6) che permetteranno la creazione di un collegamento viario tra la zona di imbocco e la SS38. Il dettaglio della fasizzazione degli interventi nella zona "Campone", sono contenuti nelle tavole relative al capitolo NC-Fasizzazione e viabilità provvisoria, dalla NC13 alla NC18.
- Per la realizzazione del sottopasso alla SP26 ed il contemporaneo mantenimento in esercizio della stessa viabilità provinciale, è stata anche prevista la realizzazione di una deviazione provvisoria le cui previsioni progettuali sono restituite negli elaborati dal NC07 al NC12.
- Ultimate le lavorazioni della zona Campone e del sottopasso, si potrà quindi procedere alla realizzazione degli scavi di imbocco. Propedeuticamente a questi, già a partire dal decimo mese, verranno realizzati i micropali necessari per sostenere gli scavi.

- Le lavorazioni facenti capo all'unità 3 si avviano pressoché in contemporanea alle attività di scavo dell'imbocco Ovest della G.N. in modo da sfruttare la pista lungo linea per la movimentazione dei materiali. L'attività di scavo vera e propria si avvierà solo dopo l'ultimazione degli scavi della G.N. onde consentire il pieno sfruttamento della pista di cantiere creata sul sedime della futura strada statale (a partire dal mese 37).
- Infine, le lavorazioni dell'unità 1 è previsto che inizino solo dopo la realizzazione dei cantieri base e di stoccaggio (fine mese 3). Nell'ambito di tali lavorazioni è anche prevista l'esecuzione di una deviazione provvisoria all'attuale sede della SS38 onde consentire la realizzazione del sottopasso della stessa strada statale. Le previsioni progettuali di tale deviazione, unitamente alla fasizzazione dell'intervento, sono contenuti negli elaborati dal NC01 alla NC06.
- Per quanto attiene alle attività all'interno delle unità 6 e 7, esse sono "sparse" lungo l'intero arco temporale in quanto non influenzano la tempistica ad eccezione delle pavimentazioni, della segnaletica e delle barriere che sono comunque organicamente introdotte nel cronoprogramma con una durata prevista di circa 8 mesi.

La "fotografia" dell'evoluzione dei lavori relativo alle varie unità, al termine di alcuni mesi chiave, è rappresentato negli elaborati NB15 e NB16.

25 COSTI DELL'INTERVENTO

Nella redazione del progetto si è tenuto conto delle norme del Capitolato Speciale d'Appalto in uso presso l'ANAS, i prezzi applicati si riferiscono al prezziario Anas 2019.
Per tutti i dettagli di costo si rimanda all'esame del computo metrico estimativo e del quadro economico, allegati al progetto.