



STRADA CANTONALE S517.3
Cerentino - Cimalmotto

Dipartimento
del
territorio

Comune di CAMPO (VALLEMAGGIA)

Divisione delle
costruzioni

Via Franco Zorzi 13
Casella postale 2170
6500 BELLINZONA

PROGETTO DI MASSIMA

Area del supporto e del
coordinamento

Ufficio della gestione dei
manufatti

Tel. 091 814 79 96
Fax 091 814 79 79

Opere di risanamento

Piano no.: **491.620 G / 001**

Scala: -

Data: 30.09.2020

Modifiche:

a: .
b: .
c: .

Galleria artificiale Val Sterpa
PR 50+090

Operatore:

SM Ingegneria sagl
Via Ballerini 22
6600 Locarno

Tel. 091/756.19.00
Fax. 091/756.19.09
E-mail studio@sm-ing.ch

Relazione tecnica

Piano no.: 221.0 / 001

Progettato	Disegnato	Controllato
FR	FR	GS

Dimensione: A4

No. 2305.501

INDICE

1. INTRODUZIONE	4
1.1 Descrizione del mandato	4
1.2 Limiti dell'opera	4
1.3 Descrizione del manufatto	4
1.3.1 Ubicazione	4
1.3.2 Descrizione del manufatto	5
1.4 Documentazione a disposizione	8
1.5 Basi di progettazione	9
1.6 Efficacia protezione dalle valanghe	9
2. STATO DI CONSERVAZIONE DEL MANUFATTO	10
2.1 Premessa	10
2.2 Danni riscontrati	10
2.2.1 Aspetti generali	10
2.2.2 Fondazioni	10
2.2.3 Pilastrì	11
2.2.4 Travi di collegamento	11
2.2.5 Muri	12
2.2.6 Muri di protezione	13
2.2.7 Estradosso soletta	14
2.2.8 Intradosso soletta	15
2.2.9 Pavimentazione	16
2.2.10 Impermeabilizzazione	17
2.2.11 Barriere elastiche	17
2.2.12 Giunti di dilatazione	18
2.2.13 Sistema di evacuazione delle acque	18
2.2.14 Infrastrutture	19
2.2.15 Muri di sostegno sugli accessi	20
2.3 Interpretazione analisi di laboratorio	21
2.3.1 Premessa	21
2.3.2 Aspetto del calcestruzzo	21
2.3.3 Copriferro	21
2.3.4 Resistenza alla compressione del calcestruzzo	22
2.3.5 Massa volumica del calcestruzzo	23
2.3.6 Profondità di carbonatazione	23
2.3.7 Permeabilità all'acqua	24
2.3.8 Concentrazione di cloruri	24
2.3.9 Modulo d'elasticità	26
2.4 Conclusione	26
3. VERIFICHE STATICHE	27
3.1 Premessa	27
3.1.1 Scopo	27
3.1.2 Basi di calcolo	27
3.1.3 Valori caratteristici dei materiali	27
3.1.4 Azioni considerate	27
3.1.5 Modello statico	28
3.1.6 Situazione di dimensionamento	28
3.2 Sicurezza strutturale	29
3.2.1 Muri a monte	29
3.2.2 Solette	29
3.2.3 Trave di bordo della soletta	30
3.2.4 Mensole di appoggio	30
3.2.5 Pilastrì	30
3.3 Efficienza funzionale	31
3.4 Conclusione	32

4. PROPOSTE D'INTERVENTO	33
4.1 Introduzione	33
4.2 Varianti di intervento	33
4.2.1 Variante 1: minima	33
4.2.2 Variante 2: media	35
4.2.3 Variante 3: massima	37
4.2.4 Ricapitolazione interventi	40
4.2.5 Interventi oltre la galleria	41
4.2.6 Protezione dalle valanghe	41
4.3 Costi	43
4.4 Paragone varianti	44
5. CONCLUSIONI	45
5.1 Scelta della variante	45
5.2 Problemi particolari e approfondimenti	45
5.2.1 Protezione dalle valanghe	45
5.2.2 Ingombro minimo per passaggio automezzi	45
6. INTERVENTO SCELTO DAL COMMITTENTE	46
6.1 Introduzione	46
6.2 Analisi situazione valanghiva	46
6.3 Variante definitiva	47
6.4 Interventi previsti	48
6.4.1 Introduzione	48
6.4.2 Muri	50
6.4.3 Pilastrini	50
6.4.4 Muri di contenimento	51
6.4.5 Travi di collegamento	52
6.4.6 Giunti	53
6.4.7 Sistema di evacuazione delle acque	53
6.4.8 Soletta	53
6.4.9 Pavimentazione	54
6.4.10 Impermeabilizzazione	54
6.4.11 Cordoli	54
6.4.12 Barriere elastiche	55
6.4.13 Infrastrutture	55
7. VERIFICHE STATICHE	56
7.1 Scopo	56
7.2 Basi di calcolo	56
7.3 Valori caratteristici dei materiali	56
7.4 Azioni considerate	57
7.5 Modello statico	57
7.6 Situazione di dimensionamento	58
7.7 Sicurezza strutturale	58
7.8 Efficienza funzionale	59
7.9 Conclusione	59
8. CONDUZIONE DEL TRAFFICO	60
8.1 Premessa	60
8.2 Fase 1 - Interventi a valle	60
8.3 Fase 2 - Interventi a monte	61
8.4 Fase 3 - Demolizione muri di contenimento	61
8.5 Fase 4 - Realizzazione nuove solette	62
8.6 Fasi 5 e 6 - Nuova pavimentazione	62
9. PROGRAMMA DEI LAVORI	63
9.1 Premessa	63
9.2 Fase 1 - Interventi a valle	63
9.3 Fase 2 - Interventi a monte	64
9.4 Fase 3 - Demolizione muri di contenimento	64

9.5	Fase 4 - Solette prolungamenti	65
9.6	Fasi 5 e 6 – Nuova pavimentazione	65
10.	PREVENTIVO DEI COSTI	66
11.	CONCLUSIONE GENERALE	67
11.1	Premessa	67
11.2	Interventi previsti	67
11.3	Programma lavori	67
11.4	Conduzione del traffico	68
11.5	Criticità	68
11.6	Infrastrutture	68
11.7	Costi	68
11.8	Opportunità	68

1. INTRODUZIONE

1.1 Descrizione del mandato

Il Dipartimento del territorio, Divisione delle costruzioni, Area del supporto e coordinamento, Ufficio gestione manufatti, ha conferito al nostro studio, la SM ingegneria sagl di Locarno, l'incarico di verificare lo stato del manufatto e allestire 3 proposte di intervento per il ripristino della galleria artificiale Val Sterpa a Campo Vallemaggia. Lo studio ha lo scopo di permettere al committente di scegliere la strategia di intervento che meglio conviene.

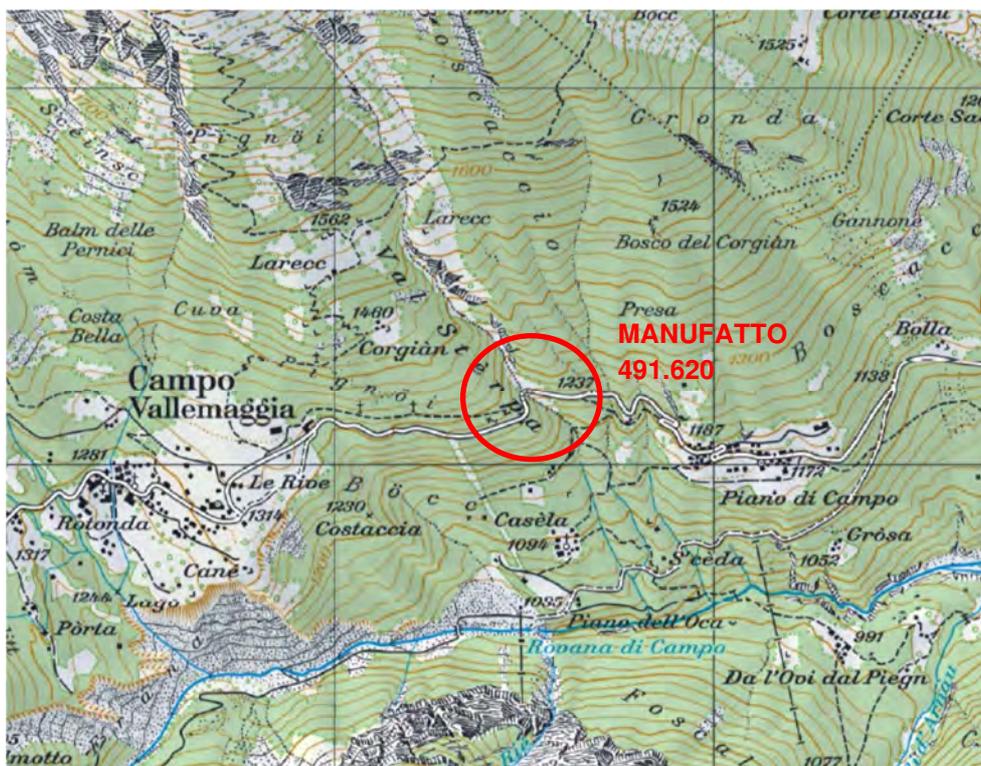
1.2 Limiti dell'opera

L'opera comprende il manufatto in tutte le sue parti. Sono esclusi dal mandato i muri di sostegno a monte sui tratti di accesso, sia sul lato Cerentino sia sul lato Campo Vallemaggia. Inoltre risultano esclusi il muro di sostegno a valle verso Campo Vallemaggia, la barriera elastica e la pavimentazione che risultano molto danneggiati.

1.3 Descrizione del manufatto

1.3.1 Ubicazione

Il manufatto numero 491.620 è situato sulla strada cantonale S517.3 Cerentino - Cimalmotto.



Carta nazionale della Svizzera 1:25'000
Coordinate 682.498 / 127.196

1.3.2 Descrizione del manufatto

Il manufatto è stato costruito nel 1977.

Esso è costituito da una galleria artificiale coperta e aperta sul lato a valle, posizionata su una curva stretta della strada cantonale che sale da Cerentino in direzione Campo Vallemaggia. La galleria è stata costruita per riparare la strada dalla caduta di valanghe, essendo situata in un canale denominato Val Sterpa.

La copertura della galleria è costituita da una soletta di calcestruzzo armato a cassettoni di spessore 1,20 m, divisa in tre zone denominate A, B e C separate da giunti di dilatazione. Essa è sostenuta a valle da una serie di pilastri e a monte da una parete continua rinforzata con speroni ogni 8,00 m.

I pilastri sono collegati tra loro tramite travi orizzontali, posizionate all'altezza della strada, che fungono da sostegno e contenimento per il terreno sotto la strada. A queste travi sono ancorate le barriere di sicurezza. I pilastri a valle poggiano su fondazioni puntuali che hanno tutte le stesse dimensioni, a parte i due plinti più esterni, che sono poco più piccoli.

Il muro è suddiviso in tre parti distinte, separate tramite giunti di dilatazione, che poggiano su un'unica banchina di fondazione in pendenza, che segue l'andamento della strada ed è posizionata circa 50 cm sotto il livello della pavimentazione.

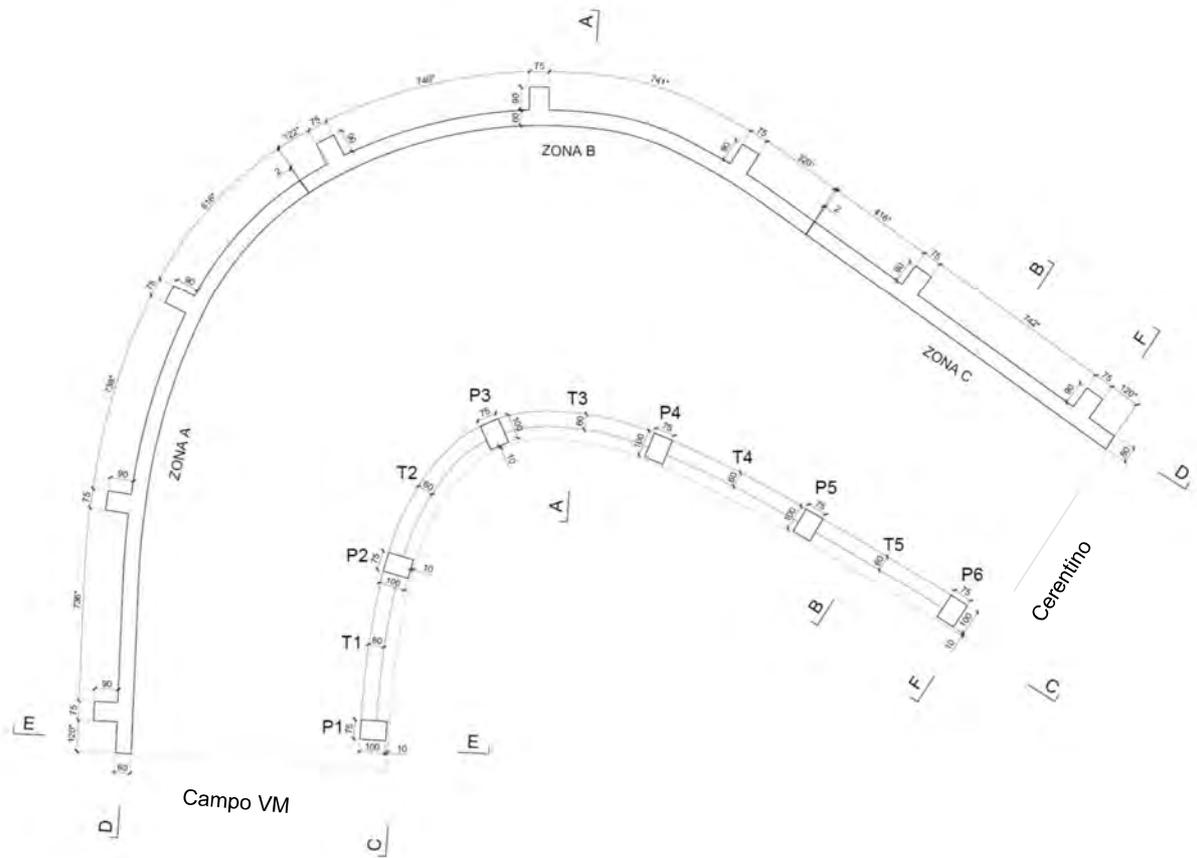
La copertura ha una pendenza da monte verso valle, quindi lo spazio interno della galleria ha un'altezza variabile che va da 5,00 a 4,00 m circa, da monte verso valle. A causa della conformazione della strada, la galleria ha una larghezza variabile che va da circa 8,00 m, in corrispondenza dei portali, a circa 11,00 m, al centro della galleria in curva.

Si evidenzia che, per quanto riguarda la corsia a valle, l'altezza non è sufficiente a soddisfare la norma VSS, in particolare la SN 640201. Essa impone un'altezza minima di 4,20 m (altezza mezzo 4,00 m più margine di sicurezza 0,20 m) per il passaggio di bus e autocarri, considerata una velocità massima in curva di 40 km/h.

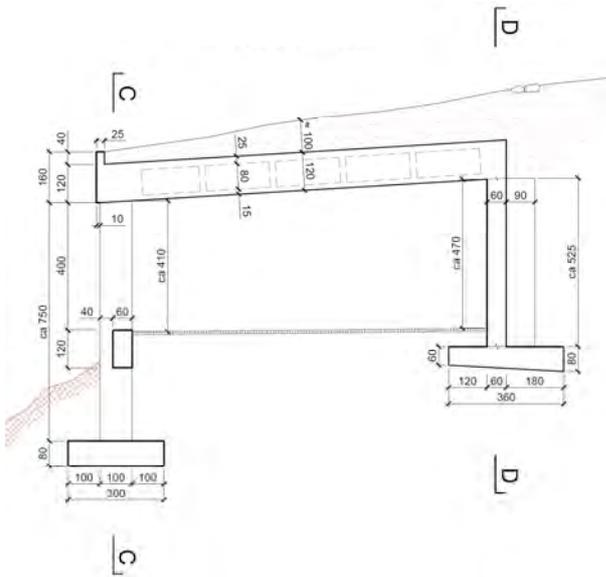
Sopra la soletta di copertura vi è uno strato di terra di spessore variabile. In corrispondenza dei portali sopra la soletta vi sono due muri di protezione e un maggior accumulo di terra, che dovrebbero convogliare la neve nello spazio sottostante e impedire che la valanga ostruisca i portali. Questi muri si rivelano non efficaci (vedi capitolo 1.6).

La galleria ha una pendenza longitudinale all'incirca costante del 10% all'interno della curva (a valle) e del 5% all'esterno (a monte).

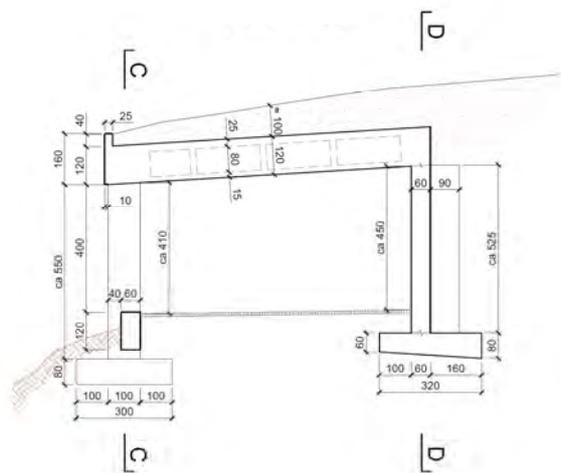
Il manufatto è illustrato negli schemi sinottici alle pagine seguenti.



Pianta elevazioni



Sezione A-A



Sezione B-B

1.4 **Documentazione a disposizione**

Per le verifiche inerenti la struttura attuale del manufatto fanno stato i piani esecutivi e le liste ferri allestiti dallo studio d'ingegneria civile C. e P. Regolati di Minusio del 1977. Non è disponibile il calcolo statico originale con i casi di carico presi in considerazione (valanga).

• Piano:	491.620_19161_1_ZONA_A_FONDAZIONE_MURO_A_MONTE	15/04/77
• Piano:	491.620_19161-L_1_LISTA_FERRI_DEL_PIANO_19161	15/04/77
• Piano:	491.620_19174_1_ZONA_A_MURO_A_MONTE	22/04/77
• Piano:	491.620_19191_1_ZONA_B_FONDAZIONE_MURO_A_MONTE	02/05/77
• Piano:	491.620_19201_1_ZONA_A_FONDAZIONE_P2	09/04/77
• Piano:	491.620_19213_1_ZONA_B_MURO_A_MONTE	12/05/77
• Piano:	491.620_19216_1_ZONA_A_PILASTRO_P2	13/05/77
• Piano:	491.620_19223_1_ZONA_C_FONDAZIONE_MURO_A_MONTE	23/05/77
• Piano:	491.620_19225_1_ZONA_B_FONDAZIONE_P3	24/05/77
• Piano:	491.620_19225-L_1_LISTA_FERRI_DEL_PIANO_19225	24/05/77
• Piano:	491.620_19234_1_ZONA_B_PILASTRO_P3	31/05/77
• Piano:	491.620_19236_1_ZONA_B_PILASTRO_P4	01/06/77
• Piano:	491.620_19236-L_1_LISTA_FERRI_DEL_PIANO_19236	01/06/77
• Piano:	491.620_19238_1_ZONA_C_MURO_A_MONTE	01/06/77
• Piano:	491.620_19238-L_1_LISTA_FERRI_DEL_PIANO_19238	01/06/77
• Piano:	491.620_19242_1_ARMATURA_IMPALCATO	06/06/77
• Piano:	491.620_19245_1_TRAVE_DI_COLLEGAMENTO_A_LIVELLO_MAR	07/06/77
• Piano:	491.620_19245-L_1_LISTA_FERRI_DEL_PIANO_19245	07/06/77
• Piano:	491.620_19247_1_ZONA_B_SOLETTONE	07/06/77
• Piano:	491.620_19247-L_1_LISTA_FERRI_DEL_PIANO_19247	07/06/77
• Piano:	491.620_19255_1_ZONA_A_FONDAZIONE_E_PILASTRO_P1	15/06/77
• Piano:	491.620_19255-L_1_LISTA_FERRI_DEL_PIANO_19255	15/06/77
• Piano:	491.620_19262_1_ZONA_C_FONDAZIONE_E_PILASTRI_P5_P6	20/06/77
• Piano:	491.620_19262-L_1_LISTA_FERRI_DEL_PIANO_19262	20/06/77
• Piano:	491.620_19269_1_ZONA_A_SOLETTONE	30/06/77
• Piano:	491.620_19269-L_1_LISTA_FERRI_DEL_PIANO_19269	30/06/77
• Piano:	491.620_19286_1_ZONA_C_SOLETTONE	08/07/77
• Piano:	491.620_19286-L_1_LISTA_FERRI_DEL_PIANO_19286	08/07/77
• Piano:	491.620_19351_1_MURI_DI_PROTEZIONE_AGLI_IMBOCCHI_GAL	09/09/77
• Piano:	491.620_19351-L_1_LISTA_FERRI_DEL_PIANO_19351	09/09/77

Per le caratteristiche dei materiali della struttura esistente fanno stato, oltre ai dati forniti dai piani, i risultati delle prove effettuate sul calcestruzzo dall'Istituto Materiali e Costruzione della SUPSI del 28 e 29 marzo e del 8 e 15 aprile 2019.

Quale base per l'esame del manufatto fanno stato anche le ispezioni da noi effettuate il 25 gennaio 2019 e durante i giorni in cui sono stati effettuati i carotaggi (dal 11 al 12 marzo 2019).

1.5 **Basi di progettazione**

Come base per il presente progetto fanno stato le norme attualmente vigenti:

Norme SIA:

- SIA 260 (2013) Basi per la progettazione di strutture portanti;
- SIA 261 (2014) Azioni sulle strutture portanti;
- SIA 262 (2013) Costruzioni di calcestruzzo;
- SIA 263 (2013) Costruzioni di acciaio;
- SIA 267 (2013) Geotecnica;
- SIA 269, la serie completa.

Al momento della costruzione del manufatto, nel 1977, erano in vigore la norma SIA 160, edizione 1970, e la norma SIA 162, del 1968.

Altre norme:

- Documento: "Wegleitung Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren" della Kantonale Gebäudeversicherungen;
- Norme VSS.

1.6 **Efficacia protezione dalle valanghe**

La galleria è stata costruita per proteggere la strada dalle valanghe. Nel corso degli anni si è evidenziato che la protezione non garantisce sempre i risultati attesi. In particolare:

- I muri di protezione sopra ai portali non impediscono che la neve li scavalchi e raggiunga la strada, ostruendo l'accesso al manufatto.
- La neve si accumula nel pendio antistante la galleria e rientra all'interno invadendo il campo stradale.



Portale di Cerentino ostruito



Interno galleria invaso dalla neve

2. STATO DI CONSERVAZIONE DEL MANUFATTO

2.1 *Premessa*

Una prima ispezione solo visiva è stata eseguita il 25 gennaio 2019. L'ispezione principale è stata fatta dall'11 al 12 marzo e in concomitanza sono stati effettuati carotaggi e prelevati i campioni di calcestruzzo per eseguire le prove di laboratorio.

2.2 *Danni riscontrati*

2.2.1 *Aspetti generali*

Nel complesso il manufatto si presenta in buono stato; in corrispondenza del basamento dei pilastri e in alcune zone dei muri, principalmente nella parte più bassa, si evidenzia un degrado localizzato.

Si rilevano inoltre delle infiltrazioni attraverso i giunti della soletta a cassettoni, soprattutto in corrispondenza dei dentelli di appoggio della soletta "zona B", su cui poggiano le altre due parti A e C.

2.2.2 *Fondazioni*

Fondazioni pilastri: non sono state ispezionate, poiché posizionate a un livello troppo profondo.

Fondazione muro: ispezionata con tre sondaggi, uno per ogni diversa zona del muro. Il calcestruzzo non appare deteriorato. La parte di fondazione a monte non è raggiungibile.



Sondaggio fondazione muro zona C



Sondaggio fondazione muro zona B

2.2.3 Pilastri

I pilastri mostrano segni di degrado sul basamento, in particolare sulla parte interna, quella rivolta verso la strada. Qui di seguito riportiamo gli esempi più significativi.



Pilastro P2



Pilastro P3



Pilastro P4



Pilastro P6

2.2.4 Travi di collegamento

Le travi sono in discreto stato, al di fuori di alcuni difetti puntuali, distacchi o ferri scoperti.



Trave T2, distacco copriferro



Trave T4, superficie ammalorata

2.2.5 Muri

Il muro a monte presenta molte zone degradate nella parte più bassa, con distacco del copriferro e corrosione dell'armatura. Si rilevano inoltre diverse fessure verticali da ritiro ogni 2 o 3 m circa, soprattutto sul muro zona A.



Muro zona A



Dettaglio fessura



Muro zona B



Dettaglio corrosione dei ferri



Muro zona C



Dettaglio corrosione dei ferri

2.2.6 Muri di protezione

Non vi sono particolari difetti da segnalare alla struttura in calcestruzzo dei muri di protezione a eccezione di singole zone dove si evidenziano dei leggeri distacchi del copriferro.

Il lato interno non è ispezionabile a causa dell'abbondante quantità di terra e sassi accumulati contro a tali muri.



Muro lato Cerentino



Muro lato Campo Vallemaggia



Dettaglio muro lato Cerentino



Dettaglio distacchi superficiali

2.2.7 Estradosso soletta

Sono stati eseguiti tre sondaggi sull'estradosso della soletta sopra la galleria:

- Nr. 1, in corrispondenza del giunto tra le zone B e C si evidenzia la seguente stratigrafia sopra la soletta: carta catramata, lana di roccia e plastica (rotta).
- Nr. 2, in corrispondenza del giunto tra le zone A e B: solo carta catramata e terra (25÷40 cm).
- Nr. 3, nelle vicinanze della trave posta sopra il portale Campo Vallemaggia, la terra pare essere posata direttamente sul calcestruzzo armato dell'estradosso soletta.

La carta catramata appare deteriorata. In tutti i sondaggi si è notata la presenza di acqua stagnante.

Il cordolo della soletta appare fessurato in più punti e in alcune zone si evidenziano distacchi del copriferro e ferri scoperti.



Sondaggio nr. 1



Sondaggio nr. 3



Cordolo danneggiato e ferri scoperti

2.2.8 Intradosso soletta

La soletta, all'intradosso, si presenta all'ispezione visiva generalmente in buono stato; si evidenziano però infiltrazioni di acqua in corrispondenza dei giunti della soletta, soprattutto in quello verso Campo Vallemaggia.

Le mensole di appoggio della trave di bordo tra una zona e l'altra della soletta richiedono una particolare attenzione, in quanto si notano maggiori infiltrazioni e sono sottoposte a una forte sollecitazione. I giunti però non sono ispezionabili.



Soletta in corrispondenza del giunto lato Cerentino



Dettaglio mensola lato Cerentino



Giunto lato Campo Vallemaggia, infiltrazioni



Dettaglio mensola lato Campo Vallemaggia

2.2.9 Pavimentazione

La pavimentazione presenta alcuni difetti e fessure, in particolare la zona all'interno della curva.

Nei tratti di accesso alla galleria si rileva che la pavimentazione è particolarmente fessurata.



Vista generale pavimentazione



Dettaglio marciapiede e fessure



Pavimentazione accesso lato Cerentino



Pavimentazione accesso lato Campo VM

Durante l'esecuzione dei sondaggi nella pavimentazione per l'ispezione delle fondazioni si è misurato lo spessore dell'asfalto, circa 5 - 6 cm.



Dettaglio asfalto

2.2.10 Impermeabilizzazione

L'ispezione all'estradosso e l'esecuzione dei sondaggi ha evidenziato la presenza di carta catramata a protezione del calcestruzzo, che appare però danneggiata. Nel sondaggio nr. 1 si denota la seguente stratigrafia sopra alla soletta in calcestruzzo: carta catramata, uno strato di lana di roccia, una plastica e lo strato di terra. Si rileva la presenza di acqua stagnante che impregna la lana di roccia e penetra oltre la carta catramata fino alla soletta.



Sondaggio nr. 1



Sondaggio nr. 2

2.2.11 Barriere elastiche

Le barriere elastiche sono tutte molto danneggiate anche per colpa della neve portata dalle valanghe che, accumulandosi nello spazio sottostante, tende a rientrare all'interno della galleria.

Si segnala una mancanza di manutenzione.



Barriera sopra la trave T1



Barriera sopra la trave T3

2.2.12 Giunti di dilatazione

Giunti pareti: I giunti verticali nei muri appaiono in buono stato. Non vi è nulla da segnalare.

Giunti soletta: i giunti nella soletta risultano non più stagni, in particolare quello sul lato Campo Vallemaggia. Come già premesso nel cap. 2.2.8 i dentelli di appoggio della soletta e i relativi giunti richiedono una particolare attenzione, in quanto sottoposti a una forte sollecitazione.



Giunto lato Cerentino



Dettaglio mensola di appoggio

2.2.13 Sistema di evacuazione delle acque

Soletta: le canalette di scarico risultano troppo corte e l'acqua cola direttamente sulla sponda della soletta. Questo comporta un dilavamento del calcestruzzo e macchie.

Gli imbocchi delle canalette sono inoltre ostruiti e probabilmente inadeguati, come dimostrato dall'acqua stagnante presente sulla soletta.

Al portale Cerentino si evidenzia inoltre la percolazione dell'acqua attraverso il calcestruzzo del cordolo.



Dettaglio canaletta corta



Dettaglio fuoriuscita acqua dal cordolo soletta

Strada: All'interno della galleria non sono presenti caditoie.

Per l'evacuazione dell'acqua dal manto stradale, sono presenti 4 caditoie esterne (2 a monte e 2 a valle): 2 subito prima dell'entrata del portale di Campo Vallemaggia e 2 subito dopo il portale di Cerentino.



Dettaglio caditoia lato Cerentino



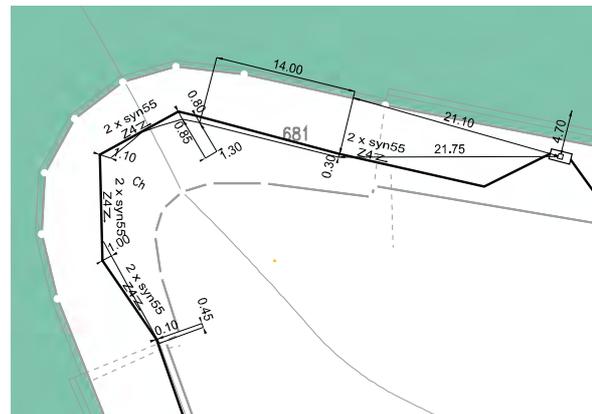
Dettaglio caditoia lato Campo VM

2.2.14 Infrastrutture

Sotto il sedime stradale passa l'acquedotto (tubo \varnothing 110 mm) e vi è anche un riduttore di pressione a ca. metà della galleria verso il bordo a valle. Inoltre sono presenti delle condotte della Swisscom. Non risultano presenti infrastrutture della SES e della Cablecom.



Schema acquedotto



Schema Swisscom

2.2.15 Muri di sostegno sugli accessi

I muri presenti sui due lati della galleria non sono oggetto del presente mandato e non sono stati ispezionati. Lo stesso vale per il muro di sostegno a valle sul lato Campo Vallemaggia, ci permettiamo comunque di segnalare che la faccia superiore del cordolo e la pavimentazione appaiono fortemente danneggiati, si riscontrano fessure, ferri scoperti e distacco del copriferro.



Muro di sostegno lato Campo VM



Dettaglio cordolo danneggiato lato Campo VM

2.3 Interpretazione analisi di laboratorio

2.3.1 Premessa

L'esame dei materiali di costruzione è avvenuto sulla base dei prelievi effettuati sotto la supervisione della SM ingegneria sagl e le prove di laboratorio sono state effettuate dall'Istituto Materiali e Costruzioni (IMC) della SUPSI. Sui prelievi si sono determinate le seguenti caratteristiche:

- resistenza alla compressione;
- massa volumica;
- profondità di carbonatazione;
- contenuto di cloruri;
- porosità e permeabilità all'acqua;
- modulo di elasticità.

2.3.2 Aspetto del calcestruzzo

L'aspetto del calcestruzzo, da un'analisi visiva sia della superficie a vista sia dei campioni prelevati, è abbastanza omogeneo.

Piuttosto degradato appare il calcestruzzo del basamento dei muri e dei pilastri.



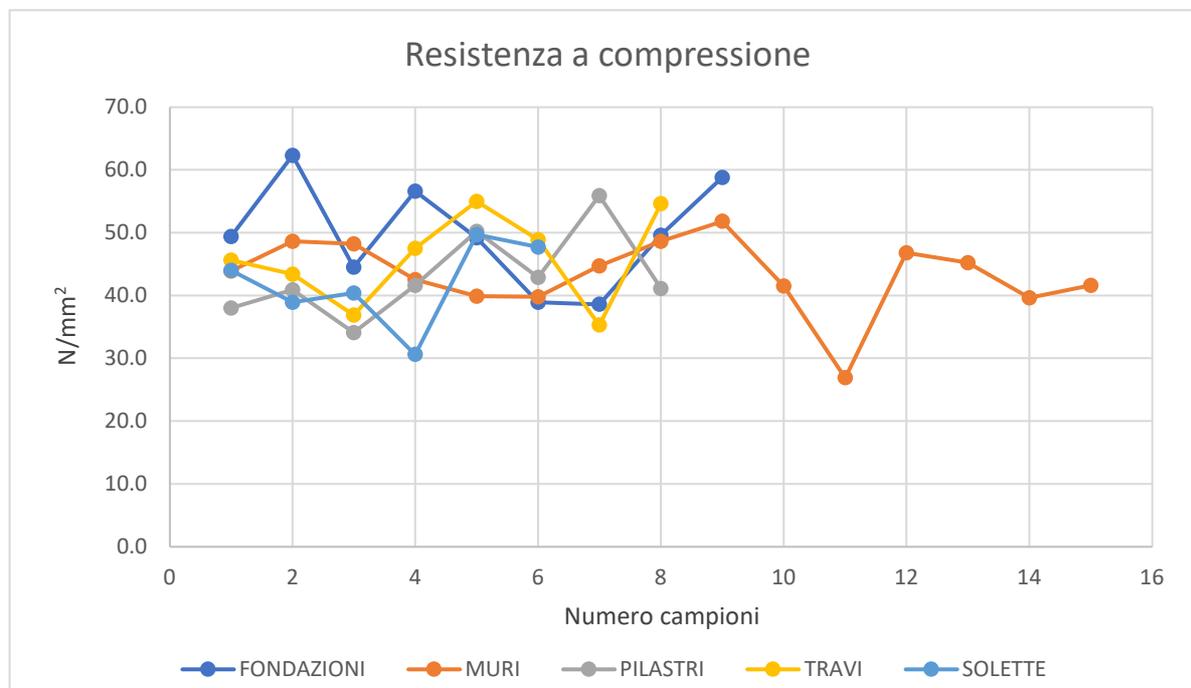
Dettaglio provini

2.3.3 Copriferro

Il copriferro è piuttosto basso nelle pareti e nei pilastri e a tratti i ferri sono affioranti. Tramite profometro abbiamo rilevato valori minimi fino a 15÷20 mm.

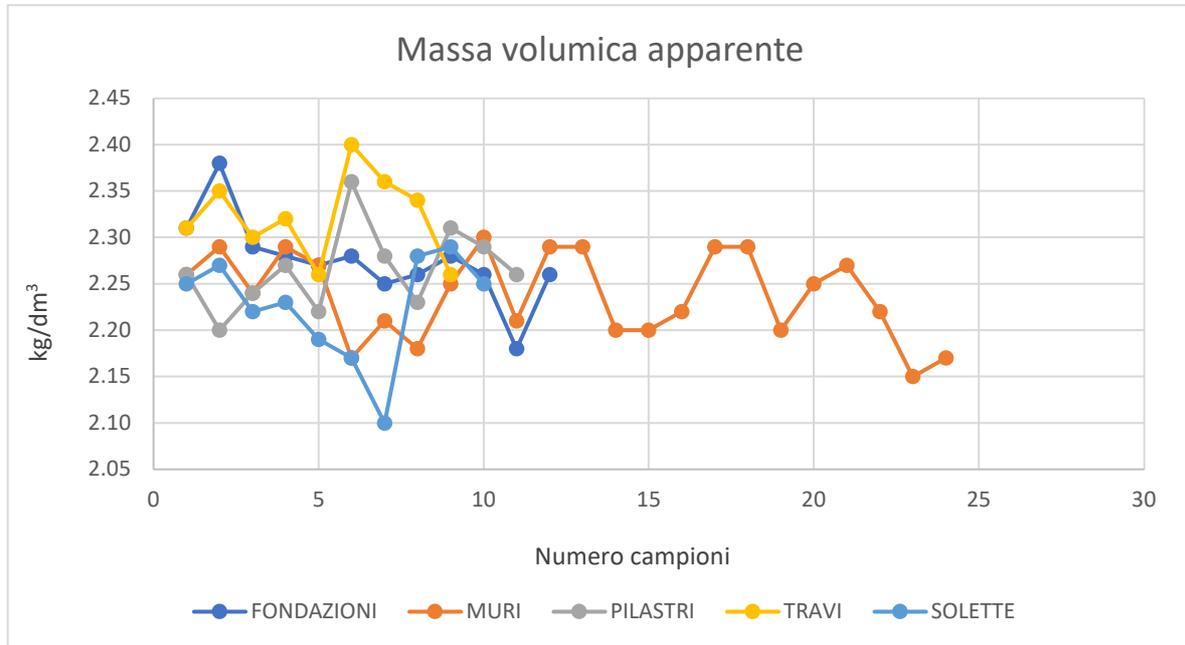
2.3.4 Resistenza alla compressione del calcestruzzo

Il calcestruzzo appare in generale relativamente omogeneo, i valori misurati su 46 prove sono compresi fra i 26.9 e i 62.3 N/mm², con un valore medio di 44.8 N/mm².



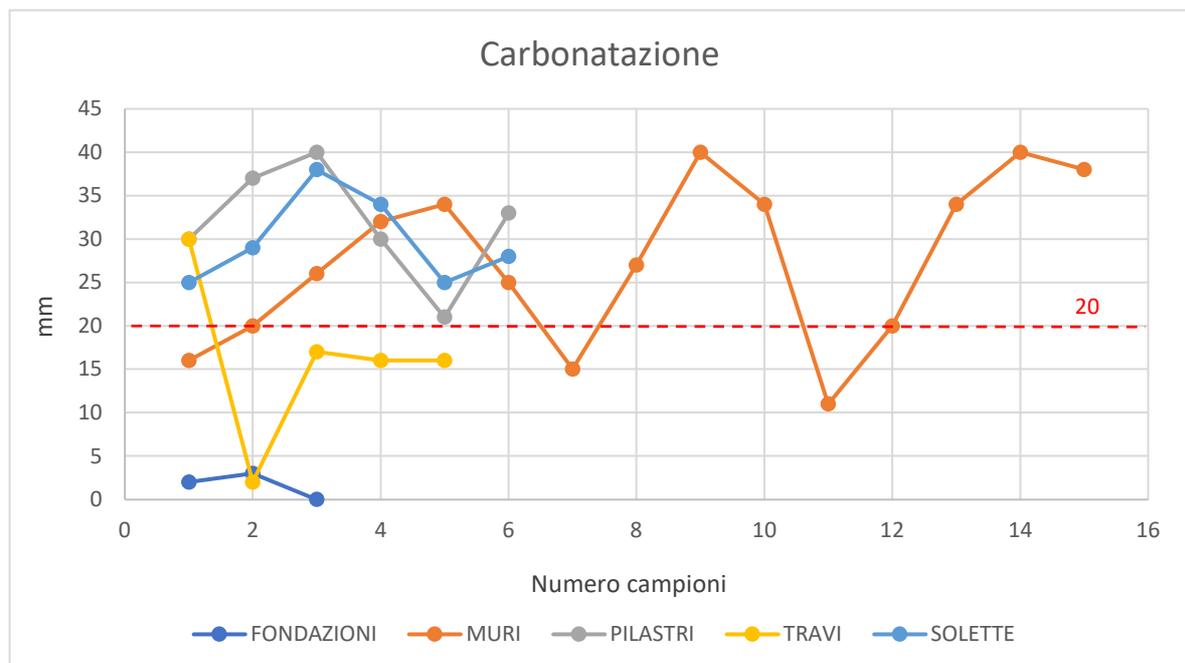
2.3.5 Massa volumica del calcestruzzo

La massa volumica fornisce indicazioni analoghe a quelle della resistenza, i valori rilevati su 66 campioni sono compresi fra i 2.10 e 2.40 kg/dm³.



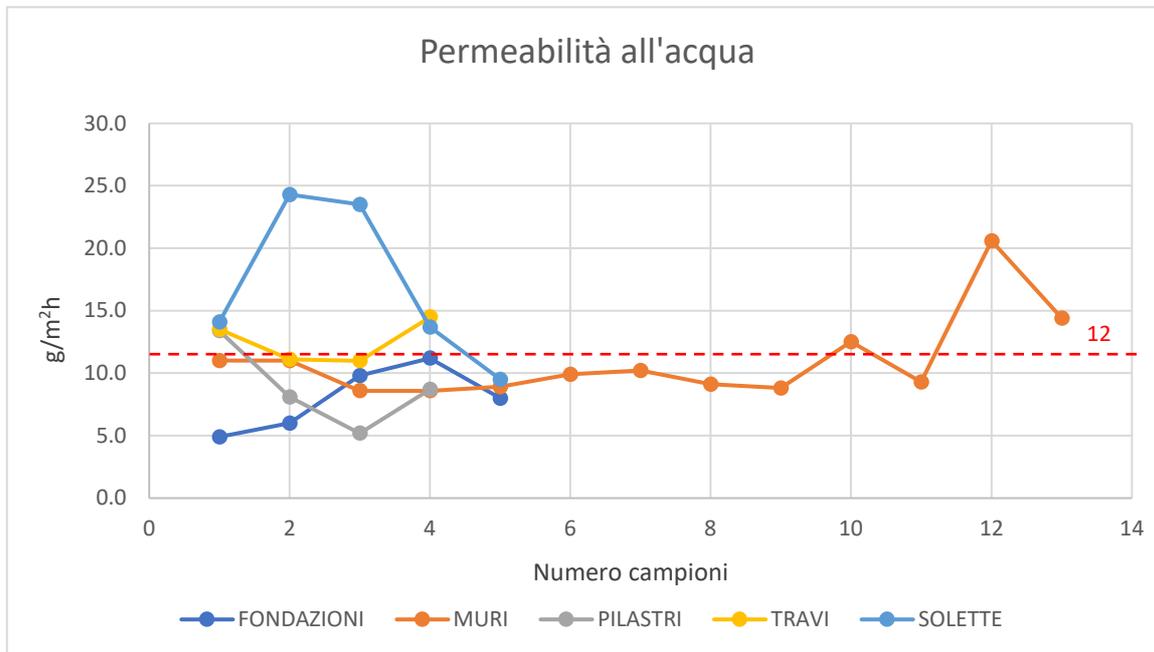
2.3.6 Profondità di carbonatazione

I valori rilevati vanno da 0 fino a 40 mm per tutte le parti dell'opera, eccetto le fondazioni. Rileviamo che la profondità di carbonatazione è in generale superiore al copriferro nelle zone esposte all'aria.



2.3.7 Permeabilità all'acqua

I valori determinati variano dai 4.9 ai 24.3 g/m²h e superano i 12 g/m²h, limite indicato per prove su carote prelevate dall'opera. Se ne deduce una scarsa resistenza al gelo.

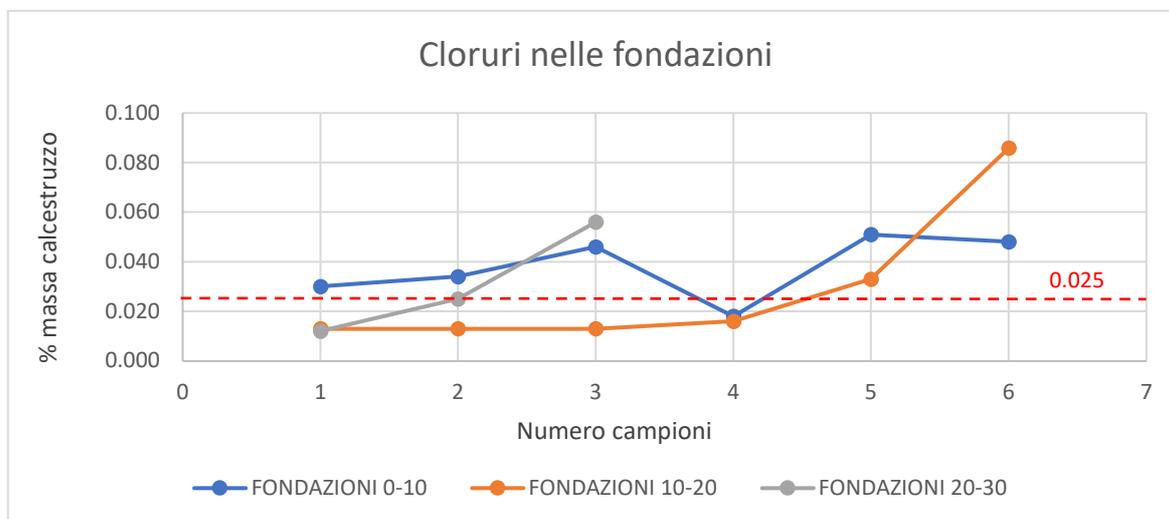


2.3.8 Concentrazione di cloruri

Sono stati analizzati 40 prelievi totali per il calcolo della concentrazione di cloruri. Il valore limite indicato dalla SIA 162.051 è il 0.025 % in riferimento alla massa del calcestruzzo armato.

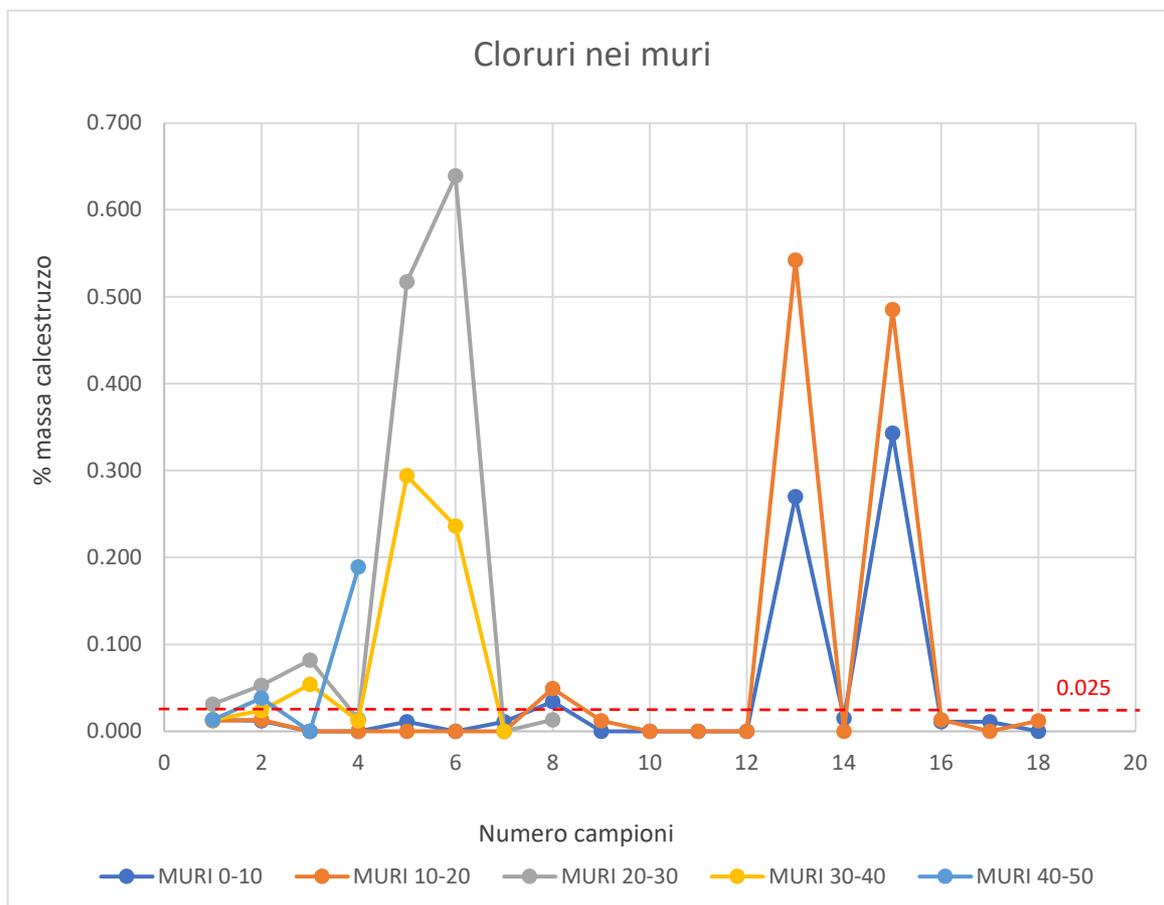
Fondazioni: 6 provini analizzati.

Diversi valori oltrepassano il limite indicato nella norma, in particolare i provini 9 e 11 della zona C, che oltrepassano il 0.05 e 0.08 %.



Muri: 18 provini analizzati.

Nei muri si rilevano valori molto alti, in particolare i provini 31 e 34, nella zona C, che superano lo 0.54%. Anche altri provini superano il valore limite indicato dalla SIA 162.051 (0.025 %) Il rischio di corrosione delle armature è piuttosto elevato in quanto la presenza di cloruri si estende oltre il copriferro.



I valori più alti di concentrazione di cloruri si riscontrano principalmente in corrispondenza dei campioni prelevati in basso, poco al di sopra del livello della strada. I campioni prelevati dal livello intermedio (a 0,50 m sopra il livello della strada) e alto (a 1,50 m sopra il livello della strada) hanno generalmente valori sotto il limite di 0.025 %, al di fuori di un unico provino, il 34 (zona C - livello intermedio), che ha la concentrazione di cloruri più alta tra tutti i campioni, sopra allo 0.63 %.

MURI	10 cm sopra pavimentazione						50 cm sopra pavimentazione						150 cm sopra pavimentazione					
	14	15	23	24	31	33A	17	18	25	27	34	35	20A	21	28A	29	38	39
Cloruri 0-10 mm	0.013	0.012	0.011	0.034	0.270	0.015	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.343	0.011	0.011	<0.010	<0.010	<0.010	0.011	<0.010
Cloruri 10-20 mm	0.012	0.013	<0.010	0.049	0.542	<0.010	<0.010	<0.010	0.012	<0.010	0.485	0.013	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0.012
Cloruri 20-30 mm	0.031	0.053		0.082	0.517				0.014		0.639	<0.010						0.013
Cloruri 30-40 mm	0.013	0.024		0.054	0.294				0.012		0.236							<0.010
Cloruri 40-50 mm	0.013			0.038	0.189				<0.010									

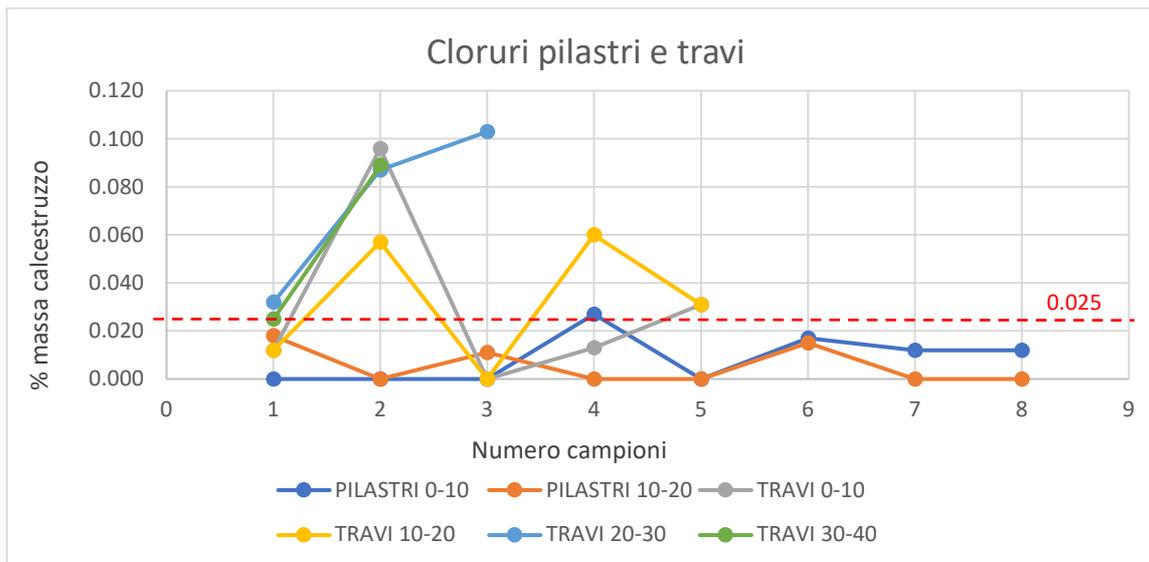
Risultati suddivisi secondo l'altezza dei provini

Travi: 5 provini analizzati.

I valori rilevati nelle travi risultano piuttosto alti, in particolare nei provini 56, 62A e 63A, che raggiungono circa lo 0.09 - 0.10 %.

Pilastri: 8 provini analizzati.

I valori rilevati nei pilastri sono quasi totalmente sotto il limite.



Soletta: 3 provini analizzati. I valori rilevati nella soletta sono sotto il limite.

2.3.9 Modulo d'elasticità

I valori determinati sui muri sono di 20'820 N/mm² (zona B) e 23'395 N/mm² (zona C).

Sulla soletta i risultati sono di 22'384 N/mm² (zona A) e 19'300 N/mm² (zona B).

23'226 N/mm² è il valore ottenuto sulla trave nella zona A e 21'482 N/mm² sul pilastro nella zona C.

2.4 Conclusione

Dalle analisi di laboratorio si desume che i valori di resistenza alla compressione sono soddisfacenti. Rileviamo che la profondità di carbonatazione supera in generale il copriferro e soprattutto si constata una forte presenza di cloruri nella parte bassa su tutta la lunghezza del muro a monte; anche le fondazioni del muro e le travi di collegamento tra i pilastri presentano valori oltre il limite ammissibile.

3. VERIFICHE STATICHE

3.1 *Premessa*

3.1.1 **Scopo**

Il controllo statico ha essenzialmente lo scopo di verificare che il manufatto, dimensionato con le norme SIA in vigore al tempo della sua costruzione, nel 1977, rispetti le esigenze delle norme SIA attualmente vigenti.

3.1.2 **Basi di calcolo**

Come basi di calcolo fanno stato i seguenti documenti:

- SIA 260, 261, 262, 263 e 267 attualmente vigenti;
- Piani casseri e armatura messi a disposizione da parte del committente;

Non abbiamo a disposizione i calcoli statici redatti dal progettista C. e P. Regolati di Minusio.

3.1.3 **Valori caratteristici dei materiali**

Di seguito le nostre ipotesi elaborate in merito ai tipi di materiali utilizzati (conformi alle norme SIA 269 tenendo conto dell'anno di costruzione):

- Calcestruzzo BH 350: $f_{cd} = 12.8 \text{ N/mm}^2$ e $\tau_{cd} = 0.88 \text{ N/mm}^2$;
- Acciaio d'armatura tipo III: $f_{sd} = 390 \text{ N/mm}^2$;

3.1.4 **Azioni considerate**

Peso proprio della struttura con $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$

Carico permanente del terreno con $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$. Per il calcolo si tiene conto di uno spessore medio di 1,00 m di terra su tutta la superficie della soletta.

Carico dovuto alla neve (conforme alla norma SIA 261):

- $h_0 = 1265 + 200 = 1465 \text{ m}$
- $\mu_1 = 1.0$
- $s_k = 7.4 \text{ kN/m}^2$
- $q_k = 7.4 \text{ kN/m}^2$

Spinta dal terreno: viene considerata come spinta attiva.

Carico dovuto alla valanga:

Si stima un'altezza della valanga sopra la copertura della galleria pari a 2.00 m. Il peso specifico si assume a $\rho = 0.5 \text{ kN/m}^3$, come indicato nel documento "*Wegleitung: Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren*" della Kantonale Gebäudeversicherungen al capitolo 2 (Lawinen).

L'attrito (movimento della valanga) viene considerato con $\mu = 0.3$ (attrito tra neve e neve).

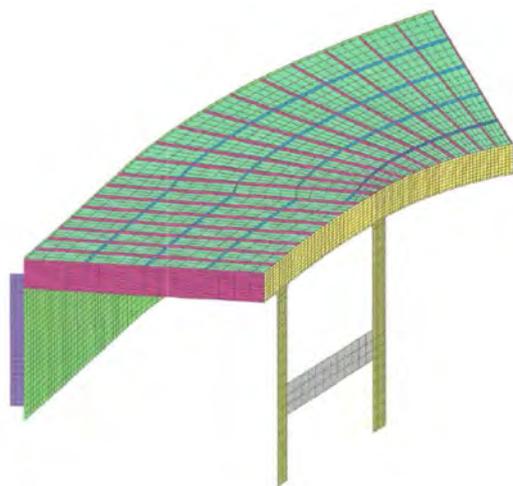
3.1.5 Modello statico

Per la verifica è stato utilizzato il programma ad elementi finiti FENAS della ditta Walter & Trüb di Berna. Si tratta di un programma tridimensionale.

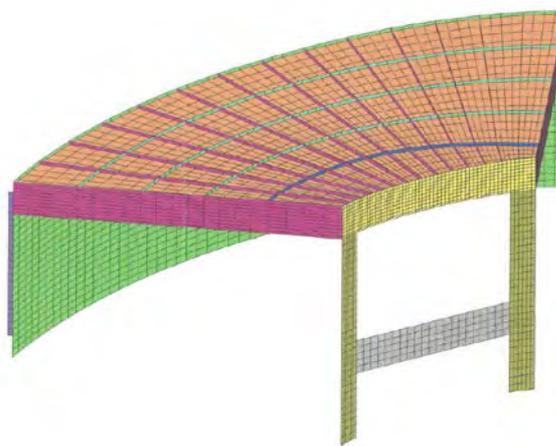
La galleria viene considerata suddivisa in tre singole parti A, B e C. Ognuna delle parti ha due pilastri a valle. Le parti A e C si appoggiano ulteriormente sulla parte B mediante due mensole.

Il modello corrisponde, al massimo possibile, all'oggetto eseguito. Lo stesso tiene conto anche dei vuoti nelle solette a cassettoni, delle nervature di rinforzo dei muri e dell'interazione fra i vari elementi della struttura.

I muri a monte, comprese le relative nervature, e i pilastri a valle, vengono considerati incastrati al piede.



Modello statico parte A



Modello statico parte B

3.1.6 Situazione di dimensionamento

La situazione di rischio determinante considerata per il dimensionamento è la seguente:

- azioni permanenti: peso proprio, carichi permanenti e spinta del terreno con fattore $\gamma = 1.35$;
- azione variabile preponderante: effetto della valanga con fattore $\gamma = 1.50$;
- azione variabile concomitante: neve con fattore $\gamma = 0.6$.

Questi fattori corrispondono alla norma SIA 260 attualmente vigente (non si tiene conto di eventuali fattori di riduzione per opere esistenti secondo SIA 269).

3.2 Sicurezza strutturale

3.2.1 Muri a monte

I muri a monte soddisfanno completamente le sicurezze strutturali.

Estratto del calcolo statico:

	$M_{Ed}^{1)}$ [mkN/m]	M_{Rd} [mkN/m]
Parte A	230	615
Parte B	136	971
Parte C	356	730

¹⁾ Momento al piede, trazione all'esterno

Questi valori sono riferiti all'armatura principale (ferri verticali).

3.2.2 Solette

Le solette soddisfanno completamente le sicurezze strutturali.

Estratto del calcolo statico:

	Z_{Ed} [kN/trave]	Z_{Rd} [kN/trave]
Parte A	1'030	1'082
Parte B	1'066	1'085
Parte C	862	915

- Z_{Ed} corrisponde alla trazione trasversale nella parte inferiore della soletta dovuta al momento positivo in campata.
- Z_{Rd} corrisponde alla resistenza alla trazione da parte dell'armatura inferiore nel senso della portata delle travi.

Il modello statico tiene conto delle particolarità della soletta a cassettoni e la struttura é suddivisa in elementi della soletta superiore, delle nervature e della soletta inferiore, motivo per il quale il controllo non è fatto paragonando i momenti ma la trazione nell'armatura principale per singola trave.

3.2.3 Trave di bordo della soletta

La soletta appoggia a monte sul muro di sostegno e a valle su una trave di bordo appoggiata su pilastri.

Estratto del calcolo statico:

		M_{Ed} [kNm]	M_{Rd} [kNm]
Parte A	campata 1	640	1'881
	appoggio 1	-1'618	-3'099
	campata 2	1'027	2'419
Parte B	campata	813	2'893
	appoggio	1'111	1'437
Parte C	campata 1	945	1'881
	appoggio 1	947	2'419
	campata 2	788	1'881

La trave di bordo risulta avere buone riserve rispetto alle travi della soletta. Anche l'armatura al taglio risulta sufficiente.

3.2.4 Mensole di appoggio

Le mensole di appoggio della trave di bordo della parte B sono al limite della sicurezza strutturale richiesta dalla norma SIA.

L'armatura è sufficiente, ma la compressione delle bielle nel calcestruzzo raggiunge i valori limite.

Estratto del calcolo statico:

			V_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]
Parte B	mensola A	forza V [kN]	1'706	1'706
		σ_c [N/mm ²]	10.8	10.2
Parte A	mensola B	forza V [kN]	1'706	1'706
		σ_c [N/mm ²]	9.9	10.2
Parte C	mensola B	forza V [kN]	1'091	1'091
		σ_c [N/mm ²]	4.5	10.2

3.2.5 Pilastri

I pilastri non sono sufficientemente armati per riprendere le sollecitazioni a cui sono sottoposti secondo la situazione di dimensionamento considerata e il modello statico che considera il pilastro incastrato nella soletta. In particolare la loro armatura non è idonea a riprendere completamente i momenti di incastro alle estremità le sollecitazioni del secondo ordine.

Il sistema globale ha tuttavia delle riserve notevoli nei muri a monte. La formazione di cerniere plastiche al piede e alla testa dei pilastri non provocherebbe dei problemi di di sicurezza e di stabilità generale, possono solo manifestarsi delle fessure.

Estratto del calcolo statico:

Valori calcolati alla base del pilastro (sotto):

Pilastro	Parte	l_k m	$N_{Ed,sotto}$ kN	$M1_{Ed,sotto}$ kNm	$M2_{Ed,sotto}$ kNm	$M_{Rd,sotto}$ kNm	
1	A	7.81	2'303	-707	835.8	928.6	ok
2	A	8.31	3'602	-655	874.7	908.2	ok
3	B	7.51	5'119	-692	978.2	777.6	non ok
4	B	7.31	4'133	-717	943.2	863.0	non ok
5	C	5.56	2'913	-1'285	1'418.2	966.8	non ok
6	C	5.46	2'301	-1'087	1'191.2	928.0	non ok

Valori calcolati alla testa del pilastro (sopra):

Pilastro	Parte	l_k m	$N_{Ed,sopra}$ kN	$M1_{Ed,sopra}$ kNm	$M2_{Ed,sopra}$ kNm	$M_{Rd,sopra}$ kNm	
1	A	7.81	2'009	760	876.0	905.0	ok
2	A	8.31	3'405	882	1'089.6	982.8	non ok
3	B	7.51	4'958	996	1'273.2	834.8	non ok
4	B	7.31	3'804	1'010	1'218.2	944.8	non ok
5	C	5.56	2'993	1'448	1'584.8	1'022.1	non ok
6	C	5.46	2'029	1'157	1'248.9	911.2	non ok

Il sistema globale ha tuttavia delle riserve notevoli nei muri a monte. L'eventuale formazione di cerniere plastiche al piede e alla testa dei pilastri non provocherebbe dei problemi di di sicurezza e di stabilità generale, possono solo manifestarsi delle fessure in corrispondenza di dette cerniere.

3.3 Efficienza funzionale

Le deformazioni della struttura non sono rilevanti e rientrano nei limiti ammissibili. Si constata unicamente che l'armatura orizzontale del muro a monte è molto inferiore all'armatura minima richiesta per limitare le fessure dalla normativa SIA vigente, nemmeno per le esigenze normali.

$$A_{\text{Sesistente}} = 1'131 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{\text{Snecessario}} = 2'544 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Si constata infatti la presenza di fessure verticali ogni circa 2,50 - 3,00 m. Dalle fessure non si rileva fuoriuscita di acqua e nemmeno si notano tracce di salnitro.

3.4 **Conclusioni**

I risultati dei calcoli indicano che la struttura è in grado di sopportare le sollecitazioni ipotizzate, vale a dire la seguente situazione di rischio:

- azioni permanenti:
 - o peso proprio strutturale con fattore $\gamma = 1.35$;
 - o terreno sopra la soletta con spessore medio 1.00 m e con fattore $\gamma = 1.35$;
 - o spinta attiva del terreno sui muri con fattore $\gamma = 1.35$;
- azione variabile preponderante:
 - o effetto della valanga considerando 2.00 m di neve con $\rho = 0.5 \text{ kN/m}^3$ e fattore $\gamma = 1.50$;
- azione variabile concomitante:
 - o carico della neve al suolo con fattore $\gamma = 0.6$.

Gli elementi strutturali critici rilevati sono i seguenti:

Soletta: la resistenza dell'armatura inferiore principale della soletta è praticamente raggiunta con la combinazione di azioni considerata.

Mensole della trave di bordo: la resistenza delle mensole è al limite per la combinazione di azioni considerata, esse sono il punto più delicato del sistema in quanto non è possibile mobilitare ulteriori riserve.

Pilastrini: l'armatura di incastro al piede e in testa al pilastro non è in grado di riprendere i momenti risultanti dal calcolo, si formano delle cerniere plastiche ma questo non influisce sulla resistenza del sistema. Le riserve sul muro a monte sono in grado di sopperire ampiamente a questa mancanza.

Ne risulta che è molto importante che i carichi della valanga vengano confermati da un istituto specializzato, nel caso ci si dovesse attendere carichi maggiori il calcolo deve essere approfondito e si dovranno vagliare eventuali soluzioni di rinforzo.

4. PROPOSTE D'INTERVENTO

4.1 *Introduzione*

Per ovviare ai difetti del manufatto e bloccare l'avanzare del degrado si propongono le seguenti varianti, che prevedono strategie differenti:

- Una prima variante che prevede di svolgere gli interventi minimi e indispensabili, per riparare i danni manifesti e frenare il degrado della struttura.
- Una seconda variante che frena il degrado in modo più efficace e mira a una maggiore durabilità del manufatto prolungando la sua durata di vita.
- Una terza variante che prevede un intervento aggiuntivo a protezione delle zone più soggette all'azione dei cloruri.

Infine esponiamo il problema funzionale della galleria, che non riesce a proteggere appieno la strada dalla caduta valanghe e che merita un approfondimento mirato.

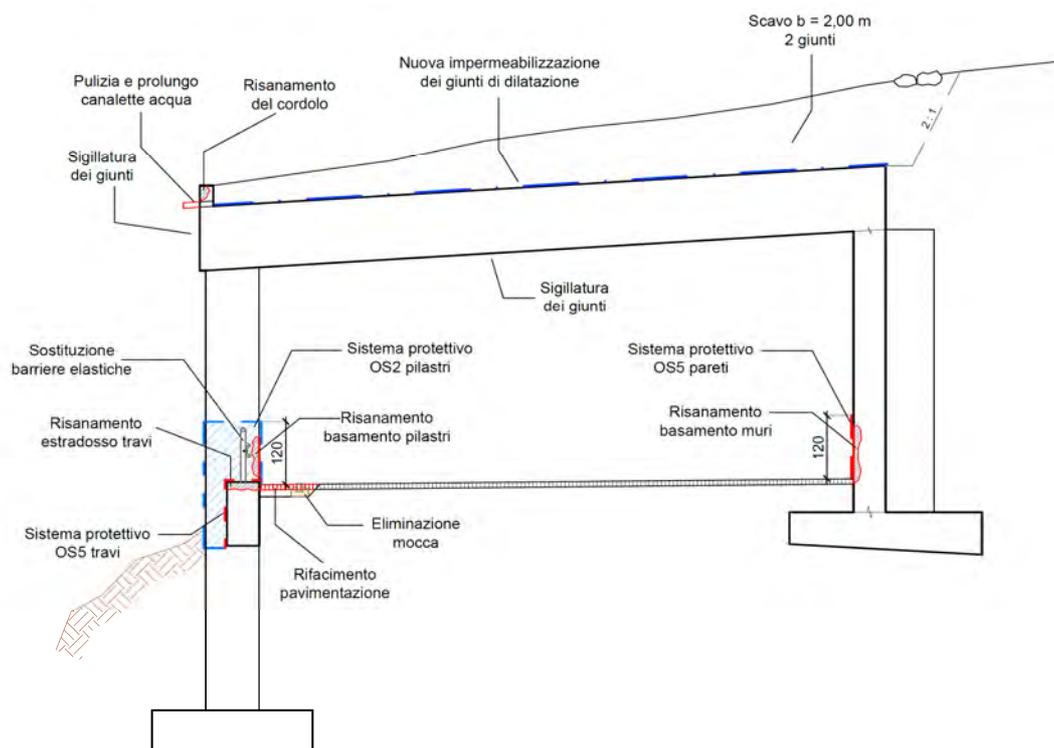
4.2 *Varianti di intervento*

4.2.1 *Variante 1: minima*

Fanno parte della variante 1, gli interventi che reputiamo indispensabili per frenare l'avanzare del degrado e per riparare i danni evidenti. In particolare:

- MURI:
Risanamento delle parti ammalorate dei muri in calcestruzzo armato, con liberazione e pulitura dei ferri, applicazione prodotto antiruggine e riprofilatura con malta bonificata; applicazione di un rivestimento, sistema protettivo OS5 secondo il piano tipo 2.703, a partire dal livello della pavimentazione fino a un'altezza di 1,20 m.
- PILASTRI:
Risanamento delle parti ammalorate dei pilastri in calcestruzzo armato, con liberazione e pulitura dei ferri, applicazione prodotto antiruggine e riprofilatura con malta bonificata; applicazione di un rivestimento, sistema protettivo OS2 secondo il piano tipo 2.705, sul basamento fino a un'altezza di 1,20 m sopra il livello della pavimentazione.
- TRAVI:
Eliminazione della parte superiore delle travi di collegamento, infiltrata dal cloro, e successiva riprofilatura con malta bonificata; applicazione di un rivestimento, sistema protettivo OS5 secondo il piano tipo 2.703, sulla faccia verticale verso valle e su quella superiore.
- SOLETTA:
Risanamento delle parti ammalorate del cordolo della soletta, in particolare la zona in curva e lo spigolo del portale Cerentino, e successiva riprofilatura con malta bonificata.
Sigillatura dei giunti sulla testata e sull'intradosso della soletta.

- **PAVIMENTAZIONE:**
Rimozione della mocca sul lato a valle e rifacimento della striscia di pavimentazione nella zona di intervento.
- **IMPERMEABILIZZAZIONE:**
Rifacimento impermeabilizzazione dei giunti della soletta, per interrompere la percolazione di acqua e il dilavamento del calcestruzzo nei giunti, soprattutto in corrispondenza dei dentelli di appoggio della zona B. Per eseguire l'intervento sarà necessario rimuovere localmente la terra sopra la soletta per una larghezza di circa 2,00 m e realizzare una nuova impermeabilizzazione dei giunti su tutta la loro lunghezza.
- **BARRIERE ELASTICHE:**
Sostituzione di tutte le barriere elastiche che risultano danneggiate; vengono mantenuti i montanti non danneggiati e sostituiti tutti gli elementi orizzontali.
- **EVACUAZIONE ACQUE:**
Pulizia degli imbocchi delle canalette ostruite, per migliorare l'evacuazione dell'acqua che ora ristagna sopra la soletta e prolungo delle canalette stesse, che ora risultano troppo corte e scaricano l'acqua sulla testata della soletta.



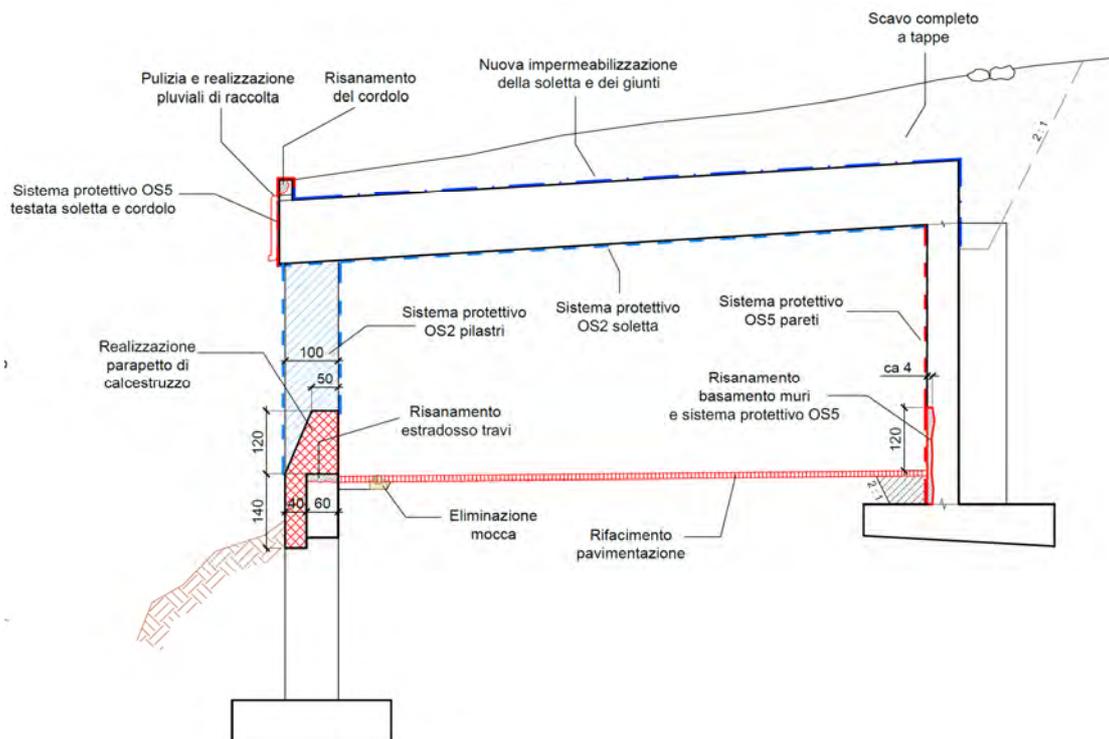
Sezione tipo Variante 1

Esecuzione lavori: per la realizzazione degli interventi sopracitati sarà necessario procedere con il restringimento della carreggiata prima sul lato a monte per il ripristino dei muri e poi sul lato a valle per il risanamento e il trattamento dei pilastri e delle travi. Per il risanamento dei giunti all'intradosso della soletta è necessaria la conduzione del traffico a senso alternato per brevi periodi.

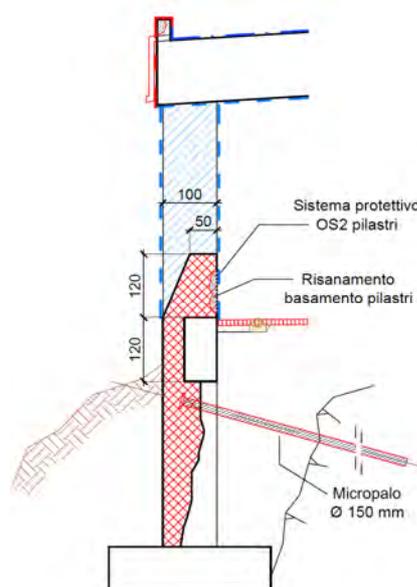
4.2.2 Variante 2: media

La variante 2, oltre a comprendere gli interventi sopracitati, mira ad assicurare una maggiore durabilità del manufatto. Comprende i seguenti punti:

- MURI:
Asportazione alla base dei muri a monte dei primi 4 cm di calcestruzzo contenente cloruri fino a un'altezza di 1,20 m sopra il livello della pavimentazione e successivo risanamento con liberazione e pulitura dei ferri, sostituzione delle armature fortemente corrose, applicazione prodotto antiruggine e riprofilatura con malta bonificata; applicazione di un rivestimento, sistema protettivo OS5 secondo il piano tipo 2.703, dalla quota della fondazione fino alla sommità del muro.
- PILASTRI:
Risanamento delle parti ammalorate dei pilastri in calcestruzzo armato, con liberazione e pulitura dei ferri, applicazione prodotto antiruggine e riprofilatura con malta bonificata; applicazione di un rivestimento, sistema protettivo OS2 secondo il piano tipo 2.705, su tutta l'altezza.
- TRAVI DI COLLEGAMENTO:
Eliminazione della parte superiore delle travi di collegamento, infiltrata dal cloro, e realizzazione di un nuovo parapetto in calcestruzzo armato connesso alla trave, in sostituzione delle barriere elastiche, in quanto più resistente alle sollecitazioni provocate dalla valanga.
Il parapetto è inserito in luce tra i pilastri (spessore $d = 100$ cm).
- SOLETTA:
Risanamento delle parti ammalorate del cordolo della soletta e successiva riprofilatura con malta bonificata, come variante 1. Sigillatura dei giunti e applicazione di un rivestimento: sistema protettivo OS2 secondo il piano tipo 2.705, all'intradosso della soletta e sistema protettivo OS5 secondo il piano tipo 2.703, sulla testata della soletta e sul cordolo.
- PAVIMENTAZIONE:
Rifacimento completo della pavimentazione compresa rimozione della mocca sul lato a valle.
- IMPERMEABILIZZAZIONE:
Rifacimento completo dell'impermeabilizzazione della soletta e dei giunti, per interrompere la percolazione di acqua e il dilavamento del calcestruzzo, soprattutto in corrispondenza dei dentelli di appoggio della zona B. Per eseguire l'intervento sarà necessario asportare a tappe tutta la terra sopra la soletta nella zona di intervento.
- BARRIERE ELASTICHE:
Eliminazione di tutte le barriere elastiche che vengono sostituite dai nuovi parapetti in calcestruzzo armato (vedi voce TRAVI DI COLLEGAMENTO).
- EVACUAZIONE ACQUE:
Pulizia degli imocchi delle canalette ostruite e realizzazione di pluviali per evacuazione acque al fine di evitare il dilavamento della testata della soletta.



Sezione tipo Variante 2 – Trave



Sezione tipo Variante 2 – Pilastro

Esecuzione lavori: per realizzare gli interventi della Variante 2 occorre installare un impianto semaforico che permetta la chiusura di una corsia e il transito a senso alternato durante il risanamento del muro a monte, per il nuovo parapetto in calcestruzzo a valle, per il trattamento dell'intradosso della soletta e per il rifacimento della pavimentazione.

4.2.3 Variante 3: massima

Con questa terza variante si intende proporre una soluzione che contrasti più a lungo il degrado della parte inferiore dei muri e dei pilastri, che sono le parti più soggette all'azione dei cloruri. Essa comprende nel dettaglio:

- MURI:

Asportazione dei primi 4 cm di calcestruzzo contenente cloruri fino a un'altezza di 1,20 m sopra il livello della pavimentazione e successivo risanamento con liberazione e pulitura dei ferri, sostituzione delle armature fortemente corrose e applicazione prodotto antiruggine. Realizzazione di uno spessoramento di protezione di calcestruzzo armato (CPN G), dalla fondazione fino a 1,20 m sopra la pavimentazione, per ripristinare e proteggere la zona contaminata dai cloruri; dall'altezza di 1,20 m fino alla soletta applicazione di un rivestimento, sistema protettivo OS5 secondo il piano tipo 2.703.

- PILASTRI:

Risanamento delle parti ammalorate dei pilastri in calcestruzzo armato, con liberazione e pulitura dei ferri, applicazione prodotto antiruggine e realizzazione di uno spessoramento di protezione di calcestruzzo armato (CPN G) fino a 1,20 m sopra la pavimentazione, per ripristinare e proteggere la zona contaminata dai cloruri; da 1,20 m fino alla soletta applicazione di un rivestimento, sistema protettivo OS2 secondo il piano tipo 2.705.

- TRAVI DI COLLEGAMENTO:

Eliminazione della parte superiore delle travi di collegamento, infiltrata dal cloro, e realizzazione di un nuovo parapetto in calcestruzzo armato connesso alla trave, in sostituzione delle barriere elastiche, in quanto più resistente alle sollecitazioni provocate dalla valanga.

Il parapetto è inserito in luce tra i pilastri (spessore $d = 124$ cm).

- SOLETTA:

Risanamento delle parti ammalorate del cordolo della soletta e successiva riprofilatura con malta bonificata, come variante 1. Sigillatura dei giunti e applicazione di un rivestimento: sistema protettivo OS2 secondo il piano tipo 2.705, all'intradosso della soletta e sistema protettivo OS5 secondo il piano tipo 2.703, sulla testata della soletta e sul cordolo.

- PAVIMENTAZIONE:

Rifacimento completo della pavimentazione compresa rimozione della mocca sul lato a valle.

- IMPERMEABILIZZAZIONE:

Rifacimento completo dell'impermeabilizzazione della soletta e dei giunti, per interrompere la percolazione di acqua e il dilavamento del calcestruzzo, soprattutto in corrispondenza dei dentelli di appoggio della zona B. Per eseguire l'intervento sarà necessario asportare a tappe tutta la terra sopra la soletta nella zona di intervento.

Esecuzione lavori: per la realizzazione di tali interventi, come nella Variante 2, occorre installare un impianto semaforico che permetta la chiusura di una corsia e il transito a senso alternato durante: la realizzazione del nuovo parapetto, dello spessoramento del muro e dei pilastri; per il trattamento dell'intradosso della soletta e per il rifacimento della pavimentazione.

Come premesso al capitolo 1.3.2 Descrizione del manufatto, la corsia a valle non ha altezza sufficiente a soddisfare la norma VSS SN 640201 che impone un'altezza minima di 4,20 m per il passaggio di bus e autocarri, con velocità massima di 40 km/h. Nella presente variante si suggerisce la possibilità di abbassare il livello della pavimentazione di circa 0,10 m durante il rifacimento della stessa, in modo tale da avere un'altezza minima sufficiente nella corsia a valle. In questo caso le quote della pavimentazione nelle zone di raccordo saranno da adattare estendendo l'area d'intervento.

4.2.4 Ricapitolazione interventi

PARTE D'OPERA	INTERVENTO	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Fondazioni pareti	Nessun intervento			
Fondazioni pilastri	Nessun intervento			
Muri	Allontanamento calcestruzzo ammalorato	x		
	Asportazione dei primi 4 cm parte bassa		x	x
	Risanamento zone ammalorate	x	x	
	Sistema protettivo OS5 fino a h=1,20 m	x		
	Sistema protettivo OS5 completo		x	
	Sistema protettivo OS5 da h=1,20 m			x
	Spessoramento di protezione CPN G d=16 cm			x
Pilastri	Allontanamento calcestruzzo ammalorato	x	x	x
	Risanamento zone ammalorate	x	x	
	Sistema protettivo OS2 fino a h=1,20 m	x		
	Sistema protettivo OS2 completo		x	
	Sistema protettivo OS2 da h=1,20 m			x
	Spessoramento di protezione CPN G d=12 cm			x
Travi di collegamento	Rimozione e sostituzione elementi orizzontali	x		
	Demolizione barriere elastiche		x	x
	Allontanamento calcestruzzo ammalorato	x	x	x
	Risanamento zone ammalorate	x	x	x
	Sistema protettivo OS5	x		
	Realizzazione parapetto calcestruzzo h=1,20m		x	x
Soletta	Risanamenti locali del cordolo	x	x	x
	Rifacimento masticatura giunti	x	x	x
	Sistema protettivo OS2 intradosso soletta		x	x
	Sistema protettivo OS5 testata e cordolo		x	x
Pavimentazione	Demolizione mocca	x	x	x
	Rifacimento fascia laterale	x		
	Rifacimento completo della pavimentazione		x	x
Impermeabilizzazione	Impermeabilizzazione dei giunti	x	x	x
	Impermeabilizzazione soletta		x	x
Evacuazione acque	Pulizia e prolungo canalette di scarico in soletta	x		
	Pulizia e realizzazione pluviale		x	x
	Nuove canalette di scarico			x

4.2.5 Interventi oltre la galleria

Il muro di sostegno a valle, sul lato Campo Vallemaggia, non è parte del presente mandato ma ci permettiamo di segnalare la presenza nella parte superiore di forti segni di degrado, con fessure e ferri scoperti su buona parte della lunghezza. Andrebbe ripristinata la sezione originale del cordolo previa la liberazione e pulitura dei ferri con applicazione di prodotto antiruggine. In concomitanza, si suggerisce di sostituire la pavimentazione, che in questo tratto è fortemente fessurata.

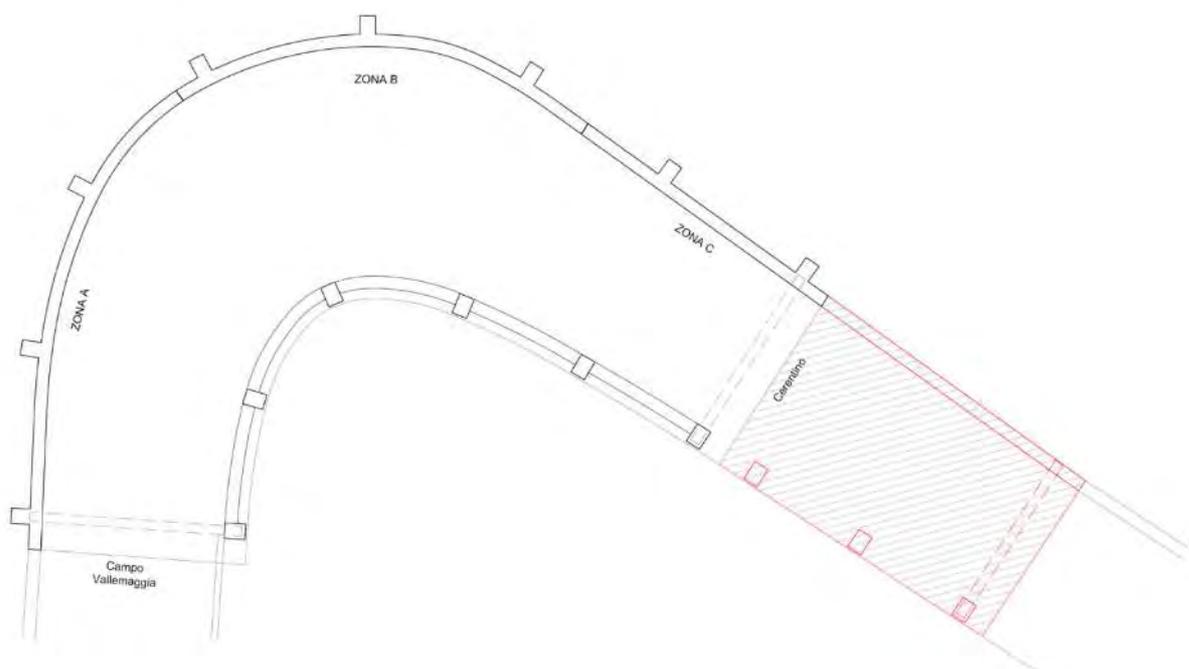
4.2.6 Protezione dalle valanghe

Con il presente capitolo si intende portare all'attenzione il problema della protezione della strada dalle valanghe. Nel dettaglio sono due i punti deboli del manufatto.

Portale Cerentino: La valanga oltrepassa il muro di protezione riversandosi sulla strada sottostante davanti al portale e bloccando il passaggio (vedi fotografie cap. 1.6).

La soluzione per ovviare al problema potrebbe essere prolungare la galleria, con una struttura adiacente al manufatto esistente e un muro di protezione al di sopra del nuovo portale.

Si consiglia di far eseguire da un istituto specializzato un'analisi dell'area interessata dagli eventi di valanghe, per meglio definire la zona in cui l'intervento è necessario. Di seguito presentiamo lo schema rappresentativo di tale intervento. Si consiglia anche di verificare la situazione per il portale lato Campo Vallemaggia.



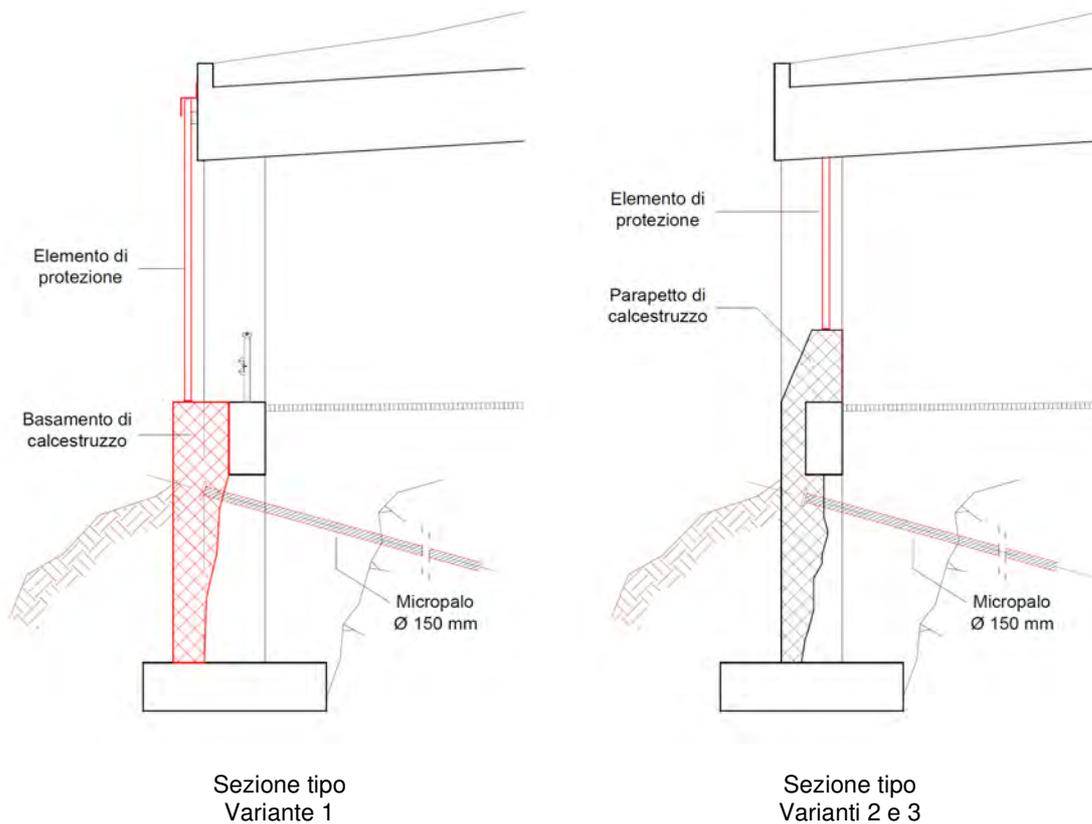
Schema eventuale prolungo della galleria sul lato Cerentino

Lato a valle: A valle della galleria, in seguito alla valanga, la neve si accumula e rientra all'interno del manufatto.

Come soluzione al problema proponiamo di chiudere lo spazio tra i pilastri per impedire l'entrata della neve nella galleria. Le Varianti 2 e 3, con la realizzazione di un parapetto di calcestruzzo a sostituzione delle barriere elastiche, migliorano la situazione ma non sarebbero comunque sufficienti a risolvere del tutto il problema. Si evidenziano due possibili strategie di intervento:

- realizzazione di una chiusura trasparente fissa di vetro;
- realizzazione di una parete amovibile di legno e di una illuminazione invernale della galleria.

Con le Varianti 2 e 3, tramite la realizzazione del parapetto, si crea una base di appoggio efficace per questi elementi, con la Variante 1 la realizzazione di una protezione va abbinata alla realizzazione di adeguate strutture di sostegno con notevole aumento del costo della variante.



4.3 Costi

PARTE D'OPERA	INTERVENTO	Prezzo unitario	VARIANTE 1				VARIANTE 2				VARIANTE 3			
			Quantità	Totale	Quantità	Totale	Quantità	Totale	Quantità	Totale				
Fondazioni pilastri	Nessun intervento	Fr.		0.-	Fr.		0.-	Fr.		0.-	Fr.		0.-	
Fondazioni pareti	Nessun intervento	Fr.		0.-	Fr.		0.-	Fr.		0.-	Fr.		0.-	
Muri	Allontanamento calcestruzzo ammalorato	200.- Fr.	40 m ²	8'000.- Fr.		m ²	0.- Fr.		m ²	0.- Fr.		m ²	0.- Fr.	
	Asportazione dei primi 4 cm	200.- Fr.	m ²	0.- Fr.	115 m ²	23'000.- Fr.	115 m ²	23'000.- Fr.	115 m ²	23'000.- Fr.	115 m ²	23'000.- Fr.		
	Risanamento zone ammalorate	240.- Fr.	40 m ²	9'600.- Fr.	115 m ²	27'600.- Fr.			m ²	0.- Fr.				
	Sistema protettivo OS5 fino a h=1,20 m	90.- Fr.	76 m ²	6'840.- Fr.			m ²	0.- Fr.			m ²	0.- Fr.		
	Sistema protettivo OS5 completo	90.- Fr.	m ²	0.- Fr.	335 m ²	30'150.- Fr.			m ²	0.- Fr.				
	Sistema protettivo OS5 da h=1,20 m	90.- Fr.	m ²	0.- Fr.	m ²	0.- Fr.	220 m ²	19'800.- Fr.			m ²	0.- Fr.		
	Spessoramento di protezione CPN G d=16 cm	270.- Fr.	m ²	0.- Fr.	m ²	0.- Fr.	115 m ²	31'050.- Fr.			m ²	0.- Fr.		
	Ponteggio per muri h= 3,50 m	20.- Fr.	m ²	0.- Fr.	210 m ²	4'200.- Fr.	210 m ²	4'200.- Fr.	210 m ²	4'200.- Fr.	210 m ²	4'200.- Fr.		
	Totale muri				24'440.- Fr.			84'950.- Fr.			78'950.- Fr.			
Pilastri	Allontanamento calcestruzzo ammalorato	200.- Fr.	10 m ²	2'000.- Fr.	10 m ²	2'000.- Fr.	10 m ²	2'000.- Fr.	10 m ²	2'000.- Fr.	10 m ²	2'000.- Fr.		
	Risanamento zone ammalorate	240.- Fr.	10 m ²	2'400.- Fr.	10 m ²	2'400.- Fr.	10 m ²	2'400.- Fr.	10 m ²	2'400.- Fr.	10 m ²	2'400.- Fr.		
	Sistema protettivo OS2 fino a h=1,20 m	90.- Fr.	40 m ²	3'600.- Fr.			m ²	0.- Fr.			m ²	0.- Fr.		
	Sistema protettivo OS2 completo	90.- Fr.	m ²	0.- Fr.	85 m ²	7'650.- Fr.			m ²	0.- Fr.				
	Sistema protettivo OS2 da h=1,20 m	90.- Fr.	m ²	0.- Fr.	m ²	0.- Fr.	65 m ²	5'850.- Fr.			m ²	0.- Fr.		
	Spessoramento di protezione CPN G d=12 cm	240.- Fr.	m ²	0.- Fr.	m ²	0.- Fr.	55 m ²	13'200.- Fr.			m ²	0.- Fr.		
	Ponteggio per pilastri h= 3,10 m	20.- Fr.	m ²	0.- Fr.	125 m ²	2'500.- Fr.	125 m ²	2'500.- Fr.	125 m ²	2'500.- Fr.	125 m ²	2'500.- Fr.		
Totale pilastri				8'000.- Fr.			14'550.- Fr.			25'950.- Fr.				
Travi di collegamento	Allontanamento calcestruzzo ammalorato	200.- Fr.	20 m ²	4'000.- Fr.	20 m ²	4'000.- Fr.	20 m ²	4'000.- Fr.	20 m ²	4'000.- Fr.	20 m ²	4'000.- Fr.		
	Risanamento zone ammalorate	240.- Fr.	20 m ²	4'800.- Fr.			m ²	0.- Fr.			m ²	0.- Fr.		
	Sistema protettivo OS5	90.- Fr.	60 m ²	5'400.- Fr.			m ²	0.- Fr.			m ²	0.- Fr.		
	Parapetto di calcestruzzo h=1,20 m d=1,00 m	1'500.- Fr.	ml	0.- Fr.	30 ml	45'000.- Fr.			ml	0.- Fr.				
	Parapetto di calcestruzzo h=1,20 m d=1,24 m	1'670.- Fr.	ml	0.- Fr.	ml	0.- Fr.	30 ml	50'100.- Fr.			ml	0.- Fr.		
	Basamenti parapetto in calcestruzzo d=50 cm	1'800.- Fr.	pz	0.- Fr.	7 pz	12'600.- Fr.	7 pz	12'600.- Fr.	7 pz	12'600.- Fr.	7 pz	12'600.- Fr.		
	Micropali L=ca 8 m	340.- Fr.	ml	0.- Fr.	56 ml	19'040.- Fr.	56 ml	19'040.- Fr.	56 ml	19'040.- Fr.	56 ml	19'040.- Fr.		
Totale travi di collegamento				14'200.- Fr.			80'640.- Fr.			85'740.- Fr.				
Soletta	Risanamenti locali del cordolo	150.- Fr.	10 ml	1'500.- Fr.	10 ml	1'500.- Fr.	10 ml	1'500.- Fr.	10 ml	1'500.- Fr.	10 ml	1'500.- Fr.		
	Rifacimento masticatura giunti	30.- Fr.	28 ml	840.- Fr.	36 ml	1'080.- Fr.	36 ml	1'080.- Fr.	36 ml	1'080.- Fr.	36 ml	1'080.- Fr.		
	Sistema protettivo OS2 intradosso	90.- Fr.	m ²	0.- Fr.	500 m ²	45'000.- Fr.	500 m ²	45'000.- Fr.	500 m ²	45'000.- Fr.	500 m ²	45'000.- Fr.		
	Sistema protettivo OS5 testata e cordolo	90.- Fr.	m ²	0.- Fr.	115 m ²	10'350.- Fr.	115 m ²	10'350.- Fr.	115 m ²	10'350.- Fr.	115 m ²	10'350.- Fr.		
	Ponteggio per soletta h= 3,10 m	20.- Fr.	m ²	0.- Fr.	500 m ²	10'000.- Fr.	500 m ²	10'000.- Fr.	500 m ²	10'000.- Fr.	500 m ²	10'000.- Fr.		
	Ponteggio per cordolo h= 7,50 m	25.- Fr.	m ²	0.- Fr.	380 m ²	9'500.- Fr.	380 m ²	9'500.- Fr.	380 m ²	9'500.- Fr.	380 m ²	9'500.- Fr.		
Totale soletta				2'340.- Fr.			77'430.- Fr.			77'430.- Fr.				
Pavimentazione	Demolizione mocca	12.- Fr.	40 ml	480.- Fr.	40 ml	480.- Fr.	40 ml	480.- Fr.	40 ml	480.- Fr.	40 ml	480.- Fr.		
	Misto granulare	15.- Fr.	40 m ²	600.- Fr.	550 m ²	8'250.- Fr.	550 m ²	8'250.- Fr.	550 m ²	8'250.- Fr.	550 m ²	8'250.- Fr.		
	Demolizione libera pavimentazione	25.- Fr.	40 m ²	1'000.- Fr.	550 m ²	13'750.- Fr.	550 m ²	13'750.- Fr.	550 m ²	13'750.- Fr.	550 m ²	13'750.- Fr.		
	Rifacimento pavimentazione	70.- Fr.	40 m ²	2'800.- Fr.	550 m ²	38'500.- Fr.	550 m ²	38'500.- Fr.	550 m ²	38'500.- Fr.	550 m ²	38'500.- Fr.		
Totale pavimentazione			4'880.- Fr.		60'980.- Fr.		60'980.- Fr.		60'980.- Fr.		60'980.- Fr.			
Impermeabilizzazione	Rifacimento giunti di dilatazione	200.- Fr.	25 ml	5'000.- Fr.	28 ml	5'600.- Fr.	28 ml	5'600.- Fr.	28 ml	5'600.- Fr.	28 ml	5'600.- Fr.		
	Impermeabilizzazione soletta	140.- Fr.	50 m ²	7'000.- Fr.	525 m ²	73'500.- Fr.	525 m ²	73'500.- Fr.	525 m ²	73'500.- Fr.	525 m ²	73'500.- Fr.		
	Scavo a tappe d=1,00 m	50.- Fr.	50 m ³	2'500.- Fr.	525 m ³	26'250.- Fr.	525 m ³	26'250.- Fr.	525 m ³	26'250.- Fr.	525 m ³	26'250.- Fr.		
Totale impermeabilizzazione			14'500.- Fr.		105'350.- Fr.		105'350.- Fr.		105'350.- Fr.		105'350.- Fr.			
Barriere elastiche	Rimozione e sostituzione elementi orizzontali	200.- Fr.	30 ml	5'904.- Fr.			ml	0.- Fr.			ml	0.- Fr.		
	Demolizione libera delle barriere elastiche	40.- Fr.	ml	0.- Fr.	30 ml	1'200.- Fr.	30 ml	1'200.- Fr.	30 ml	1'200.- Fr.	30 ml	1'200.- Fr.		
Totale barriere elastiche				5'904.- Fr.			1'200.- Fr.			1'200.- Fr.				
Evacuazione acque	Pulizia e prolungo canalette di scarico	200.- Fr.	pz	600.- Fr.			pz	0.- Fr.			pz	0.- Fr.		
	Pulizia canaletta e realizzazione pluviale L=1,50m	250.- Fr.	pz	0.- Fr.	3 pz	750.- Fr.	3 pz	750.- Fr.	3 pz	750.- Fr.	3 pz	750.- Fr.		
	Nuove canalette di scarico	400.- Fr.	pz	0.- Fr.	pz	0.- Fr.	2 pz	800.- Fr.			pz	0.- Fr.		
Totale evacuazione acque				600.- Fr.			750.- Fr.			1'550.- Fr.				
Totale				74'864.- Fr.			425'850.- Fr.			436'250.- Fr.				
Impianto generale			8%	5'989.- Fr.		8%	34'068.- Fr.		8%	34'900.- Fr.				
Relazione traffico e semafori				5'000.- Fr.			20'000.- Fr.			20'000.- Fr.				
Totale opere costruttive				85'853.- Fr.			479'918.- Fr.			491'150.- Fr.				
Imprevisti ca 10%			10%	8'585.- Fr.		10%	47'992.- Fr.		10%	49'115.- Fr.				
Occupazione temporanea dei terreni				2'000.- Fr.			4'000.- Fr.			4'000.- Fr.				
Onorario progettista privato ca 12%			12%	10'302.- Fr.		12%	57'590.- Fr.		12%	58'938.- Fr.				
Spese generali committente ca 8%			8%	6'868.- Fr.		8%	38'393.- Fr.		8%	39'292.- Fr.				
Totale opere costruttive, IVA esclusa				113'609.- Fr.			627'893.- Fr.			642'495.- Fr.				
IVA 7,7%			7.7%	8'748.- Fr.		7.7%	48'348.- Fr.		7.7%	49'472.- Fr.				
Totale opere costruttive, IVA inclusa				122'357.- Fr.			676'241.- Fr.			691'967.- Fr.				
Rapporto costo/superficie	500.- mq			245.- Fr./m²			1'352.- Fr./m²			1'384.- Fr./m²				

4.4 Paragone varianti

Riassumiamo di seguito le caratteristiche delle varianti come termini di valutazione.

La variante 1 prevede di svolgere gli interventi indispensabili a riparare i danni evidenti e contrapporre un freno al degrado della struttura con risanamenti localizzati e applicazione di sistemi protettivi solo nelle zone più soggette al degrado causato dall'azione dei cloruri. L'intervento è limitato alle zone degradate, senza provvedimenti o protezioni sulle restanti superfici

L'efficacia degli interventi della variante 1 è quindi limitata.

La variante 2 frena il degrado in modo più efficace con la protezione generalizzata di tutte le superfici, oltre al risanamento localizzato delle parti degradate; essa mira a ottenere una maggiore durabilità del manufatto prolungando la sua durata di vita. La variante prevede inoltre la realizzazione di un nuovo parapetto in calcestruzzo che migliora la sicurezza stradale e fornisce una parziale protezione dall'entrata della neve.

La variante 3 è analoga alla n. 2 ma prevede degli interventi aggiuntivi a protezione delle zone più soggette all'azione dei cloruri, con spessoramenti in calcestruzzo in corrispondenza della parte bassa dei muri e dei pilastri.

La variante 3 garantisce una migliore durabilità e una maggiore durata di vita.

5. CONCLUSIONI

5.1 *Scelta della variante*

In seguito all'analisi del mandato e di tutti gli elementi sopracitati, dopo la comparazione dei risultati proponiamo per approfondimento la variante numero 3. Questa variante dà le maggiori garanzie di durabilità della struttura e i costi di manutenzione minori. Permette inoltre di realizzare più facilmente una eventuale chiusura del lato a valle contro le valanghe.

5.2 *Problemi particolari e approfondimenti*

5.2.1 *Protezione dalle valanghe*

Come premesso nei precedenti capitoli la protezione della strada dalle valanghe offerta dalla galleria risulta attualmente solo parzialmente efficace. In relazione alla soluzione di questo problema, si consiglia di far eseguire a un istituto specializzato un'analisi dell'area interessata per il calcolo esatto dei carichi sulla galleria, a verifica delle ipotesi di dimensionamento e per meglio definire gli interventi di protezione necessari.

Specifichiamo che è molto importante che i carichi della valanga vengano confermati da un istituto specializzato e, nel caso dovessero risultare carichi maggiori, il calcolo dev'essere approfondito e si dovranno vagliare eventuali soluzioni di rinforzo della struttura esistente.

5.2.2 *Ingombro minimo per passaggio automezzi*

Come evidenziato al paragrafo 1.3.2, "Descrizione del manufatto", l'altezza della corsia a valle della galleria non è sufficiente a soddisfare la norma VSS (SN 640201) che impone un'altezza minima di 4,20 m per il passaggio di bus e autocarri, alla velocità di 40 km/h. Una possibile soluzione al problema consta nell'abbassare il livello della pavimentazione di circa 0,10 m durante il rifacimento della stessa, in modo tale da avere un'altezza minima sufficiente anche nella corsia a valle.

6. INTERVENTO SCELTO DAL COMMITTENTE

6.1 *Introduzione*

Nel progetto preliminare si è portato all'attenzione il problema della protezione della strada dalle valanghe, evidenziando i due punti deboli del manufatto, che sono i portali, che vengono ostruiti spesso dalla valanga e il lato a valle dove, in seguito alla valanga, la neve si accumula rientrando all'interno del manufatto.

Come suggerito nel corso della precedente fase di progetto è stata commissionata a un esperto esterno un'analisi dell'area interessata dagli eventi di valanghe, per meglio definire la zona in cui l'intervento è necessario e lo spessore della valanga da considerare per il dimensionamento delle strutture.

Lo studio redatto dal geologo Giorgio Valenti "**Strada cantonale Cerentino - Cimalmotto, Semigalleria Val Sterpa, situazione valanghiva**", datato Agosto 2020, analizza la problematica della valanga.

6.2 *Analisi situazione valanghiva*

Di seguito sono riassunti brevemente i punti principali dello studio effettuato e le conclusioni raggiunte, con le relative possibili soluzioni al problema.

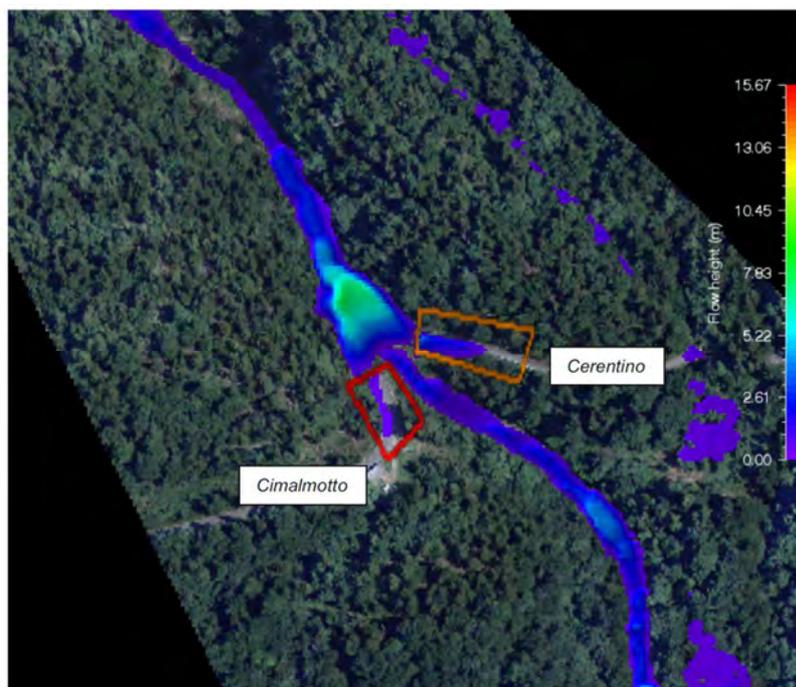


Fig. 1: estratto dallo studio geologico

Depositi (dalla Fig. 1).

Lato Cerentino ca 800 m³, lato Cimalmotto ca 200 m³

Sopra semigalleria ca 8000 m³, sotto campata centrale ca 1000 m³.

Come risulta dalle simulazioni fatte, la valanga oltre a scendere nel canalone sottostante deborda dai portali. Essendo la capacità portante della soletta del manufatto esistente relativamente ridotta, non è possibile realizzare nuovi terrapieni o nuove ali di calcestruzzo sull'attuale semigalleria.

Pertanto la variante scelta nell'ambito di questo progetto di massima, anche consigliata dal geologo Valenti, è la variante 4 indicata nello studio valanghivo.

Essa prevede l'allungamento della semigalleria da entrambe le parti (di 15,00 m per parte) e la costruzione di due ali di calcestruzzo parallele al corso valanghivo sulla copertura e a monte della galleria, collegate ai nuovi prolungamenti.

Questa variante propone una soluzione quasi definitiva al problema, permettendo di evitare chiusure per occlusione dei portali, e risulta la più sicura per gli utenti della strada.

Inoltre, per risolvere il problema dell'accumulo di neve a valle della galleria, e conseguente invasione del campo stradale, si interviene mediante la posa di una rete di tipo Tecco o simile tra i pilastri, che funge da barriera di ritenuta per la neve che altrimenti entrerebbe nella semigalleria.

Si specifica che, nel caso dovessero susseguirsi valanghe di piccole dimensioni, il tetto della semigalleria potrebbe intasarsi permettendo poi a valanghe successive di oltrepassare le ali in calcestruzzo.

Per evitare questo, è consigliabile durante la prossima fase di progetto, analizzare un ulteriore intervento, aumentare la pendenza del tratto di pendio precedente la semigalleria fino ad almeno 20°.

6.3 Variante definitiva

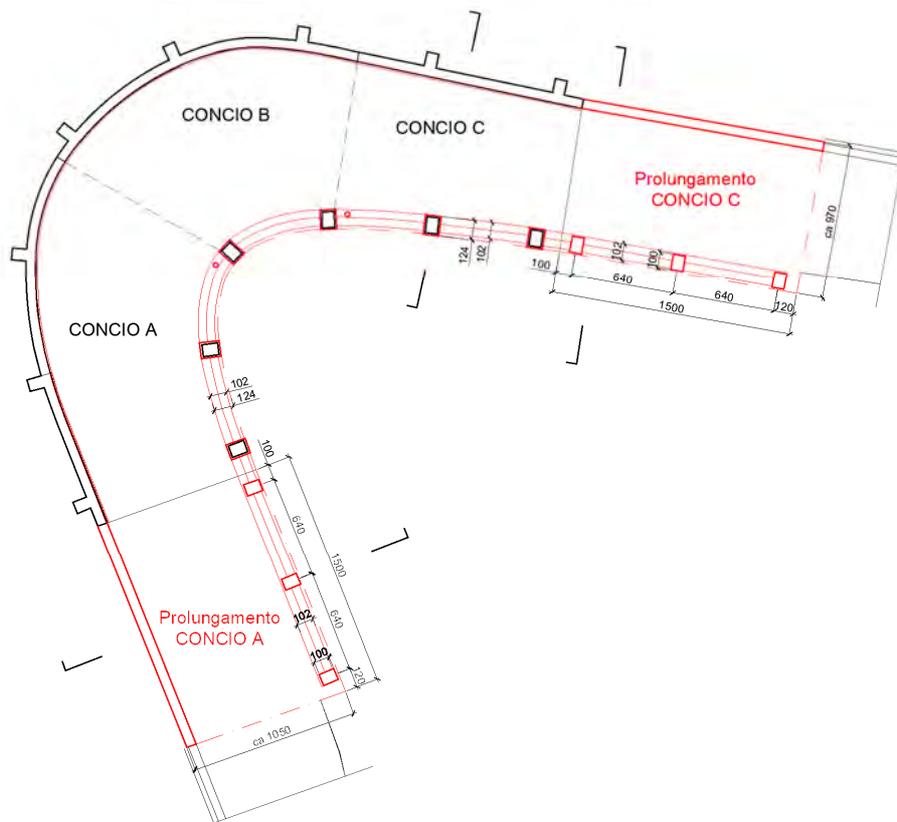
La variante scelta tra quelle proposte all'interno del progetto preliminare è la Variante 3, che prevede il risanamento completo per il manufatto esistente, con l'aggiunta dell'ampliamento della semigalleria da entrambe le parti (15,00 m per parte) e la costruzione di due ali di calcestruzzo sulle nuove solette di copertura, parallele al corso valanghivo, che evitino che la valanga debordi al di sopra dei portali (corrispondente alla variante 4 del rapporto valanghivo).

6.4 Interventi previsti

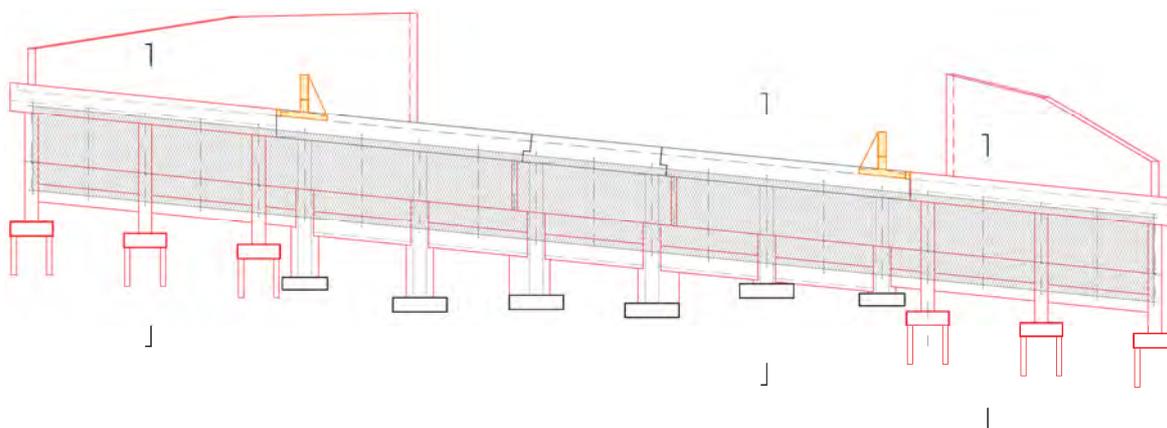
6.4.1 Introduzione

Per il manufatto esistente è previsto il risanamento completo della struttura. Inoltre, vengono realizzati due prolungamenti della semigalleria esistente, di 15,00 m ciascuno, e sulla copertura di tali prolunghi sono realizzate due ali di calcestruzzo per contenere la valanga.

Per i prolungamenti si è scelto di rispettare le caratteristiche del manufatto esistente mantenendo lo stesso interasse tra i pilastri e le medesime dimensioni degli elementi strutturali. I nuovi conci sono realizzati in accostamento al manufatto esistente ma sono indipendenti a livello statico.



Pianta della galleria

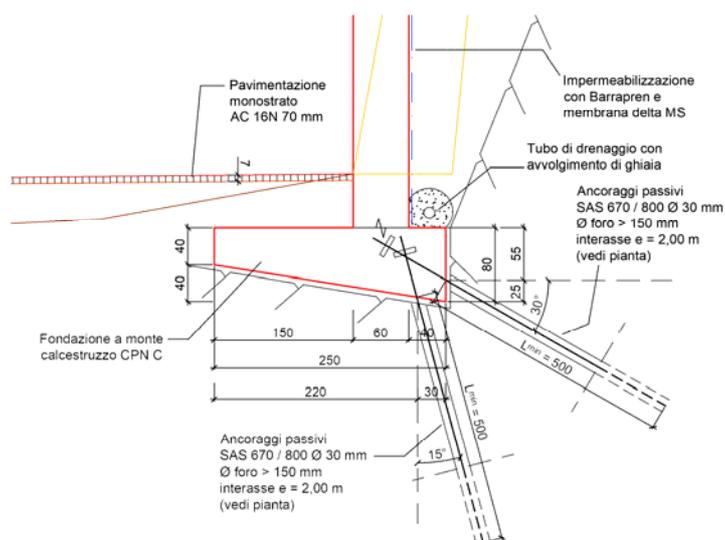


Vista frontale galleria

6.4.2 Muri

Parte esistente: Asportazione dei primi 4 cm di calcestruzzo contenente cloruri fino a un'altezza di 1,20 m sopra il livello della pavimentazione e successivo risanamento con liberazione e pulitura dei ferri, sostituzione delle armature fortemente corrose e applicazione prodotto antiruggine. Realizzazione di uno spessoramento di protezione di calcestruzzo armato (CPN F), dalla fondazione fino a 1,20 m sopra la pavimentazione, per ripristinare e proteggere la zona contaminata dai cloruri; dall'altezza di 1,20 m fino alla soletta applicazione di un rivestimento, sistema protettivo OS5 secondo il piano tipo 2.703.

Prolungamenti: Per la realizzazione del nuovo tratto sono necessari la demolizione parziale dei muri di sostegno esistenti e lo scavo a monte. I nuovi muri dei prolungamenti hanno spessore 60 cm e poggiano su una fondazione continua ancorata con base 2,50 m e spessore variabile fino a 80 cm. Essi saranno realizzati in calcestruzzo armato (CPN F). È prevista a monte un'impermeabilizzazione con Barrapren e membrana delta MS. Saranno da realizzare in due tappe, avendo altezza totale di circa 5,70 m.



Sezione tipo fondazioni nuovi muri a monte

6.4.3 Pilastrini

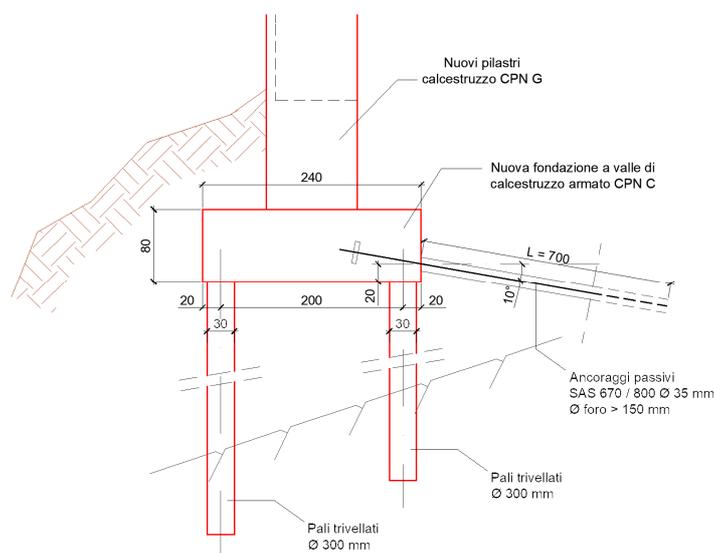
Parte esistente: Risanamento delle parti ammalorate dei pilastrini in calcestruzzo armato, con liberazione e pulitura dei ferri, applicazione prodotto antiruggine e realizzazione di uno spessoramento di protezione di calcestruzzo armato (CPN G) fino a 1,20 m sopra la pavimentazione, per ripristinare e proteggere la zona contaminata dai cloruri; da 1,20 m fino alla soletta applicazione di un rivestimento, sistema protettivo OS2 secondo il piano tipo 2.705.

In corrispondenza delle due mensole della soletta esistente, avendo evidenziato mediante il calcolo statico che la compressione delle bielle nel calcestruzzo raggiunge i valori limite, si inseriscono due pilastrini ROR 298,5/16 (acciaio S355) a sostegno dell'appoggio.

Tra i pilastri, per evitare che la neve che si accumula a valle entri all'interno della galleria, viene posata una rete romboidale tipo Tecco G65/3, in acciaio INOX.

Prolungamenti: Per la realizzazione dei nuovi pilastri è necessaria la demolizione di parte della strada e del relativo cordolo sul lato verso Campo Vallemaggia. Si valuterà dopo lo scavo se è possibile evitare la demolizione e costruire la nuova struttura in accostamento al cordolo. I nuovi pilastri avranno le stesse dimensioni di quelli esistenti, sezione 1,00 x 0,75 m, e il medesimo interasse di circa 6,50 m.

Le fondazioni dei pilastri, di dimensioni 2,40 x 2,40 e spessore 0,80 m, appoggiano su 4 pali diametro 30 cm e sono ancorate verso monte con ancoraggi passivi, due per ogni plinto di fondazione. Le fondazioni e i pilastri saranno realizzati in calcestruzzo armato (rispettivamente CPN C e CPN G).



Sezione tipo fondazioni nuovi pilastri a valle

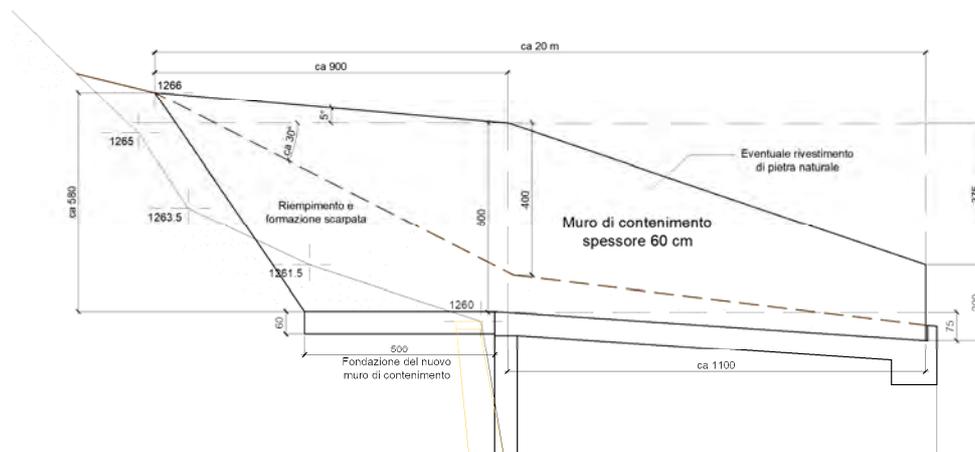
Per necessità di programma lavori, come sarà meglio descritto nel paragrafo relativo, i pilastri saranno da realizzare in due tappe: la prima parte, fino all'altezza del parapetto, viene messa in opera insieme a tutti gli interventi a valle, mentre la seconda parte, dal parapetto fino alla soletta, viene completata mentre vengono eseguiti gli interventi a monte, in particolare durante la messa in opera delle nuove elevazioni a monte.

6.4.4 Muri di contenimento

Parte esistente: I muri di contenimento esistenti sopra alla soletta sono da demolire e rimuovere. Essi vanno tagliati in piccole parti e rimossi tramite autogrù. È necessario realizzare una puntellazione di sicurezza durante la demolizione.

Prolungamenti: I nuovi muri di contenimento saranno di calcestruzzo armato (CPN C), spessore 60 cm, lunghi rispettivamente 28 m verso Campo Vallemaggia e 20 m verso Cerentino.

Per questioni di impatto estetico, date le dimensioni delle nuove ali, è possibile valutare di applicare un rivestimento di pietra naturale sulla faccia dei muri che è visibile dalla strada.



Vista nuovo muro di contenimento lato Cerentino

6.4.5 Travi di collegamento

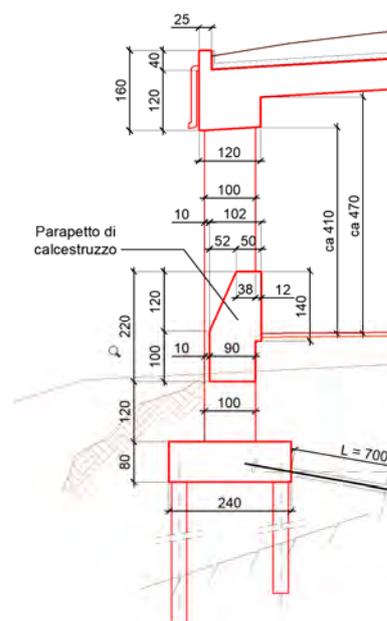
Parte esistente: Rimozione della parte superiore delle travi di collegamento, infiltrata dal cloro, e realizzazione di un nuovo parapetto sagomato in calcestruzzo armato connesso alla trave. Esso sostituisce le barriere elastiche. Il parapetto, di calcestruzzo armato (CPN G), andrà a inglobare la trave di collegamento esistente e sarà inserito in luce tra i pilastri, con lunghezza di circa 5,65 m, spessore da 50 a 112 cm e altezza 220 cm.

I parapetti verranno appoggiati su nuove fondazioni, ancorate verso monte sotto la strada, realizzate di fianco ai pilastri esistenti.

Prolungamenti: Sul nuovo tratto si realizzano dei parapetti con le stesse caratteristiche e dimensioni della parte esistente. Anche le loro fondazioni seguiranno il medesimo concetto.



Sezione tipo parapetto parte esistente



Sezione tipo parapetto prolungamenti

6.4.6 Giunti

Parte esistente: I giunti della soletta e delle elevazioni esistenti sono da rifare. È previsto un nuovo giunto con teli PBD e piastra d'acciaio come da piano tipo del Cantone n°2.606.

Prolungamenti: La nuova struttura sarà staticamente indipendente. Per evitare assestamenti differenziali, da valutare un eventuale collegamento tra nuovo ed esistente mediante spinotti.

Anche tra struttura esistente e nuova si prevede un giunto con teli PBD e piastra d'acciaio come da piano tipo del Cantone n°2.606.

6.4.7 Sistema di evacuazione delle acque

Parte esistente: È da eseguire la pulizia degli imbocchi delle canalette ostruite sopra la soletta.

Si intende posare nuovi pluviali per evacuare le acque al fine di evitare il dilavamento della testata della soletta. È previsto inoltre di realizzare ulteriori punti di evacuazione tramite esecuzione di nuovi carotaggi e relativi pluviali.

Per quanto riguarda le acque che scorrono sulla pavimentazione, la pendenza della strada sia in senso longitudinale sia in senso trasversale, ne garantisce l'evacuazione e la raccolta nei chiusini esistenti, che verranno ripristinati e/o sostituiti se necessario.

Prolungamenti: Il sistema di evacuazione delle acque piovane che si depositano sull'estradosso delle nuove solette segue il medesimo principio della soletta esistente: fori nel cordolo esterno e pluviali di raccolta che scendono lungo la testata, accompagnando l'acqua fino al livello dell'intradosso della soletta, per evitarne il dilavamento.

Alla base del nuovo muro e in corrispondenza della zona di contatto tra la parte di galleria esistente e quella nuova, sono previsti drenaggi che raccolgono le acque accumulate dietro il muro a monte.

Sono da posare due nuovi pozzetti all'ingresso della galleria, presso i due nuovi portali. L'acqua risultante sarà da evacuare direttamente nel riale.

6.4.8 Soletta

Parte esistente: Risanamento delle parti ammalorate del cordolo della soletta e successiva riprofilatura con malta bonificata. Sigillatura dei giunti e applicazione di un rivestimento: sistema protettivo OS2 secondo il piano tipo 2.705, all'intradosso della soletta e sistema protettivo OS5 secondo il piano tipo 2.703, sulla testata della soletta e sul cordolo.

Con l'esecuzione dei prolungamenti adiacenti, viene rimosso il cordolo della soletta in corrispondenza dei due portali, in questo modo è possibile posare il nuovo giunto e raccordare l'impermeabilizzazione.

Prolungamenti: La soletta esistente, di 120 cm di altezza, è costituita da cassettoni, quella dei prolungamenti sarà una soletta piena di 60 cm di spessore con architrave in corrispondenza dell'appoggio sui pilastri anch'esso di 60 cm di spessore. In questo modo il profilo esterno della nuova soletta segue quello della galleria esistente. Essa sarà realizzata in calcestruzzo armato (CPN D) e per la sua costruzione sarà necessaria la realizzazione di una centina.

6.4.9 Pavimentazione

Parte esistente: Attualmente è presente un solo strato di asfalto. Secondo le indicazioni dell'ufficio del Tracciato è sufficiente la posa di un monostrato di 7 cm (AC 16N), per una categoria di traffico leggero T1.

Durante la demolizione si valuterà se necessario sostituire, anche parzialmente, lo strato di fondazione esistente. La mocca sul lato a valle viene rimossa e non verrà più ripristinata.

Come premesso al capitolo "1.3.2 Descrizione del manufatto", la corsia a valle non ha altezza sufficiente a soddisfare la norma VSS SN 640201 che impone un'altezza minima di 4,40 m per il passaggio di bus e autocarri, con velocità massima di 50 km/h. Si suggerisce, nel corso delle prossime fasi progettuali, di valutare la possibilità di abbassare il livello della pavimentazione durante il rifacimento della stessa, in modo tale da avere un'altezza minima sufficiente nella corsia a valle.

Prolungamenti: Sulla parte nuova sarà realizzata una pavimentazione analoga alla galleria esistente, quindi un monostrato di 7 cm (AC 16N). Si interviene oltre l'area dei prolungamenti con un raccordo di circa 15/20 m per parte.

Nel caso in cui si intervenga ad abbassare il livello della quota stradale, come esposto nel paragrafo della parte esistente, le quote della pavimentazione nelle zone di raccordo saranno da adattare estendendo l'area d'intervento.

6.4.10 Impermeabilizzazione

Parte esistente: Dopo aver scavato, a tappe, tutto il materiale presente sopra la galleria esistente va rimossa l'attuale impermeabilizzazione e ne va posata una nuova. Si prevede un telo PBD incollato e una cappa di protezione con calcestruzzo CP250, spessore da 5 a 10 cm. L'impermeabilizzazione viene estesa fino a scendere sulla testata verticale a monte fino al giunto di getto e oltre. Essa sarà rivestita con uno strato di protezione costituito da 2 cm di malta.

Prolungamenti: Sulla nuova struttura si interviene con la stessa impermeabilizzazione. Lo stesso telo PBD sarà raccordato sul cordolo della testata e sulle parti verticali dei nuovi muri di contenimento.

6.4.11 Cordoli

Parte esistente: Non ci sono cordoli.

Prolungamenti: Sul lato Campo Vallemaggia, il cordolo a valle della strada necessita di un ripristino o di un parziale rifacimento. Questo sarà oggetto di valutazione durante le successive fasi di progettazione. Nell'ambito di questo progetto di massima si considera di intervenire con una demolizione parziale del cordolo e suo rifacimento, compresa rimozione e sostituzione delle barriere elastiche, su una lunghezza di circa 25 m.

6.4.12 Barriere elastiche

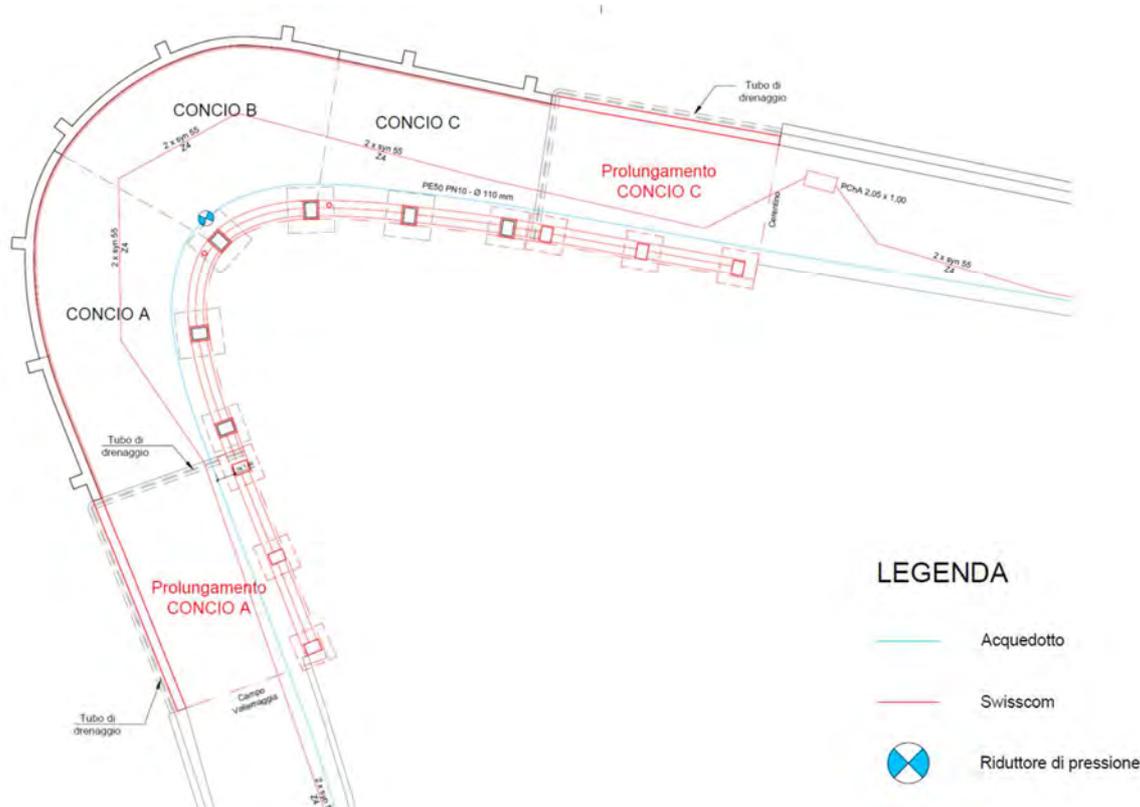
Parte esistente: Le barriere elastiche presenti vengono rimosse e sostituite con nuovi parapetti di calcestruzzo armato (vedi paragrafo “6.2.4 - Travi di collegamento”).

Prolungamenti: Le barriere elastiche presenti in corrispondenza della nuova area di intervento saranno da rimuovere, sul lato Campo Vallemaggia. Esse saranno sostituite con nuovi parapetti di calcestruzzo armato (vedi paragrafo “6.2.4 - Travi di collegamento”).

Nel tratto verso Campo Vallemaggia, dove si interviene con il rifacimento di parte del muro di sostegno, saranno da rimuovere le barriere elastiche esistenti e sostituite con elementi nuovi.

6.4.13 Infrastrutture

Parte esistente: Al momento sono presenti sotto la pavimentazione la condotta di acqua potabile che serve le frazioni di Piano di Campo e Niva e le infrastrutture di Swisscom. Di seguito l’estratto del piano delle infrastrutture presenti attualmente.



Abbiamo inoltrato la richiesta a Swisscom, Cablecom e al Municipio di Campo Vallemaggia per conoscere eventuali previsioni di potenziamento delle infrastrutture. Gli enti comunicano che non sono in previsione lavori per ampliamento o potenziamento di nessuna infrastruttura.

Prolungamenti: Durante i lavori sarà da valutare lo stato attuale e l’eventuale sostituzione dei pozzetti e dei chiusini esistenti. Sono da posare due nuovi pozzetti all’ingresso della galleria, presso i due nuovi portali. L’acqua risultante sarà da evacuare direttamente nel riale.

7. VERIFICHE STATICHE

7.1 *Scopo*

Il controllo statico è stato aggiornato sulla base dei valori risultanti dal rapporto del geologo sulla situazione valanghiva. Inoltre, con la nuova fase progettuale, si è definito di ampliare la galleria mediante la realizzazione di due nuovi conci adiacenti alla struttura esistente; di seguito esponiamo le basi della nuova verifica statica completa.

A completamento del presente paragrafo si rimanda agli elaborati:

- 491.602 G / 10 Verifica statica;
- 491.602 G / 11 Basi di progetto.

7.2 *Basi di calcolo*

Come basi di calcolo fanno stato i seguenti documenti:

- SIA 260, 261, 261/1, 262, 262/1, 263, 263/1, 264, 264/1, 266, 266/1, 266/2, 267, 267/1, 269, 269/1 – 269/7, 269/8, 270, 272 e SIA 2018 attualmente vigenti;
- Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren: Lawinen;
- Piani casseri e armatura messi a disposizione da parte del committente;

7.3 *Valori caratteristici dei materiali*

Nostre ipotesi in merito ai materiali utilizzati per la galleria esistente:

- Calcestruzzo BH 350: $f_{cd} = 12.8 \text{ N/mm}^2$ $f_{ck} = 19.2 \text{ N/mm}^2$
 $\tau_{cd} = 0.88 \text{ N/mm}^2$;
- Acciaio d'armatura tipo III: $f_{sd} = 390 \text{ N/mm}^2$;

Materiali per l'ampliamento:

- Calcestruzzo C30/37: $f_{cd} = 20 \text{ N/mm}^2$ $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
 $f_{ctm} = 2.9 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{cd} = 1.1 \text{ N/mm}^2$;
- Acciaio:
armatura passiva B500B $f_{cd} = 435 \text{ N/mm}^2$ $f_{sk} = 500 \text{ N/mm}^2$
 $\epsilon_{ud} = 0.045$ $k_s = 1.08$
Pilastri di rinforzo S355 $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$ $f_u = 510 \text{ N/mm}^2$
 $\tau_y = 205 \text{ N/mm}^2$
Ancoraggi passivi SAS 670/800 $f_{yk} = 600 \text{ N/mm}^2$ $f_{tk} = 800 \text{ N/mm}^2$
- Terreno di fondazione e per riempimenti:
materiale sciolto: $\phi'_k = 33^\circ$ $c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$ $\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
roccia: $\phi'_k = 40^\circ$ $c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$ $\gamma = 27,0 \text{ kN/m}^3$

Per il calcolo si tiene conto di uno spessore medio di 1,00 m di terra su tutta la superficie della soletta.

7.4 Azioni considerate

- Azioni permanenti

Azione	Interventi / Fasi successivi	Ipotesi calcolo
Carichi fissi		
Calcestruzzo	Fondazioni Elevazioni Solette	Peso proprio del calcestruzzo $\gamma_G = 25 \text{ kN/m}^3$
Sovraccarichi		
Terreno	Solette	Peso specifico del materiale sciolto $\gamma_G = 20 \text{ kN/m}^3$
Spinta del terreno		
Generati da carichi permanenti	Spinta riposo sull'elevazione	$\varphi'_k = 33^\circ / c'_k = 0 \text{ kN/m}^2 / \gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$

- Azioni variabili

Azione	Interventi / fasi successivi	Ipotesi di calcolo
Neve	H = 1240 msm	$h_0 = 1440 \text{ m}$ $\mu_i = 1,0$ $C_e = 1,0$ $C_T = 1,0$ $s_k = 7,2 \text{ kN/m}^2$ $q_k = 7,2 \text{ kN/m}^2$
Valanga	Altezza variabile da 4,00 a 2,00 m	$\rho_a = 0,5 \text{ t/m}^3$ $\mu = 0,4$

- Azioni accidentali

Azioni	Interventi / Fasi successive	Ipotesi di calcolo
Terremoto	Forze sui telai	Classe del terreno A, S = 1,00 Classe di costruzione II, $\gamma_f = 1,2$ Tipo di costruzione calcestruzzo armato, q = 2,0 Zona terremoto Z1, $a_{gd} = 0,6 \text{ m/s}^2$ (non si deve verificare il terremoto con i valori sopraindicati secondo la SIA 267 Art. 7,2,3)

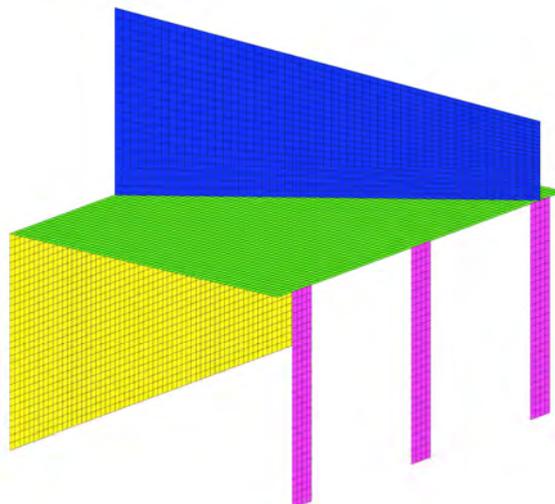
7.5 Modello statico

Per la verifica è stato utilizzato il programma ad elementi finiti FENAS.

La galleria esistente viene considerata suddivisa in tre singoli conci A, B e C, ognuno con due pilastri a valle. I conci A e C si appoggiano sulla parte B mediante due mensole.

Si rimanda al paragrafo "3.1.5 – Modello statico" della precedente fase progettuale per quanto concerne le considerazioni fatte sul manufatto esistente che sono le medesime: pilastri e muri a monte incastrati al piede, soletta a cassettoni.

I due nuovi prolungamenti, adiacenti ai conci A e C sono stati calcolati anch'essi con muri e pilastri incastrati al piede. Per il calcolo si è preso in considerazione uno dei due prolungamenti (concio C) come modello tipo, avendo i due conci la stessa geometria e le medesime caratteristiche.



Modello statico prolungamento concio C

7.6 **Situazione di dimensionamento**

La situazione di rischio determinante considerata per il dimensionamento è la seguente.

- Parte esistente

Sicurezza strutturale	Tipo 2	Peso proprio	$\gamma_G = 1,2$
		Terra sopra	$\gamma_G = 1,2$
		Spinta della terra	$\gamma_{G,Q} = 1,2$
		Valanga forza verticale	$\gamma_{G,Q} = 1,5$
		Spinta della valanga	$\gamma_{G,Q} = 1,5$
		Frizione della valanga	$\gamma_{G,Q} = 1,5$

- Parte nuova, prolungamenti

Sicurezza strutturale	Tipo 2	Peso proprio	$\gamma_G = 0,8/1,35$
		Terra sopra	$\gamma_G = 0,8 / 1,35$
		Spinta della terra	$\gamma_{G,Q} = 1,35$
		Valanga forza verticale	$\gamma_{G,Q} = 1,5$
		Spinta della valanga	$\gamma_{G,Q} = 1,35$
		Frizione della valanga	$\gamma_{G,Q} = 1,5$

7.7 **Sicurezza strutturale**

- Parte esistente: sotto le mensole della trave di bordo della soletta, essendo la loro resistenza al limite per la combinazione di azioni considerata, si inseriscono due nuovi pilastri in acciaio.
- Parte nuova, prolungamenti: tutte le parti nuove soddisfanno la sicurezza strutturale.

7.8 Efficienza funzionale

Le fessure verticali presenti sui muri a monte della galleria esistente, circa ogni 2,50 - 3,00 m, sono causate da una carenza di armatura in senso orizzontale. Non è possibile sopperire a questa mancanza ma grazie alla realizzazione dello spessoramento nella parte bassa e all'applicazione di un sistema protettivo OS5 sulla parte alta, è possibile ritardare il degrado del muro.

7.9 Conclusione

I carichi della valanga sono stati confermati dallo studio eseguito dal geologo Valenti "**Strada cantonale Cerentino - Cimalmotto, Semigalleria Val Sterpa, situazione valanghiva**", datato Agosto 2020. Il carico ottenuto nelle analisi è stato utilizzato per il dimensionamento della parte di ampliamento. Il predimensionamento della galleria esistente era stato eseguito con un carico della valanga superiore, con il nuovo carico quindi il calcolo è verificato.

Si rende attenti che sulla soletta della galleria esistente sono da evitare carichi concentrati dato che la soletta a cassettoni, localmente, presenta spessori ridotti. A rinforzo delle mensole della trave di bordo della soletta, la cui resistenza è al limite, vengono introdotti due pilastri di acciaio che appoggeranno sul nuovo parapetto.

La possibilità di realizzare una pista di accesso a monte della galleria, sopra al muro di sostegno esistente lato Campo Vallemaggia, è da verificare dato che al momento non sono note le caratteristiche di tale muro. Si raccomanda di svolgere una verifica in fase esecutiva dello stato attuale e della resistenza. È probabile che esso non sia dimensionato per questo scopo, sarà quindi da valutare la modalità di intervento per eseguire scavi e riempimenti. Il riempimento dietro e sopra la galleria, è in ogni caso da eseguire simultaneamente su tutta la galleria, per evitare assestamenti differenziali.

Il consolidamento della parte esistente e il prolungo della galleria garantiscono la sicurezza strutturale e l'efficienza funzionale per una valanga trentennale.

8. CONDUZIONE DEL TRAFFICO

8.1 Premessa

Le fasi di lavoro e la gestione del traffico sono illustrate nel piano "461.620 G /016 – Piano conduzione del traffico" e sono contenute nel capitolo "6.5 Programma lavori" della presente relazione tecnica.

Di seguito elencheremo le fasi di lavoro e le tempistiche necessarie per il loro svolgimento.

Si ipotizza di separare gli interventi su due anni consecutivi, avendo a disposizione durante l'anno un periodo breve per svolgerli, a causa delle temperature rigide e del pericolo di valanghe.

In generale, per la realizzazione degli interventi descritti di seguito, occorre installare un impianto semaforico che permetta la chiusura di una corsia e il transito a senso alternato. I due semafori hanno 150 m di distanza, sarà quindi necessario garantire il tempo di percorrenza sufficiente per i ciclisti. In alcune fasi sarà necessario chiudere la strada al traffico, permettendolo solo in alcune fasce orarie; tuttavia si tratta soltanto di brevi periodi.

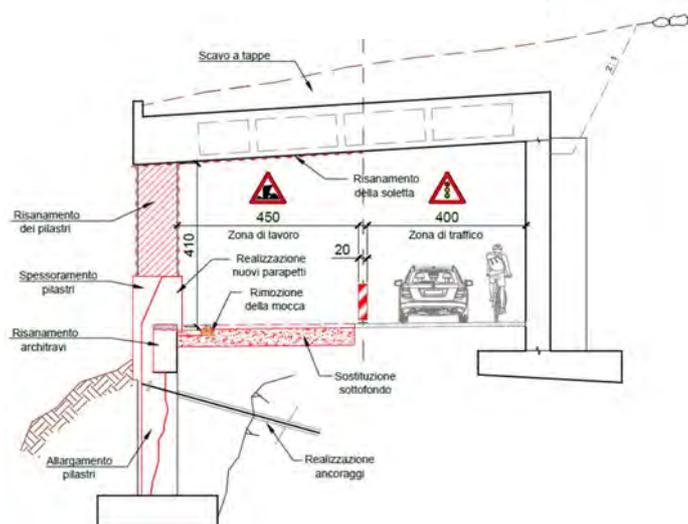
Durante la demolizione dei muri di contenimento esistenti sopra la galleria sarà necessaria una limitazione dell'altezza dato che l'altezza libera di passaggio sarà ridotta a circa 3,80 m, per poter posare la puntellazione di sicurezza sotto la soletta.

Durante le fasi iniziali e finali di installazione e sgombero cantiere, ma anche durante le fasi intermedie di modifica della viabilità, sarà necessario l'ausilio di operatori per la regolazione manuale del traffico.

8.2 Fase 1 - Interventi a valle

Per la realizzazione della fase 1 è necessario chiudere la corsia a valle e gestire il traffico mediante un impianto semaforico permettendo il transito a senso alternato sulla corsia verso monte. Questo permette di svolgere tutti i lavori sulla corsia a valle, sia sul manufatto esistente sia sulla parte nuova.

Gli interventi a valle hanno durata di circa 3 mesi (ipotizzato da inizio settembre fino a metà novembre).

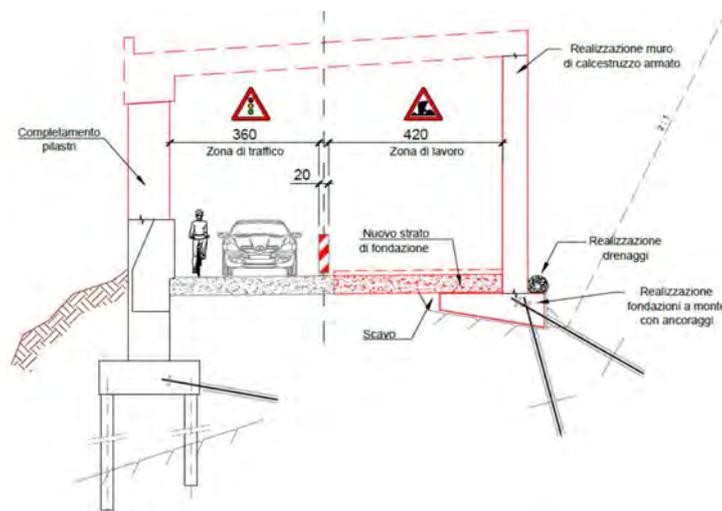


Conduzione del traffico durante la Fase 1

8.3 Fase 2 - Interventi a monte

Successivamente si interviene sulla corsia a monte, sia per quanto concerne la parte esistente sia per quanto riguarda i nuovi prolungamenti. Durante questa fase è necessario chiudere la corsia a monte permettendo il transito a senso alternato sulla corsia a valle.

Gli interventi a monte hanno durata di circa 3 mesi (ipotizzato da metà maggio fino a fine luglio, inizio vacanze estive).

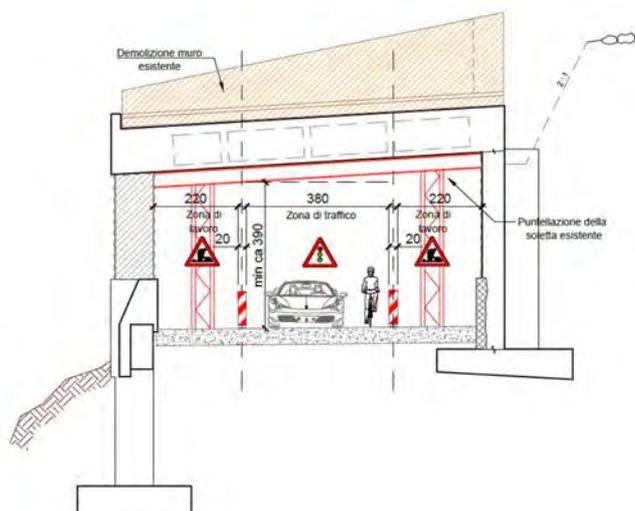


Conduzione del traffico durante la Fase 2

8.4 Fase 3 - Demolizione muri di contenimento

Per demolire i muri di contenimento sopra la soletta del manufatto esistente occorre posare una puntellazione di sicurezza. In questa fase il traffico viene deviato in un'unica corsia centrale. Le parti demolite vanno rimosse tramite autogrù; il mezzo richiede sufficiente spazio, quindi è necessaria la chiusura della strada a fasce orarie ed eventualmente la regolazione manuale del traffico.

La demolizione richiede circa 2 settimane di lavoro, inclusa la realizzazione della puntellazione.

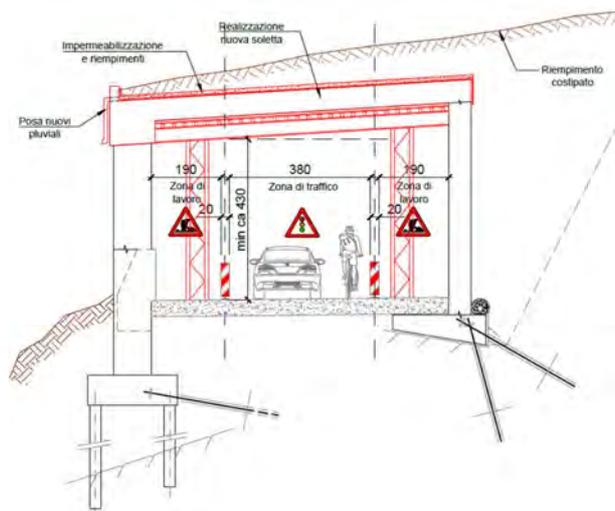


Conduzione del traffico durante la Fase 3

8.5 Fase 4 - Realizzazione nuove solette

La viabilità resta invariata durante la realizzazione delle solette dei nuovi prolungamenti con una corsia centrale transitabile, che permette la posa delle centine di puntellazione sui lati.

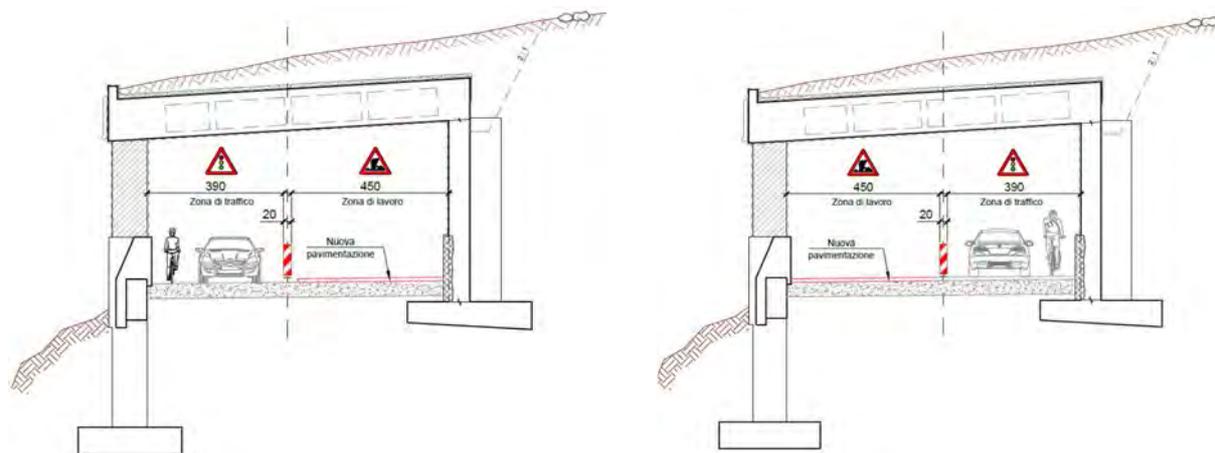
Gli interventi di questa fase hanno durata di circa 3 mesi e mezzo (ipotizzato da metà agosto fino a fine novembre). Durante la costruzione della centina per la nuova soletta è necessaria la chiusura della strada a fasce orarie ed eventualmente la regolazione manuale del traffico.



Conduzione del traffico durante la Fase 4

8.6 Fasi 5 e 6 – Nuova pavimentazione

Lo strato completo della pavimentazione verrà posato alla fine di tutti i lavori, durante tutte le altre fasi si considera di transitare sul nuovo strato di fondazione. Per l'esecuzione è necessario chiudere prima la corsia a monte e poi quella a valle.



Conduzione del traffico durante le Fasi 5 e 6

Le fasi 5 e 6 hanno una durata complessiva di circa 3 settimane, incluso lo sgombero finale del cantiere. Dopo la posa della pavimentazione è possibile riprendere il normale traffico su due corsie.

9. PROGRAMMA DEI LAVORI

9.1 Premessa

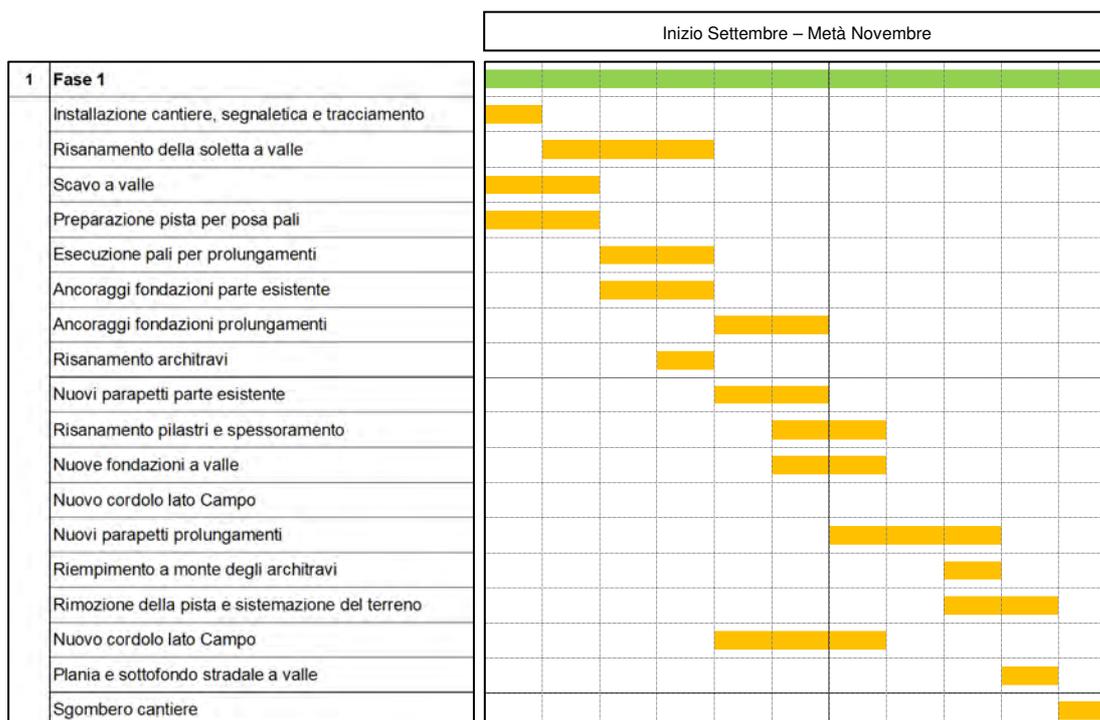
Per il programma lavori si rimanda al piano 491.620 G / 017 allegato al presente incarto.

Si evidenzia che, essendo necessarie circa 40 settimane di lavoro per gli interventi previsti, e avendo a disposizione un periodo relativamente breve per svolgerli (circa da maggio a inizio novembre a causa del pericolo di valanghe primaverili e a causa delle temperature rigide già in autunno) si è deciso di separare gli interventi su due anni consecutivi.

Si prevede di cominciare i lavori in settembre sulla parte verso valle al fine di non intaccare i muri di contenimento, che svolgono la funzione di protezione dalle valanghe, e per non lasciare una situazione critica durante la sospensione dei lavori in inverno.

Si rende attenti al fatto che, durante le operazioni di scavo e di riempimento sopra la galleria, possono transitare e lavorare solo mezzi piccoli, per evitare che dei carichi concentrati vadano a danneggiare la soletta a cassettoni che, localmente, presenta spessori ridotti.

9.2 Fase 1 - Interventi a valle

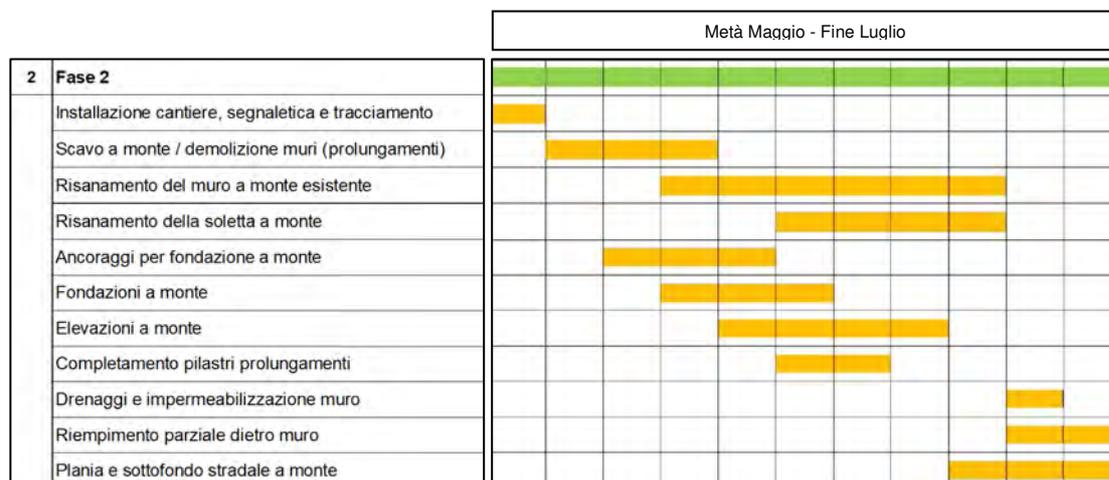


Parte esistente: risanamento pilastri e spessoramento, risanamento intradosso di parte della soletta, risanamento architravi, realizzazione nuovi parapetti e relative fondazioni ancorate, rimozione della mocca, rimozione della pavimentazione esistente e sostituzione del sottofondo.

Prolungamenti: esecuzione pali, scavo, ancoraggi e costruzione nuove fondazioni, realizzazione parapetti su tutta la lunghezza, rimozione della pavimentazione esistente e sostituzione del sottofondo. In questa fase l'impianto semaforico devia tutto il traffico sulla corsia a monte, a senso alternato.

9.3 Fase 2 - Interventi a monte

Dopo la sospensione invernale del cantiere si interviene sulla corsia a monte, sia per quanto concerne la parte esistente sia per quanto riguarda i nuovi prolungamenti. L'inizio dei lavori è vincolato alla situazione nevosa. Durante questa fase si svolgeranno i seguenti interventi:

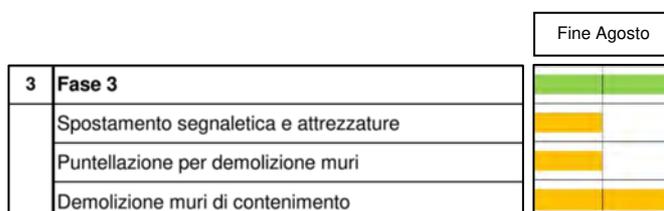


Parte esistente: scavo e risanamento muro a monte, risanamento intradosso della soletta restante, rimozione della pavimentazione esistente e sostituzione del sottofondo.

Prolungamenti: demolizione dei muri adiacenti la galleria e scavo, costruzione nuove fondazioni ancorate, realizzazione nuovi muri a monte, completamento dei pilastri a valle, riempimento parziale dietro i nuovi muri, rimozione della pavimentazione esistente e sostituzione del sottofondo.

9.4 Fase 3 - Demolizione muri di contenimento

Questa fase riguarda soltanto il manufatto esistente.

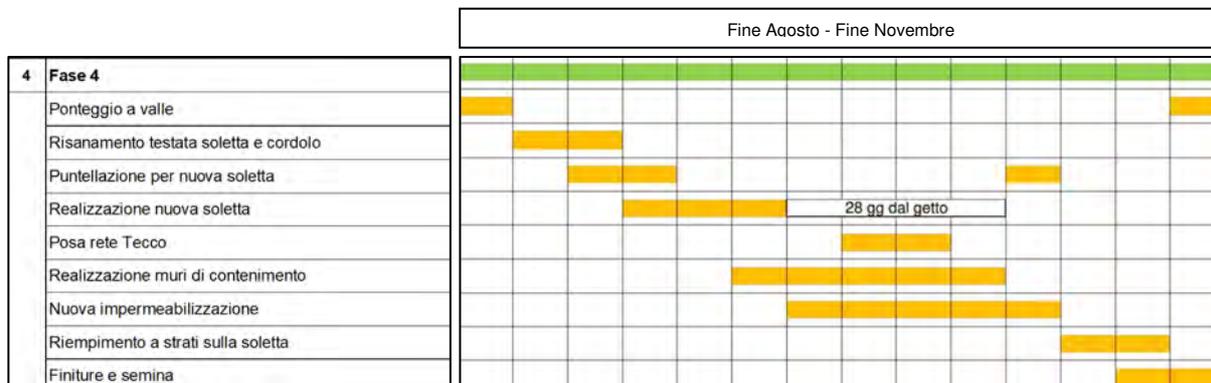


Prima di eseguire le nuove solette dei prolungamenti, è necessario demolire i muri di contenimento sopra la soletta del manufatto esistente. Essi vanno rimossi tramite autogrù, quindi è necessaria la chiusura del traffico a fasce orarie. Ciò non permette di proseguire nel frattempo con le lavorazioni sui prolungamenti. Inoltre, prima della demolizione, è necessaria una puntellazione di sicurezza.

Durante questa fase il traffico viene deviato in un'unica corsia centrale.

9.5 Fase 4 - Solette prolungamenti

La viabilità resta invariata e si procede con i seguenti interventi:



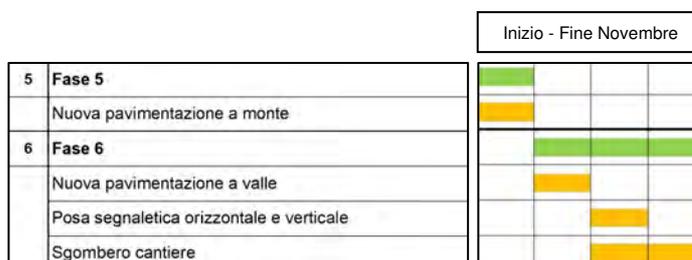
Parte esistente: rifacimento impermeabilizzazione e giunti, riempimento sopra soletta e semina, posa della rete Tecco.

Prolungamenti: realizzazione centine per getto nuove solette, realizzazione solette, realizzazione muri di contenimento, nuova impermeabilizzazione e giunti, riempimento sopra soletta e semina, posa della rete Tecco.

9.6 Fasi 5 e 6 – Nuova pavimentazione

Lo strato completo della pavimentazione verrà posato alla fine di tutti i lavori, dato che la centina di puntellazione realizzata per il getto delle solette dei prolungamenti potrebbe danneggiare il nuovo asfalto, a causa del carico puntuale importante. Ciò avviene in due fasi, prima lo strato a monte, poi lo strato a valle.

In ultimo si posa la nuova segnaletica orizzontale e verticale.



10. PREVENTIVO DEI COSTI

Di seguito riportiamo la tabella riassuntiva dei costi, suddivisi secondo i diversi CPN.

La base di calcolo è il primo semestre del 2020.

CPN			Totale	Risanamento esistente	Prolungamenti Conci A e C
111	Regie		108'400.00	31'800.00	76'600.00
112	Prove		43'300.00	12'700.00	30'600.00
113	Impianto di cantiere		203'000.00	62'000.00	141'000.00
114	Ponteggi		66'150.00	38'200.00	27'950.00
116	Taglio alberi		20'900.00	6'700.00	14'200.00
117	Demolizioni		197'150.00	52'650.00	144'500.00
131	Ripristino protezione di strutture di cls armato		125'115.00	125'115.00	0.00
132	Perforazione e taglio di cls e muratura		3'500.00	3'500.00	0.00
164	Ancoraggi		156'321.00	23'790.00	132'531.00
171	Pali		51'200.00	0.00	51'200.00
172	Impermeabilizzazione opere interrato e ponti		176'721.00	96'864.00	79'857.00
181	Costruzione di giardini e opere paesaggistiche		16'000.00	10'000.00	6'000.00
211	Fosse di scavo e movimenti di terra		340'350.00	88'550.00	251'800.00
214	Premunizione contro valanghe e caduta sassi		77'500.00	40'000.00	37'500.00
221	Strati di fondazione estrazione materiale		30'530.00	19'525.00	11'005.00
223	Pavimentazioni		71'000.00	28'650.00	42'350.00
237	Canalizzazione e opere di prosciugamento		10'700.00	800.00	9'900.00
241	Opere di calcestruzzo eseguite sul posto		800'120.00	92'150.00	707'970.00
281	Barriere di sicurezza e parapetti		6'250.00	0.00	6'250.00
282	Segnaletica stradale: segnali		18'000.00	9'000.00	9'000.00
	PARZIALE 1		2'522'207.00	741'994.00	1'780'213.00
1	Imprevisti	10%	252'221.00	74'199.00	178'021.00
	PARZIALE 2		2'774'428.00	816'193.00	1'958'234.00
2	Occupazione temp. terreni	2%	55'489.00	16'324.00	39'165.00
3	Espropri		0.00	0.00	0.00
4	Onorari PP	12%	332'931.00	97'943.00	234'988.00
5	Spese generali committente	8%	221'954.00	65'295.00	156'659.00
	TOTALE IVA ESCLUSA		3'384'802.00	995'755.00	2'389'046.00
6	IVA	7.7%	260'630.00	76'673.00	183'957.00
	TOTALE IVA INCLUSA		3'645'430.00	1'072'430.00	2'573'000.00

11. CONCLUSIONE GENERALE

11.1 *Premessa*

La galleria artificiale Val Sterpa a Campo Vallemaggia, costruita nel 1977, serve a riparare la strada dalla caduta di valanghe. La galleria è aperta sul lato a valle e la sua copertura è costituita da una soletta di calcestruzzo armato a cassettoni.

Nell'analisi preliminare si sono rilevati segni di degrado alla base dei muri a monte e degrado avanzato sulle travi e sui pilastri a valle, dove si è constatata una forte presenza di cloruri. Oltre al problema della durabilità della struttura, si sono evidenziati i due temi principali riguardanti la protezione dalle valanghe:

- la neve scavalca i muri di protezione sopra la galleria e raggiunge la strada, ostruendo i portali;
- la neve si accumula nel pendio antistante e rientra all'interno invadendo il campo stradale.

Lo studio successivo redatto dal geologo Giorgio Valenti, intitolato "**Strada cantonale Cerentino - Cimalmotto, Semigalleria Val Sterpa, situazione valanghiva**", ha evidenziato e confermato tali problematiche.

Il progetto di massima è volto alla soluzione di ampliamento della galleria, oltre che di risanamento del manufatto esistente.

11.2 *Interventi previsti*

La variante scelta prevede:

- il risanamento completo per il manufatto esistente, inclusa la realizzazione di un parapetto che impedisca alla valanga che si accumula a valle di invadere il campo stradale e la posa di una rete di tipo Tecco fra i pilastri.
- l'ampliamento della galleria da entrambe le parti, 15,00 m per parte, e la costruzione di due ali di calcestruzzo parallele al corso valanghivo sui nuovi prolungamenti, che evitino che la valanga debordi al di sopra dei portali.

Questa variante propone una soluzione quasi definitiva al problema. Si specifica che, se dovessero susseguirsi più valanghe di piccole dimensioni, la copertura potrebbe intasarsi permettendo a valanghe successive di oltrepassare le ali in calcestruzzo. Per evitarlo, è consigliabile valutare un'ulteriore intervento, durante la prossima fase di progetto: aumentare la pendenza del tratto di pendio precedente la semigalleria fino ad almeno 20°.

11.3 *Programma lavori*

Si ipotizza di separare gli interventi su due anni consecutivi, avendo a disposizione durante l'anno un periodo breve per svolgerli, circa da maggio a inizio novembre, a causa delle temperature rigide in inverno e del pericolo di valanghe. Si prevede di cominciare i lavori in settembre sulla parte verso valle al fine di non intaccare i muri di contenimento, che svolgono la funzione di protezione dalle valanghe, e per non lasciare una situazione critica durante la sospensione dei lavori in inverno.

11.4 Conduzione del traffico

Per realizzare la maggior parte degli interventi occorre gestire il traffico mediante impianto semaforico, con la chiusura di una corsia e il transito a senso alternato sull'altra. I semafori hanno una distanza di 150 m, è necessario garantire il tempo di percorrenza sufficiente per i ciclisti.

In alcuni brevi periodi è necessario chiudere la strada al traffico (demolizione muri di contenimento sopra la galleria esistente), permettendolo solo in alcune fasce orarie. Durante le fasi iniziali e finali di installazione e sgombero cantiere, ma anche durante le fasi intermedie di modifica della viabilità, occorre l'ausilio di operatori per la regolazione manuale del traffico.

Durante una delle fasi è necessaria una limitazione dell'altezza dato che l'altezza libera di passaggio sarà ridotta a circa 3,80 m, per poter posare la puntellazione di sicurezza sotto la soletta.

11.5 Criticità

Durante le operazioni di scavo e di riempimento sopra la galleria, possono transitare e lavorare solo mezzi piccoli, per non danneggiare la soletta a cassettoni che, localmente, presenta spessori ridotti.

La possibilità di realizzare una pista di accesso a monte della galleria, sopra al muro di sostegno esistente lato Campo Vallemaggia, è da verificare dato che al momento non sono note le caratteristiche di tale muro. Si raccomanda di svolgere una verifica in fase esecutiva dello stato attuale e della resistenza. È probabile che esso non sia dimensionato per questo scopo, sarà quindi da valutare la modalità di intervento per eseguire scavi e riempimenti.

11.6 Infrastrutture

Per quanto riguarda le infrastrutture, gli enti comunicano che non sono in previsione lavori di ampliamento o potenziamento.

11.7 Costi

I costi totali per la sistemazione e ampliamento della galleria ammontano a circa 3,6 Mio di Fr (IVA inclusa), di cui 1 Mio di Fr per il risanamento manufatto esistente e 2,6 Mio di Fr per i prolungamenti dei conci A e C.

11.8 Opportunità

Si rammenta che la corsia a valle non ha altezza sufficiente a soddisfare la norma VSS SN 640201 che impone un'altezza minima di 4,40 m per il passaggio di bus e autocarri. Si suggerisce, nel corso delle prossime fasi di progetto, di valutare la possibilità di abbassare il livello della pavimentazione, per ottenere un'altezza minima sufficiente.

SM Ingegneria sagl

Ing. Francesca Ricchi