

Cantone / Comune	TI / Lugano, Grancia, Melide, Bissone, Maroggia, Melano, Mendrisio
Tratta / Km di manutenzione	80 / 8.200 – 23.300
RBBS	2'870+800 – 2'720+700
TdCost	160081
Lotto / Oggetto	TP03 – ÜMa MGG
Numero inventario	21.02.80.502.01/02
Categoria struttura	<input type="checkbox"/> K <input checked="" type="checkbox"/> T/G <input type="checkbox"/> T/U <input type="checkbox"/> BSA

Convenzione di Utilizzazione e Basi di Progetto

D-5860
020.715
010.003

Rev.	Allestito	Indice A	Indice B	Indice C	Indice D	No. interno ufficio (PV):	7260.4-R-003
Data	29.08.2018					Numero oggetto di inventario :	21.02.80.502.01/02
Visto	Des					Formato:	A4
Controllo	Mo					Scala:	-
Conduzione di progetto Ufficio federale delle Strade USTRA Filiale Bellinzona Via C. Pellandini 2 6500 Bellinzona						Entrata:	
						Verificato / Ing. verificatore.:	
						Delibera:	

Specifiche tecniche:

INDICE

1.	SCOPO E AMBITO DI VALIDITÀ	2
1.1	Contenuto e obiettivi della convenzione di utilizzazione	2
1.2	Delimitazioni	2
2.	BASI	3
2.1	Norme SIA	3
2.2	Norme VSS	4
2.3	Istruzioni, direttive, manuali e documentazione USTRA	5
2.4	Altre direttive	5
2.5	Basi specifiche del progetto	5
2.6	Documenti MK semplificato	7
3.	OBIETTIVI GENERALI PER L'UTILIZZAZIONE	8
3.1	Obiettivo del progetto di risanamento	8
3.2	Utilizzazione del manufatto	8
3.3	Vita utile dell'intervento	8
4.	AMBIENTE ED ESIGENZE DI TERZI	9
4.1	Spazio utile per il traffico	9
4.1.1	Situazione attuale	9
4.1.2	Fase di cantiere	9
4.1.3	Situazione definitiva	9
4.2	Segnaletica e impianti	10
5.	PRESCRIZIONI PARTICOLARI DEL COMMITTENTE	11
5.1	Esigenze di utilizzazione durante i lavori	11
6.	CONCETTO STRUTTURALE	12
6.1	Sistema portante e modello strutturale	12
6.1.1	Concetto strutturale attuale	12
6.2	Metodologia di risanamento	12
7.	ANALISI STRUTTURALE E DIMENSIONAMENTO / VERIFICHE	14

7.1	Materiali	14
7.1.1	Calcestruzzo	14
7.1.2	Acciaio d'armatura	14
7.1.3	Impermeabilizzazione e strato drenante	14
7.2	Azioni	15
7.2.1	Caratterizzazione geomeccanica	15
7.2.2	Casi di carico	15
7.2.3	Verifica dello stato limite ultimo (SLU)	16
7.2.4	Verifica dello stato limite di esercizio (SLE)	16
8.	OBIETTIVI DI PROTEZIONE E RISCHI PARTICOLARI	17
8.1	Esigenze riguardo alla sicurezza / sicurezza contro gli influssi esterni	17
8.1.1	Aggressioni chimiche	17
8.1.2	Urto di veicoli	17
8.1.3	Terremoto	17
8.1.4	Incendio	17
8.2	Rischi accettati (fase di cantiere e fase di esercizio)	17
9.	EFFICIENZA FUNZIONALE E DURABILITÀ	18
	PROVVEDIMENTI	19
9.1	Dimensionamento / Verifiche	19
9.2	Materiali	19
9.3	Dettagli costruttivi	19
9.4	Esecuzione	19
9.5	Utilizzazione	19
10.	DISPOSIZIONI DELLE NORME	20
10.1	Classe d'opera	20
10.2	Trasporti eccezionali	20
10.3	Deroghe alle Norme ed alle direttive vigenti	20
11.	FIRME	21

INDICE DELLE PRINCIPALI ABBREVIAZIONI

ASTRA	Ufficio federale delle strade (USTRA)
BSA	Equipaggiamenti di esercizio e sicurezza
CdU	Convenzione d'utilizzazione
CME	Condizioni Minime d'Esercizio
EM	Elettromeccanica
MGG	Galleria Melide Grancia
MK	Concetto di intervento (Massnahmenkonzept)
OPAc	Ordinanza sulla protezione delle acque
POLUME	Potenziamento Lugano Mendrisio
SIA	Società svizzera degli ingegneri e degli architetti
UFAM	Ufficio federale dell'ambiente
VSS	Associazione svizzera dei professionisti delle strade e dei trasporti

1. SCOPO E AMBITO DI VALIDITÀ

1.1 Contenuto e obiettivi della convenzione di utilizzazione

Nel presente documento è esposta la convenzione di utilizzazione e le basi del progetto delle opere previste nell'ambito del concetto d'intervento (MK semplificato) della galleria autostradale Melide – Grancia (MGG). Eventuali aggiunte o modifiche che si individueranno durante le fasi successive del progetto saranno integrate nel presente documento.

Il documento persegue i seguenti obiettivi:

- elencare le esigenze progettuali e le misure da adottare per garantire l'utilizzazione prevista e la sicurezza dell'opera;
- riassumere le basi di progettazione;
- fornire eventuali deflessioni dalle norme, direttive, disposizioni o simili attualmente in vigore;
- fungere da strumento che permetta lo scambio d'informazioni tra Committente ed ingegnere progettista;
- essere uno strumento di lavoro per l'organizzazione del progetto;
- analizzare e mettere in risalto i rischi residui assunti dal Committente.

Questa convenzione è stata elaborata sulla base delle norme SIA attualmente in vigore, in particolare secondo quanto indicato dalla norma SIA 260 (2013) e le direttive USTRA (2018).

1.2 Delimitazioni

La presente CdU concerne l'intervento di risanamento della MGG. Il perimetro di studio si estende dal portale Nord di Grancia al portale Sud di Melide compresi. Entrambe le canne rientrano nel presente progetto. Rimangono esclusi gli altri elementi che compongono la galleria nel suo complesso (cunicoli di collegamento tra le due canne, cunicolo tecnico, centrali di ventilazione, ecc.).

Come limite temporale superiore si considera l'entrata in funzione del Progetto POLUME. Per maggiori considerazioni si rimanda al capitolo specifico.

2. BASI

2.1 Norme SIA

Norme SIA vigenti all'epoca della realizzazione dell'opera:

[NS1]	SIA 160 1970	Azioni sulle strutture portanti;
[NS2]	SIA 162 1968	Costruzioni di calcestruzzo.

Per l'elaborazione del progetto fanno stato tutte le norme SIA vigenti, in particolare:

[NS3]	SIA 103 2014	Ordnung für Leistungen und Honorare der Bauingenieurinnen und Bauingenieure;
[NS4]	SIA 118 2013	Condizioni generali per l'esecuzione dei lavori;
[NS5]	SIA 118/198 2007	Condizioni generali per costruzioni sotterranee;
[NS6]	SIA 118/262 2004	Condizioni generali per le costruzioni di calcestruzzo;
[NS7]	SIA 118/263 2004	Condizioni generali per le costruzioni in acciaio;
[NS8]	SIA 118/272 2009	Allgemeine Bedingungen für Abdichtungen und Entwässerungen von Bauten unter Terrain und im Untertagbau;
[NS9]	SIA 118/274 2010	Allgemeine Bedingungen für Abdichtungen von Fugen in Bauten;
[NS10]	SIA 193/121 2001	Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) - Injektionen
[NS11]	SIA 197 2004	Progettazione di gallerie, basi generali;
[NS12]	SIA 197/2 2004	Progettazione di gallerie, gallerie stradali;
[NS13]	SIA 198 2004	Costruzioni sotterranee – Esecuzione;
[NS14]	SIA 260 2013	Basi per la progettazione di strutture portanti;
[NS15]	SIA 261 2014	Einwirkungen auf Tragwerke;
[NS16]	SIA 261/1 2014	Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen;
[NS17]	SIA 262 2013	Betonbau;
[NS18]	SIA 262/1 2013	Betonbau - Ergänzende Festlegungen;
[NS19]	SIA 263 2013	Stahlbau;
[NS20]	SIA 267 2013	Geotechnik;
[NS21]	SIA 267/1 2013	Geotechnik – Ergänzende Festlegungen;
[NS22]	SIA 269 2011	Basi per il mantenimento di strutture portanti;
[NS23]	SIA 269/1 2011	Conservazione delle strutture portanti – Azioni;

[NS24]	SIA 269/2 2011	Conservazione delle strutture portanti - Strutture in calcestruzzo;
[NS25]	SIA 269/7 2011	Conservazione delle strutture portanti – Geotecnica;
[NS26]	SIA 270 2014	Abdichtungen und Entwässerungen – Allgemeine Grundlagen und Schnittstellen;
[NS27]	SIA 272 2009	Abdichtungen und Entwässerungen von Bauten unter Terrain und im Untertagbau;
[NS28]	SIA 274 2010	Abdichtungen von Fugen in Bauten – Projektierung und Ausführung;
[NS29]	SIA 400 2000	Elaborazione dei piani della costruzione;
[NS30]	SIA 430 1993	Entsorgung von Bauabfällen;
[NS31]	SIA 431 1997	Entwässerung von Baustellen;
[NS32]	SIA 2022 2003	Oberflächenschutz von Stahlkonstruktionen.

2.2 Norme VSS

Fanno stato tutte le norme VSS vigenti al momento dell'elaborazione della fase progettuale specifica, in particolare:

[VSS1]	SN 640 029 2002	Projektbearbeitung, Definitives Projekt;
[VSS2]	SN 640 033 2002	Projektdarstellung, Grundlagen und Anforderungen;
[VSS3]	SN 640 040b 1992	Projektierung, Grundlagen, Strassentypen;
[VSS4]	SN 640 080b 1991	Projektierung, Grundlagen, Geschwindigkeit als Projektierungselement;
[VSS5]	SN 640 201 1992	Geometrisches Normalprofil, Grundabmessungen und Lichtraumprofil der Verkehrsteilnehmer;
[VSS6]	SN 640 850a 2005	Markierungen; Ausgestaltung und Anwendungsbereiche;
[VSS7]	SN 640 862 1993	Markierungen; Anwendungsbeispiele für Haupt- und Nebenstrassen;
[VSS8]	SN 640 871a 2009	Strassensignale; Anwendung von retroreflektierenden Folien und Beleuchtung;
[VSS9]	SN 640 885 2015	Temporäre Signalisation, Leiteinrichtungen - Signalisation von Baustellen auf Autobahnen und Autostrassen;
[VSS10]	SN 640 886 2002	Temporäre Signalisation auf Haupt- und Nebenstrassen;
[VSS11]	SN 670 140b 2001	Frost, inkl. Karte;
[VSS12]	SN 671 256a 2015	Vorfabrizierte Perronkanten - Anforderungen an Projektierung, Fertigung und Einbau.

2.3 Istruzioni, direttive, manuali e documentazione USTRA

[ASTRA1]	ASTRA, 24001 Manuale tecnico Gallerie e geotecnica (FHB T/G), 2018
[ASTRA2]	ASTRA, 23001 Manuale tecnico Equipaggiamenti di esercizio e sicurezza (FHB BSA), 2018
[ASTRA3]	ASTRA, Direttiva 13001 Ventilazione delle gallerie stradali, 2008
[ASTRA4]	ASTRA, Direttiva 13004 Rilevamento incendio nelle gallerie stradali, 2007
[ASTRA5]	ASTRA, Direttiva 13005 Impianti video, 2012
[ASTRA6]	ASTRA, Direttiva 13006 Sistema di radiocomunicazione nei tunnel stradali, 2018
[ASTRA7]	ASTRA, Direttiva 13010 Segnaletica per gli impianti di sicurezza nelle gallerie stradale, 2011
[ASTRA8]	ASTRA, Direttiva 13011 Porte e porte carrabili nelle gallerie stradali, 2009
[ASTRA9]	ASTRA, Direttiva 13012 Sistemi di rilevamento automatico del traffico, 2009
[ASTRA10]	ASTRA, Direttiva 13015 Impianti d'illuminazione, 2017
[ASTRA11]	ASTRA, Direttiva 74001 Esigenze in materia di sicurezza per le gallerie della rete delle strade nazionali, 2010
[ASTRA12]	ASTRA, Direttiva 19004 Analisi di rischio per le gallerie delle strade nazionali, 2014

2.4 Altre direttive

Altre direttive e documentazioni considerate per l'elaborazione del progetto:

[DA1]	37-06 12.2006	Direttiva USTRA / UFAM: Manuale per il rumore stradale, aiuto all'esecuzione per il risanamento (Leitfaden Strassenlärm, Vollzugshilfe für die Sanierung);
[DA2]	VU-2310-I 2002	Direttiva UFAP: "Protezione delle acque nello smaltimento delle acque di scarico delle vie di comunicazione";
[DA3]	06-06 03.2006	Direttiva UFAM: "Direttiva sul rumore dei cantieri".
[DA4]	Direttive VSA;	
[DA5]	Leggi e regolamenti delle strade nazionali;	
[DA6]	Legge sulla protezione dell'ambiente;	
[DA7]	Legge sulla protezione delle acque SR 814.20, 24.01.1991 (stato 01.01.2017);	
[DA8]	Regolamento sulla protezione delle acque SR 814.21, 28.10.1998 (stato 01.01.2017);	
[DA9]	Direttiva sul rumore dei cantieri BAFU.	

2.5 Basi specifiche del progetto

[BP1]	Piani del Progetto Esecutivo della Elektro-Watt Ingenieurunternehmung AB, 1966 – 1967
-------	---

[BP2]	Anastasi SA Ingegneria - Gianfranco Dazio SA: "Galleria Melide-Grancia – Analisi degli standard di sicurezza", Cadenazzo-Locarno, 2002
[BP3]	Brugnoli & Gottardi SA: "Galleria Melide-Grancia – Traffico – Relazione riassuntiva", Lugano, 2006.
[BP4]	Ecocontrol SA: "Rapporto di impatto ambientale", 2006
[BP5]	Ingegneria Maggia SA – Anastasi SA Ingegneria: "Galleria Melide-Grancia – Concetto globale di conservazione", Locarno, 2006.
[BP6]	Prof. Dott. G. Togliani: "Relazione geologico-geotecnica", Canobbio, 2006
[BP7]	Ingegneria Maggia SA – Anastasi SA Ingegneria: "Galleria Melide-Grancia – Cunicolo tecnico - Progetto di dettaglio", Locarno, 2007.
[BP8]	Ingegneria Maggia SA – Anastasi SA Ingegneria: "Galleria Melide-Grancia – Concetto d'intervento – Genio civile", Locarno, 2007.
[BP9]	Prof. Dott. G. Togliani: "Galleria Melide-Grancia – Cunicolo tecnico – Rilievi fronte di scavo", Canobbio, 2008
[BP10]	Ingegneria Maggia SA: "Galleria Melide-Grancia – Test Idrogel – Rapporto tecnico", Locarno, 2009
[BP11]	Ingegneria Maggia SA – Anastasi SA Ingegneria: "Galleria Melide-Grancia – Progetto d'intervento – Genio civile – Basi di progetto", Locarno, 2010
[BP12]	Ingegneria Maggia SA – Anastasi SA Ingegneria: "Galleria Melide-Grancia – Progetto d'intervento – Genio civile – Incarto generale – Rapporto tecnico", Locarno, 2010
[BP13]	Ingegneria Maggia SA – Anastasi SA Ingegneria: "Galleria Melide-Grancia – Progetto d'intervento – MP 2 Idrogel – Relazione tecnica", Locarno, 2010
[BP14]	Ingegneria Maggia SA – Anastasi SA Ingegneria: "Galleria Melide-Grancia – Lavori di Risanamento Km 18.700 – 20.430 – Pinai conformi all'opera (DAW) – Rapporto Tecnico", Locarno, 2016.
[BP15]	Lombardi SA: "Galleria Melide-Grancia – Rapporto Analisi", Minusio, 2017
[BP16]	Documentazione POLUME (in corso di elaborazione)
[BP17]	7260.4-R-002, Rapporto di verifica e disegni dell'opera esistente, No. Documento USTRA 010.002
[BP18]	7260.4-R-004, Relazione tecnica, No. Documento USTRA 010.004
[BP19]	7260.4-R-006, Analisi dei rischi, No. Documento USTRA 010.006
[BP20]	7260.4-R-007, Rapporto geologico, No. Documento USTRA 010.007

2.6 Documenti MK semplificato

[MK1]	7260.4-R-002, Rapporto di verifica, No. documento USTRA 010.002
[MK2]	7260.4-R-004, Relazione tecnica, No documento USTRA 010.004
[MK3]	7260.4-R-005, Preventivo costi, No. documento USTRA 010.005
[MK4]	7260.4-R-006, Analisi dei rischi, No. documento USTRA 010.006
[MK5]	7260.4-R-007, Rapporto geologico, No. documento USTRA 010.007
[MK6]	7260.4-D-101 Planimetria generale e sezioni tipo intervento, No. USTRA 010.101
[MK7]	7260.4-D-102, Schema planimetrico generale intervento, No. USTRA 010.102
[MK8]	7260.4-D-103, Sezioni tipo - Verifiche sagome interne, No. USTRA 010.201
[MK9]	7260.4-D-104, Sezioni - Controllo topografico dei profili interni - Canna Sud-Nord, No. USTRA 010.202
[MK10]	7260.4-D-105, Sezioni - Controllo topografico dei profili interni - Canna Nord-Sud, No. USTRA 010.203
[MK11]	7260.4-D-106, Sezioni - Contro-anello di sostegno, No. USTRA 010.204
[MK12]	7260.4-D-107, Sezione tipo BSA, No. USTRA 010.401
[MK13]	7260.4-D-108, Drenaggi - Piano sinottico smaltimento acque, No. USTRA 010.301
[MK14]	7260.4-D-109, Drenaggi - Sistema di raccolta a giunti aperti, No. USTRA 010.302
[MK15]	7260.4-D-110, Drenaggi - Sistema di connessione alla rete di smaltimento acque, No. USTRA 010.303
[MK16]	7260.4-D-111, Planimetria fasi di lavoro principali e sequenza delle lavorazioni, No. USTRA 010.103
[MK17]	7260.4-D-112, Planimetria concetto indagini e monitoraggio, No. USTRA 010.104

3. OBIETTIVI GENERALI PER L'UTILIZZAZIONE

3.1 Obiettivo del progetto di risanamento

Il progetto di risanamento persegue i seguenti obiettivi:

- Drenare l'acqua di falda allo scopo di ridurre le pressioni d'acqua sul rivestimento;
- Ridurre le infiltrazioni d'acqua che possono interessare la carreggiata;
- Applicare interventi di sostegno strutturale al fine di minimizzare il rischio di crollo dell'attuale rivestimento in calcestruzzo;
- Monitorare in remoto il drenaggio e il comportamento tenso-deformativo degli interventi di messa in sicurezza adottati;
- Realizzare i lavori di risanamento con il minimo impedimento per il traffico;
- Ottimizzare il progetto sotto l'aspetto della sostenibilità (ambiente, società e economia).

3.2 Utilizzazione del manufatto

Le caratteristiche di utilizzazione del manufatto devono rimanere quelle attuali, permettendo nella sua configurazione definitiva:

- La circolazione autostradale monodirezionale su due corsie per entrambe le canne;
- Di mantenere invariata la velocità di progetto pari a 100 km/h;
- Di mantenere invariata la larghezza delle corsie pari a 3.875 m.

3.3 Vita utile dell'intervento

La vita utile è il periodo durante il quale è garantita la sicurezza strutturale e l'efficienza funzionale dell'elemento con regolare manutenzione, ma senza risanamento.

La vita utile dell'intervento di risanamento in oggetto è stata fissata a 20 anni, in modo da coprire il periodo tra la fine del risanamento in oggetto e il completamento del progetto di potenziamento della tratta autostradale tra Lugano e Mendrisio (POLUME).

4. AMBIENTE ED ESIGENZE DI TERZI

4.1 Spazio utile per il traffico

4.1.1 Situazione attuale

La galleria attuale presenta due corsie di larghezza 3,875 m per un'altezza di 4,50 m ognuna. L'anello esistente invade già parzialmente lo spazio dedicato alla segnaletica e alla segnaletica variabile in corrispondenza dei paramenti. Gli altri spazi previsti per il traffico, le distanze di sicurezza così come lo spazio in volta dedicato agli equipaggiamenti di esercizio e sicurezza sono rispettati (Figura 1).

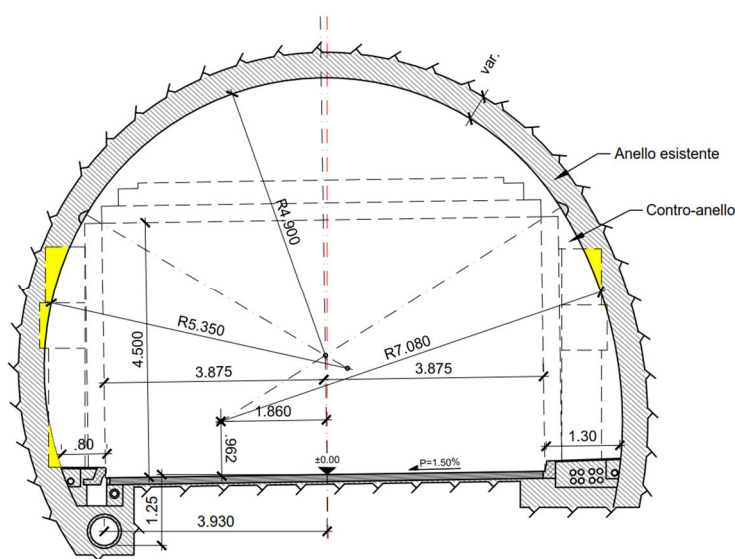


Figura 1 Sezione tipo attuale (pre-risanamento)

4.1.2 Fase di cantiere

In fase di cantiere, quando a fine turno la galleria viene riaperta al traffico, non si prevede un'invasione degli spazi superiore a quella corrispondente alla "situazione definitiva" descritta in precedenza.

4.1.3 Situazione definitiva

Al termine dei lavori di risanamento il contro-anello, con il quale si prevede di eseguire il rinforzo strutturale, andrà a diminuire la sezione della galleria invadendo lo spazio dedicato alla segnaletica e alla segnaletica variabile, lo spazio previsto per gli equipaggiamenti di esercizio e sicurezza e lo spazio di sicurezza attorno all'area utile per il traffico. Non è prevista l'invasione dello spazio utile per il traffico che resterà di 7,75 m (3,875 per ogni corsia).

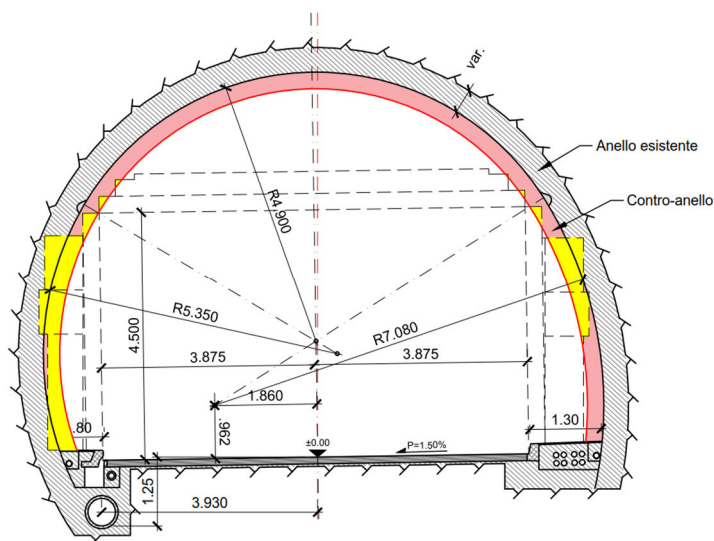


Figura 2 Sezione tipo attuale (post-risanamento)

4.2 Segnaletica e impianti

- BSA in fase di cantiere

Sono previste misure compensatorie di ripristino provvisorio in modo che la BSA sia conforme alle Condizioni Minime d'Esercizio (CME).

- BSA situazione definitiva

L'intervento prevede la medesima configurazione BSA attuale.

- Trattamento acque

L'intervento non altera il sistema di trattamento e smaltimento acque esistente.

5. PRESCRIZIONI PARTICOLARI DEL COMMITTENTE

5.1 Esigenze di utilizzazione durante i lavori

I lavori di risanamento devono eseguirsi mantenendo la galleria in esercizio nelle ore diurne, prevedendo la chiusura al traffico della canna interessata dagli interventi di risanamento:

- Dalle ore 22:00 alle ore 5:00, di domenica;
- Dalle ore 21:00 alle ore 5:00, da lunedì a giovedì.

L'accesso per l'esecuzione dei lavori nella canna chiusa al traffico è previsto 30' dopo l'orario di chiusura e l'uscita dalla canna è prevista 30' prima dell'apertura al traffico.

Durante i lavori il traffico in entrambe le direzioni viene deviato nella canna che rimane in funzione (con una canna chiusa al traffico e una canna con traffico bidirezionale). Al termine di ogni notte di lavoro la canna chiusa al traffico viene liberata e la situazione normale ripristinata (traffico monodirezionale su entrambe le corsie per entrambe le canne).

6. CONCETTO STRUTTURALE

6.1 Sistema portante e modello strutturale

6.1.1 Concetto strutturale attuale

La sezione trasversale è asimmetrica, sia in curva che in rettilineo: il piedritto interno (lato pilastro tra le canne) ha un raggio pari a 7.08 m, mentre il piedritto esterno ha un raggio pari a 5.35 m (vedi Figura 1). Il raggio interno in calotta è pari a 4.90 m. La sezione non ha arco rovescio. Il rivestimento della galleria è costituito da un anello in calcestruzzo non armato, semplice o doppio, a seconda della tratta. Solo in corrispondenza dei portali le strutture di rivestimento sono in calcestruzzo armato. Dal piano [MK8] si osserva la distribuzione di quest'ultime, distinguendo le tratte con anello singolo e le tratte con anello doppio. L'anello interno, presente nella sola sezione tipo B, ha spessore costante di 30 cm.

Tra i due anelli della sezione tipo B, è stata posata un'"*isolazione con 2 strati di juta e 3 spalmature di massa bituminosa*", a formare l'intercapedine per la gestione dell'acqua di falda: questa veniva così convogliata al piede del rivestimento, e smaltita mediante un collettore longitudinale, o direttamente nel collettore della caditoia. La sezione tipo A, invece, non prevedeva alcun'intercapedine al contatto rivestimento – roccia.

La presenza di centine è stata rilevata per mezzo di un georadar in diverse sezioni della galleria. L'interasse tra le centine varia tra 0.8 m e 1.4 m. Potrebbero essere presenti altre centine che non sono state rilevate a causa dell'eccessiva profondità dalla stazione di misura.

Come riportato in [MK2] il sistema di sostegno attuale è molto aleatorio:

- Zone anomale, probabilmente corrispondenti a cavità, sono state osservate dall'analisi georadar in calotta in entrambe le canne;
- La resistenza a compressione del calcestruzzo è risultata molto variabile da esami in laboratorio (tra 17 MPa e 79 MPa, con minimi di 6-7 MPa in corrispondenza del calcestruzzo alveolare);
- Lo spessore di rivestimento in calotta presenta anche grande variabilità scendendo talvolta al di sotto dello spessore teorico (analisi da georadar poi confermate da perforazioni puntuali in corrispondenza di alcune zone di disturbo).

6.2 Metodologia di risanamento

Per risolvere le problematiche legate alla spinta idrostatica sul rivestimento attuale si prevede l'installazione di drenaggi radiali della lunghezza di 18 m ogni 12.5 m di galleria. A dipendenza della fascia geologica i drenaggi verranno effettuati solo sui paramenti (4 inclinati verso la direzione di avanzamento + 4 inclinati verso la direzione opposta) rispettivamente sui paramenti e sulla volta (8 inclinati verso la direzione di avanzamento + 8 inclinati verso la direzione opposta). Rispetto all'asse della galleria l'angolo di

perforazione è di circa 50° in una e nell'altra direzione per permetterne la sovrapposizione. Mediante un tubo corrugato adagiato all'interno di un giunto aperto l'acqua verrà convogliata nel sistema di smaltimento.

Per limitare la presenza di acqua in carreggiata si prevede di costituire uno strato drenante e uno strato di impermeabilizzazione tra l'anello esistente e il nuovo contro-anello lungo la circonferenza intera della galleria.

Il rischio crollo dell'attuale rivestimento in calcestruzzo viene minimizzato per mezzo di un contro-anello di sostegno dello spessore di 30 cm (spessore teorico) all'intradosso dell'anello esistente. Il contro-anello sarà continuo lungo le tratte che richiedono questo tipo di intervento e presenterà dei risparmi ogni 12.5 m (giunti aperti) per permettere il drenaggio dell'acqua di falda.

Le banchine verranno modificate solo in corrispondenza dei giunti aperti, dove verrà creato un sistema di collegamento alla rete di smaltimento attualmente in funzione. Dove questa non sarà presente si prevede di alloggiare nella banchina un nuovo tubo DN 200 per permettere il collettamento e lo smaltimento dell'acqua.

La metodologia di risanamento viene descritta in dettaglio nella [MK2].

7. ANALISI STRUTTURALE E DIMENSIONAMENTO / VERIFICHE

7.1 Materiali

7.1.1 Calcestruzzo

Per la realizzazione del contro-anello di sostegno si prevede l'utilizzo di un calcestruzzo CPN D con le seguenti caratteristiche:

- Classe di resistenza C30/37
- Classe di esposizione XC4, XD1, XF2
- Diametro massimo degli aggregati Dmax 32 mm
- Classe di tenore di cloruri Cl 0.1
- Classe di consistenza C3.

Considerando un coefficiente di resistenza pari a $\gamma_c = 1.5$ [NS17] si ottengono i seguenti valori di dimensionamento:

- Resistenza alla compressione $f_{cd} = 20$ MPa
- Tensione limite al taglio $\tau_{cd} = 1.1$ MPa.
- Modulo elastico $E = 34'000$ MPa

7.1.2 Acciaio d'armatura

Per l'armatura si utilizza un acciaio di tipo B 500 B. Considerando un coefficiente pari a $\gamma_s = 1.15$ [NS17] si ottengono i seguenti valori di dimensionamento

- Limite di snervamento $f_{sd} = 435$ MPa
- Allungamento specifico $\epsilon_{ud} = 0.045$
- Modulo elastico $E_s = 205'000$ MPa

7.1.3 Impermeabilizzazione e strato drenante

- Membrana alveolata drenante: DELTA MS o equivalente;
- Strato di protezione/ geotessile: Sikaplan W Felt o equivalente;
- Membrana d'impermeabilizzazione in PVC: Sikaplan WP o equivalente.

7.2 Azioni

7.2.1 Caratterizzazione geomeccanica

La caratterizzazione geomeccanica delle formazioni geologiche presenti si fa rimando alla relazione geologica [MK5]. Si citano in particolare i seguenti valori caratteristici assunti in questa fase di progetto:

Modulo elastico della roccia $E = 0.5 \div 60 \text{ GPa}$

Peso specifico della roccia $\gamma_k = 27 \text{ kN/m}^3$

7.2.2 Casi di carico

La seguente tabella riassume i principali casi di carico per il dimensionamento del contro-anello di sostegno (si veda anche [MK2] al capitolo 4.3):

Carico	Valore caratteristico	Osservazioni
Peso proprio del calcestruzzo	$\gamma_k = 25 \text{ [kN/m}^3\text{]}$	–
Peso dell'equipaggiamento di esercizio e sicurezza	–	– Oggetto della fase successiva di progetto
Carico da roccia	$q_k = \text{var.}$	– Si considera un peso proprio della roccia pari a $\gamma = 27 \text{ kN/m}^3$ – Si ipotizzano quattro scenari: blocco centrale, blocco in posizione laterale destra, blocco in posizione laterale sinistra ed un camino di roccia di altezza pari a 6 m
Spinta del terreno	-	– Non rilevante
Pressione dell'acqua	$q_k = \text{var}$	– Si considerano tre scenari: a. $p_{w,k} = 0 \text{ kPa}$ nessuna pressione dell'acqua residua b. $p_{w,k} = 100 \text{ kPa}$ livello dell'acqua situato 10 m sopra la volta della galleria c. $p_{w,k} = 200 \text{ kPa}$ livello dell'acqua situato 20 m sopra la volta della galleria
Esplosione	-	– Non considerato
Temperatura	-	– Non rilevante
Collisione	-	– Oggetto della fase successiva di progetto
Incendio	-	– Classe di resistenza al fuoco R 120, oggetto della fase successiva di progetto
Ritiro e viscosità	-	– Ritiro non considerato in questa fase di progetto – coefficiente di viscosità $\varphi = 2.0$ considerato per il calcolo delle deformazioni (SLE)
Terremoto		– Non rilevante

Tabella 1 Casi di carico

7.2.3 Verifica dello stato limite ultimo (SLU)

La seguente tabella riassume le combinazioni di carico considerate per il dimensionamento del contro-anello allo stato limite ultimo insieme ai relativi coefficienti ([NS14], tabella 1, stato limite tipo 2).

Comb. Nr.	Peso proprio	Carico da roccia	Pressione dell'acqua
1	1.35	-	-
2	1.35	1.35	-
3	1.35	-	1.2
4	1.35	1.35	1.35

Tabella 2 SLU: combinazioni e coefficienti di carico

7.2.4 Verifica dello stato limite di esercizio (SLE)

La seguente tabella riassume le combinazioni di carico considerate per il dimensionamento del contro-anello allo stato limite d'esercizio insieme ai relativi coefficienti [NS14].

Comb. Nr.	Peso proprio	Carico da roccia	Pressione dell'acqua
1	1	-	-
2	1	1	-
3	1	-	1
4	1	1	1

Tabella 3 SLE: combinazioni e coefficienti di carico

8. OBIETTIVI DI PROTEZIONE E RISCHI PARTICOLARI

8.1 Esigenze riguardo alla sicurezza / sicurezza contro gli influssi esterni

8.1.1 Aggressioni chimiche

Dalle analisi preliminari eseguite sull'acqua si può constatare che non crea particolari problemi sul calcestruzzo e l'acciaio da armature essendo di natura prevalentemente basica.

La natura chimica dell'idrogel e la possibilità di aggressione nei confronti di calcestruzzo e acciaio verrà approfondita nella prossima fase di progetto sulla base delle risultanze delle analisi in corso.

8.1.2 Urto di veicoli

Il contro-anello di sostegno dovrà essere verificato nei riguardi dell'urto dei veicoli, sia nella sua configurazione definitiva sia durante la fase di cantiere (transitorio). Tali verifiche di dettaglio saranno oggetto della prossima fase di progettazione.

8.1.3 Terremoto

Il contro-anello viene costruito e dimensionato per sostenere un eventuale distacco di parte dell'anello esistente e non viene perseguito l'obiettivo di contribuire alla stabilità generale nei riguardi di un sisma. L'attuale livello di resistenza nei riguardi di un sisma non viene pertanto cambiato.

8.1.4 Incendio

Come citato nella Tabella 1 e conformemente alla norma [NS17] capitolo 4.3.10, Tabella 16., la classe di resistenza al fuoco scelta è R 120. Tuttavia i calcoli relativi al rischio di incendio verranno approfonditi nella successiva fase di progetto.

8.2 Rischi accettati (fase di cantiere e fase di esercizio)

Si ritiene implicita l'accettazione dei rischi concernenti il sabotaggio, l'esplosione, o l'utilizzo di armi nei confronti della struttura. Contro questi eventi non vengono attuate misure tecniche, costruttive o organizzative.

Per delle considerazioni approfondite legate ai rischi si rimanda al rapporto specifico [MK4].

9. EFFICIENZA FUNZIONALE E DURABILITÀ

La tabella seguente riassume le esigenze e le misure di funzionalità e durabilità:

Criterio	Elemento strutturale	Esigenza	Misure
Impermeabilità	Contro-anello	– Classe di impermeabilità 1 secondo [NS17] completamente asciutto	– Pacchetto di impermeabilizzazione drenante
Fessure	Contro-anello	– Esigenze accresciute secondo [NS17]	– Limitazione delle tensioni d'armatura secondo [NS17]
Protezione del calcestruzzo e dell'armatura	Contro-anello	– Vita utile di 20 anni – Qualità del calcestruzzo: si veda capitolo 7.1	– Copriferro minimo $c_{nom} = 40$ mm
	Resistenza al gelo	– Assenza di ghiaccio in galleria	– In corrispondenza dei “giunti aperti” sono previsti dei profili copri giunto coibentati, che hanno la funzione di rallentare il processo di congelamento dell'acqua presente nelle zone di drenaggio.

Tabella 4 Esigenze funzionale e durabilità

PROVVEDIMENTI

9.1 Dimensionamento / Verifiche

L'intervento di sostegno strutturale ha l'obiettivo di minimizzare il rischio di crollo dell'attuale rivestimento in calcestruzzo, pertanto il dimensionamento del contro-anello di sostegno viene condotto considerando principalmente i carichi generati da potenziali distacchi di parti del rivestimento in calcestruzzo esistente e il carico di blocchi di roccia che possono mobilitarsi in seguito al distacco del rivestimento.

L'intervento di sostegno viene verificato considerando un abbattimento delle pressioni idrostatiche, considerando tuttavia una pressione residua fino a 20 m d'acqua, per simulare un calo di efficienza locale del sistema drenante.

9.2 Materiali

I materiali utilizzati per la costruzione del contro-anello comprendono calcestruzzo prefabbricato (lastre predalles) e calcestruzzo autocompattante gettato in opera così come acciaio d'armatura (vedi capitolo 7.1). L'intercapedine tra anello esistente e contro-anello è formata da una membrana alveolata drenante (in PE ad alta densità), da uno strato di protezione (PP) e da una membrana di impermeabilizzazione (PVC-P) (vedi capitolo 7.1). All'interno dei fori di drenaggio viene posto un tubo in PE, che per i primi metri non presenta aperture mentre per la restante lunghezza risulta finestrato. Lungo la parte senza aperture una malta cementizia riempirà l'intercapedine tra foro di drenaggio e tubo fino al sacco otturatore, riempito con boiacca cementizia antiritiro che dividerà la parte finestrata da quella non finestrata del tubo di drenaggio. Una lamiera in inox coibentata copre il giunto aperto. Il nuovo tubo DN 200 per l'evacuazione dell'acqua di falda sotto la banchina è previsto anch'esso in PE.

Per ulteriori dettagli si rimanda alle tavole grafiche.

9.3 Dettagli costruttivi

Si rimanda alle tavole grafiche.

9.4 Esecuzione

Si rimanda alla [MK2].

9.5 Utilizzazione

Nonostante l'ingombro addizionale del contro-anello di sostegno (spessore teorico = 30cm), l'utilizzo dell'opera non viene cambiato.

10. DISPOSIZIONI DELLE NORME

10.1 Classe d'opera

Con il lavoro di manutenzione non verranno effettuati cambiamenti di classe d'opera.

10.2 Trasporti eccezionali

Da valutare in dettaglio nella prossima fase di progetto in funzione della stima della frequenza di approvvigionamento di lastre prefabbricate.

10.3 Deroghe alle Norme ed alle direttive vigenti

Le seguenti deroghe alle norme attuali sono accettate:

- La larghezza delle carreggiate attuale è di 3,875 m. La vigente direttiva ASTRA entrata in vigore a inizio 2018 [ASTRA1] prevede una larghezza di 4,00 m per ogni corsia. Un adattamento della larghezza delle carreggiate agli attuali standard non fa parte di questo progetto di risanamento e verrà presa in considerazione dal progetto POLUME. Una diminuzione del valore attuale di 3.875 non è accettata dal Committente.

11. FIRME

La successiva fase di progetto richiederà la firma dell'accettazione e condivisione dei contenuti da parte delle seguenti figure:

- Autore del progetto;
- Committente;
- Ufficio federale delle strade USTRA;
- Responsabile del settore di pianificazione della conservazione (EP)
- Capo della Filiale

