

S.S. 45bis - Gardesana Occidentale

Opere di costruzione della galleria in variante tra il km 86+567 e il km 88+800 finalizzata a sottendere le attuali gallerie ogivali a sezione ristretta

PROGETTO DEFINITIVO

COD. MI92

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA: <i>Dott. Ing. Antonio Scalamandrè</i> <i>Ordine Ing. di Frosinone n. 1063</i>	
IL GEOLOGO <i>Dott. Geol. Serena Majetta</i> <i>Ordine Geol. di Roma n. 928</i>	
IL RESPONSABILE DEL S.I.A. <i>Dott. Ing. Laura Troiani</i> <i>Ordine Ing. di Roma n. 31890</i>	
COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE <i>Geom. Fabio Quondam</i>	
VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO <i>Dott. Ing. Giancarlo Luongo</i>	
PROTOCOLLO	DATA

03 - PROGETTO STRADALE

Relazione di sicurezza ex art.4 DM 22/04/04

CODICE PROGETTO PROGETTO LIV. PROG. DPM10092 D 18		NOME FILE T00PS00TRARE02A.DOC		REVISIONE	SCALA
CODICE ELAB.		T00PS00TRARE02		A	-
D					
C					
B					
A	EMISSIONE		Gen 2020		
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1. SCOPO DEL DOCUMENTO E INQUADRAMENTO NORMATIVO	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	5
3. TABELLA ABBREVIAZIONI	6
4. STATO ATTUALE E DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	7
4.1 STATO ATTUALE	7
4.2 ALTERNATIVE PROGETTUALI DEL PFTE.....	8
4.2.1 Alternativa 1	9
4.2.2 Alternativa 2.....	9
4.2.3 Alternative 3 e 4	10
4.2.4 Alternativa Zero.....	10
4.2.5 Alternativa 5.....	11
4.2.6 Osservazioni conclusive sulle Alternative progettuali	12
4.3 INTERVENTO AD UNICA CARREGGIATA (SOLUZIONE 1 - ALTERNATIVA 1 DEL PFTE)	13
4.4 INTERVENTO A CARREGGiate SEPARATE (SOLUZIONE 2 - ALTERNATIVA 5 DEFINITA NEL PD).....	14
5. NON CONFORMITÀ RISPETTO AL D.M. 5/11/2001 E AL D.M. 19/04/2006	17
6. APPROCCIO METODOLOGICO	18
6.1 IMPOSTAZIONE DELLO STUDIO.....	18
6.2 SUDDIVISIONE IN SEZIONI OMOGENEE.....	19
6.3 MODELLI PREVISIONALI DI INCIDENTALITÀ.....	19
6.4 PROCEDURA EMPIRICO BAYESIANA	21
6.5 MODALITÀ DI CONSIDERAZIONE DELLE NC DEL TRATTO ESISTENTE.....	22
6.6 DATI DI INGRESSO PER LO STUDIO	23
6.6.1 Caratteristiche geometriche e funzionali	23
6.6.2 Incidenti osservati e classificazione del tratto di intervento	23
6.6.3 Traffico.....	27
7. MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA AI SENSI DELL'ART.4 DEL DM 22 APRILE 2004.....	28

7.1	RISULTATI DELL'ANALISI DI INCIDENTALITÀ	28
7.1.1	Numero di incidenti predetti.....	28
7.1.2	Densità di incidenti	30
7.1.3	Tassi di incidentalità	31
7.1.4	Osservazioni conclusive sull'analisi dell'incidentalità.	32
7.1.5	Considerazioni sulla calibrazione	33
7.2	INTERVENTI DI MITIGAZIONE PER LE NC DI TIPO OTTICO E PER LE CURVE DI RAGGIO STRETTO.....	33
8.	MIGLIORAMENTO DELL'INGRESSO IN ROTATORIA CON S.P.38	36
9.	ULTERIORI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA.....	38
9.1	MISURE DI PROGETTAZIONE STRADALE E DI SEGNALETICA.....	38
9.1	MISURE PER OPERE STRUTTURALE E IDRAULICHE	39
9.2	MISURE DI PROGETTAZIONE IMPIANTI	39
9.2.1	Illuminazione	39
9.2.2	Ventilazione.....	40
9.2.3	Stazioni di emergenza	40
9.2.4	Erogazione idrica.....	40
9.2.5	Sorveglianza.....	40
9.2.6	Segnaletica di emergenza.....	41
9.2.7	Impianti elettrici	41
10.	CONCLUSIONI	42

1. SCOPO DEL DOCUMENTO E INQUADRAMENTO NORMATIVO

Il presente documento costituisce la Relazione di Sicurezza ai sensi del D.M. 22/04/2004 del progetto di adeguamento del tratto di S.S.45 bis "Gardesana Occidentale" compreso tra la prog. 86+567 e la prog. 88+800.

La configurazione scelta nel Progetto Definitivo (PD) prevede l'adeguamento del tratto esistente, la realizzazione di una nuova galleria e la modifica del regime di circolazione attuale prevedendo di indirizzare il traffico in direzione Trento sul tratto esistente della S.S.45bis mentre il traffico in direzione Brescia passerà per la nuova galleria. Il progetto prevede pertanto anche la riorganizzazione delle sezioni stradali in modo da realizzare una corsia per senso di marcia a carreggiate separate.

All'interno del tratto di intervento sono presenti le gallerie ogivali "D'Acli" (di lunghezza pari a circa 930 metri), "Eutemia" (di lunghezza pari a 60 metri) e "Dei Ciclopi" (di lunghezza pari a 655 metri).

L'intervento pertanto è caratterizzato da circa il 50% di sviluppo su sedime esistente ed altrettanto su un tratto nuovo. In attesa di attuazione delle prescrizioni dell'art. 3 del Decreto Ministeriale N°67/S del 22/04/2004, da cui dovrebbe derivare una definizione specifica di intervento di "adeguamento", a questa tipologia di intervento è stato assimilato il presente progetto, dato l'elevato sviluppo sul tratto esistente. Pertanto, coerentemente con le indicazioni del citato D.M., il progetto è redatto in conformità delle seguenti prescrizioni:

- all'art. 3, precisa che la norma di riferimento non cogente per il progetto delle opere di adeguamento di una strada esistente è rappresentata dal DM 5/11/2001, relativo a strade di nuova realizzazione.
- all'art. 4 stabilisce anche che, fino all'emanazione della norma per l'adeguamento delle strade esistenti, qualora il progetto di adeguamento preveda delle deviazioni rispetto allo standard di riferimento, occorre redigere una specifica relazione dalla quale risultino analizzati gli aspetti connessi con le esigenze di sicurezza, attraverso la dimostrazione che l'intervento, nel suo complesso, è in grado di produrre, oltre che un miglioramento funzionale della circolazione, anche un innalzamento del livello di sicurezza.

Il presente documento si occupa, appunto, di valutare il miglioramento in termini di "innalzamento del livello di sicurezza". La valutazione assume come punto di riferimento di base la configurazione dello stato attuale caratterizzato da una sezione trasversale estremamente ridotta e tale da non consentire il passaggio in contemporanea di due mezzi pesanti. Il confronto, oltre alla configurazione di progetto, tiene conto di un'ipotetica alternativa progettuale costituita dalla realizzazione di una nuova galleria con regime di circolazione bidirezionale e sezione tipo C1 ai sensi del D.M. 5/11/2001.

Per quanto concerne il "miglioramento funzionale" si rimanda allo Studio Trasportistico (codice elaborato T00EG00GENRE02A) del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE) nel quale si evidenzia che il Livello di Servizio passa dall'attuale "Livello E" a "livello C" nella configurazione di progetto. Il "Livello C" è tra l'altro il minimo richiesto dal D.M. 5/11/2001

per strade di categoria C "extraurbane secondarie" alle quali appartiene il tratto oggetto di intervento della S.S.45 bis.

Si osserva inoltre che il livello di servizio valutato nello Studio Trasportistico del PFTE considera una serie di alternative di progetto accomunate da una sezione ad unica carreggiata. Essendo stato previsto un divieto di sorpasso in galleria in ognuna delle alternative considerate, il miglioramento funzionale non può esser attribuibile ad una diminuzione del tempo di attesa in coda per l'aumento della possibilità di sorpasso bensì all'aumento della velocità di servizio a seguito della risoluzione dei punti critici a sezione ridotta presenti nelle gallerie esistenti. Pertanto i presupposti di miglioramento del livello di servizio rimangono validi anche nel caso della configurazione a carreggiate separate delle due corsie di marcia prevista nel PD.

Infine sono stati previsti in progetto dettagli tecnici importanti per garantire un maggior livello di sicurezza per gli utenti sulla base di buone pratiche di progettazione che si applicano alla costruzione delle gallerie.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. n° 6792 del 5/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la Costruzione delle strade";
- D.M. 19/04/2006 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali";
- D.M. n°67/S del 22/04/2004, "Modifica del DM 5.11.2001 recante "Norme funzionali e geometriche per la Costruzione delle strade";
- D.Lgs n°285 del 30/04/1992, "Nuovo Codice della Strada";
- D.P.R. n°485 del 16/12/1992 "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada".

3. TABELLA ABBREVIAZIONI

ABBREVIAZIONE	ACRONIMO	SIGNIFICATO
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials	
CMF	Crash Modification Factor	Sono coefficienti del modello HSM usati per tener conto delle specificità dell'infrastruttura in esame rispetto all'infrastruttura di riferimento.
Cr	Coefficiente di calibrazione	Sono coefficienti del modello HSM usati per tener conto delle specificità della rete stradale per la quale si utilizza il modello.
EB	Empirico Bayesiano	Metodo di stima per il calcolo degli incidenti attesi a partire dagli incidenti predetti e osservati.
HSM	Highway Safety Manual	Riferimento di letteratura da cui sono estratti i modelli previsionali di incidentalità.
NC	Non conformità del tracciato	Da intendersi nei confronti del D.M. 5/11/2001 e del D.M. 19/04/2006.
PD	Progetto Definitivo	
PFTE	Progetto di Fattibilità Tecnico Economica	
PMV	Pannello a Messaggio Variabile	
QRPPA	Quadro di Riferimento Programmatico Progettuale Ambientale	
SPF	Safety Performance Function	Espressione matematica di base per il calcolo degli incidenti predetti.
TGM (o AADT)	Traffico Giornaliero Medio annuo (o Annual Average Daily Traffic)	

4. STATO ATTUALE E DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

4.1 STATO ATTUALE

L'infrastruttura esistente rappresenta, nella zona tra Salò e Riva del Garda, l'unico asse di collegamento con la Provincia di Trento, in un corridoio obbligato e senza alternative, attraversando i comuni di Gardone Riviera, Toscolano Maderno, Gargnano, Tignale, Tremosine sul Garda e Limone sul Garda.

All'interno del tratto di intervento si attestano le gallerie ogivali "D'Acli" (di lunghezza pari a circa 930 metri), "Eutemia" (60 metri) e " Dei Ciclopi" (655 metri).

Tali gallerie si sviluppano lungo la parete rocciosa a breve distanza dal margine del costone roccioso, con coltri di copertura che variano dai 20 m agli oltre 100 m. Stante quanto suddetto l'infrastruttura stradale esistente si presenta quasi totalmente in galleria, fatta esclusione di tratti all'aperto localizzati all'inizio e alla fine delle tre gallerie. La piattaforma pavimentata è variabile tra 6,00 m e 7,40 m, presentando una corsia per senso di marcia, di modulo circa 3,00 - 3,25 m e banchine di larghezza pari a 0,25 m (Figura 1). Si rileva inoltre un limite di velocità per l'intera tratta di 50 km/h con divieto di sorpasso.



Figura 1: esempio di organizzazione della sezione delle gallerie esistenti "D'Acli", "Eutemia" e "Dei Ciclopi" lungo la S.S.45 bis "Gardesana"

4.2 ALTERNATIVE PROGETTUALI DEL PFTE

Durante lo sviluppo del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE) sono state studiate alcune alternative di variante della viabilità attuale S.S.45 bis per by-passare le gallerie "D'Acli", "Eutemia" e "Dei Ciclopi" che a causa delle loro sezioni strette sono affette da problemi funzionali e di sicurezza stradale. L'impostazione iniziale dello sviluppo è stata quella di prevedere un tratto di strada extraurbana secondaria in variante al tracciato attuale, caratterizzata da un'unica carreggiata con una corsia per senso di marcia, corrispondente alla sezione C1 secondo il DM 05/11/2001.

La conformazione del territorio e il contesto paesaggistico di considerevole valore consentono solo la realizzazione del nuovo tracciato a monte dell'attuale sede stradale. Allo stesso tempo rimane come vincolo imprescindibile il mantenimento in esercizio della statale esistente durante la fase di cantiere.

Stante quanto suddetto, il PFTE ha analizzato quattro alternative progettuali sostanzialmente simili nella parte centrale, ovvero quella che si sviluppa in galleria naturale, ma con differenze significative nei punti di inizio e fine intervento, come rappresentato nelle figure successive (Figura 2, Figura 3, Figura 4). Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione Tecnica Illustrativa del PFTE.

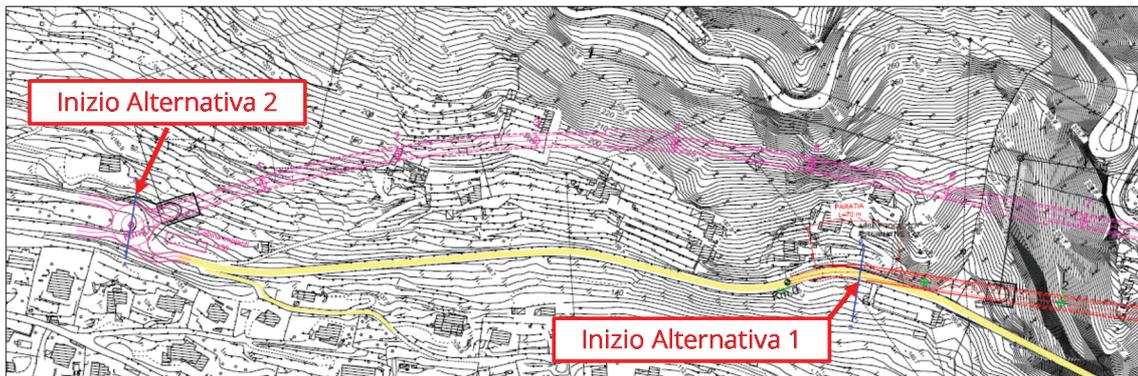


Figura 2: Raffronto tra le Alternative 1 e 2 nei punti di inizio intervento estratte da PFTE

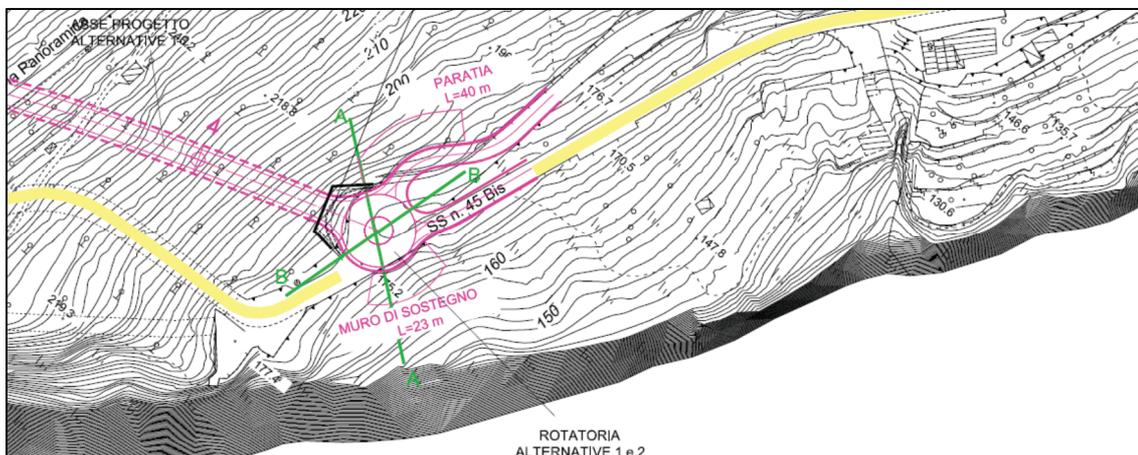


Figura 3: Raffronto tra le Alternative 1 e 2 nel punto di fine intervento estratte da PFTE

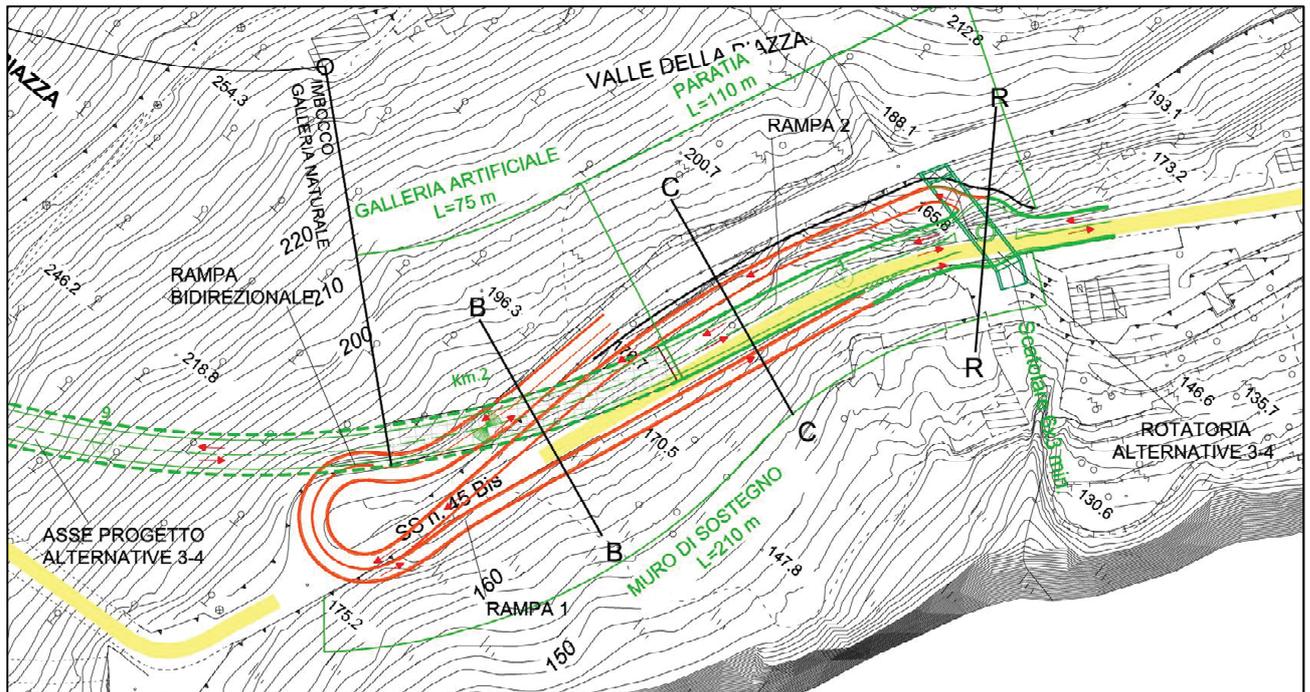


Figura 4: Raffronto tra Alternative 3 e 4 nel punto di fine intervento estratte da PFTE

4.2.1 Alternativa 1

L'Alternativa 1 prevede l'inizio dell'intervento in corrispondenza del km 86+570 e presenta una lunghezza complessiva del tracciato di 2.030 m. Il tracciato entra in galleria naturale per una lunghezza di circa 1800 m. L'infrastruttura in galleria sarà collegata mediante by-pass alle gallerie esistenti che verranno utilizzate come cunicolo di sicurezza. Si prevedono un by-pass carrabile, che sarà impiegato anche per alloggiamento di parte degli impianti lato Gargnano, e 5 by-pass pedonali equidistanti tra di loro per l'intero sviluppo ed in corrispondenza delle piazzole di sosta. Subito all'uscita dal tratto in sotterraneo l'infrastruttura si atterra su una nuova rotatoria in progetto, con diametro esterno di 28 m, localizzata al km 88+650 sul sedime dell'intersezione a raso esistente con la provinciale S.P.38 per Tignale.

4.2.2 Alternativa 2

L'Alternativa 2 ha inizio al km 86+080, circa 500 m prima dell'inizio della precedente Alternativa 1, nei pressi dell'intersezione della statale S.S. 45 bis con la strada comunale per Muslone. Il nuovo asse di progetto ha origine in rotatoria, con diametro esterno di 28 m, prima di entrare in galleria naturale per un tratto di 2.400 m. Come per la soluzione precedente, terminata l'opera in sotterraneo con curva di raggio 800 m, è prevista una rotatoria sul sedime dell'attuale intersezione con la S.P.38 per Tignale. Tale alternativa di tracciato prevede una lunghezza complessiva dell'intervento di circa 2.500 m.

4.2.3 Alternative 3 e 4

Le Alternative 3 e 4 differiscono dalle precedenti 1 e 2 solo per la risoluzione dell'intersezione di fine intervento, per la quale è stata studiata una soluzione alternativa alla rotatoria. In particolare nella tratta finale il tracciato (che presenta una lunghezza maggiore rispetto alle alternative precedenti) prevede un tratto in galleria artificiale di lunghezza 75 m, in prosecuzione dell'opera in naturale, sul quale è prevista la realizzazione di un'intersezione a livelli sfalsati. Nello specifico si prevedono una rotatoria localizzata sul sedime esistente della S.S.45 al km 88+750 e 2 rampe che dalla rotatoria permettono le manovre "da" e "per" Tignale, ricollegandosi sul sedime esistente della provinciale S.P.38 a monte.

La realizzazione dello svincolo a livelli sfalsati di fine intervento, previsto per le Alternative 3 e 4, comporta la realizzazione di importanti opere di contenimento degli scavi e di sostegno, che hanno riflessi sia sui costi di costruzione, sia di impatto visivo e sul mantenimento in esercizio delle infrastrutture stradali esistenti, S.S. 45 bis e S.P.38, per le quali è prevedibile l'interruzione della circolazione per periodi più o meno lunghi.

In definitiva, l'Alternativa 3 prevede l'inizio dell'intervento in corrispondenza del km 86+570 e lo stesso tracciato piano altimetrico dell'Alternativa 1, a meno dell'intersezione sopra descritta, mentre l'Alternativa 4 prevede lo stesso tracciato della Alternativa 2 con inizio intervento al km 86+080 ed intersezione finale a livelli sfalsati.

4.2.4 Alternativa Zero

Comunemente viene denominata opzione Zero la soluzione progettuale che mantiene inalterata la situazione dello stato di fatto, o pressoché inalterata con l'esecuzione di interventi limitati, atti a recuperare al massimo il tracciato e le opere d'arte esistenti, eliminando nel contempo la situazione di criticità. Nel caso in esame la situazione di criticità è rappresentata dalla presenza di sezioni ristrette.

Nel PFTE, in realtà, l'intervento è abbastanza impattante dato che si prevede la possibilità di allargamento della sagoma delle gallerie per tutto il suo sviluppo, in modo da guadagnare i franchi minimi verticali e realizzare una sezione tipo C2 secondo il DM 05/11/2001 (Figura 5). Questa rappresenterebbe una valida soluzione solo nel caso che fosse possibile interrompere l'esercizio, in quanto l'ipotesi di allargamento sotto traffico non consente di considerarla a priori la soluzione più conveniente, dati i tempi di avanzamento assai lenti e la riduzione della sezione per la posa dello scudo di protezione del traffico. Allo stesso modo, l'ipotesi d'interruzione dell'esercizio della S.S. 45 bis, per un periodo di circa 1 anno, o di due periodi di sei mesi, dovrebbe essere preventivamente sottoposta all'approvazione delle comunità locali, in conseguenza dei forti disagi cui verrebbero sottoposte per un periodo relativamente lungo.

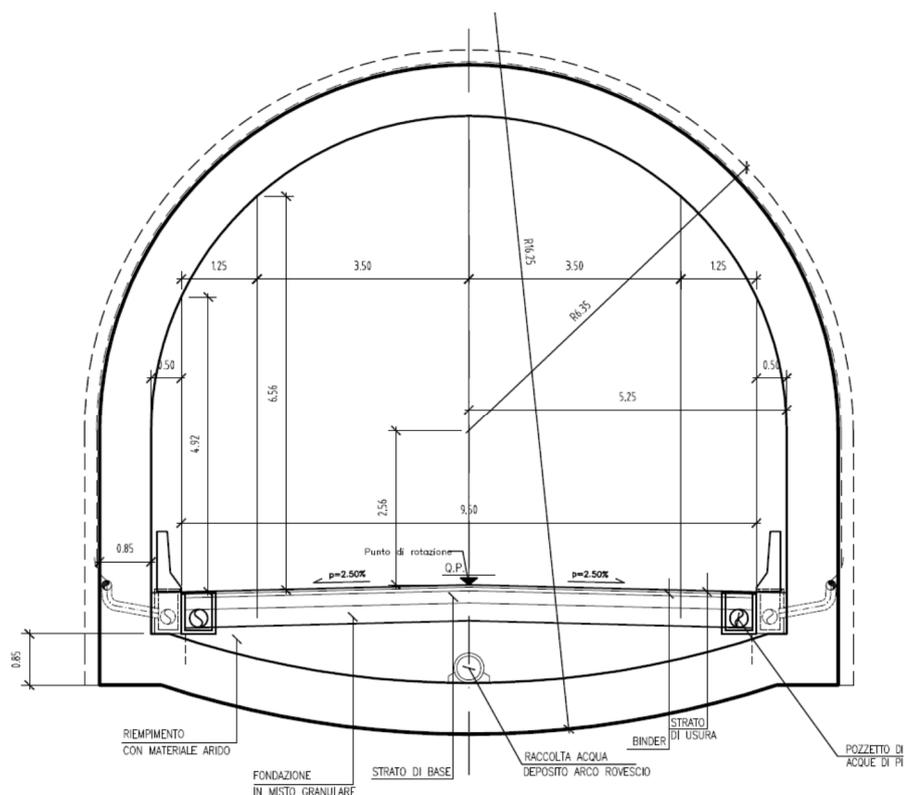


Figura 5: Alternativa Zero – sezione tipo C2 secondo il DM 05/11/2001

4.2.5 Alternativa 5

L'Alternativa 5 costituisce una nuova ipotesi di intervento analizzata PD sulla base delle considerazioni finali del PFTE che hanno evidenziato che l'intervento meno impattante e più vantaggioso in termini di analisi Benefici/Costi risulta essere l'Alternativa 1.

L'Alternativa 5 cerca di ottimizzare la necessità di un tratto in galleria di nuova realizzazione, evidenziata dall'Alternativa 1, con il mantenimento in esercizio anche del tratto esistente che altrimenti verrebbe dismesso. Essa prevede quindi la realizzazione della nuova galleria di lunghezza 1800 m, come nelle alternative 1 e 3, ma con sezione di scavo ridotta e adatta a contenere una piattaforma stradale di 7 m, percorribile in senso unico in fase di esercizio e a doppio senso durante le fasi di cantiere e in caso di emergenza. Allo stesso tempo, a differenza delle Alternative dalla 1 alla 4, l'Alternativa 5 prevede il mantenimento in esercizio del tratto esistente intervenendo sulla riorganizzazione e la riqualifica della sezione esistente (specialmente per quanto riguarda la segnaletica, l'idraulica e gli impianti), sull'impostazione di un regime di circolazione a senso unico e sull'alesaggio del tratto non rivestito della galleria "Dei Ciclopi".

Pertanto l'alternativa prevede un tratto di circa 2.5 km a carreggiate separate dove sul tratto esistente transiteranno i veicoli in direzione Trento mentre quelli in direzione Brescia percorreranno la galleria nuova.

Il collegamento alla viabilità esistente sulla S.S. 45 bis all'inizio dell'intervento è risolto semplicemente dalla separazione delle traiettorie mentre al termine dell'intersezione è prevista una rotonda sul sedime dell'attuale intersezione con la S.P. 38 per Tignale che viene tuttavia rivista nella geometria in funzione della posizione del ramo di ingresso proveniente dalla galleria "Dei Ciclopi" in direzione Trento (Figura 6).

Questa nuova configurazione della rotonda prevista nell'Alternativa 5 è un dettaglio molto importante per la sicurezza stradale in quanto, come verrà argomentato in maniera più dettagliata nel Cap. 8, migliora la percezione dell'intersezione e la fase di ingresso in rotonda degli utenti che procedono verso Trento percorrendo il tratto esistente.

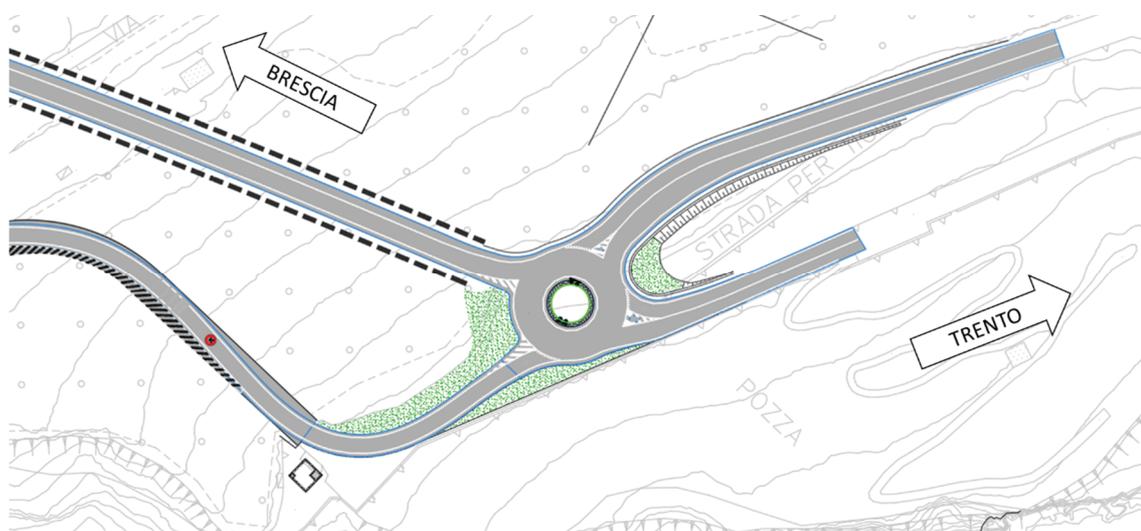


Figura 6: Assetto della rotonda nel tratto finale di intervento per l'Alternativa 5

4.2.6 Osservazioni conclusive sulle Alternative progettuali

Il PFTE, come anticipato nel paragrafo precedente, ha evidenziato che la soluzione ottimale, tenendo conto del maggior numero di aspetti collegati alla realizzazione dell'intervento, è costituita dall'Alternativa 1.

L'Alternativa 5, sebbene non analizzata nel PFTE, presenta sicuramente un impatto inferiore all'Alternativa 1 secondo le categorie di "misura degli impatti" considerate nel PFTE (v. §18.2 della Relazione Tecnica Illustrativa), ed allo stesso tempo non prevede mai l'interruzione del flusso di traffico lungo la S.S. 45 bis durante le fasi di cantiere.

L'Alternativa 5 costituisce la soluzione principale sulla quale è stato sviluppato il Progetto Definitivo (PD) in quanto, senza peggiorare il livello funzionale dell'Alternativa 1, consente:

- una migliore organizzazione della rotonda nel tratto finale di intervento, ove nella configurazione originale si prevedono potenziali condizioni di accadimento di incidenti dovuti alle difficoltà di percezione e adattamento degli utenti al passaggio dall'interno della galleria alla rotonda posta subito all'esterno della galleria stessa;
- minori volumi di scavo e quindi riduzione dei costi di smaltimento e di costruzione.

Per contro l'Alternativa 1 presenta un andamento plano-altimetrico pienamente conforme al DM 5/11/2001 di riferimento mentre l'Alternativa 5 è caratterizzata da Non Conformità (NC) residue derivanti dal tracciamento della strada esistente.

La presente relazione diventa pertanto un ulteriore strumento di confronto tra queste due soluzioni basate su considerazioni di sicurezza della circolazione.

4.3 INTERVENTO AD UNICA CARREGGIATA (SOLUZIONE 1 - ALTERNATIVA 1 DEL PFTE)

L'intervento di adeguamento ad unica carreggiata con sezione tipo C1 da D.M. 5/11/2001 costituisce un'ulteriore ipotesi di realizzazione dell'intervento per poter effettuare un confronto anche con una configurazione completamente a norma. Questo intervento, denominato in questo documento "Soluzione 1" corrisponde all'Alternativa 1 del PFTE.

In questo caso la sezione, coerentemente alla sezione tipo C1 (Figura 7), è costituita da:

- Corsie di marcia da 3.75 m;
- Banchina in destra da 1.50 m;
- Franco verticale minimo in corsia: 5.0 m;
- Franco verticale minimo in banchina: 4.8 m.

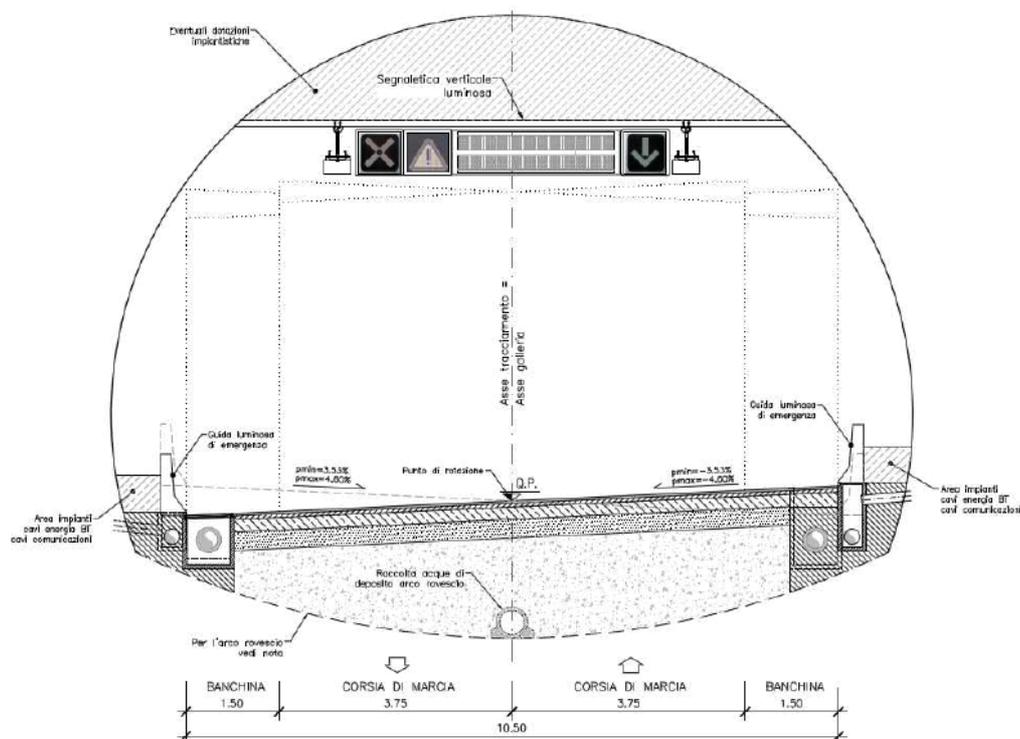


Figura 7: sezione tipo C1 di un ipotetico intervento con organizzazione a doppio senso in un'unica galleria

4.4 INTERVENTO A CARREGGiate SEPARATE (SOLUZIONE 2 - ALTERNATIVA 5 DEFINITA NEL PD)

L'intervento previsto in progetto prevede l'adeguamento del tratto esistente in modo da garantire la percorrenza a senso unico in direzione Trento e la realizzazione di una nuova galleria per garantire la percorrenza in direzione Brescia. Questo intervento, denominato in questo documento "Soluzione 2" corrisponde all'Alternativa 5 definita in questa fase di progettazione definitiva.

Per il tratto esistente (corsia in direzione Trento) è prevista la riorganizzazione della superficie pavimentata attuale in modo tale da ottenere la seguente configurazione minima:

- Corsia di marcia: 3.75 m;
- Banchina in destra: 0.75 m;
- Banchina in sinistra: 0.75 m;
- Franco verticale minimo in corsia: 4.6 m;
- Franco verticale minimo in banchina:
 - o 4.3 m a 25 cm dalla linea bianca;
 - o 4.0 m a 50 cm dalla linea bianca;
 - o 3.3 m a 75 cm dalla linea bianca.

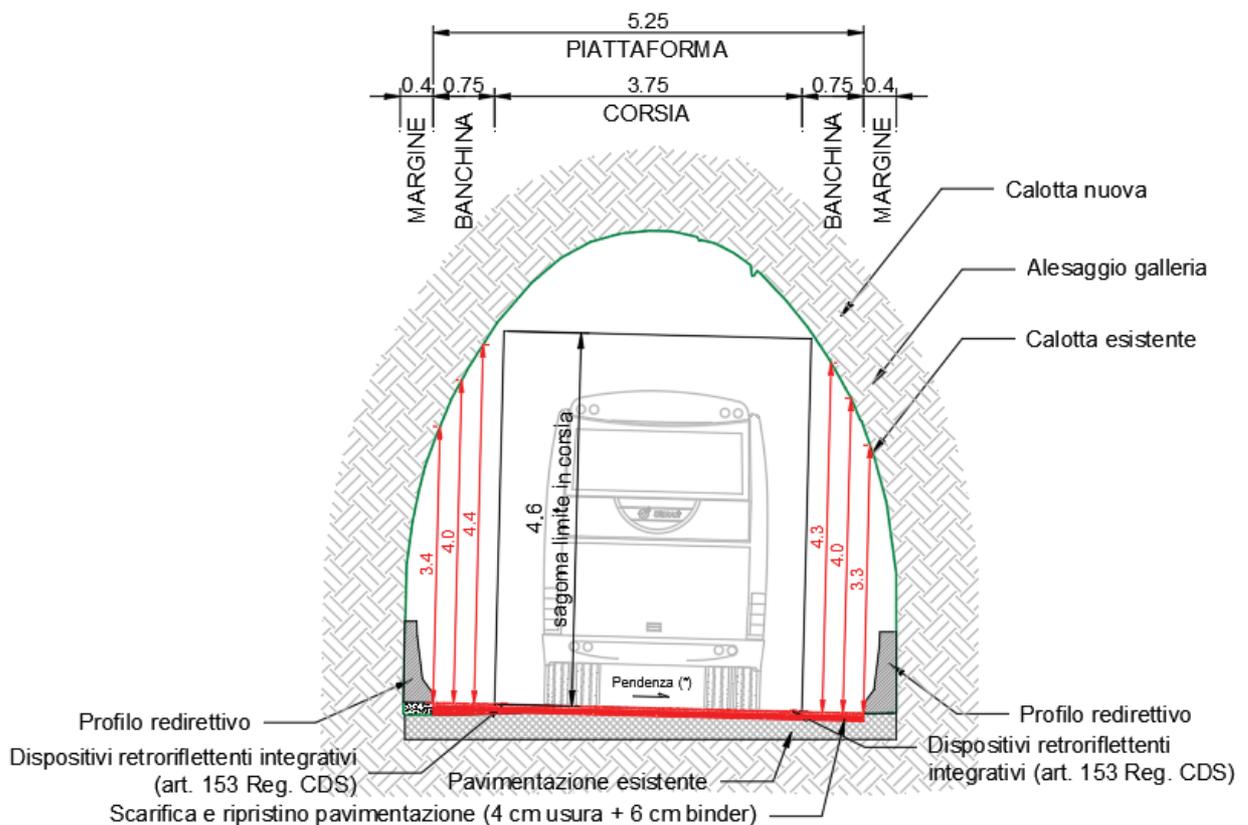


Figura 8: sezione ogivale stretta

Nei tratti in cui le gallerie esistenti presentano una sezione più larga è possibile prevedere uno spazio maggiore di 0.75 m da riservare alle banchine, franchi verticali minimi in corsia di 5.0 m, come previsto dal D.M. 5/11/2001, e franchi verticali minimi in banchina da 4.5 m per la galleria "D'Acli" (Figura 9) e 4.8 m per la galleria "Dei Ciclopi" (Figura 10), quest'ultimo valore coerente con D.M. 5/11/2001.

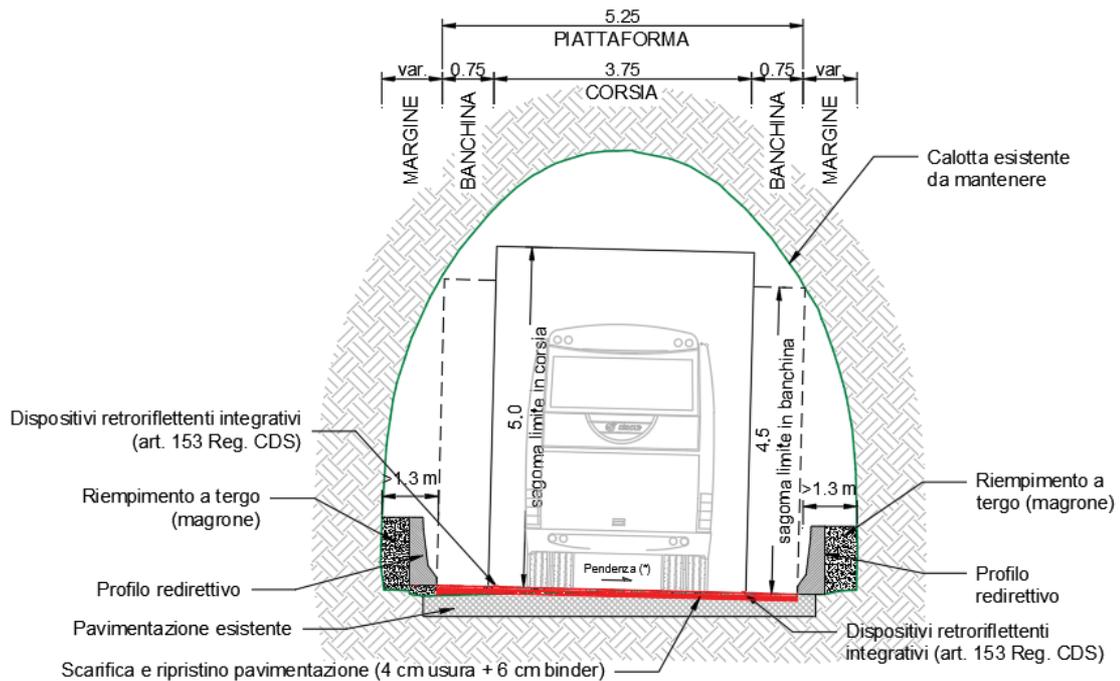


Figura 9: sezione ogivale larga nella galleria D'Acli

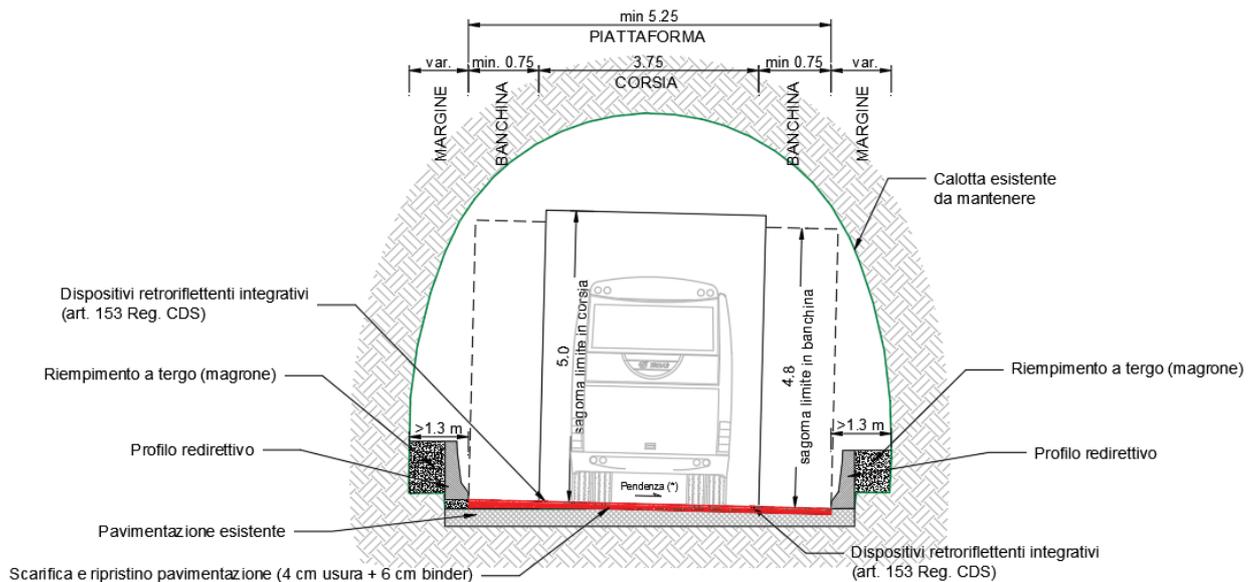


Figura 10: sezione tipo larga nella galleria Dei Ciclopi

Per il tratto di nuova realizzazione (corsia in direzione Brescia) è prevista la realizzazione di una nuova galleria con la seguente sezione trasversale (Figura 11):

- Corsia di marcia: 4.00 m;
- Banchina in destra: 2.00 m (valore minimo da Codice della Strada per esser considerata anche Corsia di Emergenza – art.140 Reg. Codice DPR 485/92);
- Banchina in sinistra: 1.00 m;
- Franco verticale minimo in corsia: 5.0 m;
- Franco verticale minimo in banchina: 4.8 m.

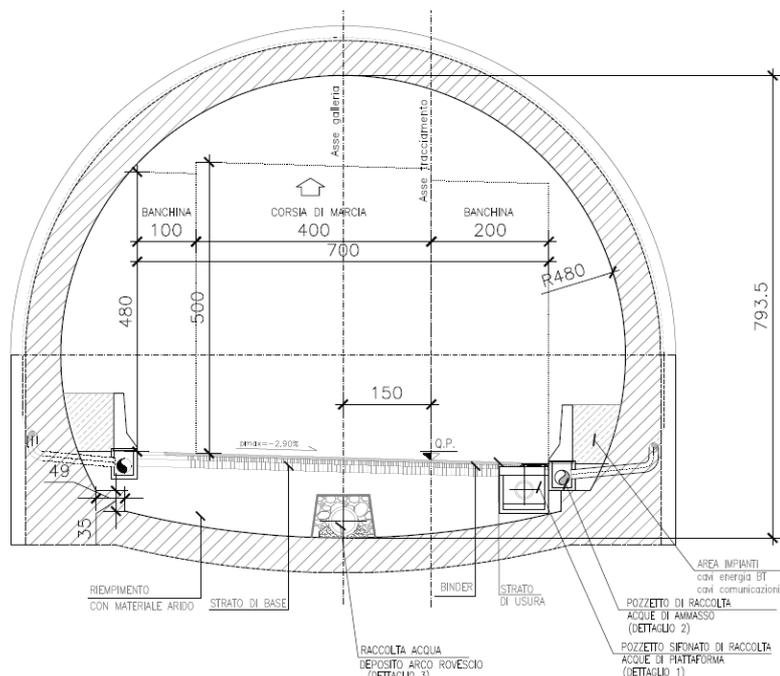


Figura 11: sezione tipo della galleria a senso unico in direzione Brescia

5. NON CONFORMITÀ RISPETTO AL D.M. 5/11/2001 E AL D.M. 19/04/2006

La soluzione prevista in progetto presenta alcune Non Conformità (NC) rispetto al D.M. 5/11/2001 e al D.M. 19/04/2006, entrambi di riferimento (quindi non cogenti) in quanto l'intervento è considerato di "adeguamento".

Le NC presenti in progetto, per le quali si rimanda anche alla Relazione Tecnica Stradale del PD (T00PS00TRARE01A), sono riportate di seguito:

1. l'organizzazione a carreggiate separate non è contemplata per strade di categoria C sul D.M. 5/11/2001;
2. nel caso di carreggiate separate, ove le due direzioni di traffico sono assimilabili a rampe di svincolo, la sezione trasversale minima da D.M. 19/04/2006 dovrebbe esser con una corsia da 4 m e due banchine da minimo 1 m per lato. Tale configurazione è realizzabile solo nella galleria di nuova costruzione. Nella galleria esistente con sezione ogivale stretta è prevista una corsia di 3.75 m con due banchine da 0.75 m e profili ridirettivi addossati alle pareti. La larghezza di 3.75 m è comunque coerente con la larghezza delle corsie prevista per sezione tipo C1 ai sensi del DM 5/11/2001 ed è allo stesso tempo coerente con il valore di modulo massimo ammesso dal Codice della Strada (art. 140 D.P.R. n°485 del 16/12/1992);
3. il valore del franco minimo in corsia da D.M. 5/11/2001 pari a 5.0 m non è garantito nelle sezioni ogivali strette delle gallerie esistenti. Il franco minimo previsto è comunque superiore all'altezza massima dei veicoli che possono circolare, 4.0 m per i veicoli ordinari e 4.3 m per i veicoli adibiti a trasporto eccezionale¹;
4. per il franco minimo in banchina il D.M. 5/11/2001 prescrive un valore minimo di 4.8 m che non può esser garantito solo sulle sezioni ogivali strette del tratto esistente;
5. l'andamento planimetrico del tratto esistente è regolare e sostanzialmente rettilineo ad eccezione del tratto finale della galleria "Dei Ciclopi" in approccio alla rotatoria dove è presente una successione di due curve di raggi in ordine di percorrenza di 41.0 m e 27.5 m compatibili con velocità di progetto rispettivamente di 38 e 32 km/h, inferiori a velocità di progetto di una strada tipo C;
6. NC di tipo ottico, quali mancato rispetto del parametro minimo ottico dei raccordi clotoidici e mancato rispetto dello sviluppo minimo delle curve.

¹ La misura di 4.6 m è una misura coerente anche con le tolleranze ammesse dal CdS. L'art. 61 fissa le altezze massime di sagoma per veicoli ordinari, 4.0 m, e per quelli per trasporto eccezionale, 4.3 m. L'art. 167 prescrive una tolleranza per i veicoli per il trasporto eccezionale di 0.3 m. Pertanto la sagoma massima ammessa dal codice della strada è quella di un veicolo per trasporto eccezionale che è pari a $4.3 + 0.3 \text{ m} = 4.6 \text{ m}$.

6. APPROCCIO METODOLOGICO

6.1 IMPOSTAZIONE DELLO STUDIO

La relazione di sicurezza è finalizzata a valutare se il progetto di adeguamento di cui trattasi sia in grado di migliorare il livello di sicurezza dell'infrastruttura esistente. La valutazione viene sviluppata confrontando le caratteristiche di sicurezza offerte dalla configurazione attuale, caratterizzata da una sezione bidirezionale con una piattaforma tra 6.00 e 7.40 m, con quella della configurazione di progetto, che prevede l'adeguamento del tratto esistente e la realizzazione di una nuova galleria.

L'analisi di sicurezza confronta il livello di sicurezza dell'infrastruttura attualmente in esercizio al 2016 (anno di riferimento per lo stato attuale) con quello futuro all'orizzonte temporale del 2021, corrispondente all'anno di entrata in esercizio della configurazione futura, e del 2032, corrispondente ad un orizzonte a medio-lungo termine. Gli anni di riferimento sono presi in coerenza con quanto indicato nello Studio Trasportistico del PFTE (codice elaborato T00EG00GENRE02A).

Le considerazioni relative alla sicurezza stradale sviluppate nella presente relazione tengono conto della classificazione funzionale della infrastruttura in esame che è definita, nel tratto in esame, come strada extraurbana secondaria (tipo C).

Il confronto tra i livelli di sicurezza delle diverse configurazioni progettuali si basa sul valore di incidentalità "predetto" su entrambe le infrastrutture, per tutti gli orizzonti temporali previsti, facendo uso di idonei modelli previsionali di incidentalità.

Gli indicatori di sicurezza considerati per quantificare il miglioramento di sicurezza indotto dall'intervento in esame sono quelli indicati nell'Allegato al D.M. n. 137 del 02/05/2012 previsto dall'articolo 8 del D.Lgs. n°35 del 2011 "*Linee Guida per la gestione della sicurezza nelle infrastrutture stradali*"², ovvero:

- numero di incidenti gravi (con morti o feriti) e totali all' anno;
- frequenza (o più correttamente densità³) di incidenti gravi e totali, pari al rapporto del numero di incidenti annuali con lo sviluppo del tratto stradale in esame (inc./anno/km);
- tasso di incidentalità grave (con morti o feriti) e totale, pari al rapporto del numero di incidenti annuali per lo sviluppo del tratto in esame per milione di veicoli transitanti (inc./anno/km/10⁶ veicoli).

I risultati del confronto sono espressi in termini di differenziale del valore di detti indicatori di incidentalità del tratto esistente e del valore degli stessi indicatori assumono al futuro, a seguito dei provvedimenti di adeguamento previsti in progetto.

² Gli indicatori sono definiti al §2.2.2.1 "Classificazione dei tratti ad elevata concentrazione di incidenti".

³ Il termine frequenza può esser confuso con la numerabilità degli incidenti ovvero il numero.

6.2 SUDDIVISIONE IN SEZIONI OMOGENEE

Le sezioni omogenee sono tratti stradali lungo i quali i parametri e gli elementi considerati si mantengono costanti.

La divisione in sezioni omogenee si rende necessaria per la corretta applicazione dei modelli previsionali di incidentalità in considerazione dell'influenza sul livello di incidentalità della tipologia di ciascun tratto e delle sue caratteristiche geometriche e funzionali.

Si procede a separare due sezioni omogenee qualora si verifichi uno dei seguenti cambiamenti:

- tipologia di strada;
- presenza di intersezioni e/o variazione del traffico giornaliero medio;
- variazione del numero di corsie di marcia;
- variazione significativa della larghezza delle corsie;
- variazione significativa della larghezza della corsia di emergenza oppure della banchina in destra;
- variazione significativa della larghezza della banchina in sinistra;
- variazione significativa della larghezza dello spartitraffico (ove previsto);
- inizio di un tratto in curva⁴.

6.3 MODELLI PREVISIONALI DI INCIDENTALITÀ

Il criterio seguito per definire la frequenza degli incidenti prevedibili nei diversi tratti dell'infrastruttura segue l'approccio teorico sviluppato nell'Highway Safety Manual (HSM), edito dalla americana AASHTO, e si sviluppa a partire dalla stima dell'incidentalità prevista in una infrastruttura di riferimento (definita "base") appartenente alla stessa classe funzionale alla quale appartiene la strada in esame.

Le caratteristiche di incidentalità dell'infrastruttura "base" sono fornite dalle cosiddette "Safety Performance Function" (SPF) sviluppate, su basi regressive, correlando il numero di incidenti occorsi su infrastrutture del tipo di quelle in esame, aventi caratteristiche geometriche, funzionali e compositive note.

Il valore di incidentalità base che scaturisce dalle SPF viene poi corretto attraverso il coefficiente di calibrazione (Cr) e i "Crash Modification Factors" (CMFs). Il Cr serve per adattare il modello alla rete in esame che presenta condizioni differenti da quelle americane che possono influenzare gli incidenti rispetto alle quali il modello è stato sviluppato, come per esempio il clima, le caratteristiche e le abitudini dei guidatori, le modalità di rilevamento degli incidenti e così via. I CMFs servono invece per tenere in considerazione particolari caratteristiche geometriche e funzionali che possono amplificare gli incidenti predetti (o

⁴ Ove previsto l'andamento planimetrico può esser tenuto in considerazione senza dividere le sezioni e determinando un parametro legato alla tortuosità definito dal modello.

ridurli, nel caso in cui il contributo sia migliorativo) come la larghezza delle corsie, la larghezza delle banchine, l'andamento planimetrico e così via.

La forma completa comune a tutti i modelli HSM è quindi la seguente:

$$N_p = N_{SPF} \times C_r \times (CMF_1 \times \dots \times CMF_n)$$

Dove:

- N_p è il numero di incidenti predetti;
- N_{SPF} è il numero di incidenti predetti che deriva dallo specifico modello "base";
- C_r il coefficiente di calibrazione;
- CMF_1, \dots, CMF_n i vari CMFs considerati dal modello.

La forma della N_{SPF} e le grandezze considerate nei relativi CMFs variano a seconda della tipologia di strada: autostrade, extraurbane secondarie, rampe di svincolo e così via.

Il C_r è un valore che serve per caratterizzare al meglio un certo tipo di strade all'interno di uno specifico ambito, come ad esempio un intero stato o una regione ampia. Pertanto per il calcolo del C_r serve un campione grande e sufficientemente rappresentativo di tutte le strade della stessa categoria, mediante il quale il C_r viene ottenuto come rapporto tra gli tutti gli incidenti osservati e tutti gli incidenti predetti dal modello nell'intero sistema in un intervallo temporale noto. In assenza del processo di calibrazione il C_r assume il valore standard pari ad 1.0.

Come già spiegato in precedenza, la strada in esame è caratterizzata da regimi di circolazione differenti tra la configurazione attuale e quella di progetto, pertanto:

- per la configurazione attuale il modello impiegato per l'analisi è quello delle strade extraurbane secondarie⁵;
- per la configurazione di progetto a senso unico con carreggiate separate il modello impiegato è quello per le rampe⁶.
- per la configurazione di progetto a carreggiata unica il modello impiegato per l'analisi è quello delle strade extraurbane secondarie.

Per la differenziazione tra incidenti gravi (con feriti e/o morti) e totali (con feriti e/o morti e/o danni alle cose) il modello per le rampe prevede la distinzione della gravità già a livello delle SPF. Il modello per le strade secondarie prevede invece una stima degli incidenti gravi a partire da quelli totali tramite un coefficiente fisso pari a 0.321, che equivale a dire che un terzo degli incidenti complessivi predetti presenta feriti e/o morti.

Per lo specifico tratto in esame è stato scelto di utilizzare il coefficiente di calibrazione standard pari a 1.0 sia per il modello per strade extraurbane secondarie, sia per quello delle rampe. La scelta è stata effettuata per i seguenti motivi:

⁵ Nel manuale HSM queste sono chiamate "Rural Two Lane-Two Way Roads". V. Cap. 10 HSM 1^a Edizione – AASHTO – Anno 2010.

⁶ V. cap. 19 del "Supplement" alla 1^a Edizione dell'HSM – AASHTO – Anno 2014.

- allo stato attuale a livello nazionale è disponibile solo il coefficiente di calibrazione delle strade extraurbane secondarie mentre non è stato mai intrapreso uno studio per il calcolo del coefficiente di calibrazione per le rampe. Pertanto considerando la calibrazione standard si mantiene un'uniformità di trattamento dei modelli;
- lo scopo del documento è quello di determinare se vi è una riduzione degli incidenti dalla configurazione attuale a quella di progetto ai quali si può giungere mediante l'applicazione dei modelli con calibrazione standard. I valori degli incidenti predetti ottenuti potrebbero esser affetti da sottostima o sovrastima rispetto al caso reale calibrato ma le conclusioni generali in termini di riduzione (o aumento) dell'incidentalità non vengono condizionate dalla calibrazione. Qualora i valori numerici fossero impiegati per una analisi costi benefici che tiene conto dell'impatto dell'incidentalità, gli incidenti predetti dai modelli dovrebbero esser opportunamente adattati a descrivere al meglio le condizioni reali.
- il coefficiente di calibrazione scelto potrebbe in linea di massima esser sufficientemente rappresentativo della situazione in esame e ciò deve esser valutato in funzione dell'incidentalità osservata e di quella predetta.

6.4 PROCEDURA EMPIRICO BAYESIANA

I modelli HSM suggeriscono sempre di valutare la possibilità di considerare nelle analisi, al posto dell'incidentalità predetta, il valore dell'incidentalità "attesa", valutata mediante procedura Empirico Bayesiana (EB) che rispetto a quella osservata o predetta, consente di risolvere i fenomeni di distorsione prodotti dalla natura aleatoria del fenomeno dell'incidentalità osservata e dal limitato periodo di osservazione considerato. Non sempre è possibile far riferimento all'incidentalità "attesa" e L'HSM stesso elenca le condizioni in cui questo è ammissibile, ovvero solo quando la configurazione di progetto è sostanzialmente simile a quella attuale per geometria, numero di corsie ed altre caratteristiche che influenzano o regolano il regime di circolazione.

In questo caso si farà riferimento alla sola incidentalità predetta in quanto non si ritiene possibile effettuare valutazioni basate sull'incidentalità "attesa". Infatti, l'impostazione del regime di circolazione a senso unico su carreggiate separate per ciascuna direzione e la realizzazione di una nuova galleria con standard di progettazione e di sicurezza molto migliori rispetto alle gallerie esistenti, alterano la significatività statistica degli incidenti osservati sul tratto esistente.

In termini probabilistici il numero di incidenti osservati rappresenta una variabile aleatoria distribuita con legge di Poisson di cui non si conosce la media a lungo termine. Nel caso in esame, tuttavia, la configurazione attuale e quella di progetto che si intendono confrontare sono caratterizzate da leggi di Poisson con medie differenti.

6.5 MODALITÀ DI CONSIDERAZIONE DELLE NC DEL TRATTO ESISTENTE

La metodologia di calcolo scelta e i modelli di calcolo impiegati per l'analisi di incidentalità sono in grado di effettuare le valutazioni tenendo conto esplicitamente o implicitamente di quasi tutte le NC previste in progetto.

Con riferimento all'elenco riportato nel Cap.5, le NC presenti sul tratto esistente vengono considerate nei modelli scelti per l'analisi secondo le seguenti modalità:

1. carreggiate separate: l'organizzazione a carreggiate separate è tenuta in conto considerando il modello specifico per rampe nel caso della Soluzione 1. Nel caso invece dello stato attuale e dell'ipotetico stato di progetto viene impiegato il modello a carreggiata unica. Il calcolo è quindi coerente con lo stato dei luoghi previsto;
2. larghezza delle corsie e delle banchine: i modelli di calcolo scelti prevedono l'impiego di appositi CMF legati alla larghezza delle corsie e delle banchine;
3. franco minimo in corsia: la carenza del franco minimo in corsia non costituisce un elemento di incremento dell'incidentalità in quanto è comunque sufficiente a garantire anche il transito dei veicoli fuori sagoma nei limiti previsti dal Codice della Strada;
4. franco minimo in banchina: l'assenza di franco libero verticale in banchina è un elemento che può influenzare l'incidentalità dei soli veicoli pesanti dei quali viene limitato lo spazio utile al recupero del veicolo in svio. Dal momento che non sono noti attualmente studi che mettano in correlazione una carenza di franco verticale in banchina con un incremento dell'incidentalità e che dai dati di traffico (§6.6.3) si può dedurre che la percentuale di mezzi pesanti non supera il 5%, si è ritenuto non determinante questa NC ai fini del calcolo dell'incidentalità predetta;
5. andamento planimetrico: sia il modello a carreggiata unica sia quello delle rampe prevedono l'utilizzo di appositi CMF che tengono conto dell'andamento planimetrico. Il modello di previsione di incidenti a carreggiata unica suggerisce inoltre di considerare i tratti in curva come sezioni omogenee distinte dai rettilinei;
6. NC di tipo ottico: sono elementi dei quali non sono previsti contributi specifici nei modelli previsionali, a parte un contributo implicito delle curve di sviluppo ridotto che viene tenuto in conto nell'andamento planimetrico. Trattandosi di NC legate alla percezione del tracciato saranno previsti interventi mitigativi di potenziamento della segnaletica.

Il tratto in direzione Brescia all'interno del quale viene realizzata la nuova galleria non presenta NC rispetto al DM 5/11/2001 e DM 19/04/2006.

Non sono stati considerati nell'analisi, cautelativamente, gli effetti di riduzione degli incidenti derivanti dall'imposizione di un limite di velocità inferiore a quello previsto per strade tipo C.

6.6 DATI DI INGRESSO PER LO STUDIO

6.6.1 Caratteristiche geometriche e funzionali

Le caratteristiche geometriche del tracciato di progetto sono estratte dagli elaborati di PD dell'intervento elencati in Tabella 1:

Tabella 1: elaborati di riferimento per i dati di input

Nome Elaborato	Codice
Relazione Tecnica Stradale	T00PS00TRARE01A
Planimetria e profilo di insieme	T00PS00TRAPF01A
Profilo di progetto	T00PS00TRAPF02A
Planimetria di segnaletica orizzontale e verticale	T00PS00TRAPN01A T00PS00TRAPN02A
Sezioni tipo	T00PS00TRAST01A T00PS00TRAST02A T00PS00TRAST03A T00PS00TRAST04A

6.6.2 Incidenti osservati e classificazione del tratto di intervento

L'analisi dell'incidentalità osservata viene eseguita per avere una classificazione del livello di sicurezza che attualmente può esser attribuito al tratto di strada oggetto di intervento rispetto ad un livello medio per la stessa tipologia di strada. Tale classificazione si basa sull'analisi degli incidenti osservati forniti dal database ACI-ISTAT. Come periodo di riferimento dell'analisi sono stati scelti gli anni dal 2009 al 2016. Si rammenta che i dati ACI-ISTAT sono relativi ai soli incidenti gravi, ovvero con soli feriti e morti, quindi sono esclusi quelli caratterizzati dalla presenza di soli danni alle cose che invece sono compresi nei modelli previsionali di incidentalità.

Gli incidenti osservati sono stati estratti dal database ACI-ISTAT isolando le progressive chilometriche 86+000 e 89+000 della strada S.S. 45bis "Gardesana occidentale" che corrispondono con buona approssimazione al tratto di intervento.

Nella Tabella 2 riportata di seguito sono elencati in forma sintetica i dati relativi agli incidenti del database ACI-ISTAT.

Tabella 2: sintesi degli incidenti registrati nel database ISTAT nella tratta di interesse nel periodo 2009-2016

Da km		86	87	88	TOT.
A km		87	88	89	
Anno 2009	Totali	2	0	0	2
	Mortali	0	0	0	0
	n° morti	0	0	0	0
	n° feriti	2	0	0	2
Anno 2010	Totali	0	1	0	1

Da km		86	87	88	TOT.
A km		87	88	89	
	Mortali	0	0	0	0
	n° morti	0	0	0	0
	n° feriti	0	3	0	3
Anno 2011	Totali	1	0	1	2
	Mortali	0	0	1	1
	n° morti	0	0	1	1
	n° feriti	1	0	0	1
Anno 2012	Totali	0	0	2	2
	Mortali	0	0	0	0
	n° morti	0	0	0	0
	n° feriti	0	0	2	2
Anno 2013	Totali	0	0	1	1
	Mortali	0	0	1	1
	n° morti	0	0	2	2
	n° feriti	0	0	0	0
Anno 2014	Totali	0	1	0	1
	Mortali	0	0	0	0
	n° morti	0	0	0	0
	n° feriti	0	3	0	3
Anno 2015	Totali	1	0	3	4
	Mortali	0	0	0	0
	n° morti	0	0	0	0
	n° feriti	3	0	4	7
Anno 2016	Totali	0	1	0	1
	Mortali	0	0	0	0
	n° morti	0	0	0	0
	n° feriti	0	1	0	1
Totale 2009-2016	Totali	4	3	7	14
	Mortali	0	0	2	2
	n° morti	0	0	3	3
	n° feriti	6	7	6	19

Complessivamente gli incidenti gravi complessivi sull'intera tratta di interesse nel periodo storico 2009-2016 sono 14. Ciò equivale ad una frequenza media di incidenti gravi all'anno di 14 incidenti/8 anni = 1.75 inc./anno.

Per quanto riguarda la densità di incidenti ($D_{inc,g}$) e il tasso di incidentalità ($T_{inc,g}$) grave del periodo storico 2009-2016 nel tratto in esame, noti:

- il numero medio di incidenti all'anno ($N_{inc,g} = 1.75$ inc./anno);
- la lunghezza del tratto di intervento ($L = 3.0$ km);

- il traffico giornaliero medio nel periodo 2009-2016 (TGM = 6712 veic./giorno - v. anche §6.6.3);

essi sono pari a:

$$D_{inc,g} = \frac{N_{inc,g}}{L} = \frac{1.75}{3} = 0.58 \text{ [inc./anno/km]}$$

$$T_{inc,g} = \frac{N_{inc,g}}{365 \times TGM \times L} = \frac{1.75}{365 \times 6712 \times 2.3} = 0.31 \text{ [inc./anno/km/10}^6\text{veicoli]}$$

Gli incidenti registrati sono stati classificati nel database ISTAT distinguendo anche le varie tipologie (scontro frontale, scontro laterale, tamponamento e così via). In Tabella 3 sono riassunte le tipologie di incidente registrato nell'intero tratto di intervento dalla pk 86+000 alla pk 89+000.

Si nota che la percentuale degli "scontri frontali" è pari al 28% circa e costituisce la frazione di incidenti sulla quale si concentrano i maggiori benefici della realizzazione della configurazione a carreggiate separate.

Tabella 3: riassunto incidenti osservati 2009-2016 per tipologia

Tipologia incidente	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Tot.	Ripartizione
<i>Scontro frontale</i>	0	0	0	1	0	1	1	1	4	28.6%
<i>Scontro laterale & fronto-laterale</i>	1	1	0	1	0	0	1	0	4	28.6%
<i>Tamponamento</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
<i>Investimento di pedone</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	7.1%
<i>Fuoriuscita (sbandamento)</i>	0	0	2	0	1	0	2	0	5	35.7%
<i>Altro</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Tot.	2	1	2	2	1	1	4	1	14	100.0%

Per giungere alla classificazione del livello di sicurezza del tratto in esame sono stati estratti dal database ACI-ISTAT anche i dati relativi a tutte le strade statali del territorio nazionale. Di queste strade sono disponibili solo le informazioni relative al numero di incidenti e dello sviluppo complessivo della rete. Pertanto, in assenza di un valore medio di traffico su queste strade, non è possibile effettuare un confronto anche in termini di tasso.

In Tabella 4 si riportano i dati relativi alle Strade Statali in termini di incidenti totali, sviluppo della rete e relativa densità media di incidenti tra gli anni 2009 e 2016.

Tabella 4: numero e densità di incidenti relativi alle strade statali italiane (database ACI-ISTAT)

ANNO	Incidenti gravi	Strade Statali (km)	Densità (Inc.anno/km)
2009	11110	19375	0.57
2010	10416	20856	0.50
2011	9460	20773	0.46
2012	9290	19861	0.47
2013	9539	19920	0.48
2014	9163	19894	0.46

ANNO	Incidenti gravi	Strade Statali (km)	Densità (Inc.anno/km)
2015	9158	21686	0.42
2016	9479	20786	0.46
Media 2009-2016	77615	20394	0.48

A partire dai dati di Tabella 3 si ottengono le densità di incidenti gravi anno per anno della S.S. 45bis nel tratto di intervento. I valori sono riportati in Tabella 5.

Tabella 5: numero e densità di incidenti relativi alla S.S. 45bis nel tratto di intervento dal km 86+000 al km 89+000

ANNO	Incidenti gravi	S.S.45bis (km)	Densità (Inc.anno/km)
2009	2	3	0.67
2010	1	3	0.33
2011	2	3	0.67
2012	2	3	0.67
2013	1	3	0.33
2014	1	3	0.33
2015	4	3	1.33
2016	1	3	0.33
2009-2016	14	3	0.58

Si può notare in Figura 12, nella quale sono riassunti graficamente i valori di Tabella 4 e Tabella 5, che la strada oggetto di intervento presenta mediamente valori di densità di incidenti superiori a quelli della stessa classe di strade (strade statali) a cui appartiene. Pertanto risulta conveniente e ragionevole verificare che l'intervento di adeguamento apporti una significativa riduzione di incidenti tale da ottenere valori di densità al di sotto della soglia di riferimento.

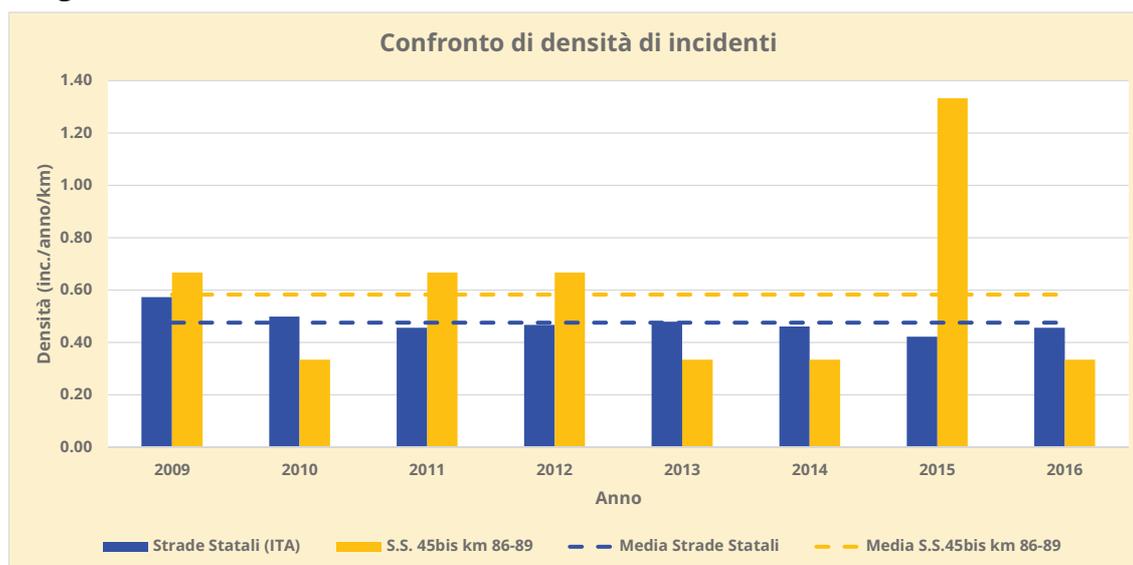


Figura 12: confronto in termini di densità di incidenti tra l'insieme delle strade statali italiane e la S.S.45bis nel tratto di intervento

6.6.3 Traffico

I dati di traffico sono stati estratti dallo Studio trasportistico e analisi costi benefici del PFTE dell'intervento (codice elaborato T00EG00GENRE02A).

L'anno di riferimento per lo "stato attuale" è il 2016. Il Traffico Giornaliero Medio (TGM) caratteristico dello stato attuale è pari a 6950 veicoli/giorno di cui 6620 veicoli leggeri (VL) e 330 veicoli pesanti (VP).

La stima del traffico futuro (fino al 2032) è stata effettuata utilizzando i tassi di crescita di VL e VP dello Studio Trasportistico (Tabella 6):

Tabella 6: tassi di crescita dei veicoli leggeri e veicoli pesanti nel periodo 2016-2032

Tipo di veicoli	2016-2020	2021-2025	2026-2032
Tasso VL	1.0%	1.2%	1.5%
Tasso VP	1.2%	1.5%	1.8%

Gli anni di riferimento per lo stato di progetto sono:

- il 2021 come anno di riferimento dell'apertura al traffico;
- il 2032 come anno di riferimento a lungo termine.

Applicando i tassi di crescita riportati in tabella si ottiene che il valore del TGM per gli anni di progetto è pari a 7322 veicoli/giorno al 2021 e 8539 veicoli/giorno al 2032 (Tabella 7).

Tabella 7: traffico di progetto agli orizzonti temporali 2016, 2021 e 2032

ANNO	VL	VP	VT	%VP
2016	6620	330	6950	4.7%
2021	6971	351	7322	4.8%
2032	8116	422	8539	4.9%

Applicando a ritroso i tassi di crescita del periodo 2016-2020 si ottengono i valori del TGM per gli anni del periodo storico 2009-2016 (Tabella 8).

Tabella 8: traffico di progetto nel periodo storico 2009-2015

ANNO	VL	VP	VT	%VP
2009	6175	304	6478	4.7%
2010	6236	307	6544	4.7%
2011	6299	311	6610	4.7%
2012	6362	315	6676	4.7%
2013	6425	318	6744	4.7%
2014	6490	322	6812	4.7%
2015	6554	326	6881	4.7%
2016	6520	330	6950	4.7%
MEDIA 2009-2016	6395	317	6712	4.7%

7. MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA AI SENSI DELL'ART.4 DEL DM 22 APRILE 2004

7.1 RISULTATI DELL'ANALISI DI INCIDENTALITÀ

Nelle tabelle e nei grafici seguenti vengono riportati i risultati che derivano dall'applicazione dei modelli previsionali HSM descritti al §6.3 con i dati di input indicati al § 6.5.

Nell'analisi si considerano i risultati in termini di numero di incidenti, di densità di incidenti e di tasso di incidentalità.

Mediante la densità di incidenti è possibile effettuare il confronto a rispetto a tutti gli orizzonti temporali considerati (periodo storico, stato attuale, stato di progetto) ed anche rispetto al valore medio dell'intera rete delle strade statali, che costituisce il valore di riferimento rispetto al quale evidenziare i benefici attesi in termini di riduzione degli incidenti.

Il calcolo in termini di tasso di incidentalità, per il quale non è disponibile un valore di riferimento globale della rete come invece accade con la densità, viene riportato in quanto rimane un indicatore utile al confronto tra lo stato attuale e lo stato di progetto al futuro.

7.1.1 Numero di incidenti predetti

In Tabella 9 sono riportati i valori degli incidenti totali predetti (con morti, feriti e danni alle cose) e le variazioni percentuali rispetto al 2016 delle tre configurazioni considerate (Attuale, Soluzione 1 e Soluzione 2) ai tre orizzonti temporali di progetto 2016, 2021 e 2032. I valori tra le parentesi sono i valori di incidenti predetti che si otterrebbero da un'ipotetica realizzazione istantanea del progetto utilizzando il traffico dello stato attuale. In Figura 13 sono riportati in forma grafica i dati riportati in Tabella 9. In verde sono stati evidenziati i valori in cui si ottengono risultati migliorativi ed in rosso, viceversa, quelli peggiorativi.

Tabella 9: incidenti predetti totali agli orizzonti temporali 2016, 2021 e 2032

CONFIGURAZIONE	Valori assoluti			Variazioni rispetto al 2016		
	2016	2021	2032	2016	2021	2032
Stato attuale	11.18	11.78	13.73	-	5%	23%
Progetto Soluzione 1	(3.27)	3.44	4.01	-	-69%	-64%
Progetto Soluzione 2	(2.29)	2.40	2.76	-	-78%	-75%

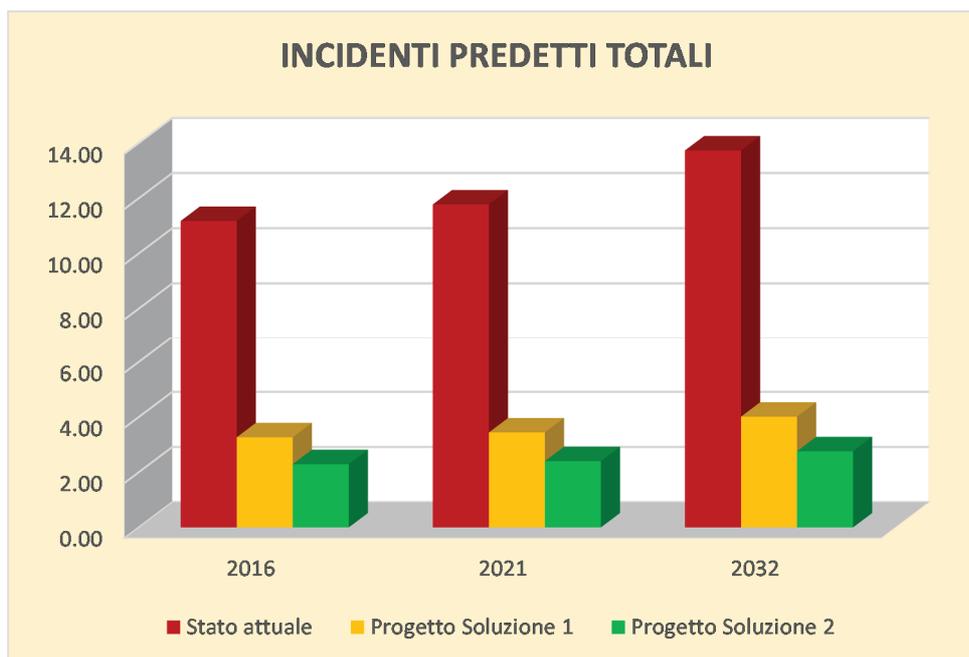


Figura 13: incidenti predetti totali agli orizzonti temporali 2016, 2021 e 2032 in forma grafica

Come si può notare la soluzione migliore risulta essere la Soluzione 2 con due corsie a carreggiate separate, con riduzione degli incidenti del 78% al 2021 e del 75% al 2035 rispetto alla configurazione attuale al 2016. La Soluzione 1 prevede invece percentuali lievemente più basse rispettivamente 69% di riduzione al 2021 e 64% al 2032.

Mantenere in esercizio la strada nella configurazione attuale comporta un aumento degli incidenti totali al futuro pari al 5% nel 2021 e del 23% al 2032 rispetto agli incidenti del 2016.

In Tabella 10 sono riportati i valori degli incidenti gravi predetti (con morti e feriti) e le variazioni percentuali rispetto al 2016 delle tre configurazioni considerate (Attuale, Soluzione 1 e Soluzione 2) ai tre orizzonti temporali di progetto 2016, 2021 e 2032. In Figura 14 sono riportati in forma grafica i dati riportati in Tabella 10. Analogamente al caso degli incidenti totali, i valori tra le parentesi sono i valori di incidenti predetti che si otterrebbero da un'ipotetica realizzazione immediata del progetto utilizzando il traffico dello stato attuale mentre nelle tabelle sono stati evidenziati in verde i valori in cui si ottengono risultati migliorativi ed in rosso quelli peggiorativi.

Tabella 10: incidenti predetti gravi agli orizzonti temporali 2016, 2021 e 2032

CONFIGURAZIONE	Valori assoluti (inc./anno)			Variazioni rispetto al 2016		
	2016	2021	2032	2016	2021	2032
Stato attuale	3.59	3.78	4.41	-	5%	23%
Progetto Soluzione 1	(1.05)	1.10	1.29	-	-69%	-64%
Progetto Soluzione 2	(0.89)	0.92	1.03	-	-74%	-71%
Media inc. osservati periodo 2009-2016 sul tratto di S.S.45bis in esame: 1.75 inc./anno						

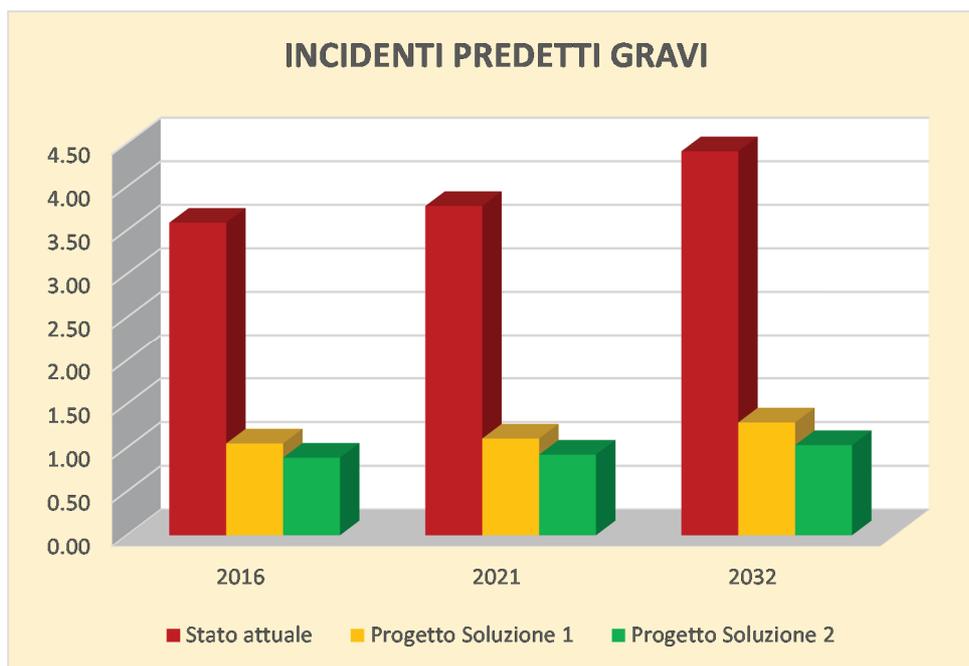


Figura 14: incidenti predetti gravi agli orizzonti temporali 2016, 2021 e 2032 in forma grafica

Anche in questo caso la soluzione migliore risulta essere la Soluzione 2 con due corsie a carreggiate separate, con riduzione degli incidenti del 74% al 2021 e del 71% al 2032 rispetto alla configurazione attuale al 2016. La Soluzione 1 prevede invece percentuali lievemente più basse rispettivamente 69% di riduzione al 2021 e 64% al 2032.

Mantenere in esercizio la strada nella configurazione attuale comporta un aumento degli incidenti gravi al futuro pari al 5% nel 2021 e del 23% al 2032 rispetto agli incidenti del 2016.

7.1.2 Densità di incidenti

In Tabella 11 sono riportati i valori della densità di incidenti totali predetti (con morti, feriti e danni alle cose) e le variazioni percentuali rispetto al 2016 delle tre configurazioni considerate (Attuale, Soluzione 1 e Soluzione 2) ai tre orizzonti temporali di progetto 2016, 2021 e 2032.

Tabella 11: densità di incidenti totali agli orizzonti temporali 2016, 2021 e 2032 (inc./anno/km)

DENSITÀ INCIDENTI TOTALI	Valori assoluti			Variazioni rispetto al 2016		
	2016	2021	2032	2016	2021	2032
Stato attuale	5.84	6.15	7.17	-	5%	23%
Progetto Soluzione 1	(1.71)	1.80	2.10	-	-69%	-64%
Progetto Soluzione 2	(1.20)	1.26	1.44	-	-78%	-75%

In Tabella 12 sono riportati i valori della densità di incidenti gravi predetti (con morti e feriti) e le variazioni percentuali rispetto al 2016 delle tre configurazioni considerate (Attuale, Soluzione 1 e Soluzione 2) ai tre orizzonti temporali di progetto 2016, 2021 e 2032.

Tabella 12: densità di incidenti gravi agli orizzonti temporali 2016, 2021 e 2032 (inc. gravi/anno/km)

DENSITÀ INCIDENTI GRAVI	Valori assoluti			Variazioni rispetto al 2016		
	2016	2021	2032	2016	2021	2032
Stato attuale	1.87	1.97	2.30	-	5%	23%
Progetto Soluzione 1	(0.55)	0.58	0.67	-	-69%	-64%
Progetto Soluzione 2	(0.46)	0.48	0.54	-	-74%	-71%
Media periodo 2009-2016 su strade statali italiane: 0.48 inc./km						

I valori di riduzione della densità di incidenti ricalcano quelli del numero di incidenti essendo la lunghezza del tratto di intervento un valore costante con il quale si passa dal numero alla densità di incidenti.

7.1.3 Tassi di incidentalità

In Tabella 13 sono riportati i valori del tasso di incidenti totali predetti (con morti e feriti e danni alle cose) e le variazioni percentuali rispetto al 2016 delle tre configurazioni considerate (Attuale, Soluzione 1 e Soluzione 2) ai tre orizzonti temporali di progetto 2016, 2021 e 2032.

Tabella 13: tassi di incidentalità totale agli orizzonti temporali 2016, 2021 e 2032 (inc./anno/km/10⁶ veicoli)

TASSO INCIDENTI TOTALI	Valori assoluti			Variazioni rispetto al 2016		
	2016	2021	2032	2016	2021	2032
Stato attuale	2.30	2.30	2.30	0%	0%	0%
Progetto Soluzione 1	(0.67)	0.67	0.67	-71%	-71%	-71%
Progetto Soluzione 2	(0.47)	0.47	0.46	-80%	-80%	-80%

In Tabella 14 sono riportati i valori del tasso di incidenti gravi predetti (con morti e feriti) e le variazioni percentuali rispetto al 2016 delle tre configurazioni considerate (Attuale, Soluzione 1 e Soluzione 2) ai tre orizzonti temporali di progetto 2016, 2021 e 2032.

Tabella 14: tassi di incidentalità grave agli orizzonti temporali 2016, 2021 e 2032 (inc./anno/km/10⁶ veicoli)

TASSO INCIDENTI GRAVI	Valori assoluti			Variazioni rispetto al 2016		
	2016	2021	2032	2016	2021	2032
Stato attuale	0.74	0.74	0.74	0%	0%	0%
Progetto Soluzione 1	(0.22)	0.22	0.22	-71%	-71%	-71%
Progetto Soluzione 2	(0.18)	0.18	0.17	-76%	-77%	-76%
Media periodo 2009-2016 sul tratto di S.S.45bis in esame: 0.32 inc./km/10⁶ veicoli						

I valori del tasso di incidentalità confermano quelli della frequenza, ovvero che la soluzione che presenta più bassi valori degli indicatori di sicurezza è la Soluzione 2 che prevede la separazione fisica delle due direzioni di marcia.

Con la realizzazione della Soluzione 2 la riduzione percentuale del tasso di incidenti totali tra lo stato attuale e quello di progetto arriva all'80%. Per i soli incidenti gravi il tasso decresce del 76%.

7.1.4 Osservazioni conclusive sull'analisi dell'incidentalità.

I risultati dell'analisi di incidentalità mettono in evidenza che la soluzione progettuale migliore per la riduzione degli incidenti è la Soluzione 2 nella quale è prevista la separazione fisica tra le corsie in direzione Brescia e Trento, nonostante che questa soluzione presenti alcune NC residue da norma rispetto alla Soluzione 1 che invece prevede il pieno rispetto della norma.

Come si può notare, infatti, il beneficio in termini di riduzione di numero, di densità e di tasso di incidenti per entrambe le soluzioni rispetto allo stato attuale presenta un ordine di grandezza molto simile. Con riferimento agli incidenti gravi con morti e feriti si nota che:

- Al 2021, per la Soluzione 2 la riduzione è del 74% per il numero di incidenti gravi mentre per la Soluzione 1 la riduzione è del 69%;
- Al 2032, per la Soluzione 2 la riduzione è del 71% per il numero di incidenti gravi mentre per la Soluzione 1 la riduzione è del 64%.

È opportuno sottolineare che la Soluzione 2 rispetto alla Soluzione 1 non prevede la possibilità di incidenti del tipo "Scontro-Frontale" dato che il traffico si distribuisce su due carreggiate separate. Tali incidenti corrispondono ad una percentuale abbastanza elevata, pari a circa il 28% degli incidenti osservati dal 2009 al 2016 (§6.6.2), ed è per questa riduzione di incidenti che la Soluzione 2 prevale, in termini di riduzione degli incidenti, sulla Soluzione 1, al netto anche del potenziale incremento di incidenti dovuti alle NC residue sul tratto esistente.

Pertanto la Soluzione 2 si presta bene ad esser realizzata nel tratto in esame in quanto, sulla base del miglioramento della sicurezza, presenta anche i seguenti vantaggi:

- costi di costruzione minimi senza necessità di chiusura completa al traffico;
- mantenimento in esercizio della strada esistente che altrimenti andrebbe dismessa;
- miglioramento delle condizioni di sicurezza della circolazione in corrispondenza della rotatoria con la S.P.38 per Tignale posta al termine dell'intervento (v. cap. 8).

Si osserva inoltre che tale soluzione si ritiene adatta al caso in esame poiché interessa un tratto limitato di strada, circa 2 km. La soluzione di separazione fisica non è una soluzione di adeguamento di strada esistente estendibile a tutte le strade ad unica carreggiata con una corsia per senso di marcia poiché deve esser tenuta in conto anche la perdita in termini di livello di servizio generata dall'impossibilità di effettuare sorpassi. In questo caso, infatti, non si tiene in conto della necessità di garantire il sorpasso poiché, anche nel caso di realizzazione della Soluzione 1 su tutto lo sviluppo, il sorpasso sarebbe vietato, per ragioni di sicurezza, in quanto il tracciato si svilupperebbe interamente in galleria.

Si ricorda che, come descritto in premessa, il livello di servizio "C" raggiunto in configurazione di progetto non è correlabile ad un aumento della possibilità di sorpasso ma piuttosto al miglioramento della velocità di deflusso derivante dall'eliminazione delle strettoie dell'attuale percorso della S.S.45bis.

La riduzione degli incidenti può essere utilizzata anche per aggiornare la classificazione in termini di sicurezza. Dato che la calibrazione unitaria necessariamente scelta per uniformità tra i modelli, come spiegato al §6.3, non consente un confronto diretto in termini di valore assoluto tra l'incidentalità predetta e osservata, vengono utilizzati i benefici di riduzione degli incidenti attraverso i valori percentuali ottenuti.

Quindi, considerando la riduzione minima di incidenti gravi che si registra al 2032 (-71%) ed applicando tale riduzione ai valori della densità di incidenti media osservata nel periodo 2009-2016, si può ipoteticamente prevedere che, se l'intervento fosse già in esercizio, si otterrebbe un valore di densità pari a $0.58 \times (1-0.71) = 0.17$ inc.anno/km minore del valore di riferimento dell'intera rete di strade statali italiane nello stesso periodo di riferimento pari a 0.43 inc.anno/km.

7.1.5 Considerazioni sulla calibrazione

Il dato previsionale degli incidenti gravi per lo stato attuale è utile per valutare anche la bontà della calibrazione standard utilizzata nei modelli ($Cr = 1.0$). Dai dati statistici si nota che nel periodo 2009-2016 sono stati riscontrati mediamente 1.75 inc. gravi/anno mentre al 2016 il modello ne ha predetti 3.59, ovvero circa il doppio, evidenziando la nota tendenza del modello a sovrastimare gli incidenti rispetto a quelli osservati⁷.

Questo significa che il dato ottenuto dovrebbe essere corretto qualora lo si volesse utilizzare per ottenere una valutazione "esatta" dei costi sociali legati all'incidentalità, ovvero passare dal numero di incidenti alle conseguenze in euro dei morti e dei feriti, ma non toglie validità all'impostazione metodologica per evidenziare la tendenza alla riduzione degli incidenti che è assolutamente in linea con il miglioramento degli standard di sicurezza previsti in progetto e che costituisce lo scopo del presente documento.

La correzione potrebbe avvenire attraverso un parametro che metta in rapporto il numero di incidenti osservati nel periodo di osservazione con gli incidenti predetti dal modello nello stesso periodo. In questo caso si otterrebbe un parametro che dovrebbe essere considerato un fattore di scala e non un coefficiente di calibrazione in quanto il processo legato alla definizione di quest'ultimo deve essere esteso ad un numero significativo di sezioni, in genere superiore a 50, e rappresentativo dello stesso ambito, come avviene ad esempio considerando le reti stradali su base nazionale o regionale.

7.2 INTERVENTI DI MITIGAZIONE PER LE NC DI TIPO OTTICO E PER LE CURVE DI RAGGIO STRETTO

Per quanto riguarda le NC di tipo ottico, ovvero il mancato rispetto del criterio ottico dei parametri delle clotoidi e sviluppo minimo delle curve ai sensi del DM 5/11/2001, i quali non sono stati considerati esplicitamente nei modelli previsionali per l'analisi di incidentalità, si

⁷ Martinelli F., La Torre F., Vadi P. - "Calibration of the Highway Safety Manual's Accident Prediction Model for Italian Secondary Road Network". Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board. N°2103. 1-9. 10.3141/2103-01 - Anno 2009.

prevede di realizzare interventi mitigativi tale da rendere il tracciato ben percepibile dagli utenti.

Tali interventi si concentrano esclusivamente sul potenziamento della segnaletica verticale e orizzontale, in particolare:

- La corsia di marcia della galleria esistente a seguito dell'adeguamento saranno delimitate da elementi catarifrangenti a rilievo, in accordo con l'art.153 del Regolamento del Codice della Strada (D.P.R. n° 485 del 16/12/1992) "Dispositivi retroriflettenti integrativi dei segnali orizzontali", e saranno posti in prossimità delle strisce di segnaletica orizzontale, sul lato interno alla corsia. I dispositivi hanno la funzione di segnalare visivamente l'avvicinarsi del veicolo al limite della corsia. Tale accorgimento risulta particolarmente utile nei casi in cui la galleria esistente è di tipo ogivale stretta e non consente il raggiungimento del minimo del franco libero verticale. In Figura 15 un esempio di questi dispositivi;



Figura 15: dispositivi retroriflettenti per evidenziare l'andamento delle corsie

- Il bordo laterale delle gallerie verrà evidenziato mediante l'installazione di delineatori di margine catarifrangenti, in accordo con l'art.173 del Regolamento del Codice della Strada (D.P.R. n° 485 del 16/12/1992) "Delineatori normali di margine", e saranno installati sulla testa dei profili ridirettivi posti sui margini laterali. Coerentemente con l'installazione su strade a senso unico i delineatori saranno installati con il doppio rinfrangente sul lato sinistro e singolo sul lato destro (Figura 16);



Figura 16: delineatori di margine doppio (lato sinistro) e singolo (lato destro) per strade a senso unico

- Per evidenziare la presenza delle curve di raggio stretto poste al termine della galleria "Dei Ciclopi", sebbene il loro effetto sia stato considerato nel modello di

incidentalità, verrà previsto un potenziamento della segnaletica (Figura 17 e Figura 18) costituito da:

- delineatori modulari di curva in accordo con l'art.174 del Regolamento del Codice della Strada (D.P.R. n° 485 del 16/12/1992) evidenziati con sistemi a LED o con lanterna lampeggiante posta sopra al segnale;
- rafforzamento della segnaletica relativa al limite di velocità mediante verniciatura a terra del limite imposto;
- rallentatori ottici in accordo con l'art.179 del Regolamento del Codice della Strada (D.P.R. n° 485 del 16/12/1992).

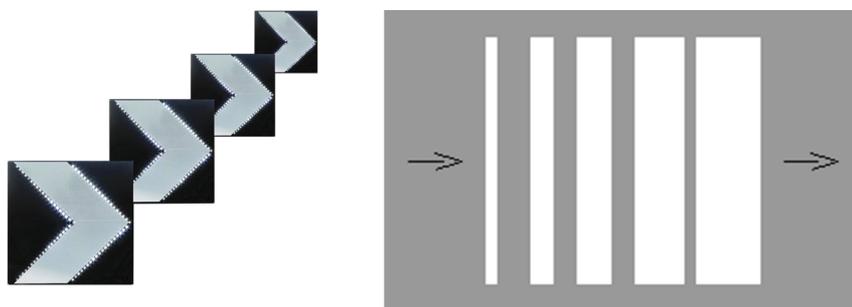


Figura 17: delineatori modulari di curva con LED (a sinistra) e rallentatori ottici (a destra)

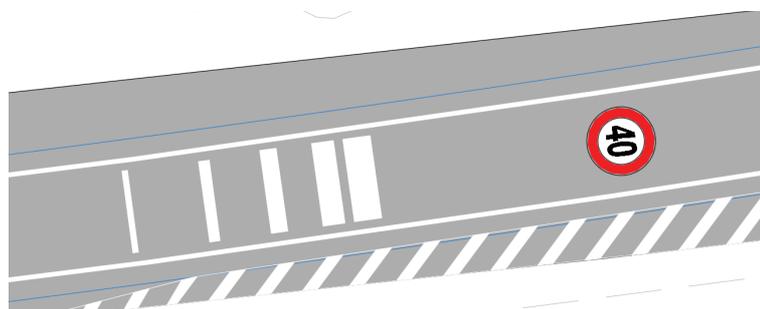


Figura 18: rafforzamento della segnaletica relativa al limite di velocità

8. MIGLIORAMENTO DELL'INGRESSO IN ROTATORIA CON S.P.38

Il progetto della rotatoria di fine intervento, posta alla pk 88+650 ca., che collega la S.S. 45 bis, oggetto di intervento, alla S.P. 38 per Tignale prevede nella sua versione originale studiata nel PFTE una posizione che tale da trovarsi a breve distanza dallo sbocco della galleria di nuova realizzazione.

Ciò costituisce una potenziale circostanza che può generare incidenti dovuti alle difficoltà di percezione e adattamento degli utenti al passaggio dall'interno della galleria alla rotatoria posta subito all'esterno della galleria stessa, amplificate dal fatto che il tratto di galleria in avvicinamento alla rotatoria è percorso alla velocità di progetto massima.

Con riferimento alla Soluzione 1, infatti, si può osservare che gli utenti che procedono in direzione Trento si troverebbero a giungere in rotatoria a velocità sostenute e dovrebbero in poco spazio, approssimabile in circa 35 m, effettuare la manovra di frenata e contemporaneamente adeguare il comportamento al cambiamento di ambiente e di luminosità (Figura 19). Ciò potrebbe portare gli utenti a non riconoscere la presenza della rotatoria e quindi a provocare incidenti.

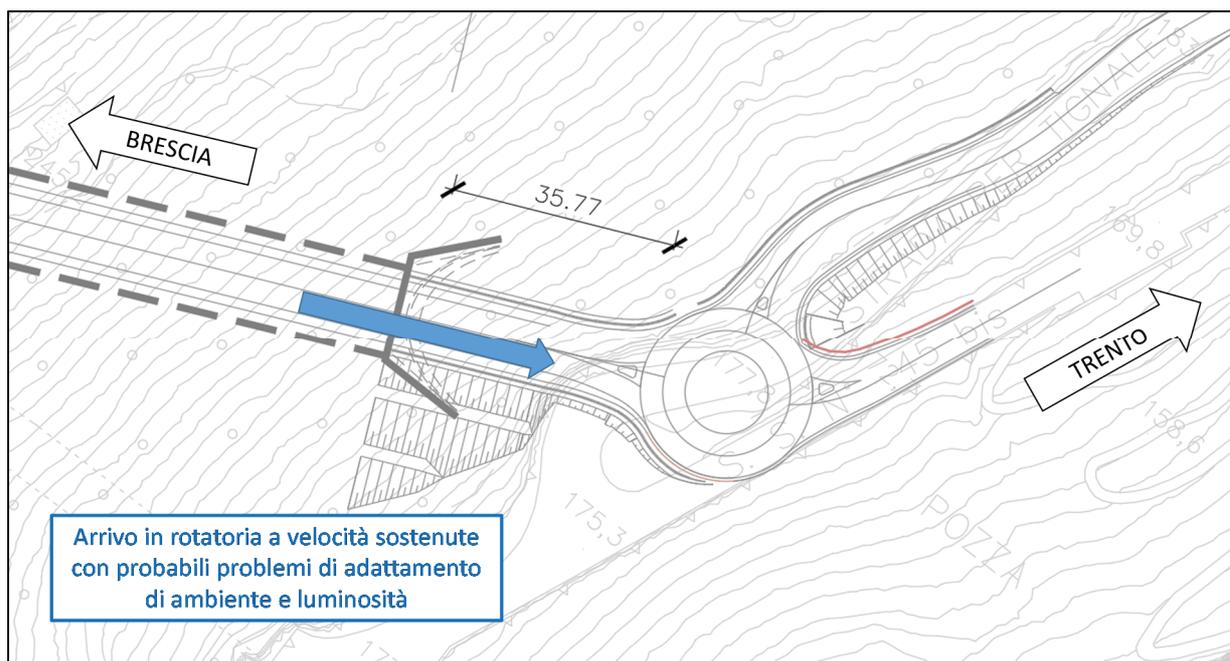


Figura 19: configurazione di progetto della rotatoria posta in prossimità del termine intervento per la Soluzione 1

L'organizzazione dell'intersezione a rotatoria che deriva dalla soluzione di PD (Soluzione 2) consente un miglioramento delle manovre in approccio alla rotatoria rispetto ad un eventuale organizzazione della galleria nuova ad unica carreggiata con due corsie per senso di marcia (Soluzione 1). L'avvicinamento in rotatoria in direzione Trento percorrendo le gallerie esistenti avviene dopo aver percorso due curve a raggi nei quali si transita a velocità inferiori a 40 km/h (Figura 20) e questo consente agli utenti di giungere in rotatoria con

velocità già prossime a quella di percorrenza dell'anello, facilitando la percezione della rotatoria e l'adattamento alle diverse condizioni ambientali circostanti.

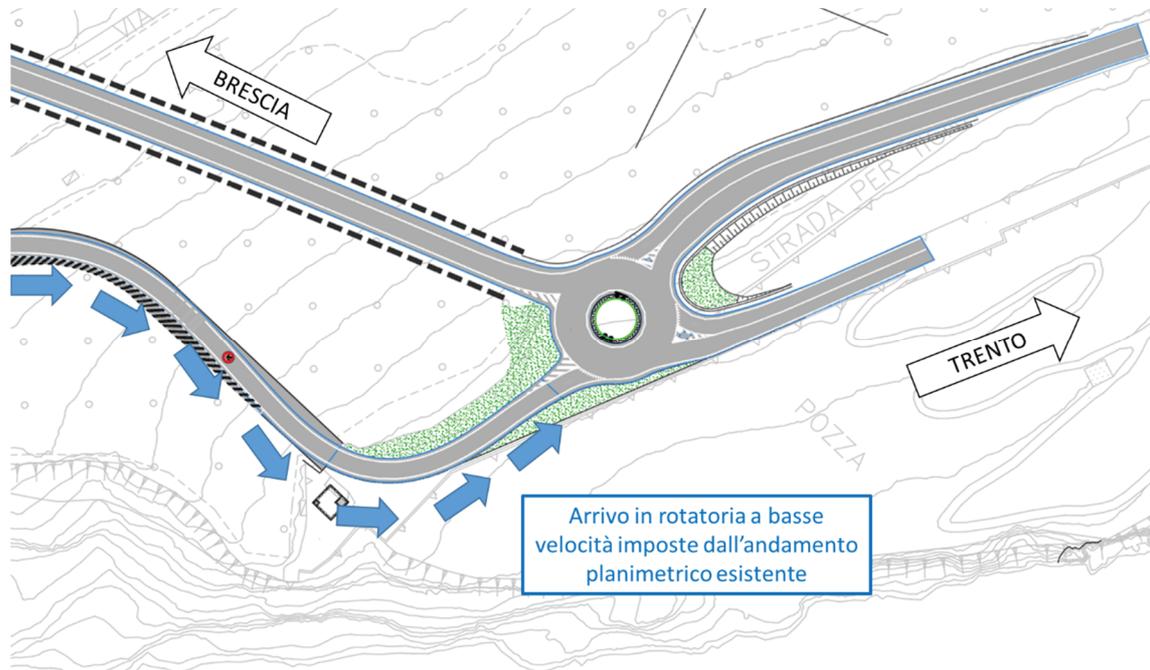


Figura 20: configurazione di progetto della rotatoria posta in prossimità del termine intervento per la Soluzione 2

9. ULTERIORI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA

Per la redazione del PD dell'intervento di adeguamento in modo da garantire standard di sicurezza maggiori sono state previste misure aggiuntive di sicurezza che derivano da indicazioni di buona pratica di progettazione e realizzazione delle gallerie, ovvero da normativa di settore non cogente per l'intervento di adeguamento in esame.

Nei paragrafi che seguono vengono trattate le misure aggiuntive dividendole per settore di intervento:

- misure di progettazione stradale e di segnaletica;
- misure per opere strutturali e idrauliche;
- misure di progettazione impianti.

9.1 MISURE DI PROGETTAZIONE STRADALE E DI SEGNALETICA

Nella galleria nuova è stata prevista la realizzazione di una banchina in destra da 2.0 m che svolge la funzione di franco psicotecnico ed anche di corsia di emergenza in quanto la misura di 2.0 m è coerente con il modulo minimo indicato nel Regolamento Codice della Strada, art.140 comma 1, per tali corsie.

Sia per la galleria nuova che per quella esistente sono state previste uscite di emergenza tramite le quali si accede ai bypass pedonali che svolgono la funzione di luogo sicuro temporaneo. Inoltre le vie di fuga previste in progetto collegano le due canne le quali funzionano da punto di sbocco verso l'esterno. In questo modo si evita di realizzare rifugi privi di uscita collegata a vie di fuga verso l'esterno.

L'interasse tra le vie di fuga è stato previsto ad interasse di 300 m circa in base alle indicazioni del DM 5/11/2001 non cogente. Analogamente è stato previsto l'inserimento di un bypass carrabile indicativamente al cento della galleria nuova tale da formare due tratti a monte e a valle di circa 900 m, come da lunghezza di interasse tra bypass carrabili indicata nel DM 5/11/2001. Il punto di realizzazione del bypass carrabile si colloca nel punto a minor distanza tra le due canne a quote sostanzialmente uguali, garantendo il collegamento carrabile nel punto più favorevole con i più bassi costi di realizzazione.

L'uscita di emergenza viene realizzata mediante lo schema illustrato in Figura 21 e Figura 22.

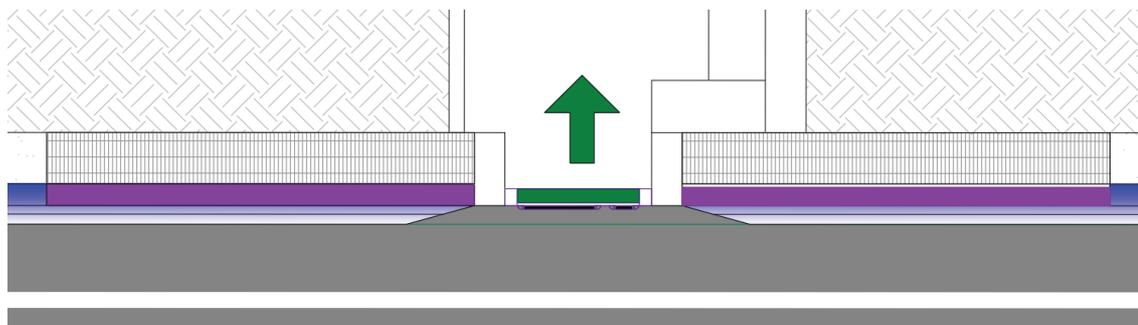


Figura 21: punto di ingresso ai bypass pedonali (pianta)

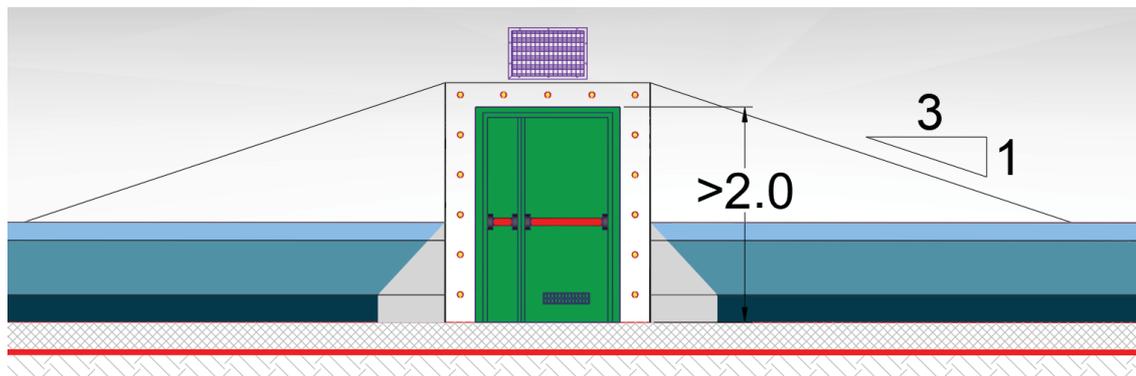


Figura 22: punto di ingresso ai bypass pedonali (prospetto)

Le due fornici previste in progetto confluiscono alle loro estremità in una strada ad unica carreggiata e pertanto è consentita anche la possibilità, in casi eccezionali, di far entrare mezzi di soccorso contromano ed accedere immediatamente a ciascuno dei fornici.

Nella nuova galleria, nonostante sia prevista anche la realizzazione di una corsia di emergenza di modulo minimo di 2.0 m, saranno comunque previste due piazzole di sosta ad interasse di circa 600 m considerando anche l'imbocco e lo sbocco. Nella galleria esistente è invece presente già una piazzola esistente nel breve tratto all'aperto tra le gallerie "Eutemia" e "Dei Ciclopi".

9.1 MISURE PER OPERE STRUTTURALE E IDRAULICHE

Il drenaggio di liquidi infiammabili e tossici è effettuato tramite collettori e pozzetti appositamente realizzati all'interno delle sezioni trasversali delle gallerie. Tale sistema di drenaggio è progettato in modo da impedire incendi nonché il propagarsi di liquidi infiammabili e tossici all'interno delle due gallerie, sia per la nuova che per quella esistente.

In questo modo si può prevedere la fruibilità delle gallerie a tutte le tipologie di mezzi comprese quelle adibite a trasporto di merci pericolose.

9.2 MISURE DI PROGETTAZIONE IMPIANTI

I paragrafi seguenti costituiscono una sintesi degli impianti previsti in galleria per garantirne l'apertura al traffico in piena sicurezza. Per maggiori dettagli si rimanda alla Relazione Tecnica Impianti del PD (cod. elab. T00IM00IMPRE01).

9.2.1 Illuminazione

Nella galleria nuova ed in quelle esistenti si prevede di installare dispositivi di illuminazione ordinaria in modo tale da assicurare una visibilità adeguata ai conducenti nella zona di ingresso e all'interno della galleria, di giorno e di notte, nel rispetto delle norme fissate con D.M. n. 3476 del 14/09/2005.

Nella galleria nuova ed in quelle esistenti all'illuminazione ordinaria si prevede di affiancare l'illuminazione di sicurezza in modo tale da fornire un minimo di visibilità agli utenti della galleria, per consentire loro di abbandonare quest'ultima con i loro veicoli in caso

di interruzione dell'alimentazione elettrica. Qualora l'evacuazione della galleria non possa avvenire a bordo dei veicoli, sono previsti sistemi di illuminazione finalizzati a consentire l'evacuazione della galleria, quali i segnali luminosi di evacuazione posti a un'altezza non superiore a 1.5 m, per guidare gli utenti che sgombrano la galleria a piedi in caso di emergenza.

9.2.2 Ventilazione

Nella galleria nuova di sviluppo pari a circa 1800 m è previsto l'impianto di ventilazione meccanica ed il controllo del calore e del fumo in caso di incendio. La gestione della ventilazione sarà affidata al PLC⁸ che riceve i segnali provenienti dai sensori presenti in campo (rilevatori di CO-OP, anemometri, cavo fibrolaser) e dai quadri di potenza (MCC).

9.2.3 Stazioni di emergenza

Lungo lo sviluppo della galleria nuova e di quella esistente sono previste stazioni di emergenza per mettere a disposizione diversi strumenti di sicurezza, dotate ciascuna di un telefono di emergenza e di due estintori. Le stazioni saranno collocate ad interdistanza di 150 m circa sia sulla galleria nuova che su quelle esistenti.

Le stazioni di emergenza saranno costituite da armadi metallici installati in vista oppure da armadi incassati in nicchie realizzate nel piedritto (in base alla conformazione e alla sezione delle gallerie). Gli armadietti di emergenza saranno posizionati sul lato destro della carreggiata. La rottura di un vetro, l'apertura di uno sportello per il prelievo degli estintori attiverà un allarme locale ottico ed acustico temporizzato. Il segnale di apertura sarà inviato al centro di controllo.

Il segnale di apertura dell'armadietto verrà inviato al centro remoto. Quando viene azionato il pulsante di allarme, verrà comunicata all'operatore del centro remoto una situazione di emergenza. L'operatore, oltre a dialogare con l'utente, potrà seguire delle procedure di emergenza e attivare i relativi sistemi presenti in galleria (PMV, TVCC, Ventilazione, segnaletica, messaggistica, ecc.).

9.2.4 Erogazione idrica

Alla stessa interdistanza delle stazioni di emergenza (150 m) verranno collocati punti di erogazione idrica per tutte le gallerie sia nuove che esistenti. Vicino ai portali di imbocco e di sbocco verranno collocati idranti UNI 70 (portata 300 l/min) mentre nelle stazioni intermedie gli idranti saranno UNI 45 (portata 120 l/min).

Il sistema di alimentazione idrica è in grado di garantire la continuità di erogazione idrica per almeno due ore.

9.2.5 Sorveglianza

La sorveglianza di tutte le gallerie del tratto in adeguamento verrà svolta presso la sala compartimentale ANAS competente. Le gallerie saranno dotate di impianto di video e di un impianto di rilevamento automatico degli incidenti stradali (ad esempio arresto di veicoli) e

⁸ Acronimo di *Programmable Logic Controller*.

degli incendi. In particolare per quest'ultimo tipo di evento il rilevamento automatico è stato inserito in quanto la ventilazione meccanica per il controllo dei fumi è diversa dal funzionamento automatico della ventilazione per il controllo degli inquinanti.

9.2.6 Segnaletica di emergenza

Per tutte le gallerie sia nuove che esistenti, prima degli ingressi verranno installati semafori che consentono di impedire l'accesso alla galleria in situazioni di emergenza. Sono allo stesso modo previsti pannelli a messaggio variabile per ottenere il rispetto delle istruzioni.

Per la galleria nuova di sviluppo 1800 m, che è costituita da un unico tratto a differenza delle gallerie esistenti divise in tre tratti, verranno installati impianti per fermare i veicoli in caso di emergenza costituiti da PMV e da segnali freccia/croce posti ad interdistanza pari a 300 m.

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

Per la gestione delle emergenze verranno installati impianti per ritrasmissioni radio ad uso dei servizi di pronto intervento.

9.2.7 Impianti elettrici

Tutte le gallerie verranno dotate di un'alimentazione elettrica di emergenza per assicurare il funzionamento degli impianti di sicurezza per il tempo necessario a consentire la totale evacuazione degli utenti dalla galleria. I circuiti elettrici, di misurazione e di controllo sono progettati in modo che un guasto locale, dovuto ad esempio a un incendio, non impedisca il funzionamento dei circuiti non interessati.

Il livello delle caratteristiche di resistenza e reazione al fuoco dei componenti di tutti gli impianti e sistemi della galleria è in grado di garantire il mantenimento delle necessarie funzioni di sicurezza in caso di incendio.

10. CONCLUSIONI

La presente relazione si è posta l'obiettivo di valutare il miglioramento di sicurezza della circolazione derivante dall'intervento di adeguamento della S.S. 45bis "Gardesana Occidentale" nel tratto compreso tra le pk 86+567 e pk 88+800, coerentemente con le prescrizioni del DM 22/04/2004.

L'analisi di incidentalità ha portato a concludere che la configurazione di progetto definita nel documento "Soluzione 2", sebbene caratterizzata dalla presenza di NC residue nel tratto esistente, è in grado di garantire una riduzione significativa di incidenti e quindi un miglioramento della sicurezza della circolazione.

La valutazione è stata effettuata scegliendo opportuni indicatori che, coerentemente con quanto indicato nell'Allegato al D.M. n. 137 del 02/05/2012, sono il numero, la densità (o frequenza) e il tasso di incidenti, distinguendo ciascun indicatore tra incidenti totali e gravi.

Le riduzioni di questi indicatori valutate tramite l'analisi sono riassunte in Tabella 15:

Tabella 15: Sintesi delle riduzioni riscontrate negli indicatori di sicurezza scelti

INDICATORE	Variazioni percentuali rispetto al 2016 (stato attuale)	
	2021	2032
Numero incidenti totali	-78%	-75%
Numero incidenti gravi	-74%	-71%
Densità incidenti totali	-78%	-75%
Densità incidenti gravi	-74%	-71%
Tasso incidenti totali	-80%	-80%
Tasso incidenti gravi	-77%	-76%

Gli indicatori scelti dimostrano pertanto che l'intervento, nel suo complesso, è in grado di produrre un innalzamento del livello di sicurezza, ai sensi dell'Art. 4 del DM n°67/S del 22/04/2004.

Lungo il tracciato della galleria esistente sono presenti NC residue rispetto al DM 5/11/2001 che riguardano sostanzialmente problemi di mancato rispetto dello sviluppo minimo delle curve e di parametro minimo ottico delle clotoidi. Trattandosi di problemi di tipo percettivo del tracciato sono previsti interventi di potenziamento della segnaletica verticale e orizzontale. Con accorgimenti analoghi verrà trattata la parte finale della galleria "Dei Ciclopi" in cui è presente una successione di curve di raggio stretto prime dell'ingresso in rotatoria.

La realizzazione dell'intervento secondo quanto previsto per la Soluzione 2 consente inoltre di rivedere l'ingresso in rotatoria con la S.P.38 per Tignale per chi procede verso Trento, risolvendo i problemi di percezione ed adattamento all'ambiente legati al passaggio a velocità sostenuta tra l'interno della galleria e l'esterno, ove è ubicata la rotatoria, che nel progetto a strada ad unica carreggiata dovrebbe avvenire in soli 35 m. La Soluzione 2 prevede, infatti, velocità di percorrenza in avvicinamento alla rotatoria molto più basse

rispetto alla Soluzione 1, tali da favorire un più facile adattamento degli utenti al passaggio dall'interno all'esterno della galleria e di conseguenza un più sicuro ingresso in rotatoria.

Per quanto non richiesto da norme cogenti in tema di progettazione stradale e di progettazione di gallerie, trattandosi di un intervento di adeguamento o comunque non ricadente nel campo di applicazione delle stesse, il progetto prevede anche la realizzazione di una serie di dettagli costruttivi che migliorano la sicurezza della circolazione e che riguardano:

- misure di progettazione stradale e segnaletica;
- misure per opere strutturali e idrauliche;
- misure di progettazione impianti.

Tra queste si sottolinea in particolare il sistema di vie di fuga costituito da bypass pedonali posti ad interdistanza massima di 300 m, un bypass carrabile posto a metà dello sviluppo del nuovo tracciato (che collega la nuova galleria con la parte finale della galleria "D'Acli" esistente) e tutti gli impianti di segnalamento e gestione delle emergenze.