

AUTOSTRADA (A12) : ROMA - CIVITAVECCHIA TRATTO: CERVETERI - TORRIMPIETRA

POTENZIAMENTO FUNZIONALE TRATTO CERVETERI - TORRIMPIETRA

PROGETTO DEFINITIVO

DOCUMENTAZIONE GENERALE



Analisi degli aspetti connessi con le esigenze di sicurezza stradale

(EX DM n.67/S del 22.04.2004)

Relazione

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO Ing. Danilo D'Alessandro Ord. Ingg. L'Aquila N. 1503	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Danilo D'Alessandro Ord. Ingg. L'Aquila N. 1503	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Orlando Mazza Ord. Ingg. Pavia N. 1496 RESPONSABILE PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI
---	---	--

CODICE IDENTIFICATIVO										ORDINATORE	
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog., Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo		Rev.
111206	LL00	PD	DG	GEN	00000	00000	R	GEN	0009	00	SCALA -

 gruppo Atlantia	PROJECT MANAGER:		SUPPORTO SPECIALISTICO:				REVISIONE	
							n.	data
							0	LUGLIO 2018
							1	-
							2	-
REDATTO:		VERIFICATO:		3	-			
				4	-			

	VISTO DEL COMMITTENTE  IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO ING. M. TORRESI	VISTO DEL CONCEDENTE  Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI
--	---	---

Cliente **SPEA Engineering S.p.A.**

Oggetto o Nome del Progetto **Autostrada A12 Roma-Civitavecchia.
Potenziamento funzionale tratto Cerveteri-
Torrimpietra**

Progetto Definitivo

Titolo del Rapporto **Relazione di Sicurezza ai sensi del D.M. del
22.04.2004**

Autore **Prof. Ing. Lorenzo Domenichini**

Data/ Versione **Luglio 2018**

N° Progetto C.S.I.A. **3307AS18**

N° del Rapporto **001**

0	23/07/18	AG	LD	LD	Emissione
Rev.	Data	Redatto	Controllato	Approvato	Descrizione

Pagina lasciata intenzionalmente in bianco

INDICE

1	PREMESSA	5
2	INQUADRAMENTO NORMATIVO E SCOPO DEL DOCUMENTO	7
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	8
3.1	Documenti Normativi	8
3.2	Documenti tecnici	8
3.3	Documenti di progetto	8
4	TABELLA ABBREVIAZIONI	9
5	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO DI POTENZIAMENTO E LIMITI DI INTERVENTO	11
6	LE DIFFORMITA' RISPETTO AL DM 5/11/2001 DI RIFERIMENTO	15
7	APPROCCIO METODOLOGICO	16
7.1	Impostazione dello studio	16
7.2	Suddivisione in sezioni omogenee del sistema autostradale in esame	16
7.3	Procedura empirico bayesiana	17
7.4	Modelli previsionali di incidentalità	18
7.5	Il processo di calibrazione	20
7.6	Indicatori di prestazione di sicurezza	20
7.7	Costi sociali dell'incidentalità ai fini dell'analisi di sicurezza	21
7.8	Modalità per tener conto dei limiti di velocità	22
7.9	Modalità per tener conto della ridotta larghezza del margine interno	23
8	DATI DI INGRESSO PER LO STUDIO	25
8.1	Caratteristiche geometriche	25
8.2	Traffico	25
8.3	Incidenti	26
9	SUDDIVISIONE DELLA RETE IN SEZIONI OMOGENEE	27
10	DETERMINAZIONE DEI LIVELLI DI SICUREZZA	28
10.1	Configurazione "Ante Operam 2017"	28
11	LIVELLI DI SICUREZZA DELLA CONFIGURAZIONE POST OPERAM	30
11.1	Configurazione "Base 2022"	30
11.2	Configurazione "Progetto 2022"	31
11.3	Configurazione "Alternativa 2022"	31
12	MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA AI SENSI DELL'ART.4 DEL DM 22 APRILE 2004	33
12.1	Confronto Ante Operam/Soluzione "Base"	33
12.1.1	Confronto in termini di frequenza di incidenti gravi e totali	33
12.1.2	Confronto in termini di tasso di incidentalità grave	34
12.1.3	Confronto in termini di costi sociali	34
12.1.4	Conclusioni a riguardo della Soluzione "Base"	35
12.2	Confronto Ante Operam/Soluzione "Progetto"	36
12.2.1	Frequenza di incidenti gravi e totali	36
12.2.2	Tasso di incidentalità grave e totale	36
12.2.3	Confronto in termini di costi sociali	37
12.2.4	Conclusioni a riguardo della Soluzione di "Progetto"	38
12.3	Confronto Ante Operam/Soluzione "Alternativa"	38
12.3.1	Frequenza di incidenti gravi e totali	38
12.3.2	Tasso di incidentalità grave e totale	39
12.3.3	Confronto in termini di costi sociali	40
12.3.4	Conclusioni a riguardo della Soluzione "Alternativa"	41
13	CONCLUSIONI	42
14	ROTATORIA DI CERVETERI	44
14.1	Introduzione	44
14.2	Le statistiche ISTAT relative alle intersezioni	46

14.3	Osservazioni dal modello previsionale HSM per le intersezioni di strade extraurbane	50
14.4	Conclusioni	51
ALLEGATO A: ELENCO FILE DI RIFERIMENTO		55
ALLEGATO B: DIVISIONE IN SEZIONI OMOGENEE		57
ALLEGATO C: SINTESI DEI DATI DI TRAFFICO		61
ALLEGATO D: VALORI DEGLI INCIDENTI ATTESI SEZIONE PER SEZIONE		64
ALLEGATO E: INCIDENTI ATTESI CON MORTI O FERITI DIVISI PER GRAVITÀ		69
ALLEGATO F: VERIFICA DELLA NON SIGNIFICATIVITÀ DELLA LARGHEZZA DEL MARGINE INTERNO SULL'INCREMENTO DI INCIDENTALITÀ		74
ALLEGATO G: IMPATTO DELL'ORGANIZZAZIONE DELLA SEZIONE STRADALE SULLA SICUREZZA STRADALE		79

1 PREMESSA

Il progetto a cui si riferisce il presente documento riguarda il potenziamento funzionale dell'Autostrada A12 "Roma-Civitavecchia", nella tratta compresa tra Cerveteri e Torrimpietra (Figura 1).



Figura 1: Inquadramento territoriale del tratto di autostrada A12 tra Cerveteri e Torrimpietra

La domanda di traffico nel tratto in esame risulta caratterizzata da una spiccata specificità territoriale: i flussi veicolari diventano infatti "critici" in corrispondenza delle ore di partenza e rientro da/per Roma, in occasione dei week-end estivi e dei giorni festivi di "ponte", mentre nei rimanenti periodi dell'anno tali "picchi" di traffico sono meno frequenti e pertanto i relativi livelli di servizio si mantengono buoni.

Gli effetti dei fenomeni di sovraccarico veicolare si verificano in particolare nel periodo estivo sono molto rilevanti, in cui si registrano lunghe code sull'A12 che si ripercuotono anche sulla viabilità esterna (SS1 Aurelia), in misura maggiore in prossimità dello svincolo di Cerveteri/Ladispoli ed in misura minore prima di Torrimpietra (da Aranova fino al GRA di Roma).

Nella tratta oggetto di studio, nel corso degli ultimi anni sono state definite differenti ipotesi di intervento a seguito di problematiche emerse in relazione a:

- questioni di carattere archeologico con conseguente impatto sull'opportunità di prevedere allargamenti, vincolando l'intervento a rimanere all'interno del sedime della piattaforma stradale esistente;
- la riduzione dei flussi veicolari a seguito della congiuntura economica del periodo 2009-2014;
- la specificità della domanda di traffico rilevabile sulla tratta.

Di conseguenza è stato necessario rivedere gli obiettivi iniziali e rispetto alla tratta iniziale S. Marinella-Torrimpietra (lunghezza 26 km circa) e l'estensione dell'intervento è stata limitata al solo tratto compreso tra gli svincoli di Cerveteri/Ladispoli e Torrimpietra per una lunghezza complessiva di 13 km circa. Quest'ultima si estende dal km 15+000 - in corrispondenza della stazione di Roma-Torrimpietra - al km 28+000 - in corrispondenza dello svincolo di Cerveteri.

Il progetto di potenziamento funzionale si sviluppa per l'intera sua estensione sul sedime dell'autostrada A12 esistente. Conseguentemente il progetto è stato sviluppato in coerenza con quanto previsto dal D.M. n. 67/S del 22.04.2004 prendendo a riferimento i criteri progettuali contenuti nel D.M. n°6792 del 5.11.2001 che è di riferimento non cogente.

2 INQUADRAMENTO NORMATIVO E SCOPO DEL DOCUMENTO

Il PD del potenziamento funzionale dell'Autostrada "A12" Roma-Civitavecchia, nella tratta compresa tra Cerveteri e Torrinietra costituisce un "adeguamento di una strada esistente". Come tale la normativa cogente osservata nella definizione delle soluzioni di progetto è rappresentata dal DM 22/04/2004.

Il D.M. del 22.04.2004 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 norme 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" consentito dall'intervento di potenziamento funzionale dell'Autostrada "A12" Roma-Civitavecchia, nella tratta compresa tra Cerveteri e Torrinietra.

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 Documenti Normativi

- D.M. 5.11.2001 "Norme funzionali e geometriche per la Costruzione delle strade";
- D.Lgs 30 Aprile 1992 n.285, "Nuovo Codice della Strada";
- DPR 16 dicembre 1992 "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada";
- DM 22 aprile 2004, "Modifica del DM 5.11.2001 recante "Norme funzionali e geometriche per la Costruzione delle strade";

3.2 Documenti tecnici

- Autostrada A12 "Rosignano-Civitavecchia" - Progetto Definitivo - Analisi di sicurezza - Prog. N° 2602AS11 - 18.03.2011;
- Bozza di revisione DM Barriere di sicurezza ai sensi del DM 223/1992 pubblicato sul sito della Commissione Europea - Notification Number: 2014/483/I.

3.3 Documenti di progetto

- Progetto Definitivo - Studio di Traffico - codice elaborato GEN0008
- Progetto Definitivo - Planimetrie a profilo longitudinali dello stato attuale - codice elaborati STD0001-0017
- Progetto Definitivo - Planimetrie di progetto - codice elaborati STD0020-0028;
- Progetto Definitivo - Sezioni tipo - codice elaborato STD0029;
- Progetto Definitivo - Diagrammi delle velocità e delle visuali libere;
- Progetto Fattibilità Tecnico Economica - Relazione Generale - codice elaborato GEN0002.

4 TABELLA ABBREVIAZIONI

ABBREVIAZIONE ACRONIMO	SIGNIFICATO
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
EB	Empirico Bayesiano
EN,f+i	"Entrance", "fatal+injury" attribuito agli incidenti predetti dal modello HSM che interessano corsie specializzate in ingresso e coinvolgono feriti e morti
EN,pdo	"Entrance", "Property damage only" attribuito agli incidenti predetti dal modello HSM che interessano corsie specializzate in ingresso e coinvolgono solo danni alle cose
EX,f+i	"Exit", "fatal+injury" attribuito agli incidenti predetti dal modello HSM che interessano corsie specializzate in uscita e coinvolgono feriti e morti
EX,pdo	"Exit", "Property damage only" attribuito agli incidenti predetti dal modello HSM che interessano corsie specializzate in uscita e coinvolgono solo danni alle cose
fs	Freeway Segment, identifica uno tratto autostradale senza manovre di entrata o uscita (arco stradale)
HSM	Highway Safety Manual da cui sono estratti i modelli previsionali di incidentalità
M+F	Morti + Feriti relativo agli incidenti considerati gravi che coinvolgono feriti o morti
M+F+DaC	Morti + Feriti + Danni alle Cose relativo agli incidenti totali che coinvolgono feriti, morti e danni alle cose
mv	Multi-Vehicle relativo ad incidenti predetti dal modello HSM coinvolgenti più di un veicolo
mv,f+i	"multi-vehicle", "fatal+injury" attribuito agli incidenti predetti dal modello HSM che interessano più di un veicolo e coinvolgono feriti e morti
mv,pdo	"multi-vehicle", "Property damage only" attribuito agli incidenti predetti dal modello HSM che interessano più di un veicolo e coinvolgono solo danni alle cose
Na	N° di incidenti Attesi
No	N° di incidenti Osservati

ABBREVIAZIONE ACRONIMO	SIGNIFICATO
Np	N° di incidenti Predetti
NC	Non conformità del tracciato ai sensi del D.M. 5.11.2001
pdo	Property Damage Only solo danni alle cose
scl	Speed Change Lane, identifica un tratto autostradale in cui sono presenti manovre di ingresso e uscita
SPF	Safety Performance Function
sv	Single Vehicle relativo ad incidenti predetti dal modello HSM coinvolgenti un solo veicolo
sv,f+i	"single-vehicle", "fatal+injury" attribuito agli incidenti predetti dal modello HSM che interessano solo un veicolo e coinvolgono feriti e morti
sv,pdo	"single-vehicle", "Property damage only" attribuito agli incidenti predetti dal modello HSM che interessano solo un veicolo e coinvolgono solo danni alle cose
TGM (o AADT)	Traffico Giornaliero Medio annuo (o Annual Average Daily Traffic)

5 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO DI POTENZIAMENTO E LIMITI DI INTERVENTO

L'intervento di potenziamento funzionale del tratto di autostrada A12 compreso tra gli svincoli di Torrimpietra e Cerveteri tra le progressive 15+000 e 28+000 consiste nella riorganizzazione della sezione esistente al fine di realizzare una terza corsia/corsia d'emergenza (di seguito abbreviato con 3^a corsia), ovvero una corsia da rendere fruibile agli utenti solo nei periodi di forte traffico mentre nei restanti periodi dell'anno svolge la funzione di corsia di emergenza.

Negli anni più recenti, a seguito dell'aggiornamento dei valori della domanda di trasporto che hanno evidenziato che le criticità sul tratto in esame risultano principalmente legate a specificità stagionali del traffico, il progetto ha subito un processo di ottimizzazione tale da restringere in definitiva l'ambito alla sola carreggiata sud, prevedendo in particolare i seguenti interventi:

- la riorganizzazione della piattaforma autostradale esistente, attraverso il disassamento della linea d'asse e la contestuale riduzione delle dimensioni dello spartitraffico, oltre a una modesta riduzione della larghezza delle corsie di marcia (3,50 m), in modo da inserire una terza corsia da aprire alla circolazione solo nei periodi a maggior traffico, in luogo della corsia di emergenza;
- la modifica della configurazione delle dotazioni impiantistiche previste con la precedente soluzione di 3^a corsia, per renderle più aderenti ad un uso prettamente stagionale della corsia di emergenza. A tale intervento è altresì associata l'imposizione di un limite di velocità di 110 km/h;
- la creazione, sempre solo in carreggiata sud, di 15 piazzole di sosta ed 1 di servizio necessarie a mitigare l'assenza della corsia di emergenza nei periodi in cui questa è utilizzata come terza corsia (oltre alla chiusura e trasformazione in piazzola dell'Area di Parcheggio "Il Pineto").

Allo scopo di ricavare nella piattaforma attuale lo spazio necessario all'incremento delle dimensioni della corsia di emergenza, affinché questa possa eventualmente essere utilizzata come corsia di marcia, il progetto contempla una riorganizzazione complessiva della carreggiata Sud e del margine interno esistenti.

La sezione autostradale attuale presenta le seguenti caratteristiche (Figura 1):

- corsie di marcia (due per carreggiata) da 3.75m;
- corsie di emergenza di larghezza variabile e compresa tra 2.25 e 2.50m;
- banchine interne (franco psicotecnico) da 0.25m;
- spartitraffico (inerbito) con barriera bifilare metallica da 2.50m;
- elementi marginali in rilevato (arginello) da 0.50m e in trincea cunette in calcestruzzo, di dimensioni variabili a seconda dei tratti, comprese tra 0.50m ed 1.00m;
- pendenza delle scarpate nell'ordine del 3/2.

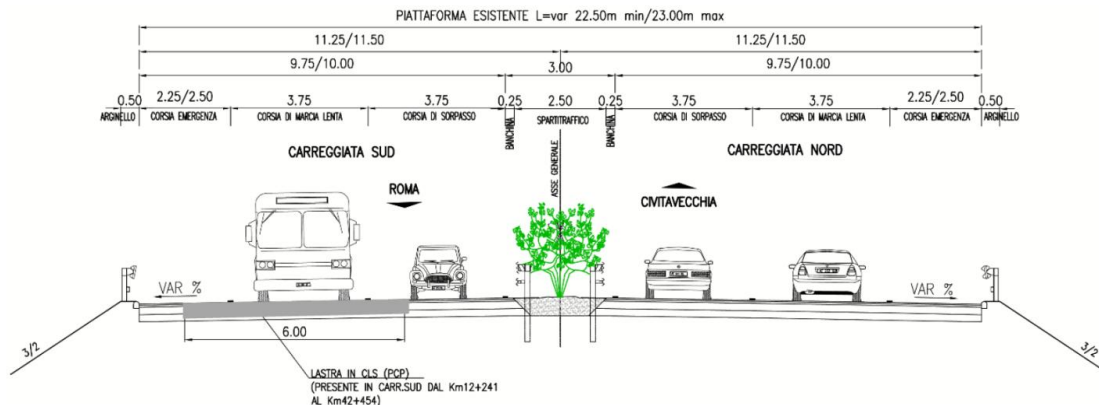


Figura 1: sezione tipo attuale dell'autostrada A12 nel tratto Torrimpietra-Cerveteri

Ne consegue quindi che la piattaforma pavimentata presenta attualmente una larghezza compresa tra 9.50m e 9.75m.

Prevedendo come da impostazione progettuale di utilizzare, in carreggiata Sud, la corsia di emergenza come corsia di marcia, con una larghezza utile di 3.50m, si rende necessario incrementare la larghezza della corsia di emergenza attuale, e di riservare all'utenza un ulteriore minimo franco psicotecnico in destra di 25cm, necessario anche per l'inserimento della apposita segnaletica di margine.

Il progetto prevede pertanto di recuperare tali spazi, a tagli esterni invariati, tramite:

- riduzione da 3.75m a 3.50m delle corsie di marcia attuali in carreggiata Sud;
- riduzione, tramite riorganizzazione, del margine interno attuale da 3.00m a 2.00m: gli attuali 2.50m di spartitraffico in terra verranno bonificati e pavimentati; nello spartitraffico così riconfigurato sarà quindi inserita una nuova barriera monofilare bifacciale metallica (ingombro fisico previsto 80cm) a cui saranno affiancate banchine di 60cm su ambo i lati, riservando così lo spazio necessario a garantire che il funzionamento della nuova barriera da spartitraffico avvenga senza che vi sia invasione statica o dinamica delle corsie in caso di urto.

La sezione riconfigurata assume pertanto l'aspetto rappresentato in Figura 2:

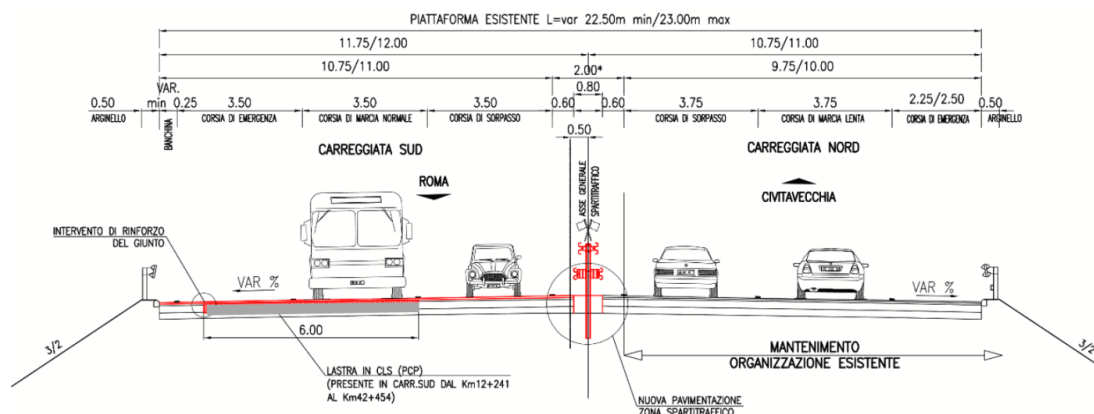


Figura 2: sezione tipo riconfigurata dell'autostrada A12 nel tratto Torrimpietra-Cerveteri

Per quanto concerne la carreggiata Sud, contestualmente alla riorganizzazione dello spartitraffico necessaria all'incremento delle dimensioni della corsia di emergenza, l'asse di tracciamento (rappresentato convenzionalmente dalla segnaletica di margine della corsia di sorpasso) subisce una traslazione di 1.00m (dai 3.00m del margine interno attuale ai 2.00m di quello di progetto).

Conseguentemente le traiettorie veicolari, rappresentate convenzionalmente dai rispettivi assi delle corsie di marcia, si sposteranno verso il margine interno per effetto combinato della riduzione dello spartitraffico e della riduzione prevista del modulo delle corsie stesse da 3.75m a 3.50m.

Il passaggio dalla sezione esistente alla sezione di progetto viene quindi realizzato ad inizio e fine tratta tramite delle specifiche zone di transizione, ove lo spostamento della linea d'asse collocata sulla linea bianca del margine interno si realizza gradualmente tramite una sequenza di elementi planimetrici curvilinei: è previsto infatti l'inserimento di un flesso planimetrico con raggi elevati (10250m) immediatamente a monte dello Svincolo di Cerveteri da Nord ed una continuità di riallineamento sulla curva destrorsa esistente in approccio allo Svincolo di Torrimpietra a Sud.

In queste stesse zone, tramite il riallineamento d'asse sopra descritto, avviene anche la transizione da margine interno esistente a margine interno di progetto, con il passaggio dalle barriere bifilari metalliche attuali a barriera monofilare metallica e l'incremento contestuale delle banchine interne da 0.25m a 0.60m. Per quanto riguarda le corsie di marcia invece, tramite il gradiente di raccordo del 2% previsto dal Regolamento del Codice della Strada, si realizza la variazione da moduli esistenti (3.75 m) a moduli di progetto (3.50 m), corrispondenti ad una variazione della larghezza di 25 cm per corsia.

Le zone di transizione, iniziale e finale, sono ubicate rispettivamente a monte della confluenza da Cerveteri ed a valle della diramazione per Torrimpietra, in modo che all'interno di questi due capisaldi la sezione corrente di progetto venga mantenuta tal quale senza ulteriori variazioni. Ad eccezione quindi delle zone di transizione il tracciato della carreggiata Sud rappresenta in tutto l'andamento piano-altimetrico dell'asse attuale, al netto della sola traslazione di 1.0m e alla riorganizzazione del margine interno.

Dal punto di vista planimetrico la carreggiata Nord non è invece interessata da alcuna variazione di tracciato.

Conseguentemente all'implementazione del layout di progetto, la carreggiata Sud potrà essere utilizzata in modalità "con 3^a corsia/corsia d'emergenza" che prevede due differenti configurazioni (Figura 3):

- una ordinaria in cui sono fruibili solo le due corsie più a sinistra mentre la corsia più a destra svolge la funzione di corsia di emergenza;
- una in condizione di traffico intenso in cui sono fruibili tutte e tre le corsie compresa la corsia più a destra.

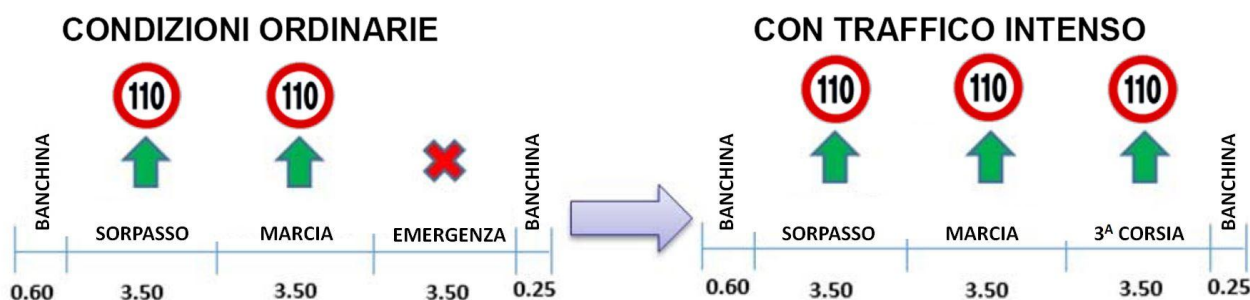


Figura 3: schematizzazione delle due diverse modalità di impiego delle corsie in relazione alle condizioni di traffico (previsione di progetto)

Si sottolinea che, rispetto alla situazione attuale caratterizzata da un limite generalizzato a 130km/h su entrambe le carreggiate, in progetto è stata ipotizzata in prima istanza una riduzione del limite di velocità della sola carreggiata Sud, sia in condizioni ordinarie sia in condizioni di traffico intenso, a 110km/h.

In progetto è prevista l'apertura della 3^a corsia solo nei giorni dell'anno in cui è necessario aumentare la capacità del tratto autostradale in esame. Questa situazione, secondo le indicazioni fornite dal Gestore, si verifica nella stagione estiva (1° maggio - 31 ottobre) nei giorni di domenica ed eventualmente in altre singole giornate, nelle fasce orarie di picco ove si prevede un forte traffico di rientro dalle località balneari del litorale laziale a nord di Roma.

Al fine di lasciare libertà operativa al gestore in merito alle modalità effettive di impiego della corsia aggiuntiva, sulla base anche delle specifiche necessità contingenti legate al traffico e tenendo conto dell'origine anche comportamentale del fenomeno di congestione, nella presente analisi di sicurezza si è considerato che, oltre all'intera giornata domenica, la 3^a corsia sia aperta anche tutto il lunedì nel periodo compreso tra il 1° maggio e il 31 ottobre dalle 0:00 alle 23:59. Complessivamente, i giorni di apertura della 3^a corsia sono stati considerati pari a 52 giorni/anno. Tale assunzione è cautelativa in considerazione anche dei risultati a cui l'analisi perviene, illustrati nel seguito.

6 LE DIFFORMITA' RISPETTO AL DM 5/11/2001 DI RIFERIMENTO

Le difformità rispetto al DM 5/11/2001, non cogente ma di riferimento per la progettazione del tratto autostradale in esame, possono essere distinte tra difformità generalizzate, che contraddistinguono tratti significativi di asse, o localizzate, che contraddistinguono, invece, singoli elementi dell'andamento piano-altimetrico.

Dalle sezioni tipo della configurazione di progetto (Figura 2) si riscontrano cinque difformità generalizzate su tutto il tracciato che riguardano:

- la larghezza delle corsie di marcia da 3.50 m: in questo caso (strade tipo A_{ext}) il D.M. 5.11.2001 prescrive una larghezza minima di 3.75 m;
- la larghezza del margine interno (spartitraffico + banchina in sinistra) pari a 2.00 m con banchine interne da 0.6 m: e spartitraffico da 80 cm il D.M. 5.11.2001 in questo caso (strade tipo A_{ext}) prescrive una larghezza minima di 4.00 m (di cui 0.70 m di banchina in sinistra, 2.60 m di spartitraffico);
- solo in configurazione con 3^a corsia aperta, la larghezza della banchina in destra pari a 0.25 m: il D.M. 5.11.2001 in questo caso (strade tipo A_{ext}) prescrive la presenza di una corsia di emergenza 3.00 m. Si tratta in questo caso di una difformità ristretta ai soli giorni dell'anno in cui la 3^a corsia è aperta. La difformità, invece, non si presenta quando la 3^a corsia è chiusa.
- larghezza della corsia di emergenza variabile tra 2.25 e 2.50 m: in questo caso (strade tipo A_{ext}) il D.M. 5.11.2001 prescrive una larghezza minima di 3.00 m;
- larghezza della banchina in sinistra di 0.60 m: in questo caso (strade tipo A_{ext}) il D.M. 5.11.2001 prescrive una larghezza minima di 0.70 m.

Le difformità localizzate sono legate a carenze di visibilità per l'arresto ai sensi del DM 5.11.2001 e si concentrano nei seguenti punti:

- tra le pk 15+600 e 17+000 nella futura 3^a corsia: la velocità ammissibili e in tal caso è pari a 138 km/h con velocità di progetto pari a 140 km/h. Essendo la velocità di sicurezza (138 km/h), arrotondata alla decina più vicina, pari alla velocità di progetto (140 km/h), non sono necessari limiti di velocità localizzati per mitigare questa situazione;
- tra le pk 19+900 e 20+600 in corsia di sorpasso: la velocità ammissibile è pari a 118 km/h mentre la velocità di progetto è pari a 140 km/h.

Tale difformità è presente già allo stato attuale. Le analisi svolte in sede di progetto, alle quali si rinvia, dimostrano che:

- la carenza di visibilità non è presente quando la pavimentazione è asciutta;
- in presenza di pioggia, il valore della velocità di sicurezza, per la quale la distanza di visibilità per l'arresto è garantita (118 km/h), è comunque superiore al limite di velocità previsto da Codice della Strada in caso di precipitazioni (110 km/h).

In considerazione del fatto che, quando è aperta al traffico la 3^a corsia, non c'è a disposizione alcuno spazio laterale per il ricovero di eventuali veicoli in panne, il progetto d'adeguamento prevede la realizzazione di piazzole di sosta all'esterno della 3^a corsia. L'interasse tra le piazzole è stato posto pari a 700 m, inferiore al valore di 1.000 m previsto per strade senza corsia di emergenza continua. Tale indicazione è assunta per assimilazione con riferimento a quanto il DM 5/11/2001 la prescrive per strade tipo B, C ed F extraurbane.

7 APPROCCIO METODOLOGICO

7.1 Impostazione dello studio

La relazione di sicurezza è finalizzata a valutare se il progetto di potenziamento funzionale di cui trattasi sia in grado di migliorare anche il livello di sicurezza dell'infrastruttura esistente. La valutazione viene sviluppata confrontando le caratteristiche di sicurezza offerte dalla configurazione attuale, caratterizzata da una sezione a due corsie con corsia emergenza, con quella della configurazione differenziata per i periodi invernali ed estivi, descritta nel cap. 5. In sostanza, mentre nei periodi invernali la corsia più a destra svolge la funzione di corsia di emergenza, nei periodi estivi, nei giorni in cui la domanda di traffico raggiunge il massimo, diventa una corsia fruibile dai veicoli.

L'analisi di sicurezza confronta il livello di sicurezza dell'infrastruttura attuale al 2017 con quello futuro all'orizzonte temporale del 2022, corrispondente all'anno di entrata in esercizio della configurazione futura al fine di quantificare l'"innalzamento del livello di sicurezza" (ai sensi del DM 22.04.2004).

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 "Autostrada Extraurbana (A_{ext})".

Il confronto tra i livelli di sicurezza delle diverse configurazioni progettuali si basa sul valore di incidentalità "atteso" su entrambe le infrastrutture, ad entrambi gli orizzonti temporali previsti, valutato con procedura Empirico-Bayesiana (EB) facendo uso di idonei modelli previsionali di incidentalità. Le valutazioni basate sull'incidentalità "attesa" rispetto a quella osservata o predetta, consentono di risolvere i fenomeni di distorsione prodotti dalla natura aleatoria del fenomeno dell'incidentalità osservata e dal limitato periodo di osservazione considerato.

Gli indicatori di sicurezza considerati per quantificare il miglioramento di sicurezza indotto dall'intervento in esame sono i seguenti:

- frequenza di incidenti attesi gravi (con morti o feriti) e totali;
- tasso di incidentalità grave (con morti o feriti) e totale;
- costi sociali legati all'incidentalità.

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

7.2 Suddivisione in sezioni omogenee del sistema autostradale in esame

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 autostradale (arco stradale, tratti con corsie specializzate di entrata e uscita) e delle sue caratteristiche geometriche e funzionali.

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

- tipologia di strada;
- variazione del traffico giornaliero medio;
- presenza di corsie specializzate per immissione e diversione;
- 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;

7.3 Procedura empirico bayesiana

Poiché, come ben noto, il numero di incidenti osservati rappresenta una variabile aleatoria distribuita con legge di Poisson di cui non si conosce la media a lungo termine, allo scopo di ridurre gli effetti della regressione alla media, per la caratterizzazione dello stato attuale il numero di incidenti predetti dai modelli è stato corretto con una procedura di tipo empirico-bayesiana (Figura 4) che tiene conto del corrispondente dato osservato.

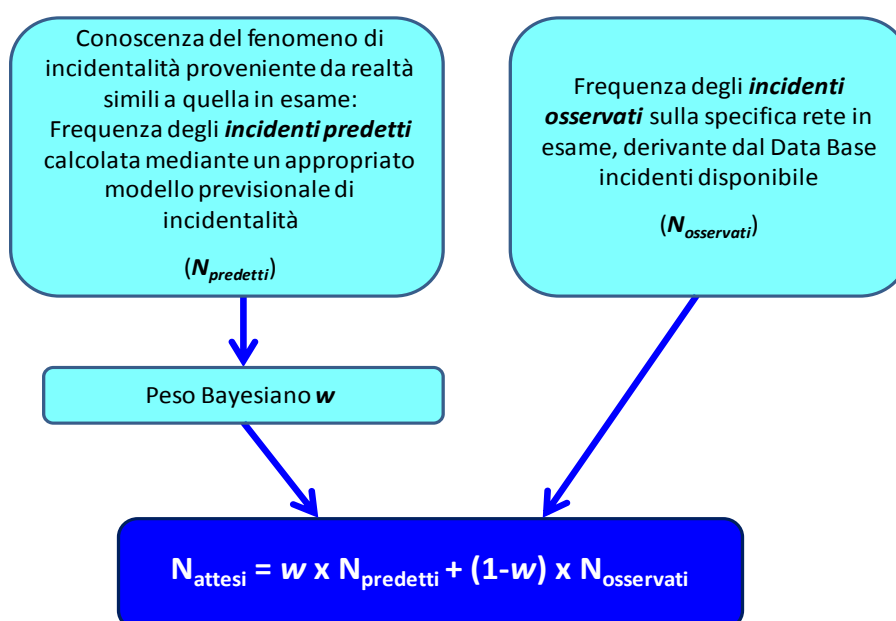


Figura 4: procedura Empirico Bayesiana per la valutazione dell'incidentalità attesa nella rete in esame

Pertanto, nella presente analisi di sicurezza, viene fatto riferimento al numero di incidenti attesi (N_{attesi}), inteso come stima della media a lungo termine della frequenza di incidenti (Incidenti/anno) desunta dal dato osservato ($N_{osservati}$) corretto in base all'espressione:

$$N_{attesi} = w \cdot N_{predetti} + (1 - w) \cdot N_{osservati}$$

dove:

- $N_{predetti}$: frequenza media di incidenti per la tipologia di strada considerata di riferimento (autostrada), fornita da modelli previsionali di incidentalità consolidati e calibrati sulla realtà in esame;
- $N_{osservati}$: frequenza media di incidenti per la tipologia di strada considerata di riferimento (autostrada), desunta dai dati di incidentalità;
- w : fattore di peso bayesiano, definito come segue:

$$w = \frac{1}{1 + \left(k \cdot \sum_{j=1}^n N_{predetti,j} \right)}$$

in cui:

- n: numero di anni j di cui si dispone degli incidenti (2006 – 2015)
- k: fattore di sovradisersione associato alla funzione previsionale degli incidenti adottata.

Il valore degli incidenti attesi al futuro viene determinato scegliendo un anno k di riferimento nella serie storica e valutando gli incidenti attesi dell'anno j futuro come:

$$N_{attesi}(j) = \frac{N_{attesi}(k)}{N_{predetti}(k)} N_{predetti}(j)$$

Come anno di riferimento nella presente analisi di sicurezza si è scelto il 2015 in quanto è l'anno che maggiormente si avvicina all'anno rappresentativo dello stato attuale.

7.4 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'HSM americano¹ 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 (autostrada). 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. Le caratteristiche di base considerate nella formulazione delle SPF sono riportate in Tabella 1 e sono differenti a seconda che il tratto in esame sia un arco stradale ("fs" = *freeway segment*) o una zona in cui sono presenti corsie specializzate per le manovre di immissione o diversione dall'asse ("scl" = *speed change lane*).

Tabella 1: caratteristiche di base delle SPF per "fs" e "scl"

Caratteristiche di base per "fs"		Caratteristiche di base per "scl"	
Lunghezza di curve planimetriche	0.0 mi (tratto rettilineo)	Lunghezza di curve planimetriche	0.0 mi (tratto rettilineo)
Larghezza delle corsie	12 ft (3.6 m)	Larghezza delle corsie	12 ft (3.6 m)
Banchina interna	6 ft (1.8 m)	Banchina interna	6 ft (1.8 m)
Larghezza margine interno	60 ft (18 m)	Larghezza margine interno	60 ft (18 m)
Lunghezza delle barriere sul margine interno	0.0 mi (barriere non presenti nello spartitraffico)	Numero di ore al giorno con traffico superiore a 1000 vh/ora/corsia	0
Numero di ore al giorno con traffico superiore a 1000 vh/ora/corsia	0		
Larghezza banchina in destra	10 ft (3.0 m)		
Lunghezza con rumble strips in banchina	0.0 mi (rumble strips non presenti)		
Clear zone	90 ft (27 m)		
Lunghezza delle barriere sul margine destro	0.0 mi (barriere sul margine destro non presenti)		

¹ Highway Safety Manual (HSM) – 1st edition – Supplement – 2014 – American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Le SPF hanno tutte la seguente formulazione e variano solo in termini di coefficienti di regressione (a,b,c):

$$N_{spf,w,x,y,z} = L \times e^{(a+b \times (\ln(c \times AADT)))}$$

dove:

- N_{spf} è il numero di incidenti calcolati nelle condizioni di base;
- L è la lunghezza della sezione omogenea;
- AADT è il traffico giornaliero medio bidirezionale (abbreviato anche con la sigla TGM);
- a,b e c sono i coefficienti di regressione che variano a seconda di:
 - ambito della sezione omogenea (urbana o extraurbana);
 - "w" = tipologia di sezione omogenea ("fs" o "scl");
 - "x" = numero di corsie della sezione omogenea (da 4 a 10 con il modello che considera sempre una sezione bidirezionale).
 - "y" = tipologia di incidente da determinare per numero di veicoli coinvolti ("mv" = *multi-vehicle* con più di 1 veicolo coinvolto; "sv" = *single-vehicle* con un solo veicolo coinvolto). Nel caso delle "scl" la tipologia di incidente per numero di veicoli coinvolti è sostituita dal tipo di manovra ("EN" = *entrance* con corsia di immissione; "EX" = *exit* con corsia di diversione) e il modello restituisce tutti gli incidenti senza distinzione tra "mv" e "sv";
 - "z" tipologia di incidente da determinare per gravità ("fi" = *fatal or injury* con feriti o morti; "pdo" = *property damage only* con soli danne alle cose);

Le specificità delle infrastrutture in esame, definite in termini di differenze tra le caratteristiche del caso reale in esame e quelle della strada "base", vengono poi tenute in conto attraverso l'applicazione di fattori correttivi, denominati "*Crash Modification Factor*" (CMF). Il valore dei coefficienti CMF è maggiore o minore dell'unità a seconda che le specifiche caratteristiche in esame inducano rispettivamente un incremento o una riduzione di pericolosità, e quindi del numero di incidenti predetti.

È proprio attraverso un'opportuna valutazione dei fattori CMF che è possibile caratterizzare in termini di impatto sulla sicurezza le diverse caratteristiche infrastrutturali che costituiscono la peculiarità del caso in esame. In Tabella 2 sono elencati i CMF utilizzati nella procedura di valutazione:

Tabella 2: elenco dei CMF di maggiore interesse ai fini della analisi con il modello HSM

n° CMF	DEFINIZIONE HSM	DESCRIZIONE	GRANDEZZA COLLEGATA
CMF1	"Horizontal curve"	fattore che tiene conto della curvatura del tracciato in esame	Tortuosità planimetrica del tracciato
CMF2	"Lane width"	fattore che tiene conto della larghezza delle corsie di marcia	Larghezza della corsia ridotta
CMF3	"inside shoulder width"	fattore che tiene conto della larghezza della banchina in sinistra	Larghezza della banchina in sinistra ridotta
CMF6	"high volume"	fattore che tiene conto del traffico intenso all'interno del giorno medio di riferimento per l'analisi	Volumi di traffico superiori a 1000 veicoli/ora/corsia
CMF8	"Outside shoulder width"	fattore che tiene conto della larghezza della banchina in destra;	Larghezza della corsia di emergenza e del margine laterale destro
CMF10	"Outside clearance"	fattore che tiene conto della larghezza del margine esterno (<i>clear zone</i>);	Larghezza della corsia di emergenza intesa franco libero per veicoli in svio

La differenziazione per gravità degli incidenti predetti o attesi è stata effettuata utilizzando le “Severity Distribution Function” definite all’interno dell’HSM.

Il modello assegna complessivamente 4 livelli di gravità definiti come segue:

- K (fatal): incidenti mortali;
- A (incapacitating injury): incidenti con feriti gravi (invalidanti);
- B (non-incapacitating injury): incidenti con feriti di media gravità;
- C (possible injury): incidenti con feriti lievi.

Una volta definite le percentuali di queste classi di gravità di incidenti rispetto al totale degli incidenti con feriti o morti, si ottiene il numero di incidenti attesi per gravità applicando la seguente equazione:

$$N_{a,i,j} = N_{a,i,fi} \times P_j$$

Dove:

- $N_{a,i,j}$ = sono gli incidenti attesi sulla sezione omogenea “i” di gravità “j”, con j = K, A, B o C;
- $N_{a,i,fi}$ = sono tutti gli incidenti attesi gravi (“fi”) sulla sezione omogenea “i”;
- P_j = frazione di incidenti con gravità “j” che si ottiene dalle SDF dell’HSM.

7.5 Il processo di calibrazione

La calibrazione è un processo necessario che serve per tener conto delle differenze ambientali, di standard costruttivi e di caratteristiche del parco veicolare che esistono tra la realtà presa in esame nello sviluppo delle SPF e dei CMF e la realtà specifica in esame.

Trattandosi di un'autostrada extraurbana è stato possibile impiegare per il modello previsionale AASHTO HSM, caratteristico di strade statunitensi, i valori di calibrazione dedotti da una specifica ricerca svolta che ha considerato circa 6700 km della rete autostradale italiana². I coefficienti di calibrazione sono riassunti nella Tabella 3.

Tabella 3: coefficienti di calibrazione per il modello HSM utilizzato nell'analisi

Tipo di sezione	Coefficienti di calibrazione			
	$C_{fs,x,mv,fi}$	$C_{fs,x,mv,pdo}$	$C_{fs,x,sv,fi}$	$C_{fs,x,sv,pdo}$
Arco stradale	1.52	1.19	0.36	0.64
Tratti con corsie specializzate	$C_{scl,EN,at,fi}$	$C_{scl,EN,at,pdo}$	$C_{scl,EX,at,fi}$	$C_{scl,EX,at,pdo}$
	2.70	2.95	1.53	1.93

7.6 Indicatori di prestazione di sicurezza

Il presente studio prevede l'analisi aggregata dell'incidentalità osservata ed attesa, differenziata per diverse gravità (M+F o M+F+DaC) nei tratti autostradali all'interno dei limiti di intervento definiti nel § 5, agli orizzonti temporali di riferimento, basata sul calcolo dei seguenti indicatori di sicurezza:

² F. La Torre, L. Domenichini, F. Corsi, F. Fanfani - “Transferability of the Highway Safety Manual Freeway Model to the Italian Motorway Network” - Transportation Research Record, Report n°14-1118, anno 2014.

- frequenza degli incidenti [n°inc./anno]: la frequenza corrisponde al numero di incidenti all'anno per ciascuna tratta considerata. L'incidentalità considerata è quella attesa. Si considera sia la frequenza relativa ai soli incidenti gravi (feriti e morti) sia quella totale (feriti, morti e danni alle cose). Dal momento che il modello previsionale HSM restituisce in funzione del TGM un valore annuo di incidenti, per tenere conto della stagionalità della domanda di traffico nel tratto in esame, sono state calcolate le frequenze di incidenti gravi e totali all'anno sia con il TGM in condizioni ordinarie di traffico, sia con il TGM in condizioni di picco di traffico estivo. Definendo:

- N_{ord} il numero di incidenti all'anno in condizioni ordinarie;
- N_{est} il numero di incidenti all'anno in condizioni di picco estivo;
- N_{medio} il numero di incidenti all'anno mediato rispetto alle due condizioni di traffico;
- $n_{gg,din}$ il numero di giorni in cui si verificano i picchi di traffico, corrispondenti ai giorni di apertura della 3^a corsia;

il numero di incidenti all'anno, gravi o totali, considerato nella presente analisi di sicurezza, è la media pesata degli incidenti nelle due condizioni in funzione di $n_{gg,din}$, ovvero:

$$N_{medio} = \left(1 - \frac{n_{gg,din}}{365}\right) \times N_{ord} + \frac{n_{gg,din}}{365} \times N_{est}$$

A partire dal valore N_{medio} vengono poi calcolati i valori di tasso di incidentalità, grave e totale, e i costi sociali legati all'incidentalità.

- tasso di incidentalità: questo indicatore correla il numero di incidenti attesi (N_i) all'esposizione ($365 \times 10^8 \times TGM_i \times L_i$) e caratterizza la maggiore o minore "pericolosità" del tratto stradale considerato. Anche in questo caso in tasso di incidentalità viene differenziato considerando sia l'incidentalità totale sia l'incidentalità grave a seconda che la frequenza di incidenti introdotta nella formula sia quella totale o quella dei soli incidenti gravi. Nel caso dell'incidentalità grave si considerano "100 milioni di veicoli" mentre per quella totale solo "milioni di veicoli", per cui le formulazioni sono le seguenti:

$$T_i(\text{grave}) = \frac{N_{medio}}{365 \times 10^8 \times TGM_i \times L_i} \quad [(n^\circ \text{inc./anno} \times 10^8 \text{ veic.} \times \text{km})]$$

$$T_i(\text{totale}) = \frac{N_{medio}}{365 \times 10^6 \times TGM_i \times L_i} \quad [(n^\circ \text{inc./anno} \times 10^6 \text{ veic.} \times \text{km})]$$

- valutazione dei costi sociali legati all'incidentalità: fornisce una valutazione economica dei costi legati agli incidenti attesi. Il confronto viene fatto tra la configurazione "Ante Operam" e "Post Operam" (per maggiori dettagli si rimanda al successivo §7.7). L'impiego di questo indicatore consente di disporre di un indicatore complessivo di sicurezza, utile quando i primi due indicatori, frequenza e tasso, portano a risultati non concordi tra loro.

7.7 Costi sociali dell'incidentalità ai fini dell'analisi di sicurezza

La valutazione dei costi sociali è stata effettuata moltiplicando il numero di incidenti, distinti per gravità, per il costo unitario per tipologia di incidente.

I costi unitari dell'incidentalità sono estratti dallo "Studio di valutazione dei costi sociali dell'incidentalità stradale" del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti pubblicato nel 2011.

Nella Tabella 4 seguente sono riassunti i costi sociali per tipologia di incidente esplicitamente definiti nel documento di riferimento citato.

Tabella 4: costi sociali per tipologia di incidente

TIPOLOGIA DI INCIDENTE	COSTO SOCIALE (€/incidente)
Incidenti con morti	1'642'236
Incidenti con feriti	309'863
Incidenti con solo danni materiali	10'986

Il numero degli incidenti con soli danni materiali è stato determinato per differenza tra gli incidenti totali e quelli con morti e feriti.

Dal momento che non si riscontra una perfetta corrispondenza tra i livelli di gravità definiti dall'HSM e quelli definiti dal Ministero dei Trasporti, si sono considerati incidenti con feriti tutti quelli che ricadono nelle categorie A, B e C dell'HSM precisate nel § 7.4. La scelta è giustificata anche dal fatto che nelle valutazioni del Ministero che portano alla definizione del costo dell'incidente con feriti viene considerata una proporzione di feriti gravi e una di feriti lievi. Il costo quindi degli incidenti con feriti riportato in Tabella 4 è da considerarsi come rappresentativo di un costo medio che tiene conto di eventi di diversa gravità.

7.8 Modalità per tener conto dei limiti di velocità

Il PD del potenziamento funzionale della A12 tra gli svincoli di Cerveteri e Torrimpietra, per lo stato futuro prevede l'imposizione di un limite di velocità localizzato di 110 km/h nella tratta oggetto di intervento.

Il modello previsionale HSM non prevede un CMF che tenga conto dei limiti di velocità localizzati. Pertanto si è fatto riferimento a studi di letteratura specifici sull'argomento per arrivare a stimare la riduzione degli incidenti determinata dall'imposizione di un limite di velocità.

Gli studi svolti attraverso analisi del tipo "Before-After" condotti da Nilsson³ (2004) e ripresi da Elvik et al.⁴ (2004) dimostrano che esiste un'implicita correlazione tra "incidenti" e "velocità" dato che è stato osservato che a seguito di un intervento che determina una riduzione della velocità di circolazione si ottiene una diminuzione degli incidenti e dei feriti nel 95% dei casi in cui è stato attuato l'intervento.

La riduzione di incidentalità dovuta al limite imposto (che può essere considerato come un ulteriore fattore di modificazione di incidenti denominato CMF_{vel}), assume la forma di una funzione di elevazione a potenza del tipo:

$$CMF_{vel} = \frac{Accidents\ After}{Accidents\ Before} = \left(\frac{Speed\ After}{Speed\ Before} \right)^\beta$$

in cui l'esponente β varia in funzione del tipo di incidente che si considera.

Il valore "Speed After/Speed Before" corrisponde al rapporto tra le due velocità limite tra la configurazione futura (after) e attuale (before), pari a $110/130 = 0.846$.

I CMF_{vel} ottenuti, utilizzati nel modello previsionale per caratterizzare i benefici attesi dalla riduzione di velocità nella configurazione di progetto, sono:

- CMF_{vel} per incidenti gravi con morti o feriti ("fi") = 0.805;

³ Nilsson, G., "An Investigation in the Consistency of Driver's Speed Choice." Doctoral Dissertation, Lund Institute of Technology, Lund, Sweden (2004)

⁴ Elvik, R., Christensen, P., Amundsen, A., "Speed and Road Accidents: An Evaluation of the Power Model." TØI report 740, Transportøkonomisk Institutt, Oslo, Norway (2004) pp. 1-134

- CMF_{vel} per incidenti con solo danni alle cose ("pdo") = 0.967.

7.9 Modalità per tener conto della ridotta larghezza del margine interno

Il PD del potenziamento funzionale della A12 tra gli svincoli di Cerveteri e Torrinietra, per lo stato futuro prevede un margine interno di 2.0 m complessivi (80 cm di spartitraffico più due banchine da 60 cm). La barriera che è previsto venga installata all'interno del nuovo spartitraffico da 80 cm è la barriera bifacciale SINA "HE120B" caratterizzata da un W particolarmente ridotto (pari a 1,4 m). Ciò consente di evitare che, in caso d'urto di un veicolo, la deformazione statica permanente della barriera invada la corsia di sorpasso della carreggiata opposta (cfr § C.2 della Bozza di revisione DM Barriere di sicurezza ai sensi del DM 223/1992 pubblicato sul sito della Commissione Europea dal 6/10/2014 - rif. notification number 2014/483/I).

Per tener conto dell'impatto dell'invasione della banchina da parte della barriera sull'incidentalità, si è fatto riferimento ad uno studio analogo sviluppato per l'autostrada A12 nel tratto compreso tra Rosignano e Civitavecchia ove il tipo di barriera da spartitraffico era la stessa di quella prevista nel caso attuale e si presentava la stessa problematica di invasione della banchina.

Per l'impostazione metodologica delle modalità con cui tener conto di questa particolare configurazione nell'analisi di sicurezza si rimanda alla consultazione del rapporto di tale studio (§3.2).

La procedura di valutazione è principalmente funzione del livello di incidentalità, del volume e della composizione del traffico, delle velocità di percorrenza e della composizione della sezione trasversale.

Per la condizione di traffico prevalente (quella invernale), le condizioni di traffico e di velocità nel caso in esame, sono assimilabili a quelle dello studio svolto per l'intera A12.

Per quanto riguarda, invece, la composizione della sezione trasversale tra la situazione analizzata nello studio della tratta Rosignano - Civitavecchia e quella di progetto per la tratta Cerveteri - Torrinietra si pongono le differenze riportate in Tabella 5.

Tabella 5: differenze di sezione di progetto tra l'A12 "Rosignano-Civitavecchia" e l'A12 "Cerveteri-Torrinietra"

Elemento		A12 Rosignano-Civitavecchia	A12 Cerveteri-Torrinietra
Margine interno		3.0 m complessivi di cui Spartitraffico 1.6 m Banchine 0.7 m	2.0 m complessivi di cui Spartitraffico 0.8 m Banchine 0.6 m
N° e larghezza delle corsie	in condizioni di funzionamento invernali	N° 2 corsie di marcia da 3.75 m Emergenza da 3.0 m	N° 2 corsie di marcia da 3.50 m Emergenza da 3.75 m
	in condizioni di funzionamento estive		N° 3 corsie di marcia da 3,50 m Banchina in dx da 0,25 m

Confrontando le due situazioni alla luce della procedura di valutazione dell'incremento di incidentalità indotto dalla invasione della banchina da parte della barriera in caso d'urto, si osserva:

- impatto delle condizioni di circolazione nella carreggiata Sud sull'incidentalità nella carreggiata Nord:
 - in condizioni di funzionamento invernale, la minore distanza trasversale tra gli assi delle corsie di marcia e la barriera spartitraffico determina angoli di impatto dei veicoli sulla barriera più bassi e ciò riduce l'energia di impatto e la conseguente deformazione della barriera. Ciò senza contare l'effetto del limite di velocità previsto in progetto che riduce ulteriormente l'impatto del ridotto margine sull'incidentalità;

- in condizioni di funzionamento estivo, l'apertura al traffico della corsia di emergenza aumenta la probabilità di impatti sulla barriera spartitraffico con angoli elevati. Ciò è foriero di maggiori deformazioni della barriera e della possibilità di una più frequente invasione della banchina in sx. La presenza del limite di velocità a 110 km/h, le minori velocità operative caratteristiche dei periodi di forte domanda di traffico in cui è aperta la 3^a corsia e la ridotta estensione temporale nell'anno di questa condizione di funzionamento, consentono di valutare come non significativa questa situazione di traffico ai fini del problema in considerazione.

b) impatto della circolazione in carreggiata Nord sulla incidentalità in carreggiata Sud.

La differenza tra la condizione analizzata nello studio della A12 Rosignano - Civitavecchia e quella della tratta Cerveteri - Torrimpietra è legata alla minore ampiezza del margine interno che offre, nella situazione in esame, uno spazio disponibile per accogliere la barriera deformata di 0.6 m anziché 1.1 m.

L'impatto sull'incidentalità che potrà interessare la carreggiata Sud dovrebbe quindi essere valutato applicando al caso in esame la procedura adottata nello studio di sicurezza della A12 Rosignano - Civitavecchia.

Complessivamente, la situazione nella tratta Cerveteri - Torrimpietra non dovrebbe essere molto dissimile da quella riscontrata nello studio di sicurezza della A12 Rosignano - Civitavecchia nel quale, si rammenta, si concluse affermando che l'impatto sulla circolazione della ridotta larghezza del margine interno era statisticamente praticamente nullo.

Per verificare che tale conclusione potesse essere valida anche nel caso in esame, nell'Allegato F è riportata una verifica estremamente cautelativa, calcolando il valore del fattore di incremento di incidentalità dovuto a questo aspetto (CMF_{sp}) assumendo che il 100% degli urti dei veicoli in svio con interessamento della barriera di ritenuta (quindi non distinguendo tra urti con la barriera spartitraffico e urti contro le barriere da bordo laterale) fosse in grado di produrre una deformazione statica della barriera pari all'intera larghezza della banchina in sx (0,6 m). I risultati riportati nell'Allegato F, estremamente cautelativi, confermano che l'impatto sulla sicurezza della ridotta larghezza del margine interno anche per la tratta "Cerveteri-Torrimpietra" può pertanto essere trascurato.

8 DATI DI INGRESSO PER LO STUDIO

8.1 Caratteristiche geometriche

Gli elaborati di riferimento riguardanti il tratto autostradale in esame sottoposto a potenziamento funzionale da cui sono state estratte le grandezze geometriche utilizzate nello studio di sicurezza, sono quelli indicati nell'Elenco indicato in ALLEGATO A.

8.2 Traffico

I dati di traffico di riferimento per l'analisi sono stati desunti dagli elaborati forniti di SPEA Engineering (ALLEGATO A) e riguardano:

- Il periodo storico compreso tra gli anni 2006 e 2017;
- L'anno di riferimento dello stato attuale fissato al 2017;
- L'anno di riferimento dello stato di progetto fissato al 2022 e corrispondente con la condizione di apertura al traffico nella configurazione di progetto;

In Tabella 6 vengono riassunti i valori medi di TGM, calcolati sulla base dei dati di partenza dell'ALLEGATO A, per la tratta autostradale oggetto di analisi rispettivamente per:

- il "periodo storico" (2009-2017);
- la configurazione di riferimento dello stato "Attuale" definita anche "Ante Operam" (2017);
- la configurazione di riferimento dello stato "di Progetto" definita anche "Post Operam" (2022) con 3^a corsia chiusa (2 corsie);
- la configurazione di riferimento dello stato "di Progetto" definita anche "Post Operam" (2022) con 3^a corsia aperta (3 corsie);
- periodo di apertura della 3^a corsia.

Tabella 6: dati di traffico del tratto autostradale in esame

Anno	TGM
2006	20294
2007	20828
2008	20562
2009	21314
2010	21329
2011	21028
2012	18939
2013	18399
2014	18147
2015	18446
2016	18832
2017 (al di fuori dei giorni di picco estivi*)	18666
2017 (nei giorni di picco estivi*)	26514

Anno	TGM
2017 medio annuo**	19806
2022 con 3 ^a corsia chiusa	20315
2022 con 3 ^a corsia aperta	28852
2022 medio annuo**	20549
<p>* i giorni di picco estivi al 2017 corrispondono ai giorni di entrata in funzione della 3^a corsia al 2022. ** il traffico medio annuo tiene conto del limitato numero di giorni all'anno in cui si registrano i picchi di traffico (52 giorni su 365)</p>	

Si nota un aumento del traffico dal 2006 al 2010, in cui raggiunge il valore massimo di circa 21300 veicoli/giorno, per poi scendere bruscamente a causa della congiuntura economica fino al valore minimo del 2014 pari a 18150 veicoli/giorno.

Dal 2014 il traffico medio annuo è progressivamente aumentato fino a fare registrare il valore di circa 19800 veicoli/giorno al 2017 e tale da far prevedere un ulteriore aumento fino a circa 20500 veicoli/giorno al 2022 (entrata in esercizio dell'opera).

Si nota che il traffico giornaliero medio nei giorni di picco estivi, quelli nei quali al futuro si prevederà l'apertura della 3^a corsia, prevedono un incremento del traffico del 42% circa rispetto al traffico previsto in condizioni ordinarie.

I valori di TGM assunti nell'analisi per sezione omogenea e distinti per configurazione "Ante Operam", "Post Operam" con 3^a corsia chiusa e "Post Operam" con 3^a corsia aperta sono riassunti nell'ALLEGATO C.

8.3 Incidenti

I dati di incidentalità per l'analisi di sicurezza fanno riferimento al database di Autostrade per l'Italia (ASPI) e comprendono i dati storici riguardanti il tratto dell'autostrada A12 compreso tra Cerveteri e Torrioni tra le progressive 15+000 e 28+000 e riferiti al periodo dal 2006 al 2017. Nel database le informazioni sono differenziate per i seguenti indicatori:

- data e ora del sinistro;
- chilometro su strada;
- carreggiata;
- localizzazione;
- natura del sinistro;
- numero di veicoli coinvolti;
- numero di feriti totali;
- numero di morti.

I file di riferimento per i dati degli incidenti sono elencati nell'ALLEGATO A.

9 SUDDIVISIONE DELLA RETE IN SEZIONI OMOGENEE

La rete autostradale in esame, nelle sue due configurazioni "Ante Operam" e "Post Operam" (quest'ultima è differenziata tra "Post Operam - Chiusa" al 2022 che "Post Operam Aperta" al 2022 nei casi di 3^a corsia rispettivamente chiusa e aperta) è stata preventivamente suddivisa in sezioni omogenee mediante una procedura di segmentazione dinamica che ha considerato gli elementi di differenziazione precisati nel §7.2.

Per evitare la formazione di sezioni omogenee di lunghezza troppo grande tale da non poter distinguere l'eventuale influenza di eventuali fattori intrinseci sull'incidentalità la lunghezza massima è stata fissata a poco più di 1 km.

Le sezioni omogenee ottenute e considerate nello sviluppo della successiva analisi di sicurezza sono riportate in ALLEGATO B.

Nell'ALLEGATO B, per ciascuna sezione omogenea è riportato il valore che assume ciascuna delle variabili indipendenti che le caratterizza.

In Tabella 7 sono indicate per il tratto autostradale in esame e per il tipo di configurazione ("Ante Operam" e "Post Operam") il numero di sezioni omogenee, la lunghezza complessiva, e la lunghezza minima, massima e media delle sezioni omogenee che la compongono. Come si può notare non ci sono differenze sostanziali nella suddivisione in sezioni omogenee tra la configurazione "Ante Operam" e "Post Operam". La differenza minima tra le due configurazioni riguarda perlopiù solo i tratti caratterizzati dalla presenza delle manovre di immissione e diversione che vengono modificate rispetto allo stato attuale e i tratti adiacenti.

Tabella 7: tabella di sintesi della suddivisione in sezioni omogenee nella configurazione "Ante Operam"

CONFIGURAZIONE	N° sezioni	L TOT (km)	L MAX (m)	L min (m)	L Media (m)
ANTE OPERAM	16	13.0	1069	215	812.5
POST OPERAM	16	13.0	1042	184	812.5

10 DETERMINAZIONE DEI LIVELLI DI SICUREZZA

10.1 Configurazione "Ante Operam 2017"

La configurazione dell'infrastruttura considerata per valutare il livello di sicurezza Ante Operam 2017 (denominata "Ante Operam 2017") prevede:

- l'organizzazione attuale della sezione trasversale comprendente:
 - margine interno (di larghezza 3,00 m);
 - due corsie di marcia (3,75 m cadauno);
 - una corsia di emergenza (larghezza variabile 2.25 ÷ 2.5 m);
- regime di circolazione: assenza di limiti di velocità localizzati.

Per la valutazione del livello di sicurezza si è fatto riferimento al DataBase incidenti di Autostrade per l'Italia (in seguito DB-ASPI) che consente di localizzare con precisione gli incidenti all'interno del tratto autostradale in esame e all'interno delle singole sezioni omogenee in cui questo è stato suddiviso. Tutte le valutazioni sono state effettuate considerando separatamente gli incidenti gravi (M+F) e gli incidenti totali (M+F+DaC).

L'analisi è stata fatta considerando il periodo temporale, definito "storico", di sette anni dal 2006 al 2017 ed estrapolando i risultati al 2017 (riferimento temporale per lo stato attuale) secondo la procedura al § 7.3.

L'incidentalità attesa è stata determinata attraverso la procedura Empirico Bayesiana (EB) descritta sempre al § 7.3.

I valori degli incidenti attesi gravi (M+F) e totali (M+F+DaC) nella configurazione "Ante Operam", differenziati per sezione omogenea per ciascuna autostrada della rete di interesse sono riportati nell'Allegato E.

Nella Tabella 8 e nella Tabella 9 sono riportati i valori di frequenza di incidenti e del tasso di incidentalità attesi nel tratto autostradale in esame rispettivamente agli incidenti totali (M+F+DaC) ed agli incidenti gravi (M+F).

Tabella 8: Frequenza di incidenti attesi totali (M+F+DaC) delle viabilità interessate (inc./anno) - "Ante Operam"

Anno	Incidenti attesi totali (inc./anno)	Tasso di incidentalità totale (inc./anno/km/10 ⁶ veicoli)
2006	28.83	0.30
2007	29.70	0.30
2008	29.19	0.30
2009	30.41	0.30
2010	30.37	0.30
2011	29.80	0.30
2012	26.27	0.29
2013	25.40	0.29
2014	25.00	0.29
2015	24.87	0.28
2016	25.49	0.29
2017 (rif. stato attuale)	26.78	0.29

Tabella 9: Frequenza di incidenti attesi gravi (M+F) delle viabilità interessate (inc./anno) - "Ante Operam"

Anno	Incidenti attesi gravi (inc./anno)	Tasso di incidentalità grave (inc./anno/km/10 ⁸ veicoli)
2006	9.23	9.57
2007	9.50	9.61
2008	9.35	9.58
2009	9.73	9.63
2010	9.72	9.62
2011	9.55	9.59
2012	8.46	9.43
2013	8.19	9.39
2014	8.06	9.38
2015	8.21	9.40
2016	8.41	9.42
2017 (rif. stato attuale)	8.82	9.71

11 LIVELLI DI SICUREZZA DELLA CONFIGURAZIONE POST OPERAM

11.1 Configurazione "Base 2022"

La configurazione infrastrutturale considerata per valutare i livelli di sicurezza "Post Operam" al 2022 (denominata "Base 2022") prevede:

- a) in periodo di traffico normale:
 - nuova configurazione della sezione trasversale, comprendente:
 - margine interno (larghezza 2.00 m);
 - due corsie di marcia (3.50 m cad.);
 - una corsia di emergenza (3.50 m);
 - una banchina in destra (25 cm);
- b) in periodo di traffico estivo con 3^a corsia aperta:
 - una nuova configurazione della sezione trasversale, comprendente:
 - margine interno (larghezza 2.00 m);
 - tre corsie di marcia (3.50 m cad.);
 - una banchina in destra (25 cm);

In entrambi i periodi (traffico normale e traffico estivo) si è assunto un regime di circolazione caratterizzato dall'assenza limiti di velocità localizzati.

I valori di incidentalità attesa relativi alla configurazione "Base 2022" sono stati valutati mediante i modelli previsionali descritti nel § 7.4 e la procedura descritta nel § 7.3.

I valori degli incidenti attesi gravi (M+F) e totali (M+F+DaC) differenziati per sezione omogenea per ciascuna autostrada della rete di interesse sono contenuti nell'ALLEGATO D.

Nella Tabella 10 e nella Tabella 11 sono riportati i valori di frequenza di incidenti e del tasso di incidentalità attesi nel tratto autostradale in esame riferiti, rispettivamente, agli incidenti totali (M+F+DaC) ed agli incidenti gravi (M+F).

In entrambe le tabelle sono esplicitati i valori riscontrati nelle due configurazioni con 3^a corsia chiusa e aperta ed il valore annullato.

Tabella 10: Frequenza e tasso di incidenti attesi totali (M+F+DaC) (inc./anno) - " Post Operam - Base"

Anno	Incidenti totali (inc./anno)	Tasso di incidentalità totale (inc./anno/km/10 ⁶ veicoli)
2022 con 3 ^a corsia chiusa	25.92	0.28
2022 con 3 ^a corsia aperta	43.81	0.32
2022 media pesata tra le due configurazioni (*)	28.52	0.29
(*) Tempo di permanenza della 3 ^a corsia aperta = 52 giorni tra maggio e ottobre		

Tabella 11: Frequenza e tasso di incidenti attesi gravi (M+F) (inc./anno) - "Post Operam - Base"

Anno	Incidenti attesi gravi (inc./anno)	Tasso di incidentalità grave (inc./anno/km/10 ⁸ veicoli)
2022 con 3 ^a corsia chiusa	8.04	8.58
2022 con 3 ^a corsia aperta	16.04	11.86
2022 media pesata tra le due configurazioni (*)	9.20	9.22
(*) Tempo di permanenza della 3 ^a corsia aperta = 52 giorni tra maggio e ottobre		

11.2 Configurazione "Progetto 2022"

In configurazione denominata "Progetto 2022" corrisponde alla configurazione "Base 2022" in cui vengono considerate l'introduzione del provvedimento migliorativo riguardante la variazione del regime di circolazione mediante l'imposizione di un limite di velocità localizzato di 110 km/h attivo per tutto l'anno.

Nella Tabella 12 e nella Tabella 13 sono riportati i valori di frequenza e tasso di incidenti attesi riferiti, rispettivamente, agli incidenti totali (M+F+DaC) e gravi (M+F).

Anche in questo caso nelle tabelle sono esplicitati i valori riscontrati nelle due configurazioni di 3^a corsia chiusa e aperta ed il valore cumulato.

Tabella 12: Frequenza e tasso di incidenti attesi totali (M+F+DaC) (inc./anno) - "Post Operam - Progetto"

Anno	Incidenti totali (inc./anno)	Tasso di incidentalità totale (inc./anno/km/10 ⁶ veicoli)
2022 con 3 ^a corsia chiusa	23.89	0.25
2022 con 3 ^a corsia aperta	39.73	0.29
2022 media pesata tra le due configurazioni (*)	26.15	0.26

(*) Tempo di permanenza della 3^a corsia aperta = 52 giorni tra maggio e ottobre

Tabella 13: Frequenza e tasso di incidenti attesi gravi (M+F) (inc./anno) - "Post Operam - Progetto"

Anno	Incidenti attesi gravi (inc./anno)	Tasso di incidentalità grave (inc./anno/km/10 ⁸ veicoli)
2022 con 3 ^a corsia chiusa	6.49	6.93
2022 con 3 ^a corsia aperta	12.90	9.54
2022 media pesata tra le due configurazioni (*)	7.41	7.43

(*) Tempo di permanenza della 3^a corsia aperta = 52 giorni tra maggio e ottobre

11.3 Configurazione "Alternativa 2022"

La configurazione denominata "Alternativa 2022" corrisponde a quella di "Progetto 2022" in cui viene modificato il regime di circolazione imponendo un limite di velocità localizzato di 100 km/h solo in periodo estivo nelle ore di apertura della 3^a corsia, mentre nei periodi di traffico normale il limite viene tolto e ripristinato quello ordinario (130 km/h). Tale regime di circolazione, mentre impone un limite di velocità più basso nei periodi di apertura della 3^a corsia, quando la domanda di traffico è molto elevata e le velocità operative attuate dagli utenti sono più basse o comunque c'è una maggiore propensione ad accettare un limite di velocità, perché "credibile", non prevede un limite in condizioni di traffico normale, quando cioè la presenza di un limite è "non credibile" per gli utenti che tenderanno di conseguenza, a non rispettarlo.

La possibilità di mantenere, per la configurazione a 2 corsie di marcia, con la 3^a corsia chiusa, il limite generalizzato di 130 km/h, pur in presenza di corsie di larghezza ridotta di 3,50 m, ma in presenza di margine laterale in sx e in destra più ampi (margine in sx di 0,60 m e corsia di emergenza della larghezza di 3,5 m più margine in dx di 0,25 m) è legata all'evidenza sperimentale che l'effetto positivo nell'incidentalità di un margine più ampio è maggiore dell'effetto negativo di una larghezza ridotta delle corsie di marcia, come dimostrato nell'Allegato G.

Inoltre, la possibilità di evitare l'imposizione di un limite di velocità a causa del difetto di visibilità (rispetto allo standard del DM 5.11.2001) in corsia di sorpasso tra le pk 19+900 e pk 20+600 (v. § 6) è legato al fatto che tale difetto si manifesta solo in presenza di pioggia e che, in queste condizioni, la visuale libera disponibile consente una velocità di sicurezza rispetto all'arresto superiore al limite di velocità in presenza di pioggia previsto dal Codice della Strada.

Nella Tabella 14 e nella Tabella 15 sono riportati i valori di frequenza e tasso di incidenti attesi riferiti, rispettivamente, agli incidenti totali (M+F+DaC) e gravi (M+F) caratteristici della configurazione "Alternativa 2022".

Anche in questo caso nelle tabelle sono esplicitati i valori riscontrati nelle due configurazioni di 3^a corsia chiusa e aperta ed il valore cumulato.

Tabella 14: Frequenza e tasso di incidenti attesi gravi (M+F) (inc./anno) - "Post Operam - Alternativa"

Anno	Incidenti attesi gravi (inc./anno)	Tasso di incidentalità grave (inc./anno/km/10 ⁸ veicoli)
2022 con 3 ^a corsia chiusa	8.07	8.61
2022 con 3 ^a corsia aperta	11.40	8.43
2022 media pesata tra le due configurazioni (*)	8.54	8.57
(*) Tempo di permanenza della 3 ^a corsia aperta = 52 giorni tra maggio e ottobre		

Tabella 15: Frequenza e tasso di incidenti attesi totali (M+F+DaC) (inc./anno) - " Post Operam - Alternativa"

Anno	Incidenti totali (inc./anno)	Tasso di incidentalità totale (inc./anno/km/10 ⁶ veicoli)
2022 con 3 ^a corsia chiusa	26.06	0.28
2022 con 3 ^a corsia aperta	37.72	0.28
2022 media pesata tra le due configurazioni (*)	27.72	0.28
(*) Tempo di permanenza della 3 ^a corsia aperta = 52 giorni tra maggio e ottobre		

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

Nei paragrafi seguenti vengono confrontati i valori che gli indicatori di sicurezza considerati assumono nelle configurazioni "Ante Operam" 2017 e "Post Operam" quest'ultime distinte in soluzione "Base", "Progetto" e "Alternativa". I valori contenuti nelle tabelle e nei grafici sono relativi all'anno 2017 per "Ante Operam" e al 2022 per "Post Operam".

Nelle tabelle vengono evidenziati in verde i valori degli indicatori di sicurezza "Post Operam" per i quali si riscontra un miglioramento rispetto al corrispondente valore "Ante Operam" ed ai quali di associa un miglioramento del livello di sicurezza. Viceversa, vengono evidenziati in rosso i risultati opposti.

12.1 Confronto Ante Operam/Soluzione "Base"

12.1.1 Confronto in termini di frequenza di incidenti gravi e totali

In Tabella 16 ed in Figura 5 sono riportati rispettivamente in forma di tabella e in forma di grafico i valori della frequenza del tratto autostradale in esame per quanto concerne gli incidenti attesi gravi (M+F) e quelli totali (M+F+DaC).

Tabella 16: frequenza di incidenti gravi (M+F) e totali (M+F+DaC) in configurazione "Ante Operam" 2017 e soluzione "Base" 2022 (frequenza in inc./anno)

Tipo di incidenti	"Ante Operam" 2017	Soluzione "Base" 2022
Incidenti gravi (M+F)	8.82	9.20
Incidenti totali (M+F+DaC)	26.78	28.58

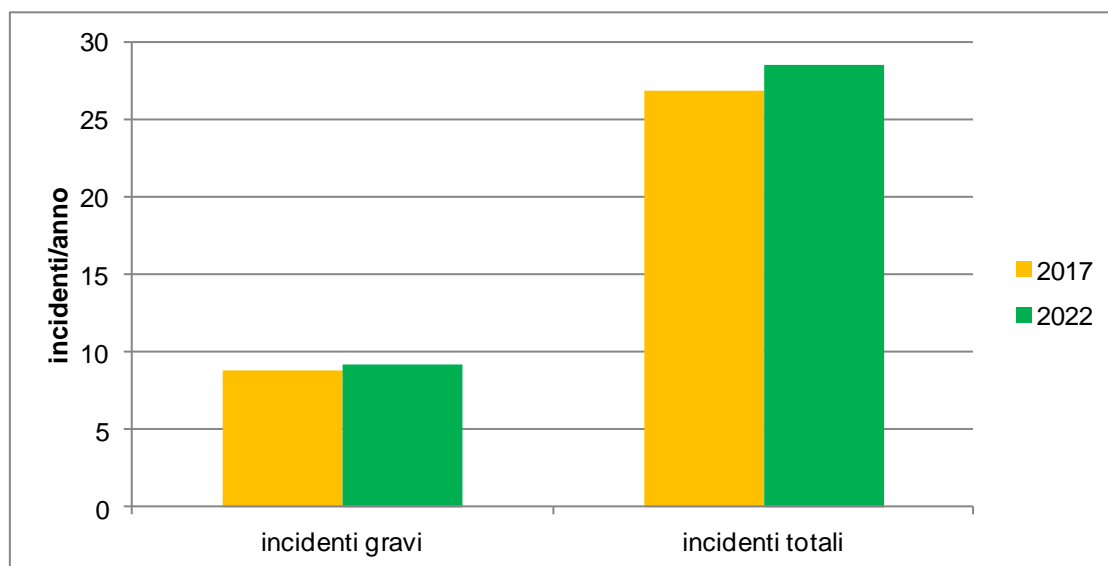


Figura 5: frequenza di incidenti gravi (M+F) e totali (M+F+DaC) in configurazione "Ante Operam" 2017 e "Post Operam - Base" 2022 (frequenza in inc./anno)

Il risultati ottenuti mostrano un lieve aumento degli incidenti gravi (M+F) da 8.82 a 9.20 inc./anno, pari a +0.38 inc./anno, al passaggio dallo stato attuale alla configurazione di progetto. Analogamente gli incidenti totali al 2022, che comprendono anche i DaC, manifestano un peggioramento da 26.78 inc./anno del 2017 a 28.58 del 2022, pari ad una differenza di +1.8 inc./anno.

L'analisi della frequenza degli incidenti gravi e totali evidenzia quindi che il sistema autostradale esame in configurazione di progetto al 2022 non consente di affermare che si ottiene un miglioramento della sicurezza dell'infrastruttura.

12.1.2 Confronto in termini di tasso di incidentalità grave

In Tabella 17 ed in Figura 6 sono riportati rispettivamente in forma di tabella e in forma di grafico i valori della i valori del tasso di incidentalità del tratto autostradale in esame per quanto concerne gli incidenti attesi gravi (M+F) e quelli totali (M+F+DaC).

Tabella 17: Tasso di incidenti gravi e totali in configurazione "Ante Operam" 2017 e soluzione " Post Operam - Base" 2022 (tasso in inc./anno/km/100 milioni di veicoli)

Tipo di tasso	"Ante Operam" 2017	Soluzione "Base" 2022
Tasso incidenti gravi	9.71	9.23
Tasso incidenti totali	29.49	28.68

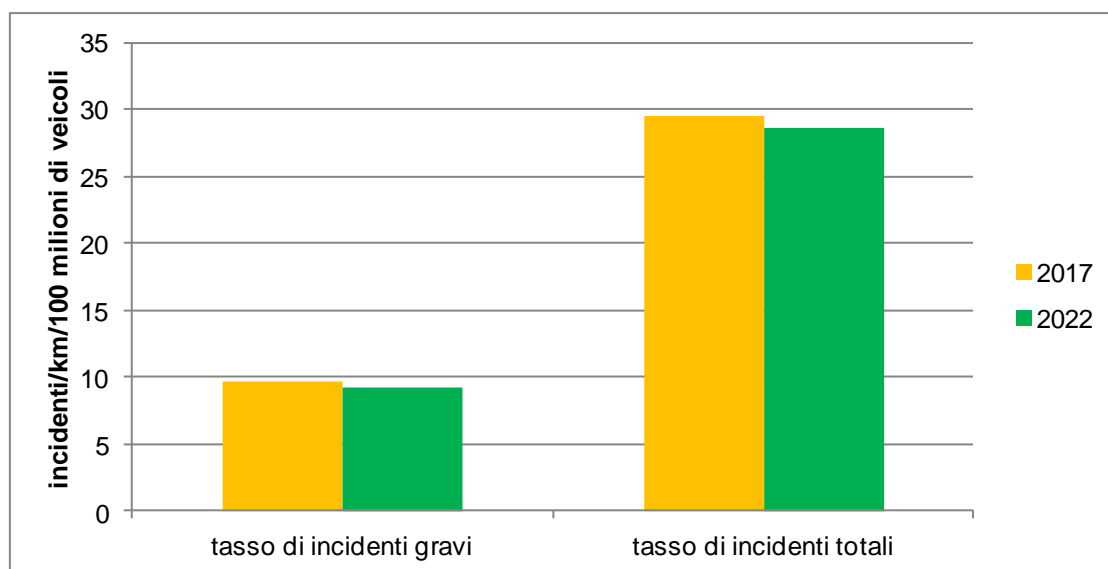


Figura 6: tasso di incidentalità grave (morti e feriti) in configurazione "Ante Operam" 2017 e soluzione "Post Operam - Base" (inc./anno x km x 10⁸ veicoli)

Il risultati ottenuti mostrano che sia il tasso di incidenti gravi sia il tasso di incidenti totali presentano nella configurazione "Post Operam" al 2022 un valore più basso rispetto ai corrispondenti valori in configurazione "Ante Operam" al 2017. L'inversione di tendenza rispetto al risultato in termini di frequenza di incidenti è legata all'incremento del traffico che caratterizzerà la situazione al 2022.

12.1.3 Confronto in termini di costi sociali

Nella Tabella 18 seguenti sono riassunti i valori assunti dalla frequenza di incidenti (incidenti/anno) differenziati per gravità (morti, feriti e danni alle cose). Viene adottata la stessa convenzione cromatica dei paragrafi precedenti evidenziando in verde i valori degli indicatori che migliorano nel passaggio dalla configurazione "Ante Operam" a quella "Post Operam". Viceversa i risultati sono evidenziati in rosso.

Tabella 18: frequenza di incidenti divisi per gravità considerando le tutte le sezioni del tratto in esame soluzioni "Ante Operam" 2017 e "Base" 2022 (inc./anno)

TOTALE	Morti	Feriti	Danni alle cose	TOTALE
"Ante Operam" al 2017	1.46	7.36	17.97	26.78
"Post Operam" al 2022	1.60	7.60	19.38	28.58
DIFFERENZA	0.14	0.24	1.41	1.80

Moltiplicando i valori della Tabella 18 con i costi sociali illustrati nella Tabella 4, si ottengono i valori indicati nella Tabella 19 espressi in milioni di euro. I valori di quest'ultima tabella sono rappresentati graficamente anche in Figura 7.

Tabella 19: conversione della frequenza di incidenti per gravità in termini di costi sociali dell'incidentalità soluzioni "Ante Operam" 2017 e "Base" 2022 (milioni di euro/anno)

TOTALE	Morti	Feriti	Danni alle cose	TOTALE
"Ante Operam" al 2017	€ 2.40	€ 2.28	€ 0.20	€ 4.88
"Post Operam" al 2022	€ 2.63	€ 2.35	€ 0.21	€ 5.20
DIFFERENZA	€ 0.23	€ 0.07	€ 0.01	€ 0.32

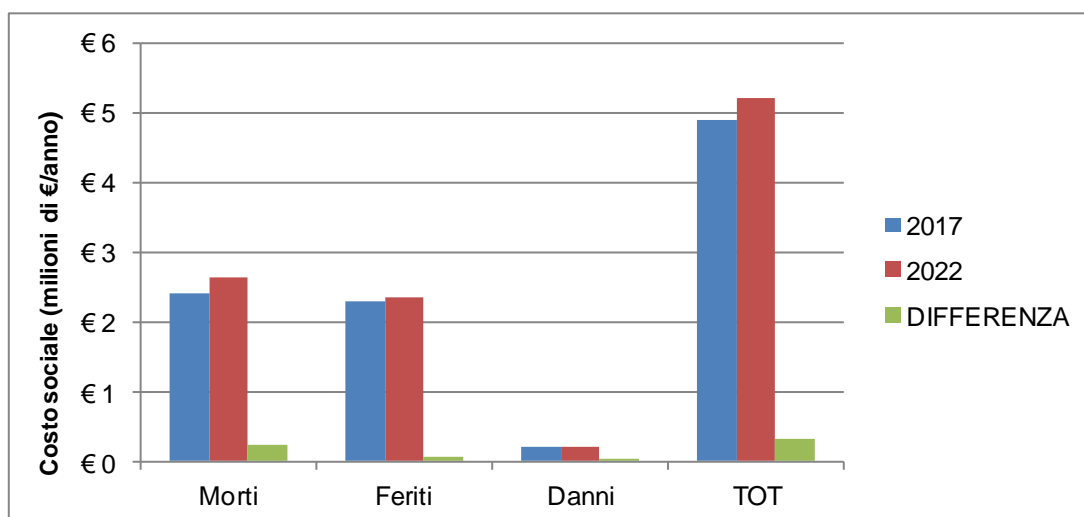


Figura 7: bilancio in termini di costi sociali della soluzioni "Ante Operam" 2017 e "Base" 2022

L'analisi dei costi sociali della soluzione "Post Operam - Base" evidenzia un aumento dei costi sociali al 2022.

12.1.4 Conclusioni a riguardo della Soluzione "Base"

I tre indicatori di sicurezza (frequenza di incidenti, tasso d'incidentalità e costi sociali) hanno offerto risultati contrapposti evidenziando però, complessivamente, una potenziale minor sicurezza della soluzione "Base" rispetto alla situazione attuale. Si ritiene pertanto che sia opportuno introdurre, rispetto alla Soluzione "Base" provvedimenti migliorativi.

12.2 Confronto Ante Operam/Soluzione "Progetto"

12.2.1 Frequenza di incidenti gravi e totali

In Tabella 20 e in Figura 8 sono riportati rispettivamente in forma di tabella e in forma di grafico i valori della frequenza di incidenti del tratto autostradale in esame per quanto concerne gli incidenti attesi gravi (M+F) e quelli totali (M+F+DaC).

Tabella 20: frequenza di incidenti gravi (M+F) e totali (M+F+DaC) in configurazione "Ante Operam" 2017 e soluzione "Progetto" (frequenza in inc./anno)

Tipo di incidenti	"Ante Operam" 2017	"Post Operam" 2022
Incidenti gravi	8.82	7.41
Incidenti totali	26.78	26.15

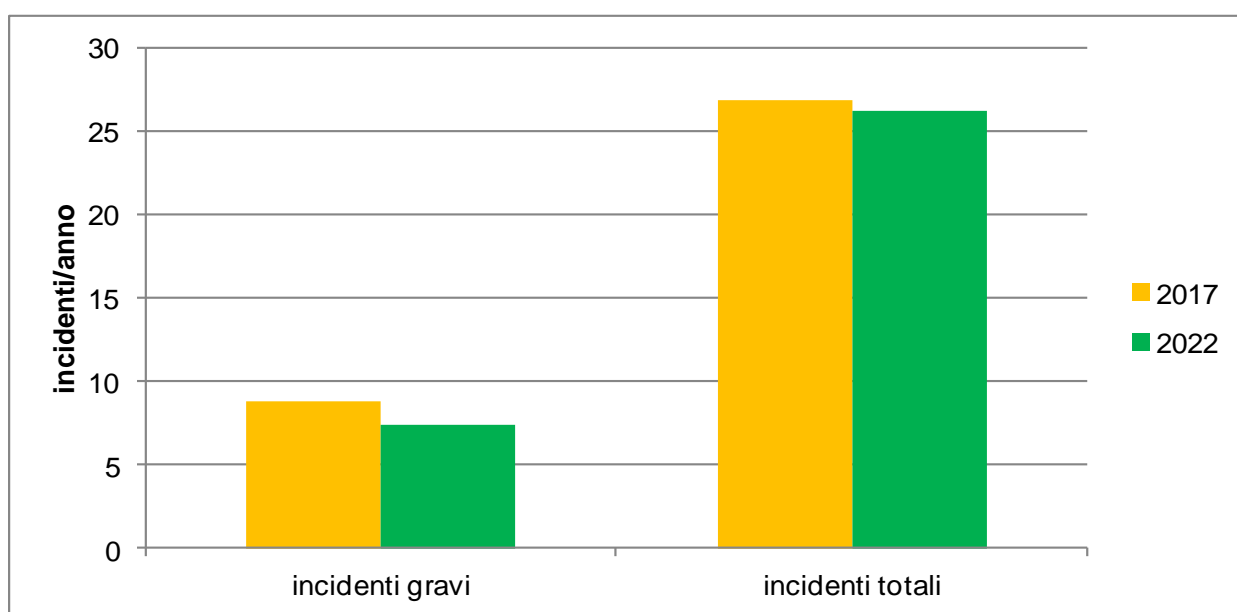


Figura 8: frequenza di incidenti gravi (M+F) e totali (M+F+DaC) in configurazione "Ante Operam" 2017 e soluzione "Progetto" 2022 (frequenza in inc./anno)

Il risultati ottenuti mostrano al 2022 una riduzione degli incidenti gravi (M+F) al passaggio dallo stato attuale alla configurazione di progetto, che passano rispettivamente da 8.82 al 2017 a 7.41 inc./anno al 2022 (-1.41 inc./anno) ed una meno marcata riduzione gli incidenti totali.

L'analisi della frequenza di incidenti gravi e totali evidenzia quindi che il sistema autostradale in esame in configurazione di progetto al 2022 con l'introduzione del limite di velocità di 110 km/h consente di migliorare la sicurezza dell'infrastruttura rispetto allo stato attuale al 2017.

12.2.2 Tasso di incidentalità grave e totale

In Tabella 21 ed in Figura 9 e in sono rappresentati rispettivamente in forma di tabella e in forma di grafico i valori del tasso di incidentalità frequenza del tratto autostradale in esame per quanto concerne gli incidenti attesi gravi (M+F) e quelli totali (M+F+DaC).

Tabella 21: tasso di incidenti gravi (M+F) e totali (M+F+DaC) in configurazione "Ante Operam" 2017 e soluzione "Progetto" 2022 (tasso in inc./anno/km/100 milioni di veicoli)

Tipo di tasso	"Ante Operam" 2017	Soluzione "Progetto" 2022
Tasso incidenti gravi	9.71	7.41
Tasso incidenti totali	29.49	26.24

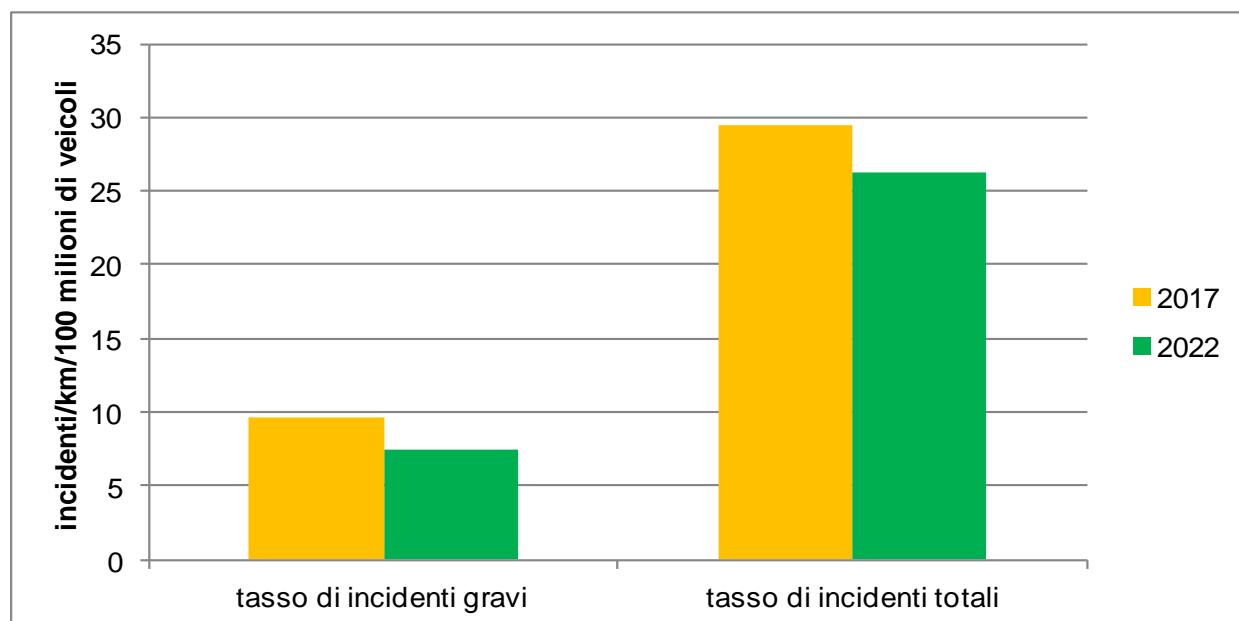


Figura 9: tasso di incidenti gravi (M+F) e totali (M+F+DaC) in configurazione "Ante Operam" 2017 e soluzione "Post Operam - Progetto" 2022 (tasso in inc./anno/km/100 milioni di veicoli)

I risultati ottenuti mostrano che sia il tasso di incidenti gravi sia il tasso di incidenti totali presentano nella configurazione "Post Operam" al 2022 un valore nettamente più basso rispetto ai corrispondenti valori in configurazione "Ante Operam" al 2017.

L'analisi dei tassi di incidenti gravi e totali evidenzia quindi che il sistema autostradale in esame in configurazione di progetto al 2022 consente di migliorare la sicurezza dell'infrastruttura rispetto allo stato attuale al 2017.

12.2.3 Confronto in termini di costi sociali

Nella Tabella 22 seguenti sono riassunti i valori assunti dalla frequenza di incidenti (incidenti/anno) differenziati per gravità (morti, feriti e danni alle cose). Viene adottata la stessa convenzione cromatica dei paragrafi precedenti.

Tabella 22: frequenza di incidenti divisi per gravità considerando le tutte le sezioni del tratto in esame soluzioni "Ante Operam" 2017 e "Progetto" 2022 (inc./anno)

TOTALE	Morti	Feriti	Danni alle cose	TOTALE
"Ante Operam" al 2017	1.46	7.36	17.97	26.78
"Post Operam" al 2022	1.29	6.12	18.74	26.15
DIFFERENZA	-0.17	-1.24	0.78	-0.64

Moltiplicando i valori della Tabella 22 con i costi sociali illustrati nella Tabella 4, si ottengono i valori indicati nella Tabella 23 espressi in milioni di euro. I valori di quest'ultima tabella sono rappresentati graficamente anche in Figura 10.

Tabella 23: conversione della frequenza di incidenti per gravità in termini di costi sociali dell'incidentalità soluzioni "Ante Operam" 2017 e "Progetto" 2022 (milioni di euro/anno)

TOTALE	Morti	Feriti	Danni alle cose	TOTALE
"Ante Operam" al 2017	€ 2.40	€ 2.28	€ 0.20	€ 4.88
"Post Operam" al 2022	€ 2.12	€ 1.89	€ 0.21	€ 4.22
DIFFERENZA	-€ 0.28	-€ 0.38	€ 0.01	-€ 0.66

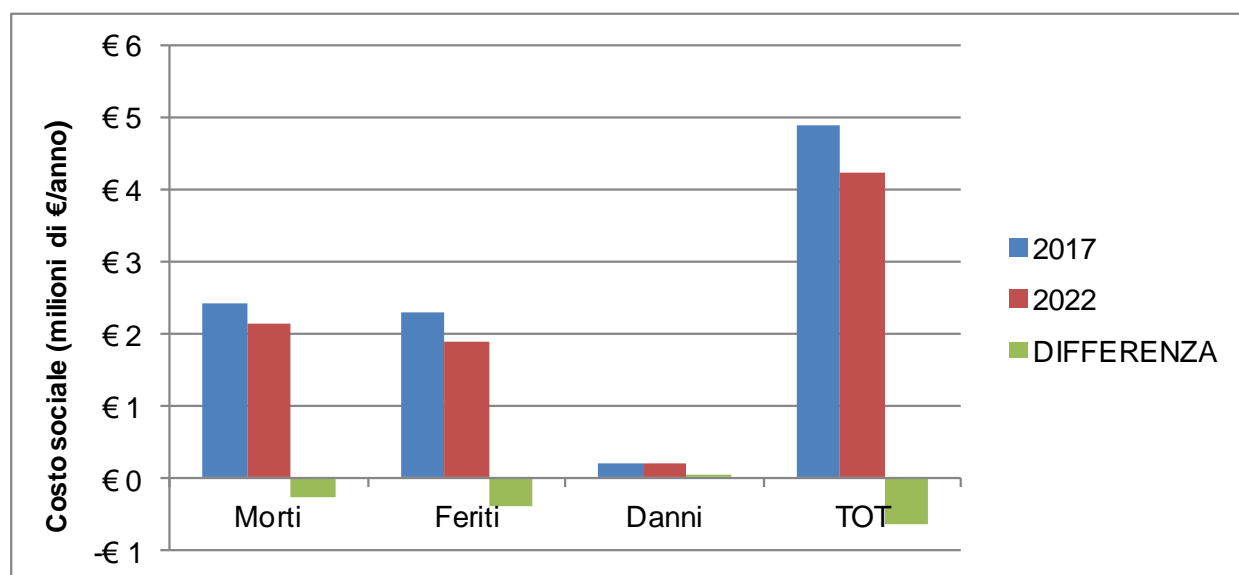


Figura 10: bilancio in termini di costi sociali della soluzioni "Ante Operam" 2017 e "Progetto" 2022

L'analisi dei costi sociali della soluzione "Progetto" evidenzia una diminuzione dei costi sociali al 2022 che si attesta a circa -0.66 milioni di euro/anno rispetto allo stato attuale. Il beneficio è dato soprattutto dalla riduzione degli incidenti gravi (con feriti e con morti).

12.2.4 Conclusioni a riguardo della Soluzione di "Progetto"

Tutti gli indicatori di sicurezza considerati (frequenza di incidenti, tasso d'incidentalità e costo sociale) sono unanimi nel dimostrare che la soluzione di "Progetto" consente un deciso miglioramento della sicurezza stradale rispetto all'attualità.

12.3 Confronto Ante Operam/Soluzione "Alternativa"

12.3.1 Frequenza di incidenti gravi e totali

In Tabella 24 e in Figura 11 sono riportati rispettivamente in forma di tabella e in forma di grafico i valori della frequenza di incidenti del tratto autostradale in esame per quanto concerne gli incidenti attesi gravi (M+F) e quelli totali (M+F+DaC).

Tabella 24: frequenza di incidenti gravi (M+F) e totali (M+F+DaC) in configurazione "Ante Operam" 2017 e soluzione "Alternativa" 2022 (frequenza in inc./anno)

Tipo di incidenti	"Ante Operam" 2017	Soluzione "Alternativa" 2022
Incidenti gravi	8.82	8.54
Incidenti totali	26.78	27.72

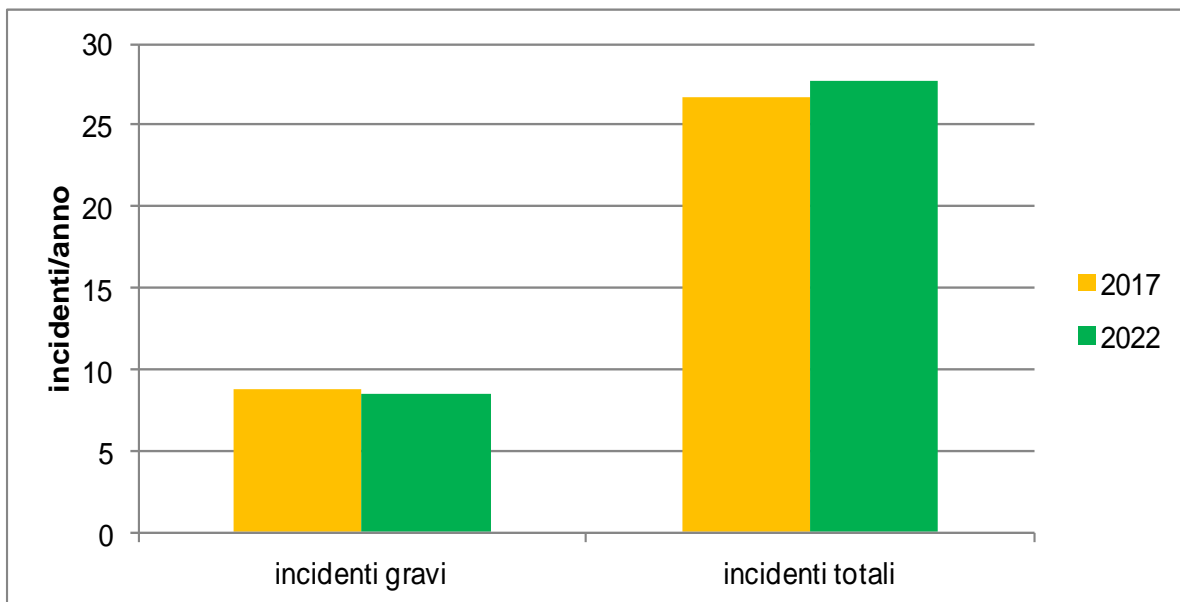


Figura 11: frequenza di incidenti gravi (M+F) e totali (M+F+DaC) in configurazione "Ante Operam" 2017 e soluzione "Post Operam - Alternativa" 2022 (frequenza in inc./anno)

I risultati ottenuti mostrano una evidente riduzione degli incidenti gravi (M+F) ma un incremento degli incidenti totali al 2022.

12.3.2 Tasso di incidentalità grave e totale

In Tabella 25 ed in Figura 12 e in sono rappresentati rispettivamente in forma di tabella e in forma di grafico i valori del tasso di incidentalità frequenza del tratto autostradale in esame per quanto concerne gli incidenti attesi gravi (M+F) e quelli totali (M+F+DaC).

Tabella 25: tasso di incidenti gravi (M+F) e totali (M+F+DaC) in configurazione "Ante Operam" 2017 e soluzione "Alternativa" 2022 (frequenza in inc./anno)

Tipo di tasso	"Ante Operam" 2017	Soluzione "Alternativa" 2022
Tasso incidenti gravi	9.71	8.57
Tasso incidenti totali	29.49	27.82

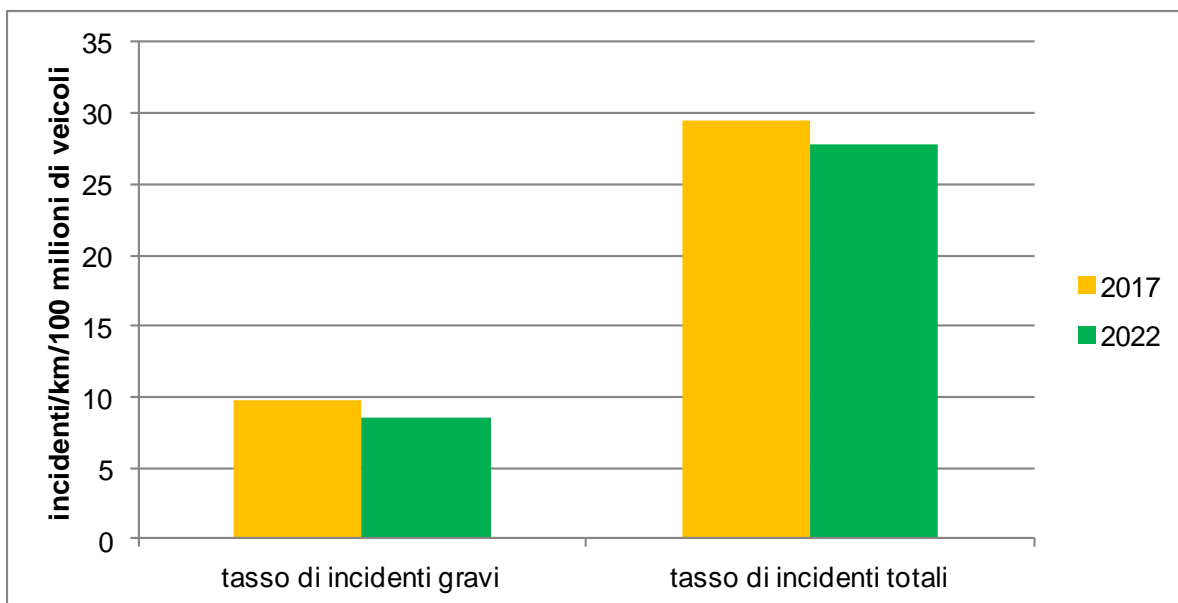


Figura 12: tasso di incidenti gravi (M+F) e totali (M+F+DaC) in configurazione "Ante Operam" 2017 e soluzione "Post Operam - Alternativa" 2022 (tasso in inc./anno/km/100 milioni di veicoli)

I risultati ottenuti mostrano che sia il tasso di incidenti gravi sia il tasso di incidenti totali presentano nella configurazione "Post Operam - Alternativa" al 2022 un valore più basso rispetto ai corrispondenti valori in configurazione "Ante Operam" al 2017.

12.3.3 Confronto in termini di costi sociali

Nella Tabella 22 seguenti sono riassunti i valori assunti dalla frequenza di incidenti (incidenti/anno) differenziati per gravità (morti, feriti e danni alle cose). Viene adottata la stessa convenzione cromatica dei paragrafi precedenti evidenziando in verde i valori degli indicatori che migliorano nel passaggio dalla configurazione "Ante Operam" a quella "Post Operam". Viceversa i risultati sono evidenziati in rosso.

Tabella 26: frequenza di incidenti divisi per gravità considerando le tutte le sezioni del tratto in esame soluzioni "Ante Operam" 2017 e "Alternativa" 2022 (inc./anno)

TOTALE	Morti	Feriti	Danni alle cose	TOTALE
"Ante Operam" al 2017	1.46	7.36	17.97	26.78
"Post Operam" al 2022	1.49	7.05	19.18	27.72
DIFFERENZA	0.03	-0.30	1.21	0.93

Moltiplicando i valori della Tabella 22 con i costi sociali illustrati nella Tabella 4, si ottengono i valori indicati nella Tabella 23 espressi in milioni di euro. I valori di quest'ultima tabella sono rappresentati graficamente anche in Figura 10.

Tabella 27: conversione della frequenza di incidenti per gravità in termini di costi sociali dell'incidentalità soluzioni "Ante Operam" 2017 e "Alternativa" 2022 (milioni di euro/anno)

TOTALE	Morti	Feriti	Danni alle cose	TOTALE
"Ante Operam" al 2017	€ 2.40	€ 2.28	€ 0.20	€ 4.88
"Post Operam" al 2022	€ 2.44	€ 2.19	€ 0.21	€ 4.84
DIFFERENZA	€ 0.04	-€ 0.09	€ 0.01	-€ 0.04

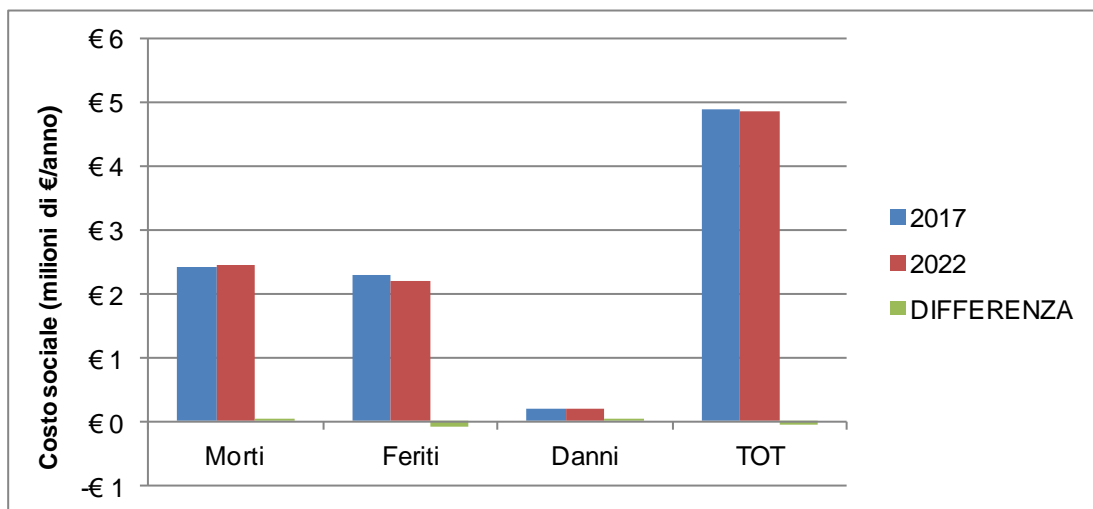


Figura 13: bilancio in termini di costi sociali della soluzioni "Ante Operam" 2017 e "Alternativa" 2022

L'analisi dei costi sociali della soluzione "Alternativa" evidenzia una diminuzione dei costi sociali al 2022. Il beneficio è dato prevalentemente dalla riduzione degli incidenti gravi mentre gli incidenti mortali e quelli con soli danni alle cose presentano un lieve risultato negativo.

12.3.4 Conclusioni a riguardo della Soluzione "Alternativa"

La soluzione "Alternativa" risulta caratterizzata da una minore efficacia in termini di sicurezza stradale rispetto alla soluzione "Progetto" ma comunque migliorativa della situazione esistente.

13 CONCLUSIONI

Il presente documento si è posto l'obiettivo di verificare la rispondenza all'art.4 del DM 22.04.2004 dell'intervento di potenziamento funzionale del tratto di autostrada A12 in carreggiata sud tra Cerveteri e Torrimpietra che prevede la riorganizzazione dell'attuale sezione a due corsie ad una a tre corsie di cui una "dinamica" fruibile solo durante i giorni in cui si verificano picchi di traffico intenso. L'entità dei benefici attesi è stata valutata in termini di:

- frequenza di incidenti gravi e totali;
- tasso di incidenti gravi e totali;
- costi sociali legati all'incidentalità.

Il confronto dei precedenti indicatori di sicurezza è stato svolto tra la configurazione attuale definita "Ante Operam", il cui anno di riferimento è il 2017, con tre diverse configurazioni "Post Operam" all'anno 2022 definite "Base" (assenza di limiti di velocità), "Progetto" (limite a 110 km/h valido tutto l'anno) e "Alternativa" (limite 100 km/h solo nei giorni di apertura della 3^a corsia, altrimenti 130 km/h).

Le conclusioni a cui è giunta l'analisi di sicurezza si riassumono nei seguenti punti:

1. la soluzione definita "Base" ha evidenziato un comportamento discordante tra gli indicatori di prestazione frequenza e tasso di incidenti:
 - +6% degli incidenti totali (M+F+DaC) all'anno e +4% degli incidenti gravi (M+F) all'anno;
 - -3% per il tasso di incidenti totali (M+F+DaC) e -6% per il tasso degli incidenti gravi (M+F).

L'incertezza sulla bontà della soluzione base ha portato a verificare l'impatto sulla sicurezza in termini di costi sociali che ha evidenziato un aumento dei costi sociali pari a 0.32 milioni di euro/anno al passaggio dalla soluzione "Ante Operam" a quella "Post Operam - Base". Pertanto questa soluzione non determina un miglioramento in termini di sicurezza della circolazione;
2. la soluzione definita "Progetto" ha evidenziato un comportamento concorde tra tutti gli indicatori di prestazione frequenza e tasso di incidenti:
 - -2% degli incidenti totali (M+F+DaC) all'anno e -16% degli incidenti gravi (M+F) all'anno;
 - -11% per il tasso di incidenti totali (M+F+DaC) e -23% per il tasso degli incidenti gravi (M+F);

L'impatto sulla sicurezza in termini di costi sociali ha evidenziato un beneficio pari a -0.66 milioni di euro/anno al passaggio dalla soluzione "Ante Operam" a quella "Post Operam - Progetto". Pertanto questa soluzione determina un miglioramento in termini di sicurezza della circolazione.
3. la soluzione definita "Alternativa" ha evidenziato un comportamento discordante tra gli indicatori di prestazione frequenza e tasso di incidenti:
 - +3% degli incidenti totali (M+F+DaC) all'anno e -3% degli incidenti gravi (M+F) all'anno;
 - -6% per il tasso di incidenti totali (M+F+DaC) e -12% per il tasso degli incidenti gravi (M+F).

L'incertezza sulla bontà della soluzione base ha portato a verificare l'impatto sulla sicurezza in termini di costi sociali che ha evidenziato beneficio pari a -0.04 milioni di euro/anno al passaggio dalla soluzione "Ante Operam" a quella "Post Operam - Alternativa". Pertanto anche questa soluzione determina un miglioramento in termini di sicurezza della circolazione.

Nota Bene: la soluzione denominata "Alternativa" è stata introdotta per tener conto del concetto di "credibilità" per l'utenza dei limiti imposti, che viene considerato come una funzione obiettivo a cui

tendere. L'efficacia dell'introduzione di limiti di velocità, infatti, che nei modelli previsionali adottati produce comunque una riduzione di incidentalità, è molto legata al grado di osservanza degli stessi da parte degli utenti. Limiti più "credibili" sono maggiormente rispettati.

Si sottolinea, infine, che i risultati dell'analisi svolta dimostrano che il beneficio in termini di sicurezza della soluzione progettuale proposta diminuisce all'aumentare della durata del periodo durante il quale la 3^a corsia è aperta. I risultati ottenuti sono riferiti ad un numero complessivo di giorni all'anno di apertura pari a 52, che si ritiene essere cautelativo. Pur nel rispetto della libertà operativa lasciata al Gestore in merito alle modalità effettive di impiego della corsia aggiuntiva, il dato cumulato di 52 giorni dovrebbe costituire il limite massimo d'impiego, oltre il quale l'analisi dovrebbe essere aggiornata.

14 ROTATORIA DI CERVETERI

14.1 Introduzione

Lo Svincolo di Cerveteri sull'autostrada A12 realizza il collegamento tra l'asse autostradale e la viabilità locale di adduzione, rappresentata localmente dalla Strada Provinciale SP4/a "Settevene-Palo"; tramite questa strada è possibile raggiungere sia la SS1 "Aurelia" (ubicata a Sud-Ovest nelle immediate vicinanze dello svincolo), sia l'abitato di Cerveteri (ubicato a Nord-Est della A12) e più oltre le ulteriori località servite dall'itinerario della SP4/a, la quale ha in pratica la funzione di collegamento tra la costiera tirrenica ed il bacino del lago di Bracciano.

La connessione tra lo Svincolo di Cerveteri vero e proprio (intersezione completa a due livelli con layout "a trombetta") e la SP4/a (asse funzionalmente assimilabile a strada di Categoria "C", secondo il DM2001) è attualmente realizzata da una intersezione a raso canalizzata al piede dello svincolo e regolata da segnale di "stop" per i flussi che si immettono sulla SP4/a dallo svincolo, come visibile in Figura 14:

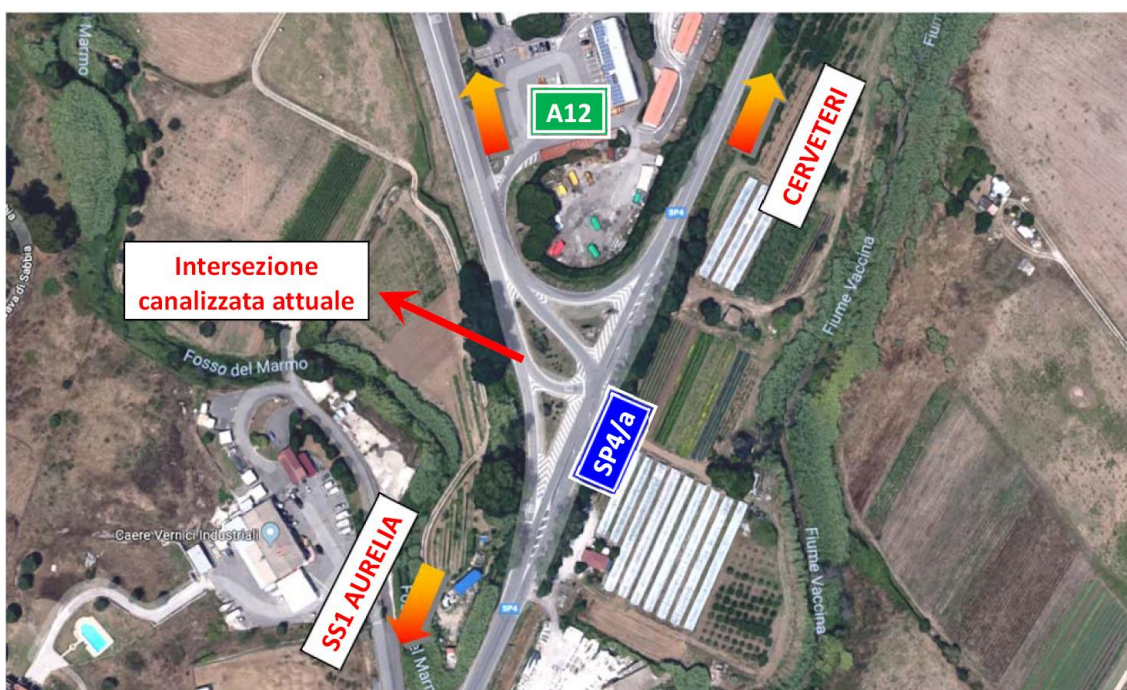


Figura 14: Connessione SP4/a presso lo Svincolo di Cerveteri, stato di fatto

Questo tipo di sistemazione rappresenta tuttavia un elemento critico dal punto di vista del traffico da e per l'autostrada, in ragione della sua limitata capacità di smaltimento dei flussi. Ne risultano infatti, specie in particolari momenti dell'anno e della giornata, fenomeni di congestione:

- per i veicoli che provengono dalla A12, con rigurgito fino alla sede autostradale e con particolare riferimento alla carreggiata direzione Nord;
- per i veicoli diretti verso A12 dalla SP4/a, con particolare riferimento alla direttrice proveniente da SS1 Aurelia, il cui incolonnamento va ad interferire con il corretto funzionamento delle stesse SP4/a ed SS1.

Con lo scopo di migliorare la fluidità del traffico lo scenario di progetto prevede di conseguire un incremento della capacità del nodo trasformando l'attuale intersezione canalizzata in intersezione a rotatoria a tre bracci, secondo il layout visibile in Figura 15:

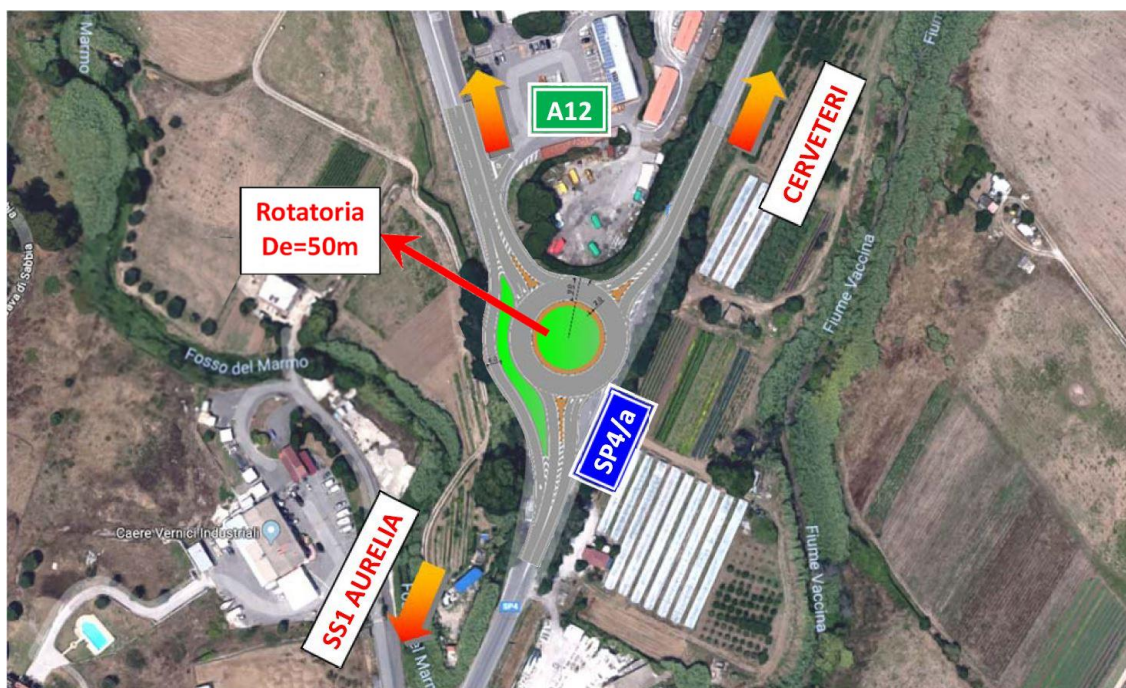


Figura 15: Connessione SP4/a presso lo Svincolo di Cerveteri, stato di progetto

L'intersezione a rotatoria prevista in progetto ha un diametro esterno di 50m (rotatoria convenzionale, secondo definizione DM2006) e prevede i seguenti elementi caratteristici:

- carreggiata anulare con una corsia di marcia da 9 m di larghezza e banchina pavimentata;
- banchina esterna da 1m, banchina pavimentata interna da 0.5m, fascia sormontabile interna da 2m;
- isola centrale inerbata di diametro 27m;
- corsia di ingresso singola da 3.50m su SP4/a da Cerveteri, corsia di ingresso doppia da 6.00m (2x3.00m) da A12 e su SP4/a da SS1 Aurelia;
- corsie di uscita da 4.50m;
- corsia di svolta diretta in by-pass del nodo, da A12 verso SS1 Aurelia, di larghezza 4m, con attestamento su SP4/a regolato da dare precedenza.

Con la sola eccezione del ramo in by-pass la giacitura della rotatoria ricade interamente sul sedime dell'intersezione esistente, minimizzando quindi la necessità di acquisizione di terreno ulteriore.

Per la valutazione del miglioramento della sicurezza derivante dalla modifica della tipologia di intersezione si è fatto riferimento alle statistiche di incidenti nelle intersezioni di strade di tipo regionale e provinciale, alle quali la SP4/a è assimilabile, e alle indicazioni presenti nei modelli previsionali dell'HSM per le intersezioni stradali.

14.2 Le statistiche ISTAT relative alle intersezioni

L'analisi dei benefici in termini di riduzione dell'incidentalità che deriva dalla trasformazione dell'intersezione a raso ad un in rotatoria deriva dalla consultazione dei dati di incidentalità pubblicati dall'ISTAT.

L'acquisizione dei dati si è concentrata sui dati concernenti tutte le intersezioni presenti sul territorio nazionale di strade di tipo regionale e provinciale alle quali può esser assimilata la SP4/a. I dati sono riferiti al periodo di 5 anni compreso tra il 2012 e il 2016, di cui quest'ultimo attualmente costituisce l'anno di riferimento più recente disponibile in internet sul sito ISTAT.

I collegamenti internet da cui è stato possibile scaricare i dati sono i seguenti:

- 2012. <https://www.istat.it/it/archivio/102885>;
- 2013. <https://www.istat.it/it/archivio/137546>;
- 2014. <https://www.istat.it/it/archivio/172481>;
- 2015. <https://www.istat.it/it/archivio/192204>;
- 2016. <https://www.istat.it/it/archivio/202802>.

Tramite i dati grezzi per anno contenuti dalle tabelle ISTAT sono state costruite le tabelle seguenti (Tabella 28, Tabella 29 e Tabella 30) che riassumono anno per anno e per tipologia di strada rispettivamente il numero di incidenti, il numero di morti e il numero di feriti registrati nelle intersezioni stradali divise a loro volta in:

- Incrocio;
- Rotatoria;
- Intersezione segnalata;
- Intersezione con semaforo o vigile;
- Intersezione non segnalata.

Tabella 28: numero incidenti nelle intersezioni sull'intero territorio nazionale per strade regionali e provinciali (anni 2012-2016)

Numero incidenti	2012		2013		2014		2015		2016		2012-2016		Totale senza distinzione tipo di strada
	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	
Incrocio	369	2010	338	1981	352	1861	329	1812	377	1907	1765	9571	11336
Rotatoria	113	871	118	809	121	841	124	825	116	817	592	4163	4755
Intersezione segnalata	431	2312	435	2193	426	2106	475	1931	356	2018	2123	10560	12683
Intersezione con semaforo o vigile	131	398	106	362	97	327	109	338	84	289	527	1714	2241
Intersezione non segnalata	29	220	37	195	25	175	29	175	21	170	141	935	1076
Totale per tipologia strada	1073	5811	1034	5540	1021	5310	1066	5081	954	5201	5148	26943	32091
Totale	6884		6574		6331		6147		6155		32091		

Tabella 29: numero di morti nelle intersezioni sull'intero territorio nazionale per strade regionali e provinciali (anni 2012-2016)

Numero di morti	2012		2013		2014		2015		2016		2012-2016		Totale senza distinzione tipo di strada
	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	
Incrocio	8	58	9	49	10	58	7	44	12	71	46	280	326

Numero di morti	2012		2013		2014		2015		2016		2012-2016		
	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Totale senza distinzione tipo di strada
Rotatoria	3	14	2	16	4	20	2	15	2	19	13	84	97
Intersezione segnalata	16	119	20	94	13	98	11	71	7	76	67	458	525
Intersezione con semaforo o vigile	6	17	3	8	1	11	4	16	4	5	18	57	75
Intersezione non segnalata	0	10	1	4	1	5	0	5	3	8	5	32	37
Totale per tipologia strada	33	218	35	171	29	192	24	151	28	179	149	911	1060
Totale	251		206		221		175		207		1060		

Tabella 30: numero di feriti nelle intersezioni sull'intero territorio nazionale per strade regionali e provinciali (anni 2012-2016)

Numero di feriti	2012		2013		2014		2015		2016		2012-2016		
	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Totale senza distinzione tipo di strada
Incrocio	617	3492	595	3410	616	3211	561	3131	656	3368	3045	16612	19657
Rotatoria	183	1211	189	1125	191	1175	189	1166	163	1151	915	5828	6743
Intersezione segnalata	699	3875	720	3734	743	3645	794	3194	605	3468	3561	17916	21477
Intersezione con semaforo o vigile	268	732	213	701	189	610	220	669	186	542	1076	3254	4330
Intersezione non segnalata	52	333	49	323	34	299	47	300	28	272	210	1527	1737
Totale per tipologia strada	1819	9643	1766	9293	1773	8940	1811	8460	1638	8801	8807	45137	53944
Totale	11462		11059		10713		10271		10439		53944		

A partire da questi dati sono stati calcolati i tassi di mortalità (n° morti per 100 incidenti) e di lesività (n° di feriti per incidente) in modo tale da avere un dato che sia assumibile come indicatore del livello di sicurezza per il confronto tra le varie tipologie di intersezione.

I valori di tasso di mortalità e di lesività ottenuti, rappresentati con lo stesso formato delle tabelle precedenti, sono riportati rispettivamente in Tabella 31 e Tabella 32.

Tabella 31: tasso di mortalità (morti/100 incidenti) nelle intersezioni sull'intero territorio nazionale per strade regionali e provinciali (anni 2012-2016)

Tasso di mortalità (morti ogni 100 incidenti)	2012		2013		2014		2015		2016		2012-2016		
	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Totale senza distinzione tipo di strada
Incrocio	2.17	2.89	2.66	2.47	2.84	3.12	2.13	2.43	3.18	3.72	2.61	2.93	2.88
Rotatoria	2.65	1.61	1.69	1.98	3.31	2.38	1.61	1.82	1.72	2.33	2.20	2.02	2.04
Intersezione segnalata	3.71	5.15	4.60	4.29	3.05	4.65	2.32	3.68	1.97	3.77	3.16	4.34	4.14
Intersezione con semaforo o vigile	4.58	4.27	2.83	2.21	1.03	3.36	3.67	4.73	4.76	1.73	3.42	3.33	3.35
Intersezione non segnalata	0.00	4.55	2.70	2.05	4.00	2.86	0.00	2.86	14.29	4.71	3.55	3.42	3.44
Media 2012-2016	3.08	3.75	3.38	3.09	2.84	3.62	2.25	2.97	2.94	3.44	2.89	3.38	3.30
Totale	3.65		3.13		3.49		2.85		3.36		3.30		

Tabella 32: tasso di lesività (feriti/incidenti) nelle intersezioni sull'intero territorio nazionale per strade regionali e provinciali (anni 2012-2016)

Tasso di lesività (feriti per incidente)	2012		2013		2014		2015		2016		2012-2016		
	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Strade Regionali	Strade Provinciali	Totale senza distinzione tipo di strada
Incrocio	1.67	1.74	1.76	1.72	1.75	1.73	1.71	1.73	1.74	1.77	1.73	1.74	1.73
Rotatoria	1.62	1.39	1.60	1.39	1.58	1.40	1.52	1.41	1.41	1.41	1.55	1.40	1.42
Intersezione segnalata	1.62	1.68	1.66	1.70	1.74	1.73	1.67	1.65	1.70	1.72	1.68	1.70	1.69
Intersezione con semaforo o vigile	2.05	1.84	2.01	1.94	1.95	1.87	2.02	1.98	2.21	1.88	2.04	1.90	1.93
Intersezione non segnalata	1.79	1.51	1.32	1.66	1.36	1.71	1.62	1.71	1.33	1.60	1.49	1.63	1.61
Totale per tipologia strada	1.70	1.66	1.71	1.68	1.74	1.68	1.70	1.67	1.72	1.69	1.71	1.68	1.68
Totale	1.67	1.66	1.68	1.68	1.69	1.68	1.67	1.67	1.70	1.69	1.68	1.68	1.68

I dati delle precedenti tabelle sono rappresentati graficamente da Figura 16 a Figura 19 ed in particolare i grafici sono riferiti a:

- Figura 16: rappresentazione grafica del tasso di mortalità per tipologia di intersezione sull'intero territorio nazionale per strade regionali e provinciali nel periodo compreso tra gli anni 2012 e 2016;
- Figura 17: rappresentazione grafica del tasso di mortalità per tipologia di intersezione sull'intero territorio nazionale cumulati tra le due tipologie di strade nel periodo compreso tra gli anni 2012 e 2016;
- Figura 18: rappresentazione grafica del tasso di lesività per tipologia di intersezione sull'intero territorio nazionale per strade regionali e provinciali nel periodo compreso tra gli anni 2012 e 2016;
- Figura 19: rappresentazione grafica del tasso di lesività per tipologia di intersezione sull'intero territorio nazionale cumulati tra le due tipologie di strade nel periodo compreso tra gli anni 2012 e 2016.

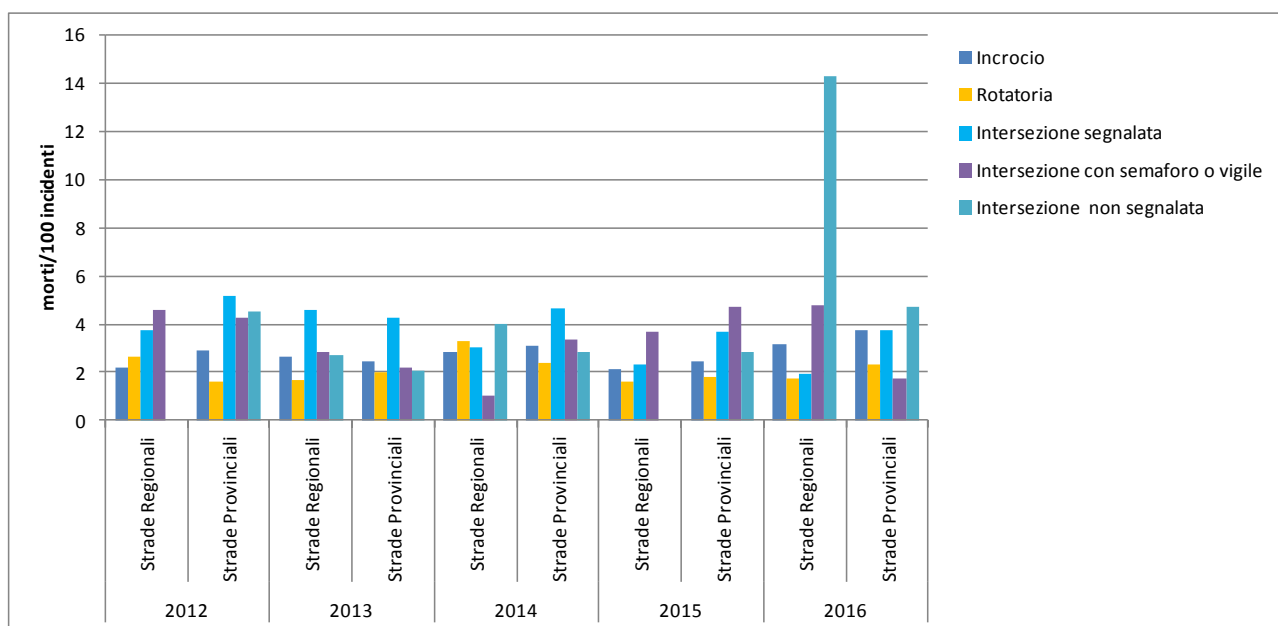


Figura 16: rappresentazione del tasso di mortalità (morti/100 incidenti) nelle intersezioni sull'intero territorio nazionale per strade regionali e provinciali (anni 2012-2016)

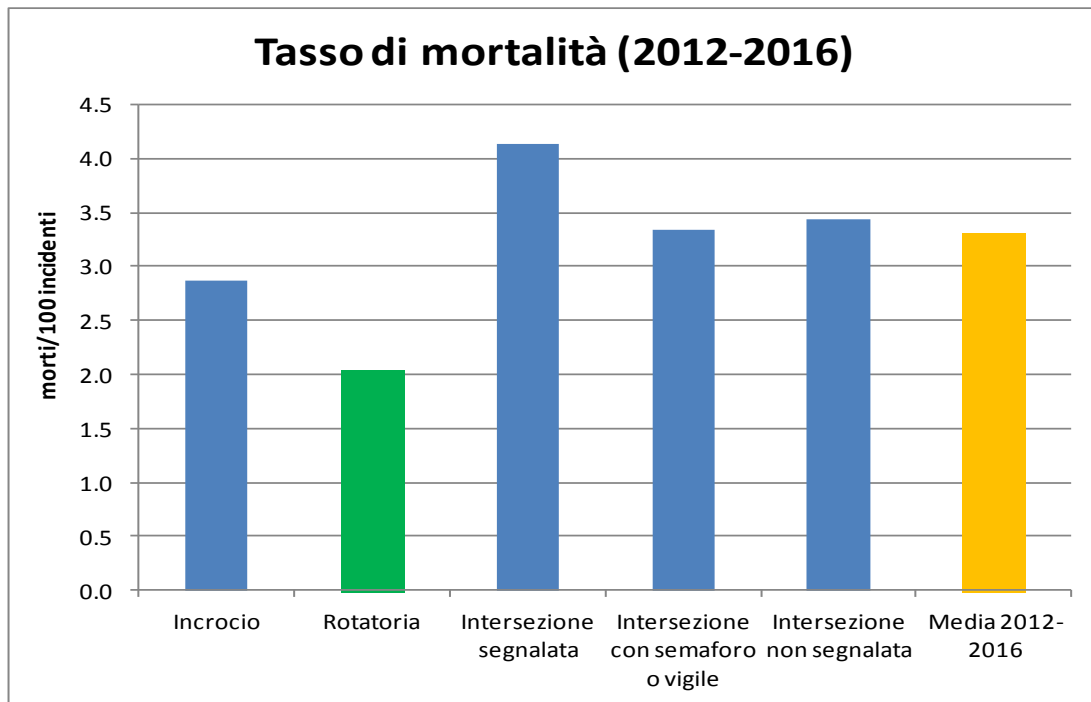


Figura 17: rappresentazione del tasso di mortalità (morts/100 incidenti) nelle intersezioni sull'intero territorio nazionale cumulati per strade regionali e provinciali (anni 2012-2016)

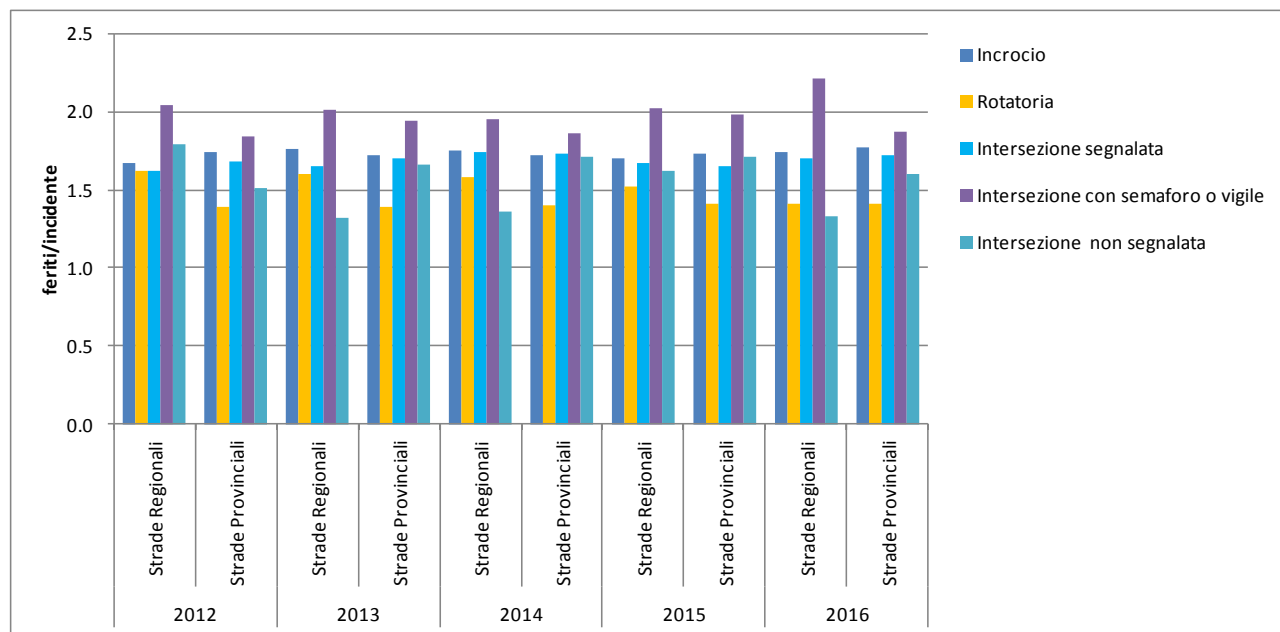


Figura 18: rappresentazione del tasso di lesività (feriti/incidente) nelle intersezioni sull'intero territorio nazionale per strade regionali e provinciali (anni 2012-2016)

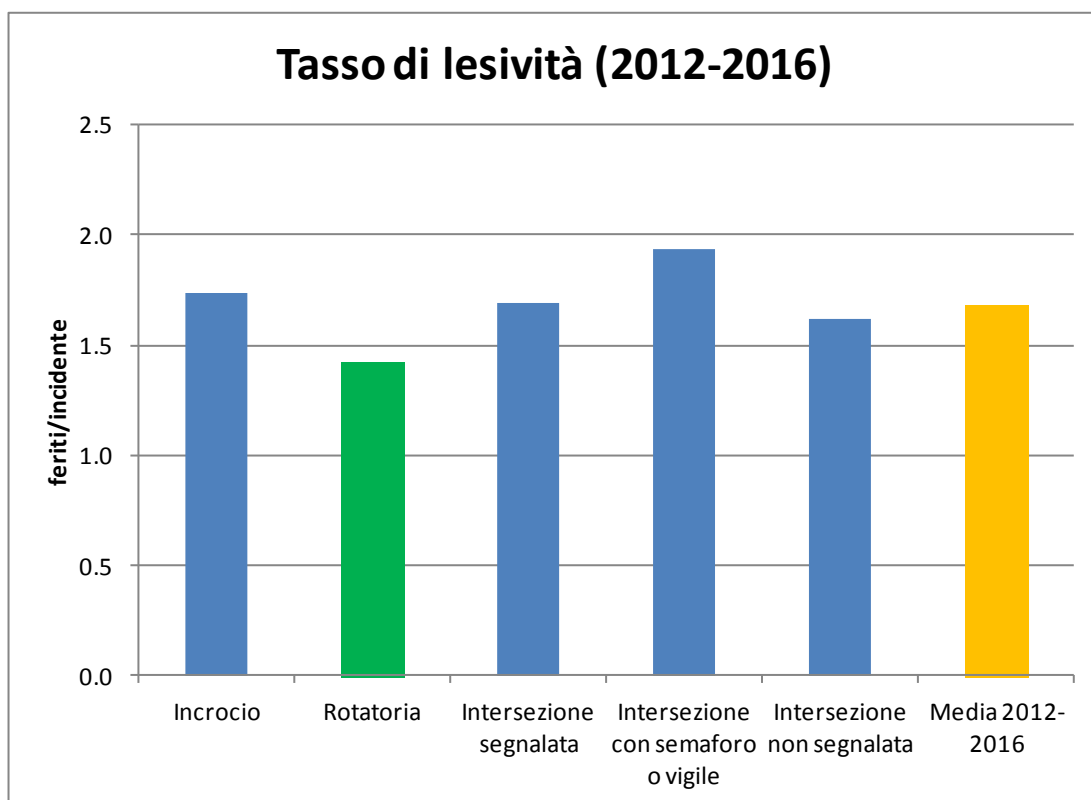


Figura 19: rappresentazione del tasso di lesività (feriti/incidente) nelle intersezioni sull'intero territorio nazionale cumulati per strade regionali e provinciali (anni 2012-2016)

Dai valori disaggregati anno per anno si nota che l'intersezione a rotatoria è quella che quasi sempre manifesta il più basso valore di tasso di mortalità e di lesività (Figura 16 e Figura 18). Le statistiche dimostrano inoltre che le rotatorie costituiscono la tipologia di intersezione nella quale si raggiungono i valori più bassi di tasso di mortalità (n° morti/100 incidenti) e quelli più bassi per tasso di lesività (n° feriti/incidente). In particolare le rotatorie presentano un tasso di mortalità di 2.04 morti ogni 100 incidenti a fronte di una media complessiva di 3.3 morti ogni 100 incidenti (Figura 17). Analogamente nelle rotatorie il tasso di lesività è pari a 1.42 feriti per incidente contro una media su tutte le intersezioni pari a 1.68 feriti per incidente (Figura 19).

Pertanto in base alle statistiche ISTAT sugli incidenti nelle intersezioni, la trasformazione dell'intersezione presso lo svincolo di Cerveteri dalla tipologia a raso regolata da stop a quella a rotatoria, costituisce una soluzione che risponde positivamente alle prescrizioni del DM 22/04/2004.

14.3 Osservazioni dal modello previsionale HSM per le intersezioni di strade extraurbane

Un'ulteriore valutazione dei benefici attesi dalla conversione dell'intersezione tra la viabilità afferente allo svincolo di Cerveteri e la SP4 emerge dallo studio dei modelli previsionali di incidentalità per le intersezioni dell'HSM⁵.

Il modello prevede dei coefficienti correttivi, (CMF), specifici in questo caso per quantificare la riduzione del numero di incidenti al passaggio da un'intersezione extraurbana regolata con segnaletica di "stop" ad un'intersezione a rotatoria.

⁵ HIGHWAY SAFETY MANUAL (HSM) - AASHTO - 1st edition (2010). Volume 3 - Chapter 14

Il calcolo degli incidenti previsti nell'intersezione avviene prima calcolando gli incidenti attraverso il modello per intersezioni con la strada a minor traffico regolata da stop, in questo caso si intende quella che dà accesso all'autostrada, e poi applicando a tale valore il CMF per il passaggio ad una rotonda da una corsia⁶. Il valore massimo di questo CMF è pari a 0.56 (range 0.29-0.56) per gli incidenti totali e 0.18 (range 0.13-0.18) per gli incidenti gravi. Come si può notare il modello HSM, costruito sulla base di dati statistici americani, nel caso in cui si preveda la trasformazione di un'intersezione a raso in una rotonda evidenzia una riduzione degli incidenti totali dell'ordine di grandezza del 45% e degli incidenti gravi superiore all'80%.

Il modello quindi assegna alle rotonde un implicito beneficio in termini di riduzione degli incidenti rispetto alla tipologia di intersezione a raso regolata da stop.

14.4 Conclusioni

Dall'analisi dei dati statistici dell'ISTAT è emerso che le rotonde sono le tipologie di intersezioni caratterizzate dal più basso tasso di mortalità (morti/100 incidenti) e di lesività (feriti/incidente) rispetto alle altre tipologie di intersezioni per strade regionali e provinciali alle quali la SP4/a può essere assimilata.

Inoltre, i modelli previsionali dell'HSM per le intersezioni assegnano in ogni caso un valore inferiore di incidenti predetti rispetto ad un'intersezione a raso regolata tramite "stop", confermando

Pertanto la conversione dell'intersezione a raso tra la viabilità di svincolo di Cerveteri e la SP4/a, attualmente di tipo a raso regolata con segnale di stop, determina un miglioramento della sicurezza dell'intersezione rispondendo positivamente alle prescrizioni dell'art. 4 del D.M. 22.04.2004.

⁶ il modello americano prevede anche rotonde con due corsie, ma questo tipo non è ammesso dalla normativa italiana per rotonde ≤ 50 m.

ALLEGATI

- **Allegato A - Elenco file di riferimento**
- **Allegato B - Divisione in sezioni omogenee**
 - **Allegato B1: divisione in sezioni omogenee stato attuale "Ante Operam" (2006-2017)**
 - **Allegato B2: divisione in sezioni omogenee stato futuro "Post Operam" (2022) con 3^a corsia CHIUSA**
 - **Allegato B3: divisione in sezioni omogenee stato futuro "Post Operam" (2022) con 3^a corsia APERTA**
- **Allegato C - Sintesi dei dati di traffico**
 - **Allegato C1: sintesi dei dati di traffico del periodo storico (2006-2017)**
 - **Allegato C2: sintesi dei dati di traffico stato futuro "Post Operam" (2022)**
- **Allegato D - Valori degli incidenti attesi sezione per sezione**
 - **Allegato D1A: valori degli incidenti attesi GRAVI del periodo storico (2006-2017)**
 - **Allegato D1B: valori degli incidenti attesi TOTALI del periodo storico (2006-2017)**
 - **Allegato D2A: valori degli incidenti attesi GRAVI e TOTALI stato futuro "Post Operam" (2022) per le se soluzioni "Base", "Progetto" e "Alternativa" in configurazione 3^a corsia CHIUSA**
 - **Allegato D2B: valori degli incidenti attesi GRAVI e TOTALI stato futuro "Post Operam" (2022) per le se soluzioni "Base", "Progetto" e "Alternativa" in configurazione 3^a corsia APERTA**
- **Allegato E – Incidenti attesi con morti o feriti divisi per gravità**
 - **Allegato E1: incidenti attesi con morti o feriti divisi per gravità allo stato attuale "Ante Operam" (2017)**

- **Allegato E2A: incidenti attesi con morti o feriti divisi per gravità allo stato attuale "Post Operam" (2022) Soluzione "Base" 3ª corsia CHIUSA**
- **Allegato E2B: incidenti attesi con morti o feriti divisi per gravità allo stato futuro "Post Operam" (2022) Soluzione "Base" 3ª corsia APERTA**
- **Allegato E3A: incidenti attesi con morti o feriti divisi per gravità allo stato attuale "Post Operam" (2022) Soluzione "Progetto" 3ª corsia CHIUSA**
- **Allegato E3B: incidenti attesi con morti o feriti divisi per gravità allo stato futuro "Post Operam" (2022) Soluzione "Progetto" 3ª corsia APERTA**
- **Allegato E4A: incidenti attesi con morti o feriti divisi per gravità allo stato attuale "Post Operam" (2022) Soluzione "Alternativa" 3ª corsia CHIUSA**
- **Allegato E4B: incidenti attesi con morti o feriti divisi per gravità allo stato futuro "Post Operam" (2022) Soluzione "Alternativa" 3ª corsia APERTA**
- **ALLEGATO F - Verifica della non significatività della larghezza del margine interno sull'incremento di incidentalità**
- **ALLEGATO F - Impatto della larghezza delle corsie sulla sicurezza stradale**

ALLEGATO A

ELENCO FILE DI RIFERIMENTO

ELENCO FILE DI RIFERIMENTO

GEOMETRIA	
<i>Fonte</i>	<i>Nome file</i>
<i>SPEA</i>	
<i>Elaborato</i>	
Cartografia stato attuale	Celerimetrico-Rettilinee-3D.dwg XREF-CARTOGRAFIA_1000.dwg
Planimetria stato futuro	STD001-9-rev.dwg
Sezioni Tipo	SEZIONI TIPO.dwg
TRAFFICO	
<i>Fonte</i>	<i>Nome file</i>
<i>SPEA</i>	
<i>Elaborato</i>	
Periodo storico e stato attuale 2006-2017	2018-07-10 Dati per analisi sicurezza+distribuzioni orarie.xlsx
Scenario progettuale all'anno 2022	
Flussi orari	
INCIDENTI	
<i>Fonte</i>	<i>Nome file</i>
ASPI	Inc_x_SPEA (A12 Roma Civitavecchia).xlsx
GUASTI	
<i>Fonte</i>	<i>Nome file</i>
ASPI	Soccorsi meccanici A92 dal km 15 al km 28 Periodo 2010-2017.xlsx

ALLEGATO B

DIVISIONE IN SEZIONI OMOGENEE

Allegato B1: divisione in sezioni omogenee stato attuale "Ante Operam" (2006-2017)

Nome Sezione (⁷)	Progressiva chilometrica iniziale ⁸	Progressiva chilometrica finale ⁸	Lunghezza (m)	Larghezza corsia (m) [Wl]	Larghezza banchina interna (m) [Wis]	Percentuale della sezione con barriera spartitraffico [Pib]	larghezza dello spartitraffico (m) [Wm] (comprensivo di banchine interne)	distanza tra il margine interno della banchina e il filo fisso della barriera (m) [Wicb]	Percentuale di AADT che transita nelle ore con volume superiore a 1000 veic/h/corsia [Phw]	Larghezza banchina esterna (m) [Ws]	percentuale di sezione con presenza di rumble strip in banchina [Pir]	percentuale di sezione con presenza di rumble strip fuori dalla banchina [Por]	Percentuale della sezione con barriere sul margine [Pob]	Larghezza della clear zone (m) [Whc]	distanza tra il margine esterno della banchina e il filo fisso della barriera (m) [Wocb]
FS_1	28+000	27+784	216	3.75	0.25	1	3.0	0.23	0	2.375	0	0	0.19	2.375	0.23
SCL_1	27+784	27+569	215	3.75	0.25	1	3.0	0.23	0	2.375	0	0	1.00	2.375	0.23
FS_2	27+569	26+500	1069	3.75	0.25	1	3.0	0.23	0	2.375	0	0	0.31	2.375	0.23
FS_3	26+500	25+500	1000	3.75	0.25	1	3.0	0.23	0	2.375	0	0	0.28	2.375	0.23
FS_4	25+500	24+500	1000	3.75	0.25	1	3.0	0.23	0	2.375	0	0	0.52	2.375	0.23
FS_5	24+500	23+500	1000	3.75	0.25	1	3.0	0.23	0	2.375	0	0	0.46	2.375	0.23
FS_6	23+500	22+500	1000	3.75	0.25	1	3.0	0.23	0	2.375	0	0	0.06	2.375	0.23
FS_7	22+500	21+500	1000	3.75	0.25	1	3.0	0.23	0	2.375	0	0	0.15	2.375	0.23
FS_8	21+500	20+500	1000	3.75	0.25	1	3.0	0.23	0	2.375	0	0	0.38	2.375	0.23
FS_9	20+500	19+500	1000	3.75	0.25	1	3.0	0.23	0	2.375	0	0	0.53	2.375	0.23
FS_10	19+500	18+500	1000	3.75	0.25	1	3.0	0.23	0	2.375	0	0	0.18	2.375	0.23
FS_11	18+500	17+500	1000	3.75	0.25	1	3.0	0.23	0	2.375	0	0	0.53	2.375	0.23
FS_12	17+500	16+500	1000	3.75	0.25	1	3.0	0.23	0	2.375	0	0	0.18	2.375	0.23
FS_13	16+500	15+804	696	3.75	0.25	1	3.0	0.23	0	2.375	0	0	0.46	2.375	0.23
SCL_2	15+804	15+274	530	3.75	0.25	1	3.0	0.23	0	2.375	0	0	0.48	2.375	0.23
FS_14	15+274	15+000	274	3.75	0.25	1	3.0	0.23	0	2.375	0	0	0.84	2.375	0.23

⁷ Il "Nome Sezione" è composto dalla sigla associata al tipo di sezione omogenea ("FS" per Freeway Segments, "SCL" per Speed Change Lane) e dal numero progressivo conteggiato a cominciare da 1 in ciascun tipo di sezione omogenea.

⁸ Progressiva iniziale e finale va intesa nel verso di percorrenza dei veicoli, ovvero segue l'andamento delle progressive decrescenti.

Allegato B2: divisione in sezioni omogenee stato futuro "Post Operam" (2022) con 3^a corsia CHIUSA

Nome Sezione (°)	Progressiva chilometrica iniziale ⁸	Progressiva chilometrica finale ⁸	Lunghezza (m)	Larghezza corsia (m) [Wl]	Larghezza banchina interna (m) [Wis]	Percentuale della sezione con barriera spartitraffico [Pib]	larghezza dello spartitraffico (m) [Wm] (comprensivo di banchine interne)	distanza tra il margine interno della banchina e il filo fisso della barriera (m) [Wicb]	Percentuale di AADT che transita nelle ore con volume superiore a 1000 veic/h/corsia [Phw]	Larghezza banchina esterna (m) [Ws]	percentuale di sezione con presenza di rumble strip in banchina [Pir]	percentuale di sezione con presenza di rumble strip fuori dalla banchina [Por]	Percentuale della sezione con barriere sul margine [Pob]	Larghezza della clear zone (m) [Whc]	distanza tra il margine esterno della banchina e il filo fisso della barriera (m) [Wocb]
FS_1	28+000	27+784	216	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	3.75	0	0	0.19	3.8	0.23
SCL_1	27+784	27+329	455	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	3.75	0	0	0.47	3.8	0.23
FS_2	27+329	26+500	829	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	3.75	0	0	0.40	3.8	0.23
FS_3	26+500	25+500	1000	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	3.75	0	0	0.28	3.8	0.23
FS_4	25+500	24+500	1000	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	3.75	0	0	0.52	3.8	0.23
FS_5	24+500	23+500	1000	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	3.75	0	0	0.46	3.8	0.23
FS_6	23+500	22+500	1000	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	3.75	0	0	0.06	3.8	0.23
FS_7	22+500	21+500	1000	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	3.75	0	0	0.15	3.8	0.23
FS_8	21+500	20+500	1000	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	3.75	0	0	0.38	3.8	0.23
FS_9	20+500	19+500	1000	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	3.75	0	0	0.53	3.8	0.23
FS_10	19+500	18+500	1000	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	3.75	0	0	0.18	3.8	0.23
FS_11	18+500	17+500	1000	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	3.75	0	0	0.53	3.8	0.23
FS_12	17+500	16+500	1000	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	3.75	0	0	0.18	3.8	0.23
FS_13	16+500	15+458	1042	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	3.75	0	0	0.37	3.8	0.23
SCL_2	15+458	15+274	184	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	3.75	0	0	1.00	3.8	0.23
FS_14	15+274	15+000	274	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	3.75	0	0	0.84	3.8	0.23

Allegato B3: divisione in sezioni omogenee stato futuro "Post Operam" (2022) con 3^a corsia APERTA

Nome Sezione (°)	Progressiva chilometrica iniziale ⁸	Progressiva chilometrica finale ⁸	Lunghezza (m)	Larghezza corsia (m) [Wl]	Larghezza banchina interna (m) [Wis]	Percentuale della sezione con barriera spartitraffico [Pib]	larghezza dello spartitraffico (m) [Wm] (comprensivo di banchine interne)	distanza tra il margine interno della banchina e il filo fisso della barriera (m) [Wicb]	Percentuale di AADT che transita nelle ore con volume superiore a 1000 veic/h/corsia [Phw]	Larghezza banchina esterna (m) [Ws]	percentuale di sezione con presenza di rumble strip in banchina [Pir]	percentuale di sezione con presenza di rumble strip fuori dalla banchina [Por]	Percentuale della sezione con barriere sul margine [Pob]	Larghezza della clear zone (m) [Whc]	distanza tra il margine esterno della banchina e il filo fisso della barriera (m) [Wocb]
FS_1	28+000	27+784	216	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	0.25	0	0	0.19	0.25	0.23
FS_2	27+784	27+329	455	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	0.25	0	0	0.47	0.25	0.23
FS_3	27+329	26+500	829	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	0.25	0	0	0.40	0.25	0.23
FS_4	26+500	25+500	1000	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	0.25	0	0	0.28	0.25	0.23
FS_5	25+500	24+500	1000	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	0.25	0	0	0.52	0.25	0.23
FS_6	24+500	23+500	1000	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	0.25	0	0	0.46	0.25	0.23
FS_7	23+500	22+500	1000	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	0.25	0	0	0.06	0.25	0.23
FS_8	22+500	21+500	1000	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	0.25	0	0	0.15	0.25	0.23
FS_9	21+500	20+500	1000	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	0.25	0	0	0.38	0.25	0.23
FS_10	20+500	19+500	1000	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	0.25	0	0	0.53	0.25	0.23
FS_11	19+500	18+500	1000	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	0.25	0	0	0.18	0.25	0.23
FS_12	18+500	17+500	1000	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	0.25	0	0	0.53	0.25	0.23
FS_13	17+500	16+500	1000	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	0.25	0	0	0.18	0.25	0.23
FS_14	16+500	15+458	1042	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	0.25	0	0	0.37	0.25	0.23
FS_15	15+458	15+274	184	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	0.25	0	0	1.00	0.25	0.23
FS_16	15+274	15+000	274	3.5	0.60	1	3.0	0.23	0	0.25	0	0	0.84	0.25	0.23

ALLEGATO C

SINTESI DEI DATI DI TRAFFICO

Allegato C1: sintesi dei dati di traffico del periodo storico (2006-2017)

Nome Sezione ⁹⁾	AADT 2006	AADT 2007	AADT 2008	AADT 2009	AADT 2010	AADT 2011	AADT 2012	AADT 2013	AADT 2014	AADT 2015	AADT 2016	AADT 2017
FS_1	12537	13507	13856	15117	15833	16169	14509	13879	13382	13371	13548	13744
SCL_1	12537	13507	13856	15117	15833	16169	14509	13879	13382	13371	13548	13744
FS_2	20964	21516	21249	22041	22064	21756	19599	19038	18781	19101	19505	19806
FS_3	20964	21516	21249	22041	22064	21756	19599	19038	18781	19101	19505	19806
FS_4	20964	21516	21249	22041	22064	21756	19599	19038	18781	19101	19505	19806
FS_5	20964	21516	21249	22041	22064	21756	19599	19038	18781	19101	19505	19806
FS_6	20964	21516	21249	22041	22064	21756	19599	19038	18781	19101	19505	19806
FS_7	20964	21516	21249	22041	22064	21756	19599	19038	18781	19101	19505	19806
FS_8	20964	21516	21249	22041	22064	21756	19599	19038	18781	19101	19505	19806
FS_9	20964	21516	21249	22041	22064	21756	19599	19038	18781	19101	19505	19806
FS_10	20964	21516	21249	22041	22064	21756	19599	19038	18781	19101	19505	19806
FS_11	20964	21516	21249	22041	22064	21756	19599	19038	18781	19101	19505	19806
FS_12	20964	21516	21249	22041	22064	21756	19599	19038	18781	19101	19505	19806
FS_13	20964	21516	21249	22041	22064	21756	19599	19038	18781	19101	19505	19806
SCL_2	14201	14436	14054	14238	14012	13657	12257	11976	11841	11967	12177	12285
FS_14	14201	13507	14054	14238	14012	13657	12257	11976	13382	11967	12177	12285

⁹⁾ Il "Nome Sezione" è composto dalla sigla associata al tipo di sezione omogenea ("FS" per Freeway Segments, "SCL" per Speed Change Lane) e dal numero progressivo conteggiato a cominciare da 1 in ciascun tipo di sezione omogenea.

Allegato C2: sintesi dei dati di traffico stato futuro "Post Operam" (2022)

Nome Sezione ⁽¹⁰⁾	AADT AL 2022 con dinamica <u>CHIUSA</u>		Nome Sezione ⁽¹¹⁾	AADT AL 2022 con dinamica <u>APERTA</u>
FS_1	14689		FS_1	21725
SCL_1	14689		FS_2	28852
FS_2	20315		FS_3	28852
FS_3	20315		FS_4	28852
FS_4	20315		FS_5	28852
FS_5	20315		FS_6	28852
FS_6	20315		FS_7	28852
FS_7	20315		FS_8	28852
FS_8	20315		FS_9	28852
FS_9	20315		FS_10	28852
FS_10	20315		FS_11	28852
FS_11	20315		FS_12	28852
FS_12	20315		FS_13	28852
FS_13	20315		FS_14	28852
SCL_2	12648		FS_15	28852
FS_14	12648		FS_16	17625

¹⁰ Il "Nome Sezione" è composto dalla sigla associata al tipo di sezione omogenea ("FS" per Freeway Segments, "SCL" per Speed Change Lane) e dal numero progressivo conteggiato a cominciare da 1 in ciascun tipo di sezione omogenea.

¹¹ Il "Nome Sezione" è composto dalla sigla associata al tipo di sezione omogenea ("FS" per Freeway Segments, "SCL" per Speed Change Lane) e dal numero progressivo conteggiato a cominciare da 1 in ciascun tipo di sezione omogenea.

ALLEGATO D

VALORI DEGLI INCIDENTI ATTESI SEZIONE PER SEZIONE

Allegato D1A: valori degli incidenti attesi GRAVI del periodo storico (2006-2017)

INCIDENTI ATTESI <u>GRAVI</u> STATO ATTUALE												
Nome Sezione ⁽¹²⁾	Na F+I 2006	Na F+I 2007	Na F+I 2008	Na F+I 2009	Na F+I 2010	Na F+I 2011	Na F+I 2012	Na F+I 2013	Na F+I 2014	Na F+I 2015	Na F+I 2016	Na F+I 2017
FS_1	0.27	0.30	0.31	0.34	0.37	0.38	0.33	0.31	0.30	0.30	0.30	0.34
SCL_1	0.09	0.10	0.10	0.11	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11
FS_2	0.61	0.62	0.62	0.64	0.64	0.63	0.56	0.54	0.53	0.54	0.56	0.58
FS_3	0.66	0.68	0.67	0.70	0.70	0.69	0.61	0.59	0.58	0.59	0.61	0.63
FS_4	0.86	0.89	0.88	0.92	0.92	0.90	0.80	0.77	0.76	0.77	0.79	0.83
FS_5	0.61	0.63	0.62	0.64	0.64	0.63	0.56	0.55	0.54	0.55	0.56	0.58
FS_6	0.59	0.61	0.60	0.63	0.63	0.62	0.55	0.53	0.52	0.53	0.55	0.57
FS_7	0.76	0.78	0.77	0.80	0.80	0.79	0.70	0.68	0.66	0.68	0.70	0.72
FS_8	0.69	0.71	0.70	0.74	0.74	0.72	0.64	0.62	0.61	0.62	0.64	0.66
FS_9	0.92	0.95	0.93	0.97	0.97	0.96	0.85	0.82	0.81	0.82	0.84	0.88
FS_10	0.76	0.79	0.78	0.81	0.81	0.80	0.70	0.68	0.67	0.68	0.70	0.73
FS_11	0.65	0.67	0.66	0.69	0.69	0.68	0.60	0.58	0.57	0.59	0.60	0.62
FS_12	0.65	0.67	0.66	0.68	0.68	0.67	0.60	0.58	0.57	0.58	0.60	0.62
FS_13	0.42	0.44	0.43	0.45	0.45	0.44	0.39	0.38	0.37	0.38	0.39	0.41
SCL_2	0.34	0.34	0.33	0.34	0.33	0.33	0.30	0.29	0.29	0.29	0.29	0.30
FS_14	0.28	0.26	0.27	0.28	0.27	0.27	0.24	0.23	0.26	0.23	0.24	0.24

¹² Il "Nome Sezione" è composto dalla sigla associata al tipo di sezione omogenea ("FS" per Freeway Segments, "SCL" per Speed Change Lane) e dal numero progressivo conteggiato a cominciare da 1 in ciascun tipo di sezione omogenea.

Allegato D1B: valori degli incidenti attesi TOTALI del periodo storico (2006-2017)

INCIDENTI ATTESI <u>TOTALI</u> STATO ATTUALE												
Nome Sezione ⁽¹³⁾	Na TOT 2006	Na TOT 2007	Na TOT 2008	Na TOT 2009	Na TOT 2010	Na TOT 2011	Na TOT 2012	Na TOT 2013	Na TOT 2014	Na TOT 2015	Na TOT 2016	Na TOT 2017
FS_1	0.87	0.94	0.97	1.08	1.14	1.16	1.03	0.97	0.93	0.93	0.95	1.01
SCL_1	0.55	0.60	0.62	0.69	0.73	0.75	0.66	0.62	0.60	0.60	0.61	0.66
FS_2	2.12	2.19	2.16	2.26	2.26	2.22	1.96	1.89	1.86	1.90	1.95	1.98
FS_3	2.20	2.27	2.24	2.34	2.35	2.31	2.03	1.96	1.93	1.97	2.02	2.05
FS_4	2.17	2.24	2.21	2.31	2.31	2.27	2.00	1.93	1.89	1.93	1.98	2.03
FS_5	2.07	2.13	2.10	2.20	2.20	2.16	1.91	1.85	1.82	1.86	1.90	1.93
FS_6	1.80	1.86	1.83	1.92	1.92	1.89	1.66	1.60	1.57	1.61	1.65	1.68
FS_7	2.28	2.36	2.32	2.43	2.43	2.39	2.10	2.03	2.00	2.04	2.09	2.13
FS_8	2.29	2.36	2.33	2.43	2.44	2.39	2.11	2.04	2.00	2.04	2.10	2.13
FS_9	2.36	2.44	2.40	2.52	2.52	2.47	2.18	2.10	2.07	2.11	2.16	2.21
FS_10	2.02	2.09	2.06	2.16	2.16	2.12	1.86	1.79	1.76	1.80	1.85	1.89
FS_11	1.98	2.05	2.02	2.11	2.12	2.08	1.82	1.75	1.72	1.76	1.81	1.85
FS_12	2.00	2.07	2.04	2.13	2.13	2.10	1.85	1.79	1.76	1.79	1.84	1.87
FS_13	1.23	1.27	1.25	1.31	1.31	1.29	1.13	1.09	1.08	1.10	1.13	1.15
SCL_2	1.06	1.07	1.05	1.06	1.04	1.02	0.92	0.90	0.89	0.29	0.29	0.92
FS_14	1.52	1.44	1.50	1.52	1.50	1.46	1.30	1.27	1.43	1.27	1.30	1.28

¹³ Il "Nome Sezione" è composto dalla sigla associata al tipo di sezione omogenea ("FS" per Freeway Segments, "SCL" per Speed Change Lane) e dal numero progressivo conteggiato a cominciare da 1 in ciascun tipo di sezione omogenea.

Allegato D2A: valori degli incidenti attesi GRAVI e TOTALI stato futuro "Post Operam" (2022) per le se soluzioni "Base", "Progetto" e "Alternativa" in configurazione 3^a corsia CHIUSA

Nome Sezione (¹⁴)	INCIDENTI ATTESI POST OPERAM "BASE"		INCIDENTI ATTESI POST OPERAM "PROGETTO"		INCIDENTI ATTESI POST OPERAM "ALTERNATIVA"	
	Na F+I 2022 GRAVI	Na TOT 2022 TOTALI	Na F+I 2022 GRAVI	Na TOT 2022 TOTALI	Na F+I 2022 GRAVI	Na TOT 2022 TOTALI
FS_1	0.31	1.01	0.25	0.92	0.31	1.01
SCL_1	0.22	1.33	0.17	1.25	0.22	1.33
FS_2	0.41	1.48	0.33	1.37	0.41	1.48
FS_3	0.58	2.05	0.47	1.88	0.58	2.05
FS_4	0.76	1.97	0.62	1.78	0.76	1.97
FS_5	0.52	1.87	0.42	1.73	0.52	1.87
FS_6	0.52	1.66	0.42	1.52	0.52	1.66
FS_7	0.67	2.11	0.54	1.93	0.67	2.11
FS_8	0.61	2.12	0.49	1.95	0.61	2.12
FS_9	0.80	2.09	0.64	1.89	0.80	2.09
FS_10	0.68	1.87	0.55	1.70	0.68	1.87
FS_11	0.57	1.82	0.46	1.67	0.57	1.82
FS_12	0.55	1.67	0.44	1.52	0.55	1.67
FS_13	0.53	1.45	0.43	1.32	0.53	1.45
SCL_2	0.10	0.33	0.08	0.30	0.10	0.33
FS_14	0.21	1.22	0.17	1.14	0.21	1.22

¹⁴ Il "Nome Sezione" è composto dalla sigla associata al tipo di sezione omogenea ("FS" per Freeway Segments, "SCL" per Speed Change Lane) e dal numero progressivo conteggiato a cominciare da 1 in ciascun tipo di sezione omogenea.

Allegato D2B: valori degli incidenti attesi GRAVI e TOTALI stato futuro "Post Operam" (2022) per le se soluzioni "Base", "Progetto" e "Alternativa" in configurazione 3^a corsia APERTA

Nome Sezione ⁽¹⁵⁾	INCIDENTI ATTESI POST OPERAM "BASE"		INCIDENTI ATTESI POST OPERAM "PROGETTO"		INCIDENTI ATTESI POST OPERAM "ALTERNATIVA"	
	Na F+I 2022 GRAVI	Na TOT 2022 TOTALI	Na F+I 2022 GRAVI	Na TOT 2022 TOTALI	Na F+I 2022 GRAVI	Na TOT 2022 TOTALI
FS_1	0.31	1.01	0.25	0.92	0.31	1.01
FS_2	0.22	1.33	0.17	1.25	0.22	1.33
FS_3	0.41	1.48	0.33	1.37	0.41	1.48
FS_4	0.58	2.05	0.47	1.88	0.58	2.05
FS_5	0.76	1.97	0.62	1.78	0.76	1.97
FS_6	0.52	1.87	0.42	1.73	0.52	1.87
FS_7	0.52	1.66	0.42	1.52	0.52	1.66
FS_8	0.67	2.11	0.54	1.93	0.67	2.11
FS_9	0.61	2.12	0.49	1.95	0.61	2.12
FS_10	0.80	2.09	0.64	1.89	0.80	2.09
FS_11	0.68	1.87	0.55	1.70	0.68	1.87
FS_12	0.57	1.82	0.46	1.67	0.57	1.82
FS_13	0.55	1.67	0.44	1.52	0.55	1.67
FS_14	0.53	1.45	0.43	1.32	0.53	1.45
FS_15	0.10	0.33	0.08	0.30	0.10	0.33
FS_16	0.21	1.22	0.17	1.14	0.21	1.22

¹⁵ Il "Nome Sezione" è composto dalla sigla associata al tipo di sezione omogenea ("FS" per Freeway Segments, "SCL" per Speed Change Lane) e dal numero progressivo conteggiato a cominciare da 1 in ciascun tipo di sezione omogenea.

ALLEGATO E

INCIDENTI ATTESI CON MORTI O FERITI DIVISI PER GRAVITÀ

Allegato E1: incidenti attesi con morti o feriti divisi per gravità allo stato attuale "Ante Operam" (2017)

Nome Sezione ⁽¹⁶⁾	Incidenti mortali (K)	Incidenti con feriti gravi (A)	Incidenti con feriti di media gravità (B)	Incidenti con feriti lievi (C)
FS_1	0.06	0.02	0.13	0.13
SCL_1	0.02	0.01	0.04	0.05
FS_2	0.10	0.03	0.22	0.23
FS_3	0.10	0.03	0.24	0.26
FS_4	0.13	0.04	0.32	0.34
FS_5	0.09	0.03	0.22	0.24
FS_6	0.10	0.03	0.22	0.23
FS_7	0.12	0.03	0.28	0.29
FS_8	0.11	0.03	0.25	0.27
FS_9	0.14	0.04	0.34	0.36
FS_10	0.12	0.03	0.28	0.29
FS_11	0.10	0.03	0.24	0.26
FS_12	0.11	0.03	0.24	0.24
FS_13	0.07	0.02	0.16	0.15
SCL_2	0.05	0.02	0.12	0.11
FS_14	0.04	0.01	0.09	0.10

¹⁶ Il "Nome Sezione" è composto dalla sigla associata al tipo di sezione omogenea ("FS" per Freeway Segments, "SCL" per Speed Change Lane) e dal numero progressivo conteggiato a cominciare da 1 in ciascun tipo di sezione omogenea.

Allegato E2A: incidenti attesi con morti o feriti divisi per gravità allo stato attuale "Post Operam" (2022) Soluzione "Base" 3^a corsia CHIUSA

Nome Sezione (¹⁷)	Incidenti mortali (K)	Incidenti con feriti gravi (A)	Incidenti con feriti di media gravità (B)	Incidenti con feriti lievi (C)
FS_1	0.05	0.01	0.12	0.12
SCL_1	0.04	0.01	0.08	0.08
FS_2	0.07	0.02	0.16	0.16
FS_3	0.10	0.03	0.22	0.23
FS_4	0.13	0.03	0.29	0.31
FS_5	0.09	0.02	0.20	0.21
FS_6	0.09	0.02	0.20	0.20
FS_7	0.12	0.03	0.26	0.26
FS_8	0.10	0.03	0.23	0.25
FS_9	0.14	0.04	0.31	0.32
FS_10	0.12	0.03	0.26	0.27
FS_11	0.10	0.03	0.22	0.23
FS_12	0.10	0.03	0.21	0.21
FS_13	0.10	0.03	0.21	0.19
SCL_2	0.02	0.01	0.04	0.04
FS_14	0.03	0.01	0.08	0.09

Allegato E2B: incidenti attesi con morti o feriti divisi per gravità allo stato futuro "Post Operam" (2022) Soluzione "Base" 3^a corsia APERTA

Nome Sezione (¹⁸)	Incidenti mortali (K)	Incidenti con feriti gravi (A)	Incidenti con feriti di media gravità (B)	Incidenti con feriti lievi (C)
FS_1	0.11	0.03	0.24	0.25
SCL_1	0.09	0.03	0.20	0.20
FS_2	0.14	0.04	0.30	0.32
FS_3	0.19	0.05	0.42	0.44
FS_4	0.25	0.07	0.55	0.59
FS_5	0.18	0.05	0.41	0.43
FS_6	0.18	0.05	0.39	0.39
FS_7	0.22	0.06	0.49	0.50
FS_8	0.20	0.05	0.44	0.47
FS_9	0.27	0.07	0.61	0.63
FS_10	0.22	0.06	0.49	0.50
FS_11	0.19	0.05	0.42	0.45
FS_12	0.22	0.06	0.46	0.44
FS_13	0.23	0.06	0.47	0.43
SCL_2	0.04	0.01	0.09	0.10
FS_14	0.08	0.02	0.18	0.19

¹⁷ Il "Nome Sezione" è composto dalla sigla associata al tipo di sezione omogenea ("FS" per Freeway Segments, "SCL" per Speed Change Lane) e dal numero progressivo conteggiato a cominciare da 1 in ciascun tipo di sezione omogenea.

¹⁸ Il "Nome Sezione" è composto dalla sigla associata al tipo di sezione omogenea ("FS" per Freeway Segments, "SCL" per Speed Change Lane) e dal numero progressivo conteggiato a cominciare da 1 in ciascun tipo di sezione omogenea.

Allegato E3A: incidenti attesi con morti o feriti divisi per gravità allo stato attuale "Post Operam" (2022) Soluzione "Progetto" 3^a corsia CHIUSA

Nome Sezione ⁽¹⁹⁾	Incidenti mortali (K)	Incidenti con feriti gravi (A)	Incidenti con feriti di media gravità (B)	Incidenti con feriti lievi (C)
FS_1	0.04	0.01	0.10	0.10
SCL_1	0.03	0.01	0.07	0.07
FS_2	0.06	0.01	0.13	0.13
FS_3	0.08	0.02	0.18	0.19
FS_4	0.10	0.03	0.23	0.25
FS_5	0.07	0.02	0.16	0.17
FS_6	0.07	0.02	0.16	0.16
FS_7	0.09	0.02	0.21	0.21
FS_8	0.08	0.02	0.19	0.20
FS_9	0.11	0.03	0.25	0.26
FS_10	0.10	0.03	0.21	0.22
FS_11	0.08	0.02	0.17	0.19
FS_12	0.08	0.02	0.17	0.17
FS_13	0.08	0.02	0.17	0.16
SCL_2	0.01	0.00	0.03	0.03
FS_14	0.03	0.01	0.06	0.07

Allegato E3B: incidenti attesi con morti o feriti divisi per gravità allo stato futuro "Post Operam" (2022) Soluzione "Progetto" 3^a corsia APERTA

Nome Sezione ⁽²⁰⁾	Incidenti mortali (K)	Incidenti con feriti gravi (A)	Incidenti con feriti di media gravità (B)	Incidenti con feriti lievi (C)
FS_1	0.09	0.02	0.19	0.20
SCL_1	0.07	0.02	0.16	0.16
FS_2	0.11	0.03	0.25	0.26
FS_3	0.15	0.04	0.34	0.36
FS_4	0.20	0.05	0.45	0.47
FS_5	0.15	0.04	0.33	0.34
FS_6	0.14	0.04	0.31	0.32
FS_7	0.18	0.05	0.39	0.40
FS_8	0.16	0.04	0.36	0.37
FS_9	0.22	0.06	0.49	0.51
FS_10	0.18	0.05	0.39	0.40
FS_11	0.15	0.04	0.34	0.36
FS_12	0.17	0.05	0.37	0.35
FS_13	0.18	0.05	0.38	0.35
SCL_2	0.03	0.01	0.08	0.08
FS_14	0.06	0.02	0.14	0.15

¹⁹ Il "Nome Sezione" è composto dalla sigla associata al tipo di sezione omogenea ("FS" per Freeway Segments, "SCL" per Speed Change Lane) e dal numero progressivo conteggiato a cominciare da 1 in ciascun tipo di sezione omogenea.

²⁰ Il "Nome Sezione" è composto dalla sigla associata al tipo di sezione omogenea ("FS" per Freeway Segments, "SCL" per Speed Change Lane) e dal numero progressivo conteggiato a cominciare da 1 in ciascun tipo di sezione omogenea.

Allegato E4A: incidenti attesi con morti o feriti divisi per gravità allo stato attuale "Post Operam" (2022) Soluzione "Alternativa" 3^a corsia CHIUSA

Nome Sezione ⁽²¹⁾	Incidenti mortali (K)	Incidenti con feriti gravi (A)	Incidenti con feriti di media gravità (B)	Incidenti con feriti lievi (C)
FS_1	0.05	0.01	0.12	0.12
SCL_1	0.04	0.01	0.08	0.08
FS_2	0.07	0.02	0.16	0.16
FS_3	0.10	0.03	0.22	0.23
FS_4	0.13	0.03	0.29	0.31
FS_5	0.09	0.02	0.20	0.21
FS_6	0.09	0.02	0.20	0.20
FS_7	0.12	0.03	0.26	0.26
FS_8	0.10	0.03	0.23	0.25
FS_9	0.14	0.04	0.31	0.32
FS_10	0.12	0.03	0.26	0.27
FS_11	0.10	0.03	0.22	0.23
FS_12	0.10	0.03	0.21	0.21
FS_13	0.10	0.03	0.21	0.19
SCL_2	0.02	0.01	0.04	0.04
FS_14	0.03	0.01	0.08	0.09

Allegato E4B: incidenti attesi con morti o feriti divisi per gravità allo stato futuro "Post Operam" (2022) Soluzione "Alternativa" 3^a corsia APERTA

Nome Sezione ⁽²²⁾	Incidenti mortali (K)	Incidenti con feriti gravi (A)	Incidenti con feriti di media gravità (B)	Incidenti con feriti lievi (C)
FS_1	0.09	0.02	0.19	0.20
SCL_1	0.07	0.02	0.16	0.16
FS_2	0.11	0.03	0.25	0.26
FS_3	0.15	0.04	0.34	0.36
FS_4	0.20	0.05	0.45	0.47
FS_5	0.15	0.04	0.33	0.34
FS_6	0.14	0.04	0.31	0.32
FS_7	0.18	0.05	0.39	0.40
FS_8	0.16	0.04	0.36	0.37
FS_9	0.22	0.06	0.49	0.51
FS_10	0.18	0.05	0.39	0.40
FS_11	0.15	0.04	0.34	0.36
FS_12	0.17	0.05	0.37	0.35
FS_13	0.18	0.05	0.38	0.35
SCL_2	0.03	0.01	0.08	0.08
FS_14	0.06	0.02	0.14	0.15

²¹ Il "Nome Sezione" è composto dalla sigla associata al tipo di sezione omogenea ("FS" per Freeway Segments, "SCL" per Speed Change Lane) e dal numero progressivo conteggiato a cominciare da 1 in ciascun tipo di sezione omogenea.

²² Il "Nome Sezione" è composto dalla sigla associata al tipo di sezione omogenea ("FS" per Freeway Segments, "SCL" per Speed Change Lane) e dal numero progressivo conteggiato a cominciare da 1 in ciascun tipo di sezione omogenea.

ALLEGATO F

VERIFICA DELLA NON SIGNIFICATIVITÀ DELLA LARGHEZZA DEL MARGINE INTERNO SULL'INCREMENTO DI INCIDENTALITÀ

Premessa

Nel progetto di adeguamento funzionale del tratto dell'A12 tra Cerveteri e Torrimpietra sono stati adottati valori di larghezza di margine interno inferiori al valore di 4,0 m, che caratterizza l'infrastruttura "base" da DM 5/11/2001 assunta a riferimento. In particolare, il progetto considera una larghezza di margine interno di 2,0 m lungo il tutto il tracciato.

Ai fini di tener conto di un potenziale aumento dell'incidentalità generato dalla configurazione del margine interno di larghezza inferiore alla configurazione di riferimento per autostrade extraurbane secondo il DM 5/11/2001, sono state considerate le valutazioni riportate nell'Analisi di sicurezza del progetto definitivo di completamento dell'Autostrada A12 nel tratto "Rosignano-Civitavecchia" (§3.2) che hanno portato alla definizione di un Crash Modification Factor (CMF) relativo al potenziale incremento di incidentalità prodotto dagli urti con la barriera nello spartitraffico.

I risultati dell'analisi hanno determinato la non significatività di questo CMF sulla frequenza annua degli incidenti. Pertanto nei paragrafi che seguono si procederà al calcolo del suddetto CMF per verificare che anche per il tratto in esame sono valide le conclusioni a cui è giunta l'Analisi di sicurezza del tratto A12 "Rosignano-Civitavecchia".

Procedura di definizione del Crash Modification Factor per lo spartitraffico (CMF_{sp})

La pericolosità indotta da un margine interno di larghezza ridotta è conseguente alla possibilità che, in caso d'urto, la barriera da spartitraffico, deformandosi, invada in fase dinamica o statica, la banchina in sinistra o persino la corsia di sorpasso della direzione opposta.

In entrambe le circostanze si genera una situazione che può essere foriera di incidenti. Infatti:

- In caso di invasione temporanea della corsia di sorpasso opposta si determina la possibilità che un veicolo che percorre la corsia di sorpasso urti contro la barriera o, nel cercare di evitarla, perda il controllo direzionale e generi incidenti secondari;
- In caso di invasione temporanea della banchina in sinistra, si riduce il franco psicotecnico in sinistra e questo statisticamente incrementa la probabilità d'incidente.

In entrambi i casi la probabilità di incidente è direttamente proporzionale alla durata della permanenza della condizione di invasione della piattaforma opposta, condizione quest'ultima dipendente, a sua volta, dalla prontezza con cui in fase di manutenzione, viene ripristinata, al termine dell'incidente, la condizione normale di circolazione.

Le scelte adottate al proposito in progetto sono le seguenti:

- a) Non è ammessa in caso d'urto, in nessun caso, l'invasione da parte della barriera della corsia di sorpasso della direzione di marcia opposta (né in fase dinamica, né in fase statica);
- b) È ammessa, in caso d'urto, una invasione statica da parte della barriera della banchina in sinistra appartenente alla direzione di marcia opposta pari al massimo di 60 cm.
- c) La condizione di invasione da parte della barriera della banchina in sinistra ha una durata commisurata al tempo di risoluzione dell'incidente, valutato mediamente, in 1,5 ore.

La probabilità che l'invasione statica in caso d'urto della banchina in sinistra, determini, per il periodo in cui rimane presente (v. punto c), la possibilità di generare incidenti, a causa della riduzione improvvisa localizzata del franco psicotecnico, è stata valutata, per assimilazione, mediante il modello Donnel e Mason²³

²³ E. T. Donnel, J. M. Mason "Methodology to develop median barrier warrant criteria". ASCE Journal of transportation engineering – April 2006

La frequenza con cui può accadere l'invasione temporanea della banchina in sinistra e l'entità della stessa è funzione dell'energia con cui potenzialmente può avvenire un impatto contro la barriera nello spartitraffico, funzione, a sua volta, della composizione del traffico, delle velocità di percorrenza e della posizione in piattaforma occupata dai veicoli.

Le energie di impatto a cui si è fatto riferimento sono state al massimo quelle corrispondenti al livello di contenimento dei dispositivi di ritenuta considerati in progetto (classe H4).

La determinazione del CMF_{sp} ha seguito la seguente procedura:

- determinazione delle energie con cui, in caso di svio, i veicoli di diverso tipo (autovetture, autocarri, autoarticolati ecc) possono giungere ad impattare contro la barriera da spartitraffico, tenendo conto della geometria del tracciato della NAT (in rettilineo e in curva, distinguendo, in quest'ultimo caso, le curve destrorse da quelle sinistrorse e il loro valore della curvatura), della massa, velocità e dimensioni dei diversi veicoli, della loro posizione in carreggiata (in corsia di marcia o di sorpasso) e dei fenomeni dissipativi nella fase di svio;
- calcolo della deformazione potenziale della barriera da spartitraffico in funzione dell'energia di impatto nelle diverse condizioni di svio, per predefinita legge di deformazione del dispositivo di ritenuta (che, di conseguenza, diventa una specifica prestazionale per il progetto esecutivo dell'opera);
- determinazione della conseguente entità dell'invasione della banchina in sinistra opposta;
- calcolo del valore del CMF_{sp} cumulato in funzione della frequenza attesa degli incidenti per svio e dell'entità conseguente all'invasione della banchina in sinistra, mediante l'espressione:

$$CMF_{SP} = 1 + \left(\sum_i b \times INV_{a,i} \right) \times \frac{t_{pa}}{365 \times 24} \times \frac{L_a}{L_{lotto}}$$

In cui:

b = incremento % dell'incidentalità che interessa lo spartitraffico per ogni m di riduzione della larghezza della banchina sinistra ⁽²⁴⁾;

$INV_{a,i}$ = entità della riduzione della larghezza (invasione) della banchina in sinistra (in m), raggruppata in classi "i" (0 – 20 cm, 20 – 40 cm; 40 – 60 cm). Tale valore è pari al prodotto della i-esimo valore di invasione (20, 40 e 60 cm) per la relativa probabilità di accadimento;

t_{pa} = tempo di permanenza dell'invasione della banchina (assunto pari a 1,5 h);

L_a = area di influenza della invasione della banchina opposta da parte della barriera in caso di urto (assunto forfaitariamente pari a 150 m per tener conto di una lunghezza d'influenza di 50 m prima e dopo il tratto di barriera deformato dall'urto, assunto pari a 50 m);

L_{lotto} = lunghezza totale del tratto in esame (13 km)

Il CMF_{SP} si applica a tutti gli incidenti al futuro indistintamente dalle condizioni di traffico previste.

²⁴ Il valore di "b", che rappresenta l'incremento % dell'incidentalità che interessa lo spartitraffico per ogni m di riduzione della larghezza della banchina sinistra, è stato derivato dal modello proposto da Donnel & Mason (E. T. Donnel, J. M. Mason "Methodology to develop median barrier warrant criteria". ASCE Journal of transportation engineering – April 2006) mediante il quale è possibile stimare un effetto della riduzione della larghezza della banchina in sinistra costante del 12% (0,12% per ogni centimetro di riduzione della larghezza della banchina), per una larghezza di banchina compresa tra 0 e 70 cm.

Per la determinazione del CMF_{SP} , in assenza di informazioni specifiche sulla distribuzione di probabilità di accadimento delle varie classi di deformazioni (0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm), sono state fatte le seguenti semplificazioni:

- la frequenza è stata dedotta dal database incidenti andando a considerare la media nei 12 anni di osservazione (2006-2017) degli incidenti classificati come "urto con sicurvia" per ciascuna direzione di marcia;
- a tutti gli urti contro lo spartitraffico è stata assegnata la classe di deformazioni massima pari a 60 cm, in generale equivalente ad un urto con un mezzo pesante.

Sotto queste ipotesi il calcolo è estremamente cautelativo dato che non considera una differenziazione degli "urti con sicurvia" che interessano il margine interno (spartitraffico) e il margine laterale ed inoltre non considera la diversità dei mezzi che urtano la barriera spartitraffico, assegnando ad ogni urto la deformazione massima associata all'energia di impatto del mezzo pesante utilizzato per la prova d'urto.

Determinazione della frequenza di accadimento dell'evento "urto con sicurvia"

Dai dati di incidentalità forniti per la relazione di sicurezza sono stati estratti i dati relativi alla frequenza di incidenti del tipo "urto con sicurvia" nelle due diverse direzioni di marcia. I dati sono riassunti nella tabella seguente:

Dato di riferimento	Carreggiata SUD	Carreggiata NORD
periodo di riferimento	12	12
incidenti totali	281	268
urti con sicurvia	50	39
urti con sicurvia VL	42	35
urti con sicurvia VP	8	3
urti con sicurvia/anno	4.17	3.25
urti con sicurvia VL/anno	3.50	2.92
urti con sicurvia VP/anno	0.67	0.25

Il dato impiegato per il calcolo del CMF_{SP} è quello evidenziato in grassetto relativo alla media in 12 anni degli incidenti tipo "urto con sicurvia" verificatisi in carreggiata SUD, maggiori rispetto a quelli di carreggiata NORD. Dai dati si osserva anche l'entità dell'assunzione cautelativa di considerare gli urti come tutti caratterizzati dalla deformazione massima associata ad un mezzo pesante: gli incidenti di questo tipo sono in realtà solo 8 su 50 (16% del totale).

Calcolo del Crash Modification Factor per lo spartitraffico (CMF_{sp})

Avendo stimato la frequenza di accadimento degli incidenti che urtano lo spartitraffico, è possibile procedere al calcolo CMF_{SP} secondo l'espressione riportata al paragrafo relativo alla procedura di calcolo. Sostituendo tutti i valori indicati l'espressione diventa la seguente:

$$CMF_{SP} = 1 + (0.12 \times 0.6 \times 4.17) \times \frac{1.5}{365 \times 24} \times \frac{150}{13000} = 1.000000593 \approx 1.0$$

In definitiva si ottiene un valore che è praticamente prossimo all'unità e pertanto un prodotto tra il CMF e gli incidenti predetti dal modello di incidentalità non determina un incremento apprezzabile degli incidenti ai fini dell'analisi di sicurezza.

Conclusioni

Avendo ottenuto un valore del CMF_{SP} praticamente prossimo all'unità vengono confermate anche per la presente Relazione di sicurezza del tratto dell'autostrada A12 tra Cerveteri e Torrioni le conclusioni riportate nell'Analisi di sicurezza della medesima autostrada nel tratto "Rosignano-Civitavecchia".

Pertanto l'impatto sulla sicurezza della larghezza dello spartitraffico, che potrebbe esser oggetto di urti di veicoli con potenziale invasione della banchina in carreggiata opposta, non determina un incremento apprezzabile degli incidenti ai fini dell'analisi di sicurezza.

ALLEGATO G

IMPATTO DELL'ORGANIZZAZIONE DELLA SEZIONE STRADALE SULLA SICUREZZA STRADALE

Per la valutazione dell'impatto sulla sicurezza stradale della diversa organizzazione della sezione trasversale attuale e futura con 3^a corsia chiusa si sono utilizzati i modelli HSM per archi stradali (freeway segment - "fs") studiando le due diverse configurazioni di sezione riportate in Tabella 33:

Tabella 33: schematizzazione delle due diverse configurazioni studiate per valutare l'impatto della larghezza delle corsie

Elemento	Configurazione attuale	Configurazione di progetto
Banchina in sinistra	0.25 m	0.60 m
Corsia di sorpasso →	3.75 m	3.50 m
Corsia di marcia →	3.75 m	3.50 m
Corsia di emergenza	2.25 - 2.50 m (media 2.375 m)	3.50 + 0.25 = 3.75 m (3 ^a corsia chiusa)

Le valutazioni sono state effettuate tenendo conto di una sezione omogenea rettilinea di lunghezza pari a 1000 m e valutando il numero predetto di incidenti mediante il modello previsionale HSM (§ 7.4)

Nell'applicare il modello HSM, si sono considerati i CMF2 - CMF3 - CMF4 e CMF5 indicati nella Tabella 2 del testo.

Il traffico di riferimento, uguale per entrambe le configurazioni è pari a quello della configurazione di progetto durante il periodo di chiusura della 3^a corsia, pari a 20315 veicoli/giorno.

In Tabella 34 si riportano i risultati dell'applicazione del modello HSM in termini di frequenza di incidenti gravi e totali.

Tabella 34: incidenti gravi e totali delle due configurazioni considerate nel confronto

Configurazione	Incidenti gravi (inc./anno)	Incidenti totali (inc./anno)
2 corsie stato attuale (corsie da 3.75 m)	0.53	1.68
2 corsie stato di progetto (corsie da 3.50 m)	0.48	1.59
Differenza (progetto - attuale)	-0.05	-0.09

I risultati evidenziano che l'impatto negativo sugli incidenti dovuto alla riduzione della larghezza delle corsie da 3.75 m dello stato attuale a 3.50 m dello stato di progetto è più che compensato dai benefici derivanti dall'allargamento della corsia di emergenza che passa da un minimo di 2.25 m allo stato attuale a 3.75 m in configurazione di progetto e dall'allargamento della banchina in sinistra che passa da 0.25 m in configurazione attuale a 0.6 m in configurazione di progetto.

Dal confronto si conclude quindi che la riduzione della larghezza delle corsie non costituisce un motivo per l'imposizione di un limite di velocità dato che il confronto è stato effettuato a parità di limite di velocità (130 km/h) ovvero senza coefficienti correttivi che tengano conto di limiti di velocità diversi da quelli da Codice della Strada.