

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78

S.G.C. GROSSETO - FANO

ADEGUAMENTO A 4 CORSIE

NEL TRATTO GROSSETO - SIENA (S.S. 223 "DI PAGANICO")

DAL KM 41+600 AL KM 53+400 - LOTTO 9

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **FI15**

PROGETTAZIONE: **ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA**

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA: MANDANTI:



Dott. Ing. N. Granieri	Dott. Ing. D. Carlaccini	Dott. Ing. V. Rotisciani
Dott. Arch. N. Kamenicky	Dott. Ing. S. Sacconi	Dott. Ing. F. Macchioni
Dott. Ing. V. Truffini	Dott. Ing. A. Rea	Geom. C. Vischini
Dott. Arch. A. Bracchini	Dott. Ing. V. De Gori	Dott. Ing. V. Piu'no
Dott. Ing. F. Durastanti	Dott. Ing. C. Consorti	Dott. Ing. G. Pulli
Dott. Ing. E. Bartolucci	Geom. F. Dominici	Geom. C. Sugaroni
Dott. Geol. G. Cerquiglini		
Geom. S. Scopetta		
Dott. Ing. L. Sbrenna		
Dott. Ing. E. Sellari		
Dott. Ing. L. Dinelli		
Dott. Ing. L. Nani		
Dott. Ing. F. Pambianco		
Dott. Agr. F. Berti Nulli		

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Federico Durastanti
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° A844

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

IL R.U.P.

Dott. Ing. Raffaele Franco Carso

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA



PROGETTO STRADALE ELABORATI GENERALI

Relazione di tecnica e di analisi sulla sicurezza ai sensi dell'art. 4 d.m. 22/04/2004

CODICE PROGETTO

NOME FILE

T00-EG00-TRA-RE03

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

LOFI15 E 1901

CODICE ELAB. T00EG00TRA RE03

A

-

A	Emissione	28/02/2020	S. Scopetta	E. Bartolucci	N. Granieri
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

RELAZIONE DI TECNICA E DI ANALISI SULLA SICUREZZA

INDICE

1	PREMESSA	2
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	3
3	DESCRIZIONE DELL'INFRASTRUTTURA ESISTENTE.....	4
4	INTERVENTI DI POTENZIAMENTO E MESSA IN SICUREZZA	12
4.1	STIMA DELL'INCIDENTALITÀ, ANALISI QUANTITATIVA BEFORE-AFTER	13
5	CONCLUSIONI	27

1 PREMESSA

La presente relazione descrive il progetto esecutivo per l'adeguamento a n°4 corsie lungo la S.S. 223 "di Paganico" sull'itinerario internazionale E78 nel tratto Grosseto - Siena dal km 41+600 al km 53+400 – Lotto 9 e interessa il territorio dei Comuni Monticiano, Murlo e Sovicille in provincia di Siena regione Toscana.

Come previsto dall'art. 4 del DM 22/04/2004, "Modifica del decreto 5/11/2001", i progetti di adeguamento delle strade esistenti devono contenere una specifica relazione nella quale si dimostri che l'intervento produce un innalzamento dei livelli di sicurezza.

Per la caratterizzazione dell'incidentalità della strada esistente si è fatto riferimento ai dati sugli incidenti mortali e non reperiti sul portale dell'ACI e considerando un orizzonte temporale di 6 anni (2013 - 2018).

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- DM 2/5/2012 "Linee Guida per la gestione della Sicurezza delle infrastrutture stradali ai sensi dell'articolo 8 del Decreto Legislativo 11 marzo 2011, n. 35";
- D.Lgs. 15 Marzo 2011, n. 35, "Attuazione della Direttiva 2008/96/CE sulla gestione della sicurezza stradale";
- DM 19.4.2006, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali";
- DM 22 aprile 2004, n. 675 recante la disciplina in regime transitorio per gli adeguamenti delle strade esistenti;
- D.M. 5.11.2001 n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la Costruzione delle strade";
- D.Lgs 30 Aprile 1992 n.285, "Nuovo Codice della Strada";
- DPR 16 dicembre 1992 n. 495, "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada".

3 DESCRIZIONE DELL'INFRASTRUTTURA ESISTENTE

Il progetto del Lotto 9 riguarda l'adeguamento a quattro corsie dell'attuale S.S.223 “Di Paganico” dal km 41+600 al km 53+400. L'attuale infrastruttura a singola carreggiata attraversa nella provincia di Siena il territorio dei Comuni di Monticiano, Murlo e Sovicille. Si sviluppa in direzione sud-nord, per circa 12 km, lungo il corso del fiume Merse in un territorio pianeggiante - basso collinare, interessato prevalentemente da seminativi, risaia e aree di incolto produttive destinate a bosco ceduo, con rara presenza di manufatti rurali o di ricovero di attrezzature.

Ad inizio lotto, in località “Potatine”, il tracciato attraversa il fosso Ornate superandolo con l'omonimo viadotto; in affiancamento, in destra stradale, è presente una viabilità complanare che supera il corso d'acqua per mezzo di un guado.



Figura 1 – Viadotto Ornate e viabilità complanare esistente



Figura 2 - Viadotto Ornate

RELAZIONE DI TECNICA E DI ANALISI SULLA SICUREZZA

Segue poi un tratto privo di punti singolari in cui il nastro stradale attraversa un territorio morfologicamente più aspro, caratterizzato da aree prevalentemente boscate. Dopo circa 3,5 km di tracciato, in destra è situata un’intersezione in corrispondenza di alcune strutture ricettive le cui viabilità di accesso si innestano direttamente sull’asse principale.



Figura 3 - Intersezione a raso con S.P. 32

Poco dopo, in sinistra stradale, si colloca invece l’intersezione a raso a “T” con la S.P. 32 “delle Pinete” per S. Lorenzo a Merse e Monticiano. Alle spalle di queste strutture si colloca un’ansa formata dal fiume Merse in stretta vicinanza al tracciato.



Figura 4 - Intersezione a raso con S.P. 32

RELAZIONE DI TECNICA E DI ANALISI SULLA SICUREZZA



Figura 5 - Intersezione a raso con S.P.32 e accessi diretti in destra

Superata l'intersezione con la S.P. 32 la strada sovrappassa il fiume Merse in viadotto, in località Ponte a Macereto, e si allontana poi dall'alveo del fiume attraversando una porzione di territorio prevalentemente pianeggiante, ad uso agricolo con predominanza di coltivazioni a risaia. Nel medesimo tratto in destra stradale sono presenti un'area di servizio e dei fabbricati produttivi, inoltre sempre in destra si incontrano le intersezioni a raso a "T" rispettivamente con la strada locale per Campeccioli e Casciano di Murlo e con la S.P. 33 "della Rocca di Crevole" che permette di raggiungere Murlo e la S.S. 2 Cassia.

RELAZIONE DI TECNICA E DI ANALISI SULLA SICUREZZA



Figura 6 – Intersezione con strada locale per Campeccioli

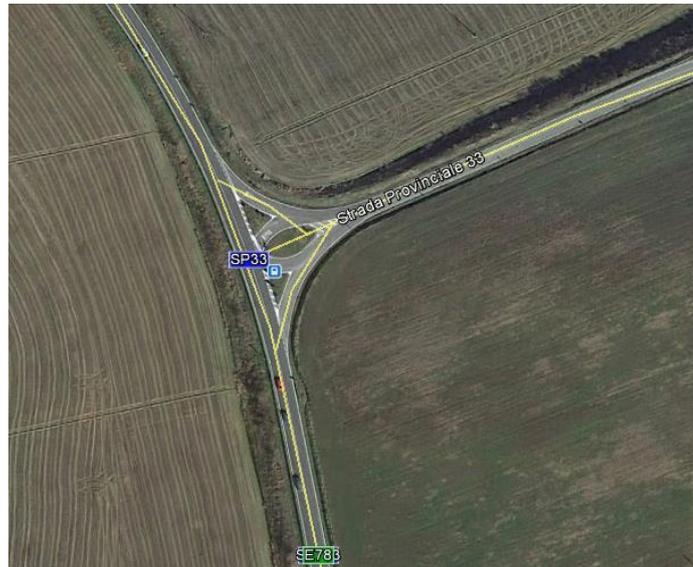


Figura 7 - Intersezione a raso con S.P.33

RELAZIONE DI TECNICA E DI ANALISI SULLA SICUREZZA



Figura 8 - Accessi diretti di attività produttive

Successivamente il tracciato si riavvicina all'alveo del Merse attraversando sia colture che aree con agglomerati di fabbricati a destinazione residenziale e produttiva; ad eccezione degli accessi diretti ai fabbricati anzidetti e alle relative viabilità di servizio, non sono presenti nell'ultimo tratto intersezioni con viabilità locali maggiori fino ad arrivare in prossimità della località Bagnaia (lato est) e del nucleo Filetta (lato ovest), le cui viabilità di collegamento locali/private si innestano sulla S.S. 223 alla stessa progressiva ma su lati opposti, circa 1,2 km prima di fine Lotto. In località Bagnaia, in luogo della preesistente azienda agricola, è ora presente una struttura ricettiva agrituristica di importanti dimensioni, sede anche di un campo da golf aperto all'attività agonistica.

A fine Lotto, la S.S. 223 interseca la S.P. 23 “delle Ville di Corsano”: questa Provinciale permette il collegamento in sinistra con Sovicille e l'aeroporto di Siena in località Ampugano, e in destra con località Bagnaia e Grotti.



Figura 9 - Intersezioni a raso in località Bagnaia e con S.P.23

RELAZIONE DI TECNICA E DI ANALISI SULLA SICUREZZA

Stante la morfologia del territorio attraversato, la strada attuale nel tratto in oggetto si sviluppa in sede naturale, con modesti scostamenti in positivo o negativo rispetto alla quota del piano campagna, e non sono presenti opere in sotterraneo. La quota di partenza è di 164 m s.l.m. circa mentre la quota di arrivo è circa 186 m s.l.m. pertanto l'andamento altimetrico è generalmente pianeggiante salvo due tratti in cui, seguendo l'orografia dei terreni attraversati, si raggiunge la pendenza massima utilizzata del 5,5%. I raccordi altimetrici minimi risultano, nei tratti più condizionati, dell'ordine di circa 2200 m per i concavi e 2000 m per i convessi.

Le uniche opere maggiori presenti sono gli attraversamenti in viadotto dei corsi d'acqua principali; sono poi presenti numerosi attraversamenti idraulici minori, per la maggior parte risolti con tombini, che danno continuità al sistema ortogonale di corsi minori e fossi irrigui.

Dall'esame del tracciato esistente è possibile evidenziare alcuni aspetti critici nei confronti delle condizioni di sicurezza dell'infrastruttura:

- la geometria del tracciato planimetrico presenta una successione di lunghi rettili, che raggiungono spesso uno sviluppo prossimo a 1 km, intervallati da curve circolari di modesto sviluppo e raggio in media di 300-400m; non sono presenti elementi di transizione. Tale geometria di tracciato potrebbe facilmente indurre l'utenza a superare la velocità massima imposta e al sorpasso di eventuali mezzi pesanti. Quest'ultima manovra è vietata lungo quasi tutto l'intero sviluppo per via della numerosa presenza di accessi diretti distribuiti lungo il tracciato. L'assenza inoltre di elementi di transizione tra rettili e curve circolari, ed il ridotto sviluppo di queste ultime, rende altresì di difficile lettura il tracciato nella scelta della corretta traiettoria da impostare per l'approccio alla curva;



Figura 10 – Limitazione di velocità e divieto di sorpasso

- la presenza di numerosi accessi diretti costituisce senz'altro un elemento di pericolosità per l'infrastruttura, aggravata da vari aspetti quali l'assenza di illuminazione in corrispondenza degli stessi, la mancanza di adeguata visibilità, l'ingresso/uscita di mezzi agricoli dai campi coltivati adiacenti, il posizionamento lungo rettili percorsi alla massima velocità consentita, ecc.

RELAZIONE DI TECNICA E DI ANALISI SULLA SICUREZZA



Figura 11 - Accessi privati

- un altro elemento di pericolosità è costituito dall'assenza di banchina lungo gran parte del tracciato e dai ridotti margini laterali;



Figura 12 – Assenza di banchine e ridotti margini laterali

- anche nei confronti della visibilità l'infrastruttura esistente presenta delle carenze in quanto, dati i ridotti margini laterali, è molto spesso riscontrabile una distanza di visuale libera non sufficiente a garantire l'arresto in condizioni di sicurezza in presenza di eventuali ostacoli sulla carreggiata;

RELAZIONE DI TECNICA E DI ANALISI SULLA SICUREZZA



Figura 13 - Carenza di visibilità

4 INTERVENTI DI POTENZIAMENTO E MESSA IN SICUREZZA

Dall'analisi sopra riportata e dai volumi di traffico presenti appare evidente che il miglioramento delle caratteristiche funzionali e di sicurezza della circolazione non può prescindere da un adeguato ampliamento della sezione trasversale a tipo B secondo il DM 05/11/2001, in special modo dall'introduzione dello spartitraffico che, separando i flussi nei due sensi di marcia, aumenta le condizioni di sicurezza.

L'eliminazione degli accessi a raso sarà inoltre un altro aspetto migliorativo delle condizioni di sicurezza dell'infrastruttura, così come la modifica degli elementi geometrici costituenti il tracciato planimetrico al fine di indurre velocità di percorrenza coerenti con la geometria dello stesso.

L'intervallo di velocità di progetto applicato è quello proprio della sezione tipo B del DM 05/11/2001 (70-120 km/h). Per quanto riguarda le caratteristiche geometriche degli elementi costituenti il tracciato planimetrico si è potuto garantire il pieno rispetto dei criteri normativi di cui al D.M. 5/11/2001. In relazione all'andamento altimetrico, in due ridotti tratti è stata applicata una V_p massima localmente limitata al fine di garantire una corretta visibilità altresì non verificata. Nella fattispecie questo intervento di mitigazione si è reso necessario tra le progressive 43+697 e 44+180 e le progressive 48+669 e 49+324. Nel primo tratto è stato necessario effettuare le verifiche di visibilità altimetrica limitando la V_p a 100km/h (e quindi velocità amministrativa pari a 90km/h), nel secondo il limite è stato posto a $V_p=110$ km/h (velocità amministrativa di 100km/h).

Gli elementi compositivi della sezione tipo sono conformi a quanto previsto dal DM 05/11/2001 per una tipo B (extraurbana principale a carreggiate separate).

Al fine di garantire il corretto funzionamento delle barriere di sicurezza, l'arginello in rilevato è stato ampliato ad una dimensione minima pari a 1.70 m.

Completano l'intervento nel suo complesso le seguenti ulteriori lavorazioni:

- demolizione completa del pacchetto di pavimentazione e rifacimento con adeguamento delle pendenze trasversali;
- installazione di barriere di sicurezza rispondenti alla nuova normativa nonché adozione di attenuatori d'urto nelle cuspidi delle corsie di uscita delle intersezioni.

Stante quanto suddetto, in sintesi si riassumono gli aspetti di carattere generale in grado di elevare il livello di sicurezza offerto all'utenza dall'arteria potenziata e riqualificata:

- ampliamento della sezione trasversale a tipo B con conseguente incremento di una corsia per senso di marcia e allargamento della piattaforma;
- geometrizzazione del tracciato con inserimento di curve a raggio variabile (raccordi clotoidici);
- eliminazione degli accessi diretti e sostituzione delle intersezioni a raso con svincoli;
- analisi delle prestazioni del tracciato in termini di visibilità per l'arresto e adozione di provvedimenti mitigativi (ampliamenti di sezione) nei tratti in cui si è riscontrata tale carenza;
- adozione di barriere di sicurezza rispondenti alle prescrizioni contenute nelle "Istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e prescrizioni tecniche per le prove ai fini dell'omologazione" (DM 21/06/04).

Si registra inoltre che l'intervento, in particolar modo le modifiche apportate alla sezione tipo, comporta un sensibile miglioramento funzionale con un conseguente innalzamento del livello di

RELAZIONE DI TECNICA E DI ANALISI SULLA SICUREZZA

servizio dal LOS C al LOS A (per maggiori dettagli si faccia riferimento all’elaborato “Relazione tecnica dei tracciati”).

4.1 STIMA DELL'INCIDENTALITÀ, ANALISI QUANTITATIVA BEFORE-AFTER

In questo paragrafo si analizza l’incidentalità stradale, relativa agli assi viari S.S. 223, S.P. 99, S.P. 23, la S.P.33 e la S.P. delle Pinete, in modo assoluto, ossia senza correlarla al traffico presente.

Per meglio inquadrare il problema, per la S.S. 223 si è fatto riferimento ai dati incidentali tra il km 41+000 e il km 55+000.

Si riportano di seguito i dati riguardanti l’incidentalità per l’intervallo temporale 2013-2018 sulla S.S. 223 (Tabella 4-2÷ Tabella 4-6) e sulle strade provinciali S.P. 99, S.P. 23, S.P. 32 ed S.P. 33 (cfr. Figura 4-5).

Tali dati forniscono le seguenti informazioni:

- Tipologia d’incidente (mortale o no);
- Conseguenze sulle persone (presenza di morti e/o feriti);
- Tipologia di veicoli coinvolti (coinvolgimento di veicoli a due ruote o veicoli industriali);
- Tipologia dell’incidente sulle strade statali: scontro frontale (SF), Scontro frontale laterale o laterale (SFLL), tamponamento (T), investimento di pedone (P), Sbandamento (FS) e altro.

RELAZIONE DI TECNICA E DI ANALISI SULLA SICUREZZA

Tabella 4-1: Dati di incidentalità relativi alla S.S. 223 nell'anno 2013 (Fonte: Portale Aci).

				Anno 2013											
				Incidenti		Conseguenze		Veicoli coinvolti			Tipologia incidente				
Strada	Provincia	Da Km	A Km	Totali	Mortali	Morti	Feriti	2 Ruote	VCI	SF	SFLL	T	P	FS	Altro
S.S.223	Siena	41	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	42	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	43	44	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
S.S.223	Siena	44	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	45	46	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
S.S.223	Siena	46	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	47	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	48	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	49	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	50	51	2	0	0	7	0	0	1	0	1	0	0	0
S.S.223	Siena	51	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	52	53	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0
S.S.223	Siena	53	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	54	55	1	1	1	3	0	1	1	0	0	0	0	0
Totale				6	1	1	14	0	1	2	0	1	0	2	1

Tabella 4-2: Dati di incidentalità relativi alla S.S. 223 nell'anno 2014 (Fonte: Portale Aci).

				Anno 2014											
				Incidenti		Conseguenze		Veicoli coinvolti			Tipologia incidente				
Strada	Provincia	Da Km	A Km	Totali	Mortali	Morti	Feriti	2 Ruote	VCI	SF	SFLL	T	P	FS	Altro
S.S.223	Siena	41	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	42	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	43	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	44	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	45	46	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
S.S.223	Siena	46	47	1	0	0	3	0	1	0	1	0	0	0	0
S.S.223	Siena	47	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	48	49	1	0	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0
S.S.223	Siena	49	50	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
S.S.223	Siena	50	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	51	52	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
S.S.223	Siena	52	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	53	54	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	1	0
S.S.223	Siena	54	55	1	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0
Totale				7	0	0	20	0	2	0	2	4	0	1	0

RELAZIONE DI TECNICA E DI ANALISI SULLA SICUREZZA

Tabella 4-3: Dati di incidentalità relativi alla S.S. 223 nell'anno 2015 (Fonte: Portale Aci).

				Anno 2015											
				Incidenti		Conseguenze		Veicoli coinvolti			Tipologia incidente				
Strada	Provincia	Da Km	A Km	Totali	Mortali	Morti	Feriti	2 Ruote	VCI	SF	SFLL	T	P	FS	Altro
S.S.223	Siena	41	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	42	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	43	44	2	0	0	5	1	0	1	1	0	0	0	0
S.S.223	Siena	44	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	45	46	2	0	0	7	0	0	0	0	2	0	0	0
S.S.223	Siena	46	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	47	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	48	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	49	50	2	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0
S.S.223	Siena	50	51	2	0	0	4	1	0	0	0	2	0	0	0
S.S.223	Siena	51	52	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0
S.S.223	Siena	52	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	53	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	54	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totale				9	0	0	21	2	0	1	3	5	0	0	0

Tabella 4-4: Dati di incidentalità relativi alla S.S. 223 nell'anno 2016 (Fonte: Portale Aci).

				Anno 2016											
				Incidenti		Conseguenze		Veicoli coinvolti			Tipologia incidente				
Strada	Provincia	Da Km	A Km	Totali	Mortali	Morti	Feriti	2 Ruote	VCI	SF	SFLL	T	P	FS	Altro
S.S.223	Siena	41	42	1	0	0	3	0	1	0	0	1	0	0	0
S.S.223	Siena	42	43	1	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	43	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	44	45	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	45	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	46	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	47	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	48	49	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
S.S.223	Siena	49	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	50	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	51	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	52	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	53	54	3	0	0	16	0	1	0	2	1	0	0	0
S.S.223	Siena	54	55	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0
Totale				8	1	1	26	0	4	2	3	2	0	1	0

RELAZIONE DI TECNICA E DI ANALISI SULLA SICUREZZA

Tabella 4-5: Dati di incidentalità relativi alla S.S. 223 nell'anno 2017 (Fonte: Portale Aci).

				Anno 2017											
				Incidenti		Conseguenze		Veicoli coinvolti			Tipologia incidente				
Strada	Provincia	Da Km	A Km	Totali	Mortali	Morti	Feriti	2 Ruote	VCI	SF	SFLL	T	P	FS	Altro
S.S.223	Siena	41	42	1	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0
S.S.223	Siena	42	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	43	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	44	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	45	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	46	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	47	48	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0
S.S.223	Siena	48	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	49	50	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0
S.S.223	Siena	50	51	1	0	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	51	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	52	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	53	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	54	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totale				4	0	0	12	0	0	1	1	1	0	1	0

Tabella 4-6: Dati di incidentalità relativi alla S.S. 223 nell'anno 2018 (Fonte: Portale Aci).

				Anno 2018											
				Incidenti		Conseguenze		Veicoli coinvolti			Tipologia incidente				
Strada	Provincia	Da Km	A Km	Totali	Mortali	Morti	Feriti	2 Ruote	VCI	SF	SFLL	T	P	FS	Altro
S.S.223	Siena	41	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	42	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	43	44	1	0	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0
S.S.223	Siena	44	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	45	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	46	47	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
S.S.223	Siena	47	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	48	49	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
S.S.223	Siena	49	50	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
S.S.223	Siena	50	51	1	0	0	7	0	1	0	0	1	0	0	0
S.S.223	Siena	51	52	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
S.S.223	Siena	52	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.S.223	Siena	53	54	2	0	0	3	0	1	0	1	1	0	0	0
S.S.223	Siena	54	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totale				8	0	0	16	1	3	0	2	4	0	2	0

RELAZIONE DI TECNICA E DI ANALISI SULLA SICUREZZA

In Figura 14 è riportato il numero d'incidenti, di morti e di feriti relativi alla S.S.223 verificatisi nell'intervallo di riferimento (2013-2018). Il picco si è registrato nel 2015, con 9 incidenti verificatisi nella tratta in esame che non hanno provocato morti ma 21 feriti; nel 2016 invece, a fronte degli 8 incidenti, si è registrata l'unica morte tra il 2014 e 2018, oltre a 26 feriti. Nel 2017 si è avuto un dimezzamento degli incidenti (4) contando soltanto 12 feriti.

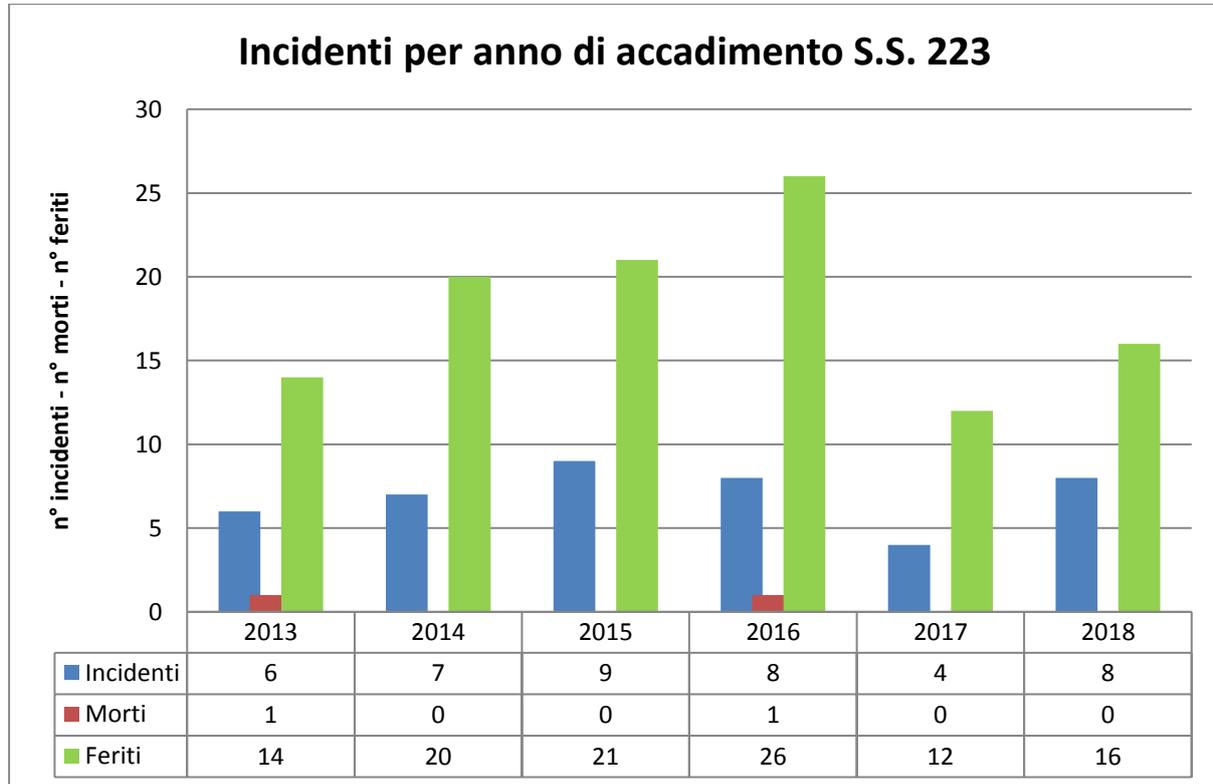


Figura 14 – Numero di incidenti e relativo numero di morti e feriti per anno di accadimento sulla S.S. 223 nel periodo 2013-2018
(Fonte: Portale Aci)

RELAZIONE DI TECNICA E DI ANALISI SULLA SICUREZZA

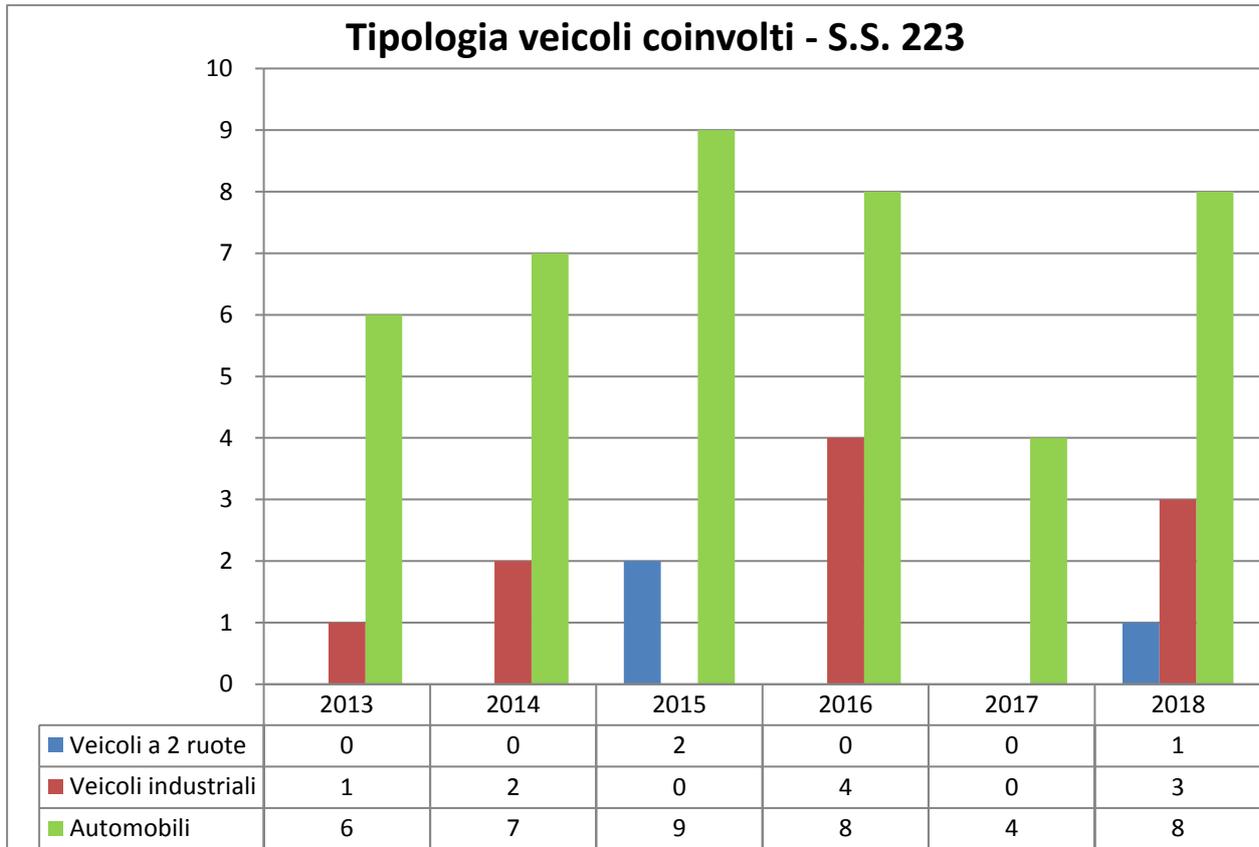


Figura 15 – Tipologia di veicoli coinvolti nel periodo 2013-2018 (Fonte: Portale Aci)

In Figura 15 è riportata l’eventuale presenza di veicoli industriali, che per le loro caratteristiche spesso aumentano la gravità degli incidenti, e di veicoli a due ruote che spesso subiscono le conseguenze peggiori. Negli 8 incidenti verificatisi nel 2015 sono stati coinvolti due veicoli a due ruote ma nessun veicolo industriale, nel 2016 4 veicoli industriali e nessuno a due ruote, mentre nel 2017 gli incidenti hanno coinvolto soltanto automobili (9).

La Figura 16 riporta invece le percentuali delle diverse tipologie di incidente che si sono verificate lungo la S.S. 223.

RELAZIONE DI TECNICA E DI ANALISI SULLA SICUREZZA

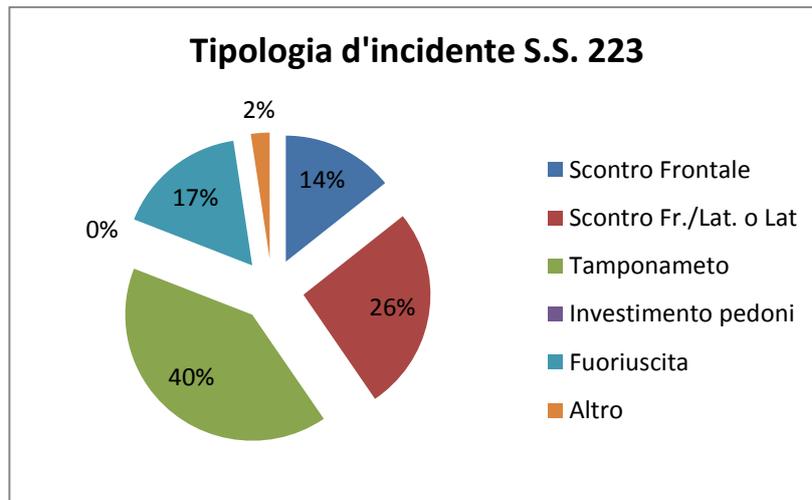


Figura 16 – Tipologia d'incidente nel periodo 2013-2018 (Fonte: Portale Aci)

Sulla S.S. 223 le tipologie d'incidente più diffuse sono lo scontro frontale-laterale (26%), il tamponamento (40%) e la fuoriuscita (17%) (cfr. Figura 3-3).

La stessa analisi è stata effettuata anche per l'anno 2012, in cui si è verificato il picco di incidenti, (cfr. Figura 17), la tipologia di incidente più diffusa risulta essere il tamponamento (56%), seguita dallo scontro frontale-laterale (33%) e scontro frontale (11%).

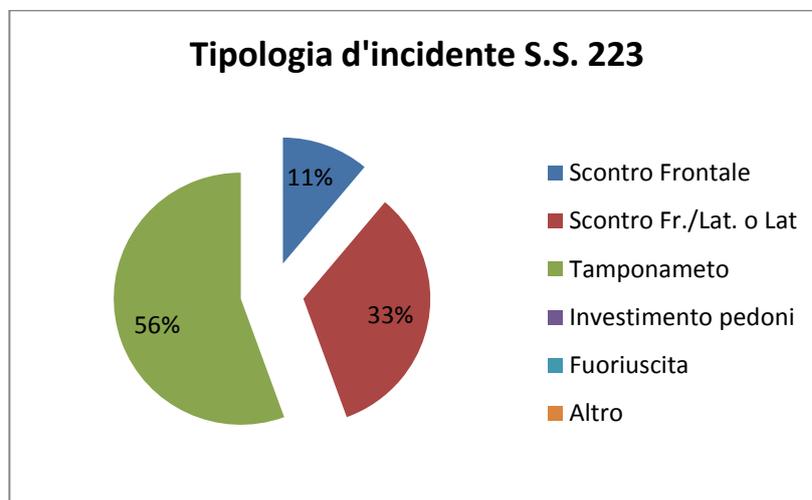


Figura 17 – Tipologia d'incidente per l'anno 2012 in cui si è verificato il picco d'incidenti (Fonte: Portale Aci)

RELAZIONE DI TECNICA E DI ANALISI SULLA SICUREZZA

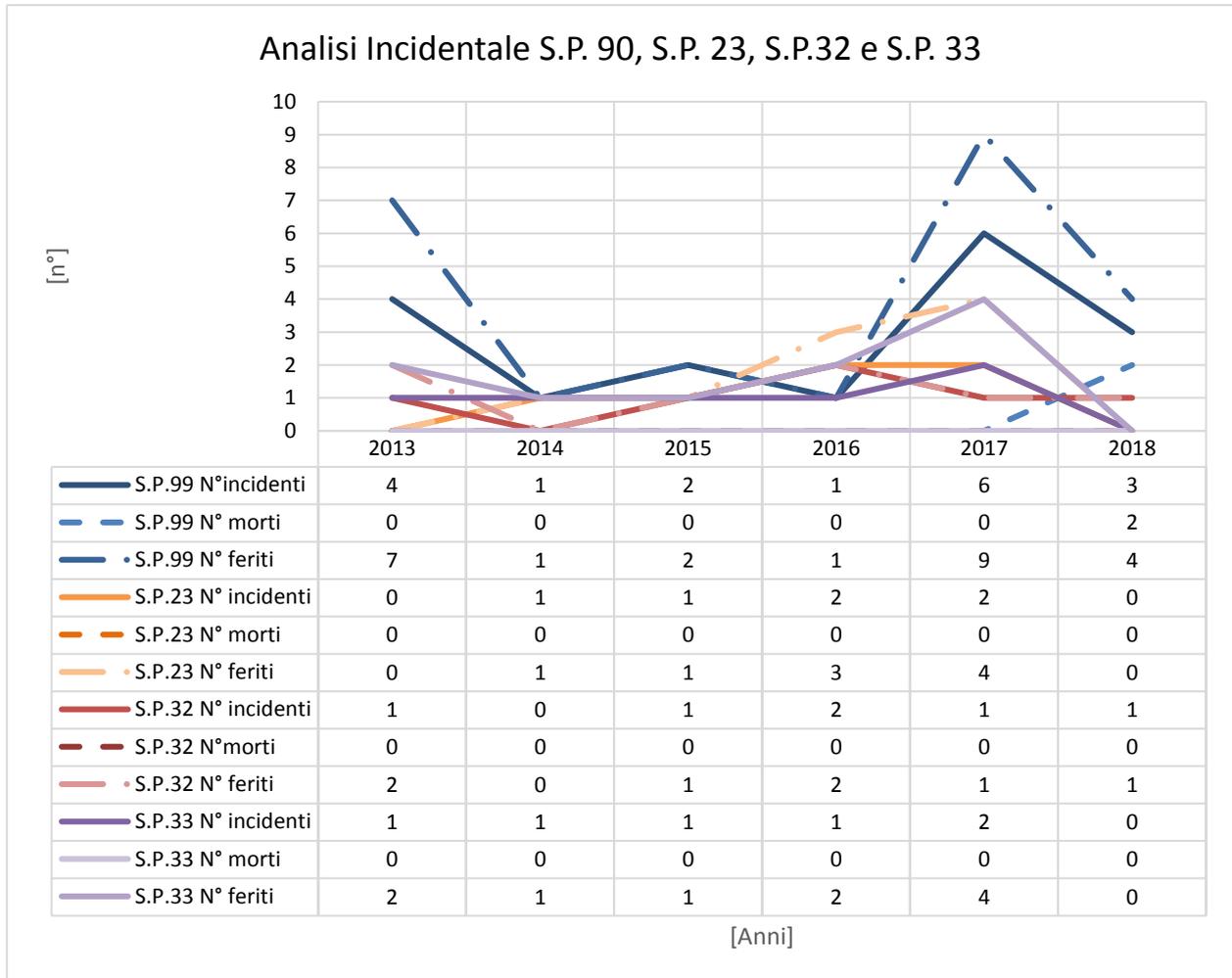


Figura 18 – Analisi incidentale S.P. 99, S.P. 23, S.P. 32, S.P. 33 (Fonte: Elaborazione sui dati Portale Aci)

Lungo la strada provinciale S.P. 99 si sono verificati, nel 2017, un numero d'incidenti superiore a quelli verificatisi sulla S.S. 223, sulla S.P. 23, sulla S.P. 32 e sulla S.P. 33 con ben 6 incidenti (0 morti e 9 feriti) contro 4 incidenti sulla strada statale, nessuno sulla S.P. 23, 1 sulla S.P. 32 e S.P. 33.

RELAZIONE DI TECNICA E DI ANALISI SULLA SICUREZZA

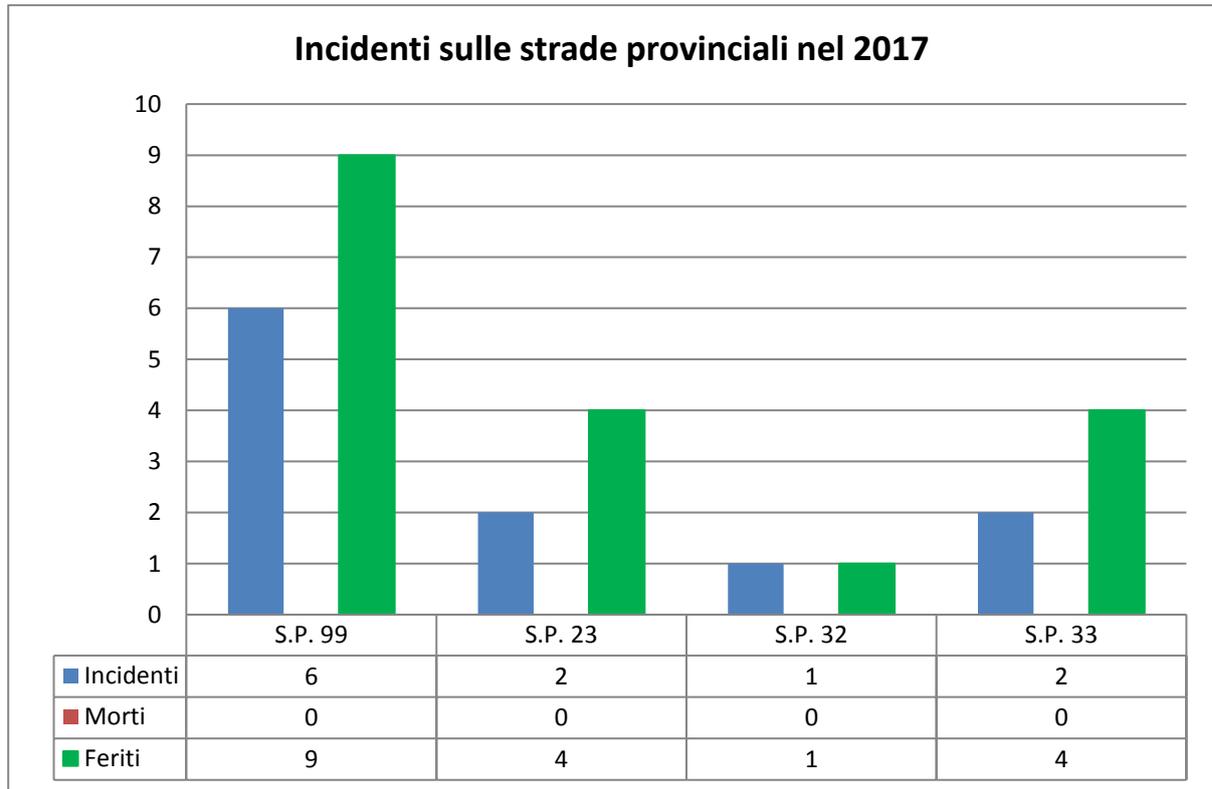


Figura 19 – Numero di incidenti e relativo numero di morti e feriti sulle due strade provinciale nell’anno 2015 (Fonte: Portale Aci)

La lettura dei dati assoluti sul numero d’incidenti stradali con lesioni a persone, verificatisi sulla tratta stradale in esame, fornisce un’informazione parziale che occorre valorizzare per meglio interpretare il fenomeno; si rende necessario, infatti, arricchire tale informazione con indicatori sintetici che ne diano una misura relativa:

- **Indice di mortalità stradale (IM):** Tale rapporto presenta al numeratore il numero (M) dei decessi come conseguenza degli incidenti e al denominatore il numero (I) degli incidenti stradali con lesioni a persone. Il parametro IM esprime, quindi, il numero di decessi a seguito di incidenti stradali verificatisi in un determinato anno, ogni 100 incidenti.

$$IM = \left(\frac{M}{I} \right) 100$$

- **Indice di lesività stradale (IF):** Esprime il rapporto di lesività stradale ogni 100 incidenti tra il numero dei feriti (F) e il numero degli incidenti stradali con lesioni a persone, senza distinzione di gravità. Anche in questo caso, IF può essere considerato un indicatore di pericolosità degli incidenti, seppure limitato ai soggetti che, coinvolti in incidenti, sono rimasti feriti.

$$IF = \left(\frac{F}{I} \right) 100$$

- **Indice di gravità (IG):** Finora ci si è riferiti al concetto di pericolosità media riguardante il sinistro. Se il riferimento è posto sulla persona, in quanto soggetto passivo ed attivo dell’incidentalità,

RELAZIONE DI TECNICA E DI ANALISI SULLA SICUREZZA

possono costruirsi altri indicatori di gravità degli incidenti, come IG dato dal rapporto tra il numero dei morti e il numero degli infortunati:

$$IG = \left(\frac{M}{M + F} \right) 100$$

dove (M+F) rappresenta il numero di morti e feriti e dunque la numerosità complessiva delle persone infortunate nell'incidente. L'indice IG rappresenta un diverso indicatore di gravità rispetto ad IM, che, cresce in funzione del numero M di morti e dunque dell'esito letale della forma di sinistro considerata.

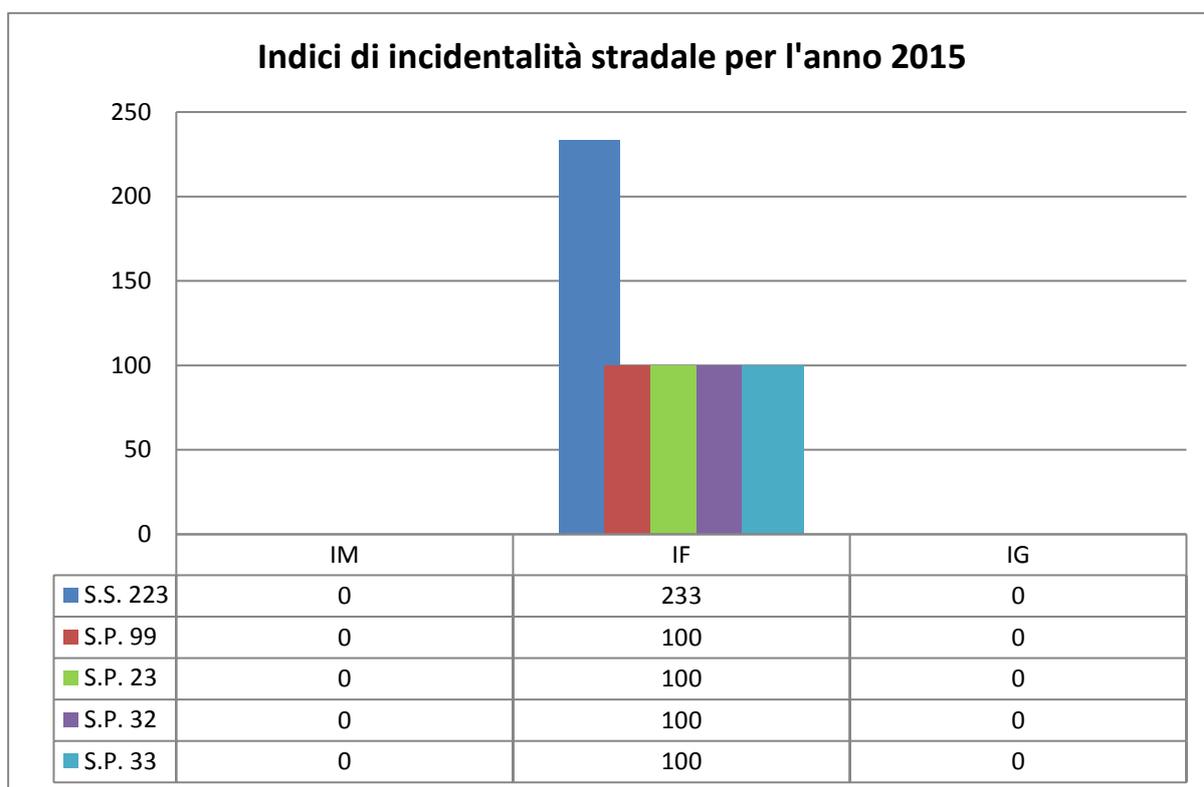


Figura 20 – Indice di gravità, di mortalità stradale e di lesività stradale per l'anno 2015 (Fonte: Portale Aci)

È evidente (cfr. Figura 20) che la strada più pericolosa risulta essere la S.S. 223 un indice di lesività che raggiunge il valore di 233.

Si può concludere che la pericolosità della S.P. 233 può essere attribuita alle caratteristiche geometriche della strada provinciale ed agli accessi secondari presenti lungo il tracciato. Non si è potuto effettuare una diretta attribuzione delle cause in relazione alla tipologia incidentale in quanto per le strade provinciali non sono registrati i dati relativi alla tipologia di incidente.

Sulla base dei dati di incidentalità ACI-ISTAT riferita al periodo 2013-2018 è stato possibile rappresentare un quadro della situazione attuale ante intervento valutando il numero di incidenti, di

RELAZIONE DI TECNICA E DI ANALISI SULLA SICUREZZA

morti e di feriti nel periodo di riferimento. Ipotizzando che tali valori siano linearmente proporzionali al TGM, è stato possibile stimare il numero di incidenti, morti e feriti nella situazione di non intervento.

	Incidenti	Morti	Feriti	TGM
Media 2013-2018	7	0	18	8977
Non intervento 2022	7,3	0	18,7	9341
Non intervento 2032	8,0	0	20,7	10318

Tabella 4 -7 - Stima numero incidenti (scenari futuri in caso di non intervento con crescita annua ipotizzata all' 1%)

La metodologia operativa prevede di confrontare lo scenario di progetto con quello ante operam evidenziando le migliorie più significative ai fini della messa in sicurezza dell'infrastruttura viaria. I modelli implementati nel calcolo forniscono, in relazione agli elementi progettuali migliorativi adottati, coefficienti sperimentali di modificazione delle prestazioni di sicurezza (AMF Accident Modification Factors for traffic engineering) la cui applicazione consentirà di stimare la variazione di incidentalità nello scenario di riferimento temporale individuato.

Il progetto di ampliamento può essere suddiviso in una serie di interventi che aumentano le caratteristiche di sicurezza dell'infrastruttura:

- Miglioramento caratteristiche piano – altimetriche
- Realizzazione spartitraffico, raddoppio delle corsie
- Adeguamento margini laterali e barriere di sicurezza
- Incremento larghezza banchine e allargamenti per visibilità.

Ognuno di questi singoli interventi riduce la probabilità di rischio di un tipo di incidente.

La letteratura di settore fornisce per ogni intervento un intervallo dei valori dell'AMF. In questa fase si è adottato il valor medio di tale intervallo.

Tipo di intervento	Tipo di incidente su cui influisce	Riduzione %	
		Letteratura	Adottato
Miglioramenti della geometria orizzontale	Scontro frontale	30 – 45	37
	Tamponamento	30 – 45	37
	Sorpasso	30 – 45	37
	Investimento pedone	30 – 45	37
	Fuoriuscita di strada (in curva)	30 – 45	37
	Perdita di controllo in curva	30 – 45	37
Raddoppio delle corsie / realizzazione della corsia di sorpasso/ realizzazione spartitraffico	Urto tra veicoli in corrispondenza di intersezioni	30 – 50	40
	Scontro frontale	90 – 100	95
	Tamponamento	30 – 50	40
	Sorpasso	40 – 80	60
	Investimento pedone	30 – 50	40

RELAZIONE DI TECNICA E DI ANALISI SULLA SICUREZZA

	Fuoriuscita di strada	20 – 50	35
Creazione di zone libere da ingombri, realizzazione di barriere di sicurezza	Urto contro ostacolo fisso	30 – 40	35
	Fuoriuscita di strada	30 – 40	35
Allargamento banchine	Scontro frontale	20 – 30	25
	Fuoriuscita di strada (in rettilineo)	20 – 30	25
	Fuoriuscita di strada (in curva)	20 – 30	25
	Perdita di controllo	20 – 30	25

Tabella 4-8 - Stima AMF in funzione del tipo di intervento e del tipo di incidente (fonte Ogden K.W. ,1996, Safer roads – a guide to roads safety engineering)

Si ipotizza che la distribuzione percentuale degli incidenti resti invariata e ad ogni tipo di incidente si applicano i singoli AMF precedentemente stimati.

Si stima che il numero di incidenti si riduca del 79.7% a seguito degli interventi di progetto.

TIPOLOGIA INCIDENTE	Ripartizione	AMF accident modification factors				Coefficiente riduzione	Incidenti totali
		Barriere di sicurezza	Allargamento banchine	Geometria orizzontale	Raddoppio delle corsie/spartitraffico		
SCONTRO FRONTALE	14,3%		25%	37%	95%	97,6%	0,3%
FRONTALE-LATERALE	26,2%	35%		37%	60%	83,6%	4,3%
TAMPONAMENTO	40,5%		25%	37%	40%	71,7%	11,5%
INVESTIMENTO PEDONALE	0,0%			37%	40%	0,0%	0,0%
FUORIUSCITA	16,7%	35%	25%	37%	35%	80,0%	3,3%
Altro	2,4%		25%	37%	40%	62,2%	0,9%
TOTALE	100%					TOTALE	20,3%

Tabella 4-9 – Stima riduzione media tipologia incidente e incidentalità media

È da considerare che l'ampliamento da 2 a 4 corsie comporta un incremento delle velocità di percorrenza dell'infrastruttura, da 100 km/h per la struttura attuale a 120 km/h (trascurando i tratti con limiti di velocità). L'aumento della velocità comporta un incremento del rischio di incidente e della gravità dello stesso, considerando che l'energia cinetica di un veicolo è proporzionale al quadrato del rapporto tra le velocità nella situazione di progetto e in quella attuale, vi è un incremento di energia per il singolo veicolo pari a $(120/100)^2 = 1.44$.

Partendo da questa considerazione sono stati svolti diversi studi che analizzano la correlazione tra velocità, variazione della stessa e rischio di incidente.

Si cita ad esempio "An empirical examination of the relationship between speed and road accidents" allegato F al report 617 Accident Modifications Factors for Traffic Engineering and ITS Improvements del NCHRP (National Cooperative Highway Research Program), TRB 2008.

RELAZIONE DI TECNICA E DI ANALISI SULLA SICUREZZA

Nel caso di progetto considerando una velocità iniziale di 100 km/h (62 mph) e considerando un incremento di 20 km/h (12 mph) estrapolando i dati della tabella si può stimare un incremento del 60% del numero di incidenti e del 108% del numero di incidenti mortali.

Table F-19. Accident Modification Factors

Injury Accidents $\bar{V}_1 - \bar{V}_0$ [mph]	\bar{V}_0 [mph]						Fatal Accidents $\bar{V}_1 - \bar{V}_0$ [mph]	\bar{V}_0 [mph]					
	30	40	50	60	70	80		30	40	50	60	70	80
-5	0.57	0.66	0.71	0.75	0.78	0.81	-5	0.22	0.36	0.48	0.58	0.67	0.75
-4	0.64	0.72	0.77	0.80	0.83	0.85	-4	0.36	0.48	0.58	0.66	0.73	0.80
-3	0.73	0.79	0.83	0.85	0.87	0.88	-3	0.51	0.61	0.68	0.74	0.80	0.85
-2	0.81	0.86	0.88	0.90	0.91	0.92	-2	0.66	0.73	0.79	0.83	0.86	0.90
-1	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	-1	0.83	0.86	0.89	0.91	0.93	0.95
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	1.10	1.07	1.06	1.05	1.04	1.04	1	1.18	1.14	1.11	1.09	1.07	1.05
2	1.20	1.15	1.12	1.10	1.09	1.08	2	1.38	1.28	1.22	1.18	1.14	1.10
3	1.31	1.22	1.18	1.15	1.13	1.12	3	1.59	1.43	1.34	1.27	1.21	1.16
4	1.43	1.30	1.24	1.20	1.18	1.16	4	1.81	1.59	1.46	1.36	1.28	1.21
5	1.54	1.38	1.30	1.26	1.22	1.20	5	2.04	1.75	1.58	1.46	1.36	1.27

Tabella 4-10 – Stima incremento incidentalità in funzione della velocità e della relativa velocità (fonte allegato F al report 617 Accident Modification Factors for Traffic Engineering and ITS Improvements del NCHRP, TRB 2008)

La stima del numero di incidenti attesi nello scenario di progetto è ottenuta moltiplicando il valore dello scenario di non intervento per il coefficiente di riduzione medio degli incidenti stimato tramite gli AMF (-79.7%), per l'incremento di incidentalità atteso in base all'aumento di velocità (+60% per incidenti e feriti, +108% per i morti) e per l'incremento del TGM:

$$Inc. atteso = Valore medio oss. 5 anni \times (1 + AMF) \times (1 + Inc. Vel.) \times \left(\frac{TGM_i}{TGM_0}\right)$$

	Incidenti	Morti	Feriti	TGM
media 2013-2018	7	0,3	18	8977
AMF	-79,7%	-79,7%	-79,7%	
incremento velocità	60%	108%	60%	
intervento 2022	2,4	0,1	6,3	9558
intervento 2032	2,7	0,2	7,0	10679

Tabella 4-11 – Stima incidentalità scenario di progetto

La riqualificazione di un tronco di strada si configura, oltre che come intervento finalizzato alla riduzione della congestione e dei tempi di ritardo, anche come strumento di messa in sicurezza. A tale scopo occorre disporre di strumenti in grado di fornire indicazioni sulla riduzione di incidentalità determinata da opportuni interventi.

Gli indicatori d'incidentalità utilizzati riferiti ad un periodo annuale sono:

- il numero di incidenti attesi, in particolare riferito per km di strada;

RELAZIONE DI TECNICA E DI ANALISI SULLA SICUREZZA

- il tasso di incidentalità, che considera il numero di incidenti per milione di chilometri percorsi, (tale indice è più completo per valutare l'intrinseca sicurezza dell'infrastruttura, in quanto la depura dal flusso veicolare che vi transita).

Dal punto di vista metodologico si farà riferimento, per stimare la riduzione di incidentalità, alla procedura “Before – After” che confronta un valore attendibile di incidenti all'anno nell'ipotesi che non venga realizzato l'intervento di messa in sicurezza (scenario Before) con quello previsto nella configurazione di progetto (scenario “After”).

Il grado di sicurezza dell'intervento sarà espresso dai seguenti due indici:

Indice di sicurezza:

$$\phi = \frac{A}{B};$$

Percentuale di riduzione:

$$PR = 100 \times (1 - \phi)$$

	Indice di sicurezza			Percentuale di riduzione		
	Incidenti	Morti	Feriti	Incidenti	Morti	Feriti
2022	0,346	0,450	0,346	65,4%	55,0%	65,4%
2032	0,386	0,502	0,386	61,4%	49,8%	61,4%

Tabella 4-12 – Stima indice di sicurezza e percentuale di riduzione

L'incremento di TGM nello scenario di progetto comporta un significativo aumento dell'esposizione, motivo per cui è necessario tener conto di questo aspetto per poter analizzare correttamente l'efficacia degli interventi nei riguardi del miglioramento delle condizioni di sicurezza

Per tener conto dell'esposizione al rischio, di conseguenza è stato stimato anche il Tasso di Incidentalità, dato dal numero di incidenti che si verificano ogni milione di chilometri percorsi.

	Non intervento			Progetto			Variaz. TI
	TGM	Incidenti	TI	TGM	Incidenti	TI	
2013-2018	8977	7,0	18,1	8977	7,0	18,1	
2022	9341	7,3	18,1	9558	2,4	5,9	-67,5%
2032	10318	8,0	18,1	10679	2,7	5,9	-67,5%

Tabella 4-13 – Stima tasso di incidentalità

Le stime evidenziano una riduzione del 67,5% del tasso di incidentalità.

5 CONCLUSIONI

Il progetto di ampliamento da 2 a 4 corsie della S.S. 223 tra i km 41+600 e 53+400 circa, comprensivo dei 3 svincoli presenti, comporta un notevole miglioramento delle condizioni della sicurezza del tratto oggetto di studio.

In particolare si evidenziano i seguenti interventi che aumentano le caratteristiche di sicurezza dell'infrastruttura:

- Miglioramento caratteristiche piano – altimetriche
- Realizzazione spartitraffico, raddoppio delle corsie
- Eliminazione accessi diretti
- Adeguamento margini laterali e barriere di sicurezza
- Incremento larghezza banchine e allargamenti per visibilità

Di contro le migliorate caratteristiche dell'infrastruttura comportano un incremento delle velocità operative e di conseguenza del numero di incidenti e della gravità degli stessi.

A seguito di analisi condotte sulla base di studi di letteratura è stato dunque possibile riscontrare una riduzione del 67,5% del tasso di incidentalità, da 18,1 incidenti/(anno x veicoli x km) nello scenario di non intervento a 5,9 nello scenario di intervento.

L'impostazione progettuale che prevede il riutilizzo della strada esistente come sede di una delle due carreggiate della nuova strada di progetto giustifica l'inquadramento dell'intervento come "adeguamento di strada esistente", per il quale la norma cogente di riferimento è rappresentata dal DM 22/04/2004. In ottemperanza all'art. 4 di tale norma si è potuto dimostrare 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, fermo restando la necessità di garantire la continuità di esercizio della infrastruttura. Si ribadisce, come già esposto nei paragrafi introduttivi, che per il presente progetto la non conformità al dettato normativo del D.M. 5/11/2001, ancorché residuale, è stata limitata a casi di oggettiva necessità relativamente al solo andamento altimetrico.