



Sistemi per il controllo automatico della velocità su strada.

Valutazione dell'efficacia nella prevenzione degli scontri stradali.

Data: 10/07/2025

Autori:

Ing. Simone Piantini

Ing. Cosimo Lucci

Prof. Ing. Giovanni Savino

Responsabile Scientifico: Prof. Ing. Giovanni Savino

Università degli Studi di Firenze
Mobility and Vehicle Innovation Group (MOVING)
Dipartimento di Ingegneria Industriale (DIEF)
Via Santa Marta, 3 – 50139 Firenze

Finanziato dall'Associazione Lorenzo Guarnieri Onlus, protocollo n. 0149424 del 27/06/2024.

Cite this report as: Piantini Simone, Lucci Cosimo, Savino Giovanni. 2025. Sistemi per il controllo automatico della velocità su strada. Valutazione dell'efficacia nella prevenzione degli scontri stradali. Report published by University of Florence.

Sommario

Executive Summary.....	4
La velocità come fattore di rischio: evidenze, percezioni e strategie di controllo	6
Domanda di ricerca.....	10
Parte 1: Analisi delle Revisioni Sistematiche	10
Metodologia.....	10
Risultati	10
Conclusioni preliminari tratte dall'Analisi delle Revisioni Sistematiche	12
Parte 2: Metanalisi	13
Metodologia: dai dati osservati alla metanalisi	13
Risultati tratti dalla metanalisi.....	15
Influenza delle Speed Camera sugli Scontri Stradali.....	18
Influenza delle Speed Camera sugli Scontri Stradali con Feriti	21
Influenza delle Speed Camera sugli Scontri Stradali con Feriti Gravi o Decessi	23
Conclusioni preliminari tratte dalla metanalisi.....	23
Conclusioni.....	25
Bibliografia	26

Indice delle Figure

Figura 1 Relazione tra variazione di velocità e tasso di scontri stradali [EC, 2021].	7
Figura 2 Distribuzione degli scontri con decesso a livello Europeo (anno di rif.to 2023) [DG-Move, 2025].	8
Figura 3 Distribuzione degli scontri con decesso per strada: a) urbana, b) rurale, c) autostradale (anno di rif.to 2023) [DG-Move, 2025].	9
Figura 4 Rete delle citazioni tra revisioni sistematiche. Le linee di collegamento indicano le citazioni dirette tra gli articoli (A → B significa che A cita B).	11
Figura 5 Revisioni sistematiche ordinate per numero di citazioni.	11
Figura 6 Funnel plot: Speed Camera (F-M) vs. Scontri con KSI (7 studi).	15

Indice delle Tabelle

Tabella 1 ricerca sistematica.	10
Tabella 2 Classificazione degli studi in base all'esito, tipo di controllo, area geografica, datazione e rivista scientifica.	17
Tabella 3 Sintesi dei risultati meta-analitici per tipo di dispositivo e classe di esito stradale.	18
Tabella 4 Influenza delle Speed Camera sugli Scontri Stradali (Observed Outcome: ln(RR))	20
Tabella 5 Influenza delle Speed Camera sugli Scontri Stradali con Feriti (Observed Outcome: ln(RR))	22
Tabella 6 Influenza delle Speed Camera sugli Scontri Stradali con Feriti Gravi o Decessi (KSI) (Observed Outcome: ln(RR))	24

Executive Summary

La velocità eccessiva rappresenta una delle principali criticità per la sicurezza stradale. Molti conducenti superano i limiti, indipendentemente dal tipo di strada, come confermato da rilevazioni oggettive e autovalutazioni. Le cause sono molteplici: ritmi di vita frenetici, propensione al rischio, fattori percettivo-cognitivi e condizioni infrastrutturali [EC, 2025a]. Nel 2018 oltre la metà dei conducenti europei intervistati ha ammesso di aver superato i limiti almeno una volta nel mese precedente, con percentuali più elevate su strade extraurbane e autostrade (Holoher & Holte, 2019). Secondo ISTAT (2024), in Italia l'eccesso di velocità è causa diretta del (18,7%) delle morti su strade urbane e del 23,4% su quelle extraurbane. Se si includono fattori correlati, la quota sale al 54,4% in ambito urbano e al 63,0% sull'extraurbano. Numerose evidenze scientifiche confermano la relazione proporzionale tra velocità, rischio di scontro e gravità delle lesioni: un aumento di 10 km/h può più che raddoppiare il rischio di mortalità [EC, 2021; 2025b].

La gestione del problema relativo alla velocità eccessiva richiede un approccio integrato che combini infrastrutture, normative, educazione e controlli. In questo quadro, i sistemi automatici di rilevazione della velocità (Speed Camera) sono impiegati per rafforzare il rispetto delle regole [EC, 2025c]. Tali sistemi comprendono dispositivi fissi e mobili, inclusi i controlli della velocità media (Tutor) e le Red-Light Camera (Photored).

Per assumere decisioni efficaci servono quindi evidenze solide, trasparenti e replicabili e non opinioni soggettive.

Domanda di ricerca

L'obiettivo di questo studio è valutare, nei contesti stradali dei paesi ad alto reddito, l'efficacia dei sistemi automatici di controllo della velocità nella riduzione degli scontri stradali, inclusi quelli con feriti e con esiti gravi o mortali, rispetto a condizioni senza intervento (caso-controllo) o pre-intervento (prima-dopo). Per rispondere a questa domanda, l'analisi si sviluppa in due fasi: la prima esamina le revisioni sistematiche disponibili in letteratura, mentre la seconda conduce una metanalisi basata sugli studi più recenti, ritenuti idonei a una sintesi quantitativa dei risultati.

Analisi delle Revisioni Sistematiche

L'analisi delle revisioni sistematiche rileva una notevole eterogeneità per metodi e contesti, ma è presente un'evidenza ricorrente: le Speed Camera sono associate a riduzioni statisticamente significative degli scontri, inclusi quelli gravi, con effetti stimati tra il 5% e il 70%. Questa variabilità evidenzia la necessità di una selezione più mirata degli studi, finalizzata a condurre una metanalisi in grado di fornire conclusioni più solide e trasferibili.

Metanalisi

Come approfondimento, l'analisi della letteratura è stata seguita da una metanalisi sui risultati di 30 studi selezionati tra oltre 600 fonti primarie in riviste scientifiche di alto livello. Tutti sono stati pubblicati dal 2000 in poi su riviste peer-reviewed di alto livello, collocate prevalentemente nei quartili Q1 e Q2 dello SCImago Journal Rank. La maggior parte degli studi riguarda contesti urbani (60%).

La metanalisi conferma un'associazione significativa tra Speed Camera sia in configurazione fissa che mobile e riduzione degli scontri stradali mediamente compresa tra il 16,5% e il 30% e con effetti più stabili negli scontri stradali con feriti gravi e mortali (KSI). Tra questi, figura lo studio italiano di Montella et al. (2015), che ha registrato una riduzione media del 32% degli scontri totali sulla Tangenziale di Napoli A56. Con riferimento agli scontri con feriti, feriti gravi e morti, gli effetti appaiono ancora più consistenti. La riduzione media stimata si colloca tra il 27% e il 29%. Mentre con riferimento ai soli scontri con feriti gravi e mortali, la riduzione media oscilla tra il 20% e il 21%, con una variabilità compresa tra il 21% e il 26%. In entrambi i casi, la variabilità tra gli studi è contenuta o assente e i segnali di bias di pubblicazione sono meno rilevanti.

In conclusione, i sistemi automatici di rilevazione della velocità rappresentano una misura efficace per migliorare la sicurezza stradale e la riduzione degli scontri, in particolare nelle configurazioni fisse e mobili e rispetto agli esiti più gravi. L'analisi fornisce dunque una base solida per le politiche di sicurezza stradale, che potrà essere ulteriormente rafforzata da studi futuri capaci di ridurre l'eterogeneità e consolidare le evidenze.

La velocità come fattore di rischio: evidenze, percezioni e strategie di controllo

La velocità eccessiva rappresenta una delle principali criticità per la sicurezza stradale. Numerosi conducenti superano i limiti imposti, indipendentemente dal tipo di strada, come confermato sia da rilevazioni oggettive sia da autovalutazioni soggettive delle abitudini di guida. A questo si aggiunge la tendenza diffusa ad adottare velocità inadeguate, ovvero non correttamente adattate alle condizioni del traffico e dell'ambiente stradale.

Le cause dell'eccesso di velocità sono molteplici: fattori situazionali (fretta, urgenza), tratti individuali stabili (propensione al rischio), meccanismi percettivo-cognitivi e aspetti strutturali o ambientali della rete stradale [EC, 2025a].

Secondo l'indagine ESRA (Holocher & Holte, 2019), nel 2018 il 56% dei conducenti europei ha ammesso di aver superato volontariamente i limiti di velocità nei centri urbani almeno una volta nel mese precedente. La percentuale sale al 67% sulle strade extraurbane e al 62% in autostrada. In Italia, la quota si attesta intorno al 40% [EC, 2021].

I dati Eurostat riferiti al 2023 [DG-Move, 2025] mostrano che l'Italia è il paese con il maggior numero assoluto di decessi da scontro stradale in ambito urbano (oltre 1.300 vittime). È inoltre terza per morti su strade rurali (1.471), preceduta da Francia e Germania, e quarta per decessi in ambito autostradale (239), dopo Spagna, Germania e Francia.

L'eccesso di velocità è indicato da ISTAT (2024) come causa primaria del 18,7% delle morti sulle strade urbane e del 23,4% su quelle extraurbane. Se si considerano anche i fattori correlati all'eccesso di velocità — come la guida distratta e il mancato rispetto della precedenza o del semaforo — emerge che oltre la metà dei decessi ha tra le concause una gestione inadeguata della velocità: 54,4% in ambito urbano e 63,0% su strade extraurbane. Sul piano sanzionatorio, l'eccesso di velocità (art. 142 del Codice della Strada) rappresenta il secondo comportamento più frequentemente sanzionato da Polizia Stradale, Carabinieri e Polizie Locali nei capoluoghi di provincia, con il 35% del totale delle infrazioni contestate [ISTAT, 2024].

La velocità non incide solo sulla probabilità di essere coinvolti in uno scontro, ma anche sulla gravità delle conseguenze. All'aumentare della velocità cresce esponenzialmente sia il rischio di collisione sia la severità delle lesioni [EC, 2025b]. Come illustrato in Figura 1, un incremento di 10 km/h può più che raddoppiare il rischio di mortalità in caso di impatto (+200%) [EC, 2021].

In circa il 30% degli scontri mortali, la velocità è un fattore concausale rilevante. Ciò dipende da due meccanismi principali: da un lato, la velocità riduce il tempo disponibile per percepire e reagire agli stimoli critici e limita la visibilità laterale (riduzione del cono visivo); dall'altro, aumenta in modo quadratico l'energia cinetica in gioco al momento dell'impatto. Parte di quest'energia si trasferisce direttamente al corpo umano, amplificando le conseguenze traumatiche, soprattutto per gli utenti non protetti, come pedoni e ciclisti (anche detti utenti vulnerabili nel linguaggio tecnico-scientifico).

Numerose evidenze empiriche confermano la relazione proporzionale tra velocità, rischio di scontro e severità delle lesioni [EC, 2021].

La gestione della velocità eccessiva o inadeguata richiede dunque un approccio integrato, basato sulla combinazione di interventi infrastrutturali, normativi, educativi e di controllo. Le strategie più efficaci associano misure fisiche di moderazione del traffico (come rotatorie, restringimenti di carreggiata o dossi), limiti di velocità coerenti con la funzione della strada, iniziative di comunicazione e campagne di sensibilizzazione, oltre al monitoraggio del rispetto delle regole da parte delle autorità competenti (il cosiddetto enforcement).

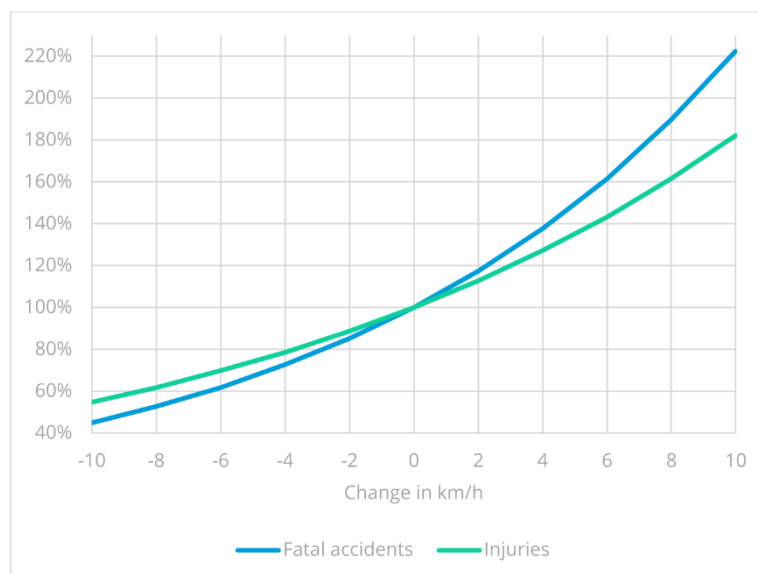


Figura 1 Relazione tra variazione di velocità e tasso di scontri stradali [EC, 2021].

I limiti di velocità, per risultare efficaci, devono essere credibili, ben segnalati e sostenuti da un disegno stradale leggibile e coerente. Tuttavia, come detto sopra, anche in presenza di interventi infrastrutturali e informativi, una quota di utenti continua a infrangere le regole. Per questi casi, i sistemi di rilevazione della velocità – in particolare quelli automatici – rappresentano un elemento chiave per rafforzare il rispetto delle norme e aumentare l’efficacia complessiva delle politiche di gestione della velocità [EC, 2025c].

Nel contesto italiano, tali dispositivi sono noti con il nome commerciale “Autovelox” (marchio registrato di Sodi Scientifica S.r.l.), ma sul piano tecnico si distinguono in due categorie principali: sistemi fissi (*Fixed Speed Camera, SC_F*) e sistemi mobili (*Mobile Speed Camera, SC_M*). Ai sistemi fissi appartengono anche quelli che rilevano la velocità media su un determinato tratto stradale – noti come “Tutor” – impiegati prevalentemente in ambito autostradale.

A livello internazionale, nel gruppo dei sistemi di controllo elettronico della velocità vengono talvolta incluse anche le *Red-Light Camera (RLC)*, note in Italia come “Photored” (marchio registrato di Project Automation S.p.A.). Questi dispositivi non misurano direttamente la velocità, o almeno non tutti, ma documentano l’attraversamento con semaforo rosso. Tuttavia, in alcuni contesti vengono considerati parte delle strategie di contrasto allo *speeding* (eccesso di velocità), poiché il passaggio con luce rossa è spesso associato a velocità elevate in prossimità delle intersezioni.

Sebbene i dati disponibili siano espressi in valori assoluti e non normalizzati rispetto, ad esempio, alla popolazione o al livello di esposizione al rischio, essi delineano una criticità strutturale nel contesto urbano italiano. Tale criticità sembra riflettere una combinazione di fattori interconnessi: alta densità di traffico, presenza di utenti vulnerabili (pedoni, ciclisti, motociclisti) ed efficacia non ottimale dei sistemi di controllo e moderazione della velocità. È quindi fondamentale offrire evidenze oggettive e sistematicamente verificate su cui ancorare gli interventi decisionali.

Le esperienze individuali o le opinioni soggettive, pur ampiamente diffuse, non rappresentano basi affidabili per orientare interventi efficaci. È invece necessario disporre di una sintesi comparativa solida dei dati disponibili, costruita su criteri di trasparenza, replicabilità e visione d’insieme.

Nel contesto della presente ricerca, l’assenza di linee guida condivise e di standard operativi a livello internazionale – ad esempio nella scelta del tipo di sistema di controllo, nella sua visibilità per l’utenza o nelle modalità di comunicazione – rappresenta un limite strutturale che contribuisce all’eterogeneità degli esiti osservati. Aspetti come la collocazione dei dispositivi, la segnaletica associata e l’integrazione con iniziative di

sensibilizzazione non sono dettagli secondari: influenzano in modo diretto l'efficacia complessiva degli interventi.

È in questo contesto – caratterizzato da variabilità operativa e da un ampio spettro di soluzioni tecniche – che si inserisce la presente ricerca. L'obiettivo è fornire una sintesi chiara, comparabile e utile per l'azione, attraverso una revisione sistematica e una metanalisi della letteratura scientifica sull'efficacia dei sistemi automatici di controllo della velocità. Questi strumenti, consolidati sul piano metodologico, permettono di distinguere in modo rigoroso tra effetti documentati e fenomeni privi di riscontro empirico, contribuendo così a una valutazione basata sull'evidenza e non su opinioni o percezioni.

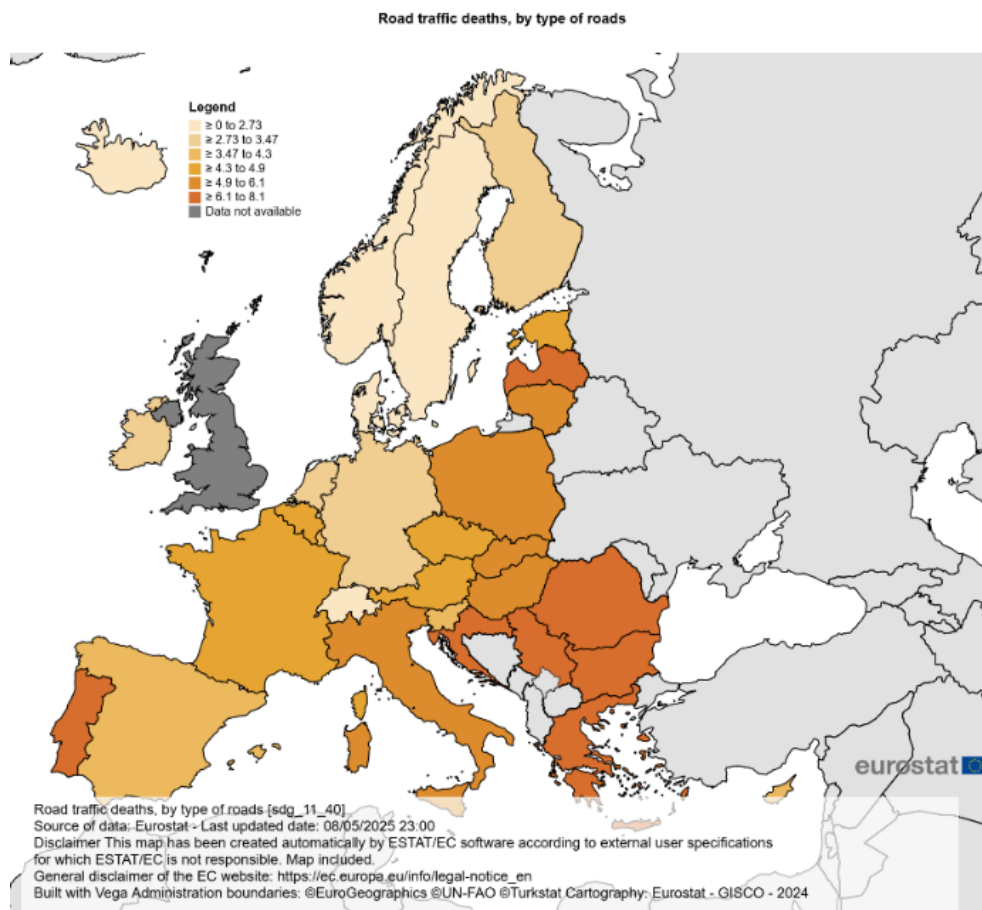
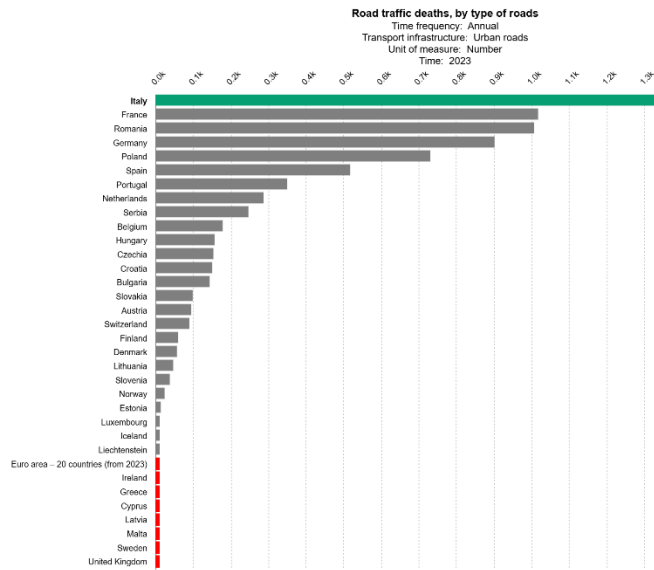
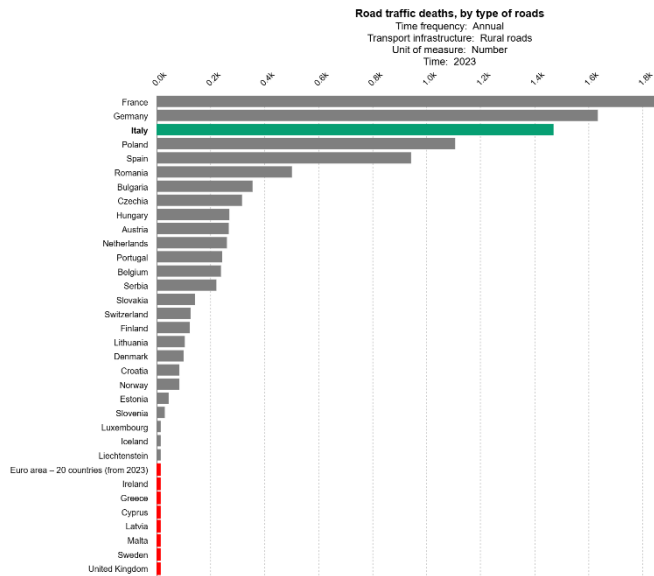


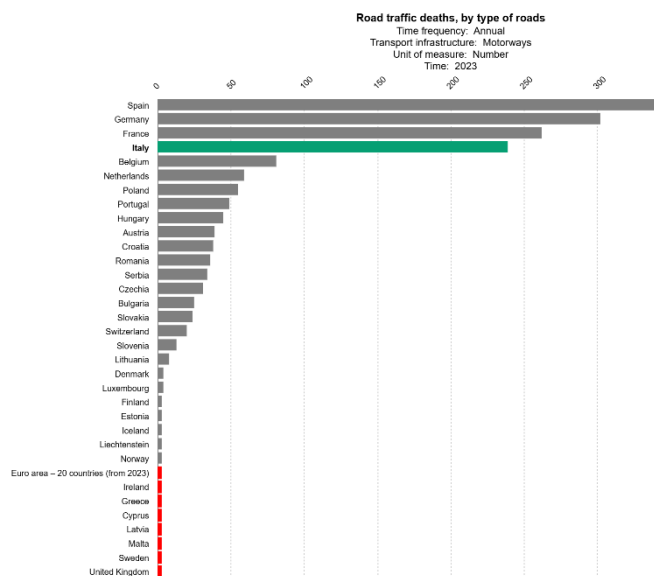
Figura 2 Distribuzione degli scontri con decesso a livello Europeo (anno di rif.to 2023) [DG-Move, 2025].



a)



b)



c)

Figura 3 Distribuzione degli scontri con decesso per strada: a) urbana, b) rurale, c) autostradale (anno di rif.to 2023) [DG-Move, 2025].

Domanda di ricerca

Di seguito è riportata la domanda di ricerca da cui scaturisce la nostra indagine.

Nei contesti stradali dei paesi ad alto reddito (HIC, High Income Country), qual è l'efficacia dei sistemi automatici di controllo della velocità nella riduzione della frequenza degli scontri stradali, degli scontri con feriti, degli scontri con esiti gravi o mortali (KSI, Killed and Seriously Injured) rispetto a condizioni senza intervento o pre-intervento?

Per rispondere, per prima cosa analizziamo il corpo di lavori svolti su questo tema mediante una revisione della letteratura (Parte 1). L'attività rivela la presenza di studi recenti idonei all'esecuzione di una metanalisi dei risultati pubblicati, come presentato nella Parte 2.

Parte 1: Analisi delle Revisioni Sistematiche

Metodologia

A seguito di una fase esplorativa preliminare, finalizzata a identificare le parole chiave più rappresentative e pertinenti per l'argomento in esame, si è rilevata una presenza ampia e articolata di revisioni sistematiche nella letteratura scientifica internazionale. Tale evidenza ha orientato la scelta metodologica verso un approccio che privilegiasse l'individuazione, la selezione e l'analisi strutturata delle revisioni sistematiche disponibili, come strategia utile a fornire una sintesi ragionata e aggiornata dell'efficacia dei sistemi automatici di enforcement della velocità.

La ricerca è stata condotta utilizzando *Google Scholar* come motore di ricerca, impostando un filtro temporale compreso tra gli anni 2000 e 2025, in modo da escludere lavori datati e meno rilevanti per il contesto attuale. È stata impiegata una combinazione di parole chiave costruita sulla base della fase esplorativa iniziale e riportata in dettaglio in Tabella 1.

Il processo ha restituito un corpus iniziale di circa 7000 pubblicazioni. Di queste, sono stati esaminati manualmente i primi 500 risultati nell'ordine proposto da *Google Scholar*, tenendo conto della pertinenza rispetto alla domanda di ricerca e della qualità metodologica dichiarata. Al termine di questa fase di selezione, è stato costituito il dataset finale oggetto dell'analisi, composto da 16 revisioni sistematiche ritenute coerenti con i criteri di inclusione definiti e rilevanti per l'obiettivo della presente indagine, successivamente ridotto a 15 per mancanza di dati inerenti agli outcome considerati.

Tabella 1 ricerca sistematica

Ricerca in <i>Google Scholar</i>	"Systematic Review" AND ("Speed monitoring system" OR "Speed enforcement camera" OR "Speed management system" OR "Speed camera system" OR "speed camera" OR "speed trap" OR "speed detector" OR "speed gun" OR Speedcam OR "Fixed speed camera" OR "Mobile speed camera" OR "speed Radar detect" OR "Speed Radar trap" OR "Speed Radar gun" OR "Speed enforcement camera" OR "Photo radar" OR "Automated speed enforcement" OR "Automatic traffic camera" OR "traffic camera" OR "Traffic calming" OR "Vehicle speed reduction").
-------------------------------------	---

Risultati

Dal confronto tra le diverse revisioni emerge un panorama ampio di studi, in gran parte condotti in paesi ad alto reddito, ma caratterizzati da approcci e metodi eterogenei che rendono difficile il confronto diretto tra i risultati. Proprio per questo, la fase di sintesi diventa centrale.

L'analisi grafica della sovrapposizione degli studi di revisione sistematica (Figura 4), mostra le interazioni bibliografiche tra i contributi analizzati e consente di individuare i lavori maggiormente centrali nel processo di

consolidamento delle evidenze. Si nota una progressiva stratificazione della conoscenza relativa all'efficacia dei sistemi automatici di controllo della velocità. Le revisioni pubblicate tra il 2003 e il 2006 hanno svolto un ruolo fondativo e figurano spesso come riferimenti centrali nei lavori successivi, pur presentando talvolta limiti rispetto agli standard metodologici attualmente riconosciuti. Le revisioni successive, ed in particolare quelle di Høye (2014), Fisa et al. (2022) e Goel et al. (2024), si distinguono per un impianto metodologico più strutturato, che include elementi di metanalisi e criteri sistematici per la valutazione della qualità degli studi primari. La valutazione del rischio di bias negli studi primari è menzionata nei lavori pubblicati dal 2016 in poi (Sadeghi et al., 2016; Vecino-Ortiz et al., 2018; Fisa et al., 2022 e Goel et al., 2024), e solo in parte risulta applicata in modo strutturato.

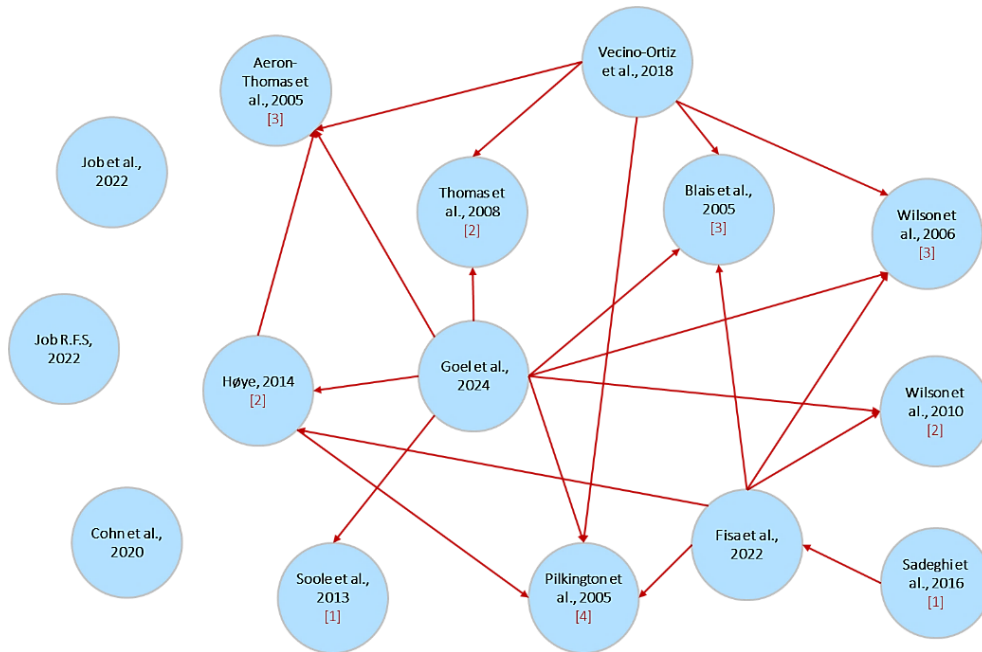


Figura 4 Rete delle citazioni tra revisioni sistematiche. Le linee di collegamento indicano le citazioni dirette tra gli articoli (A → B significa che A cita B).

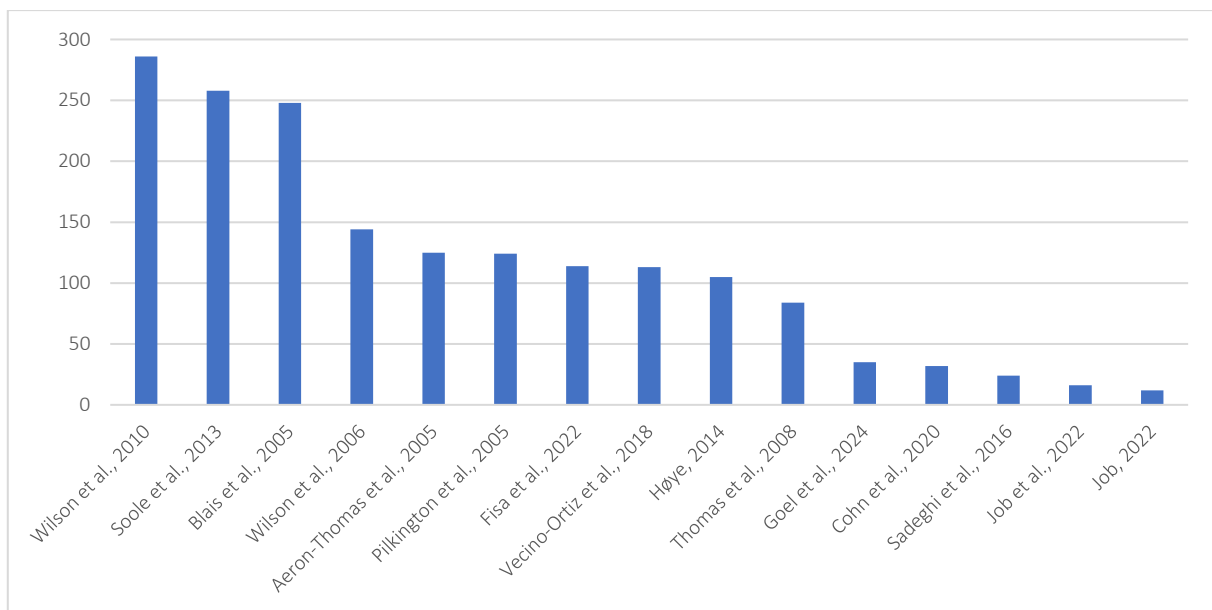


Figura 5 Revisioni sistematiche ordinate per numero di citazioni.

L'analisi delle revisioni sistematiche disponibili suggerisce che i sistemi di controllo automatico della velocità siano frequentemente associati a riduzioni statisticamente significative degli scontri stradali, inclusi quelli con esiti gravi. L'efficacia di tali interventi dipende da una pluralità di fattori, tra cui il contesto locale, le caratteristiche tecniche del dispositivo, le modalità di implementazione e il disegno dello studio utilizzato per valutarne l'impatto. L'assenza di linee guida o protocolli condivisi a livello internazionale per l'installazione efficace di questi sistemi genera una marcata eterogeneità tra gli studi.

Il lavoro ha evidenziato una tendenza comune: le revisioni più solide riportano una riduzione statisticamente significativa della frequenza degli scontri stradali – sia in termini di numero totale, che di eventi con feriti o vittime – nei contesti in cui questi dispositivi sono stati introdotti con criteri di pianificazione e monitoraggio adeguati. I risultati non appaiono uniformi. Alcuni studi suggeriscono un effetto maggiore sulle collisioni con danni lievi, altri riportano effetti più forti sugli scontri gravi (KSI). Inoltre, la qualità metodologica degli studi primari inclusi varia sensibilmente, e non tutte le revisioni adottano criteri robusti per la valutazione della qualità degli studi presi in esame. È quindi importante sottolineare come la variabilità tra gli effetti stimati deriva da fattori quali la complessità dei contesti nei quali i dispositivi sono stati applicati, l'eterogeneità dei dispositivi considerati, le condizioni operative, i disegni di studio adottati ed il rigore metodologico applicato.

Occorre infine notare che una parte significativa degli studi primari inclusi nelle revisioni è stata pubblicata prima dell'anno 2000, con alcuni contributi risalenti persino agli anni '70 e '80. Tali evidenze si riferiscono a contesti infrastrutturali, normativi e socio-tecnologici potenzialmente non più rappresentativi delle condizioni attuali, comportando così limiti nella trasferibilità e nell'attualizzazione dei risultati.

È tuttavia presente un'evidenza ricorrente: le Speed Camera sono associate a riduzioni statisticamente significative degli scontri, inclusi quelli gravi, con effetti stimati tra il 5% e il 70%.

Tali considerazioni delineano, pertanto, la necessità di una sintesi più mirata, capace di superare le criticità emerse e di offrire una valutazione dell'efficacia dei sistemi automatici di controllo della velocità che sia più attuale, solida e trasferibile.

Conclusioni preliminari tratte dall'Analisi delle Revisioni Sistematiche

Volendo sintetizzare i risultati di questa prima parte del lavoro, le revisioni sistematiche considerate documentano effetti tendenzialmente positivi dei sistemi automatici di controllo nella riduzione degli scontri specie di quelli con esiti gravi.

Sebbene l'efficacia generale dei sistemi automatici emerga in modo consistente, permangono alcune zone grigie: contesti dove il beneficio è meno marcato, ambiguità sugli effetti a lungo termine, nonché il rischio di bias da pubblicazione nei casi più favorevoli. La variabilità nella copertura, nella qualità metodologica e nei criteri adottati rende conto di una rete eterogenea, ma nel complesso coerente, che giustifica la necessità di una attività più selettiva. In tale contesto, le revisioni più recenti si configurano come risorse centrali per supportare valutazioni basate su evidenze consolidate e maggiormente trasferibili.

Nonostante una notevole eterogeneità per metodi e contesti, è comunque presente un'evidenza ricorrente: le Speed Camera sono associate a riduzioni statisticamente significative degli scontri, inclusi quelli gravi, con effetti stimati tra il 5% e il 70%.

Tali considerazioni delineano, pertanto, la necessità di una sintesi più mirata, capace di superare le criticità emerse e di offrire una valutazione dell'efficacia dei sistemi automatici di controllo della velocità che sia più attuale, solida e trasferibile. Per questo si è deciso di utilizzare le revisioni sistematiche analizzate al fine di individuare un insieme di studi scientifici più significativi al fine di realizzare su questi una nuova metanalisi per trarre delle conclusioni più robuste da un punto di vista scientifico.

Parte 2: Metanalisi

Al fine di contestualizzare in modo più aderente i risultati degli studi primari inclusi nelle revisioni sistematiche analizzate in precedenza, e di verificarne la trasferibilità alle condizioni operative attuali, è stata effettuata una selezione critica e mirata dei contributi più recenti. Sono stati esclusi lavori datati o caratterizzati da impostazioni metodologiche non coerenti con i criteri predefiniti di inclusione.

Su questo insieme di studi selezionati è stata condotta un'analisi dettagliata, finalizzata all'estrazione sistematica delle misure di effetto riportate e alla valutazione della loro affidabilità. Le evidenze così raccolte sono state oggetto di una **metanalisi, ovvero un procedimento statistico che consente di integrare formalmente i risultati quantitativi di studi indipendenti sul medesimo fenomeno, al fine di ottenere una sintesi numerica complessiva**. L'obiettivo principale è stato quello di ricostruire in modo oggettivo e comparabile l'efficacia dei sistemi automatici di controllo della velocità.

La meta-analisi, in quanto tecnica di sintesi quantitativa, consente di aumentare la potenza statistica rispetto ai singoli studi, migliorare la precisione delle stime, affrontare eventuali risultati contrastanti tra studi e, in alcuni casi, fornire risposte a domande che non erano state esplicitamente affrontate nelle singole ricerche. Tra i principali vantaggi si annoverano la possibilità di ottenere un quadro riassuntivo su un tema specifico, la disponibilità di un campione complessivo più ampio e, ove possibile, l'esecuzione di analisi di sottogruppo.

La metanalisi, come tutte le metodologie scientifiche, ha alcuni limiti. Tra le potenziali fonti di errore sistematico figurano il bias di selezione (*selection bias*), legato ai criteri di inclusione, alla dimensione e qualità degli studi considerati, e il bias di pubblicazione (*publication bias*), connesso alla maggiore probabilità di pubblicazione degli studi con risultati positivi e all'esclusione di lavori non pubblicati o non redatti in lingua inglese. Ulteriore fonte di criticità è l'eterogeneità tra gli studi, che può riflettersi in differenze sostanziali nei contesti, nelle metodologie o nelle misure di esito.

In coerenza con la domanda di ricerca, l'analisi si è concentrata sulle principali categorie di esito: scontri totali, scontri con feriti e scontri con esiti gravi o mortali (KSI). L'intero processo è stato progettato per garantire rigore metodologico, trasparenza e replicabilità, con l'obiettivo di produrre risultati il più possibile affidabili e utili alla valutazione dell'efficacia reale degli interventi nei contesti attuali.

Metodologia: dai dati osservati alla metanalisi

Dopo aver esaminato l'evidenza aggregata disponibile nella letteratura attraverso l'analisi delle revisioni sistematiche, si è reso necessario verificare se tali indicazioni trovino conferma anche in una valutazione empirica condotta su dati osservativi, selezionati secondo criteri rigorosi e riferiti a contesti documentati in modo sistematico.

Il dataset oggetto di metanalisi **è stato costruito a partire dalle oltre 600 fonti primarie provenienti dalle revisioni sistematiche**, con una selezione basata sui seguenti criteri:

- pubblicazione successiva all'anno 2000;
- studio condotto su paesi ad alto reddito (High Income Countries- HIC);
- **pubblicazione su rivista internazionale sottoposta a revisione tra pari** (esclusi i lavori pubblicati come atti di conferenza, libro, report di progetto, tesi, workshop, pagine web e riviste di settore);
- esclusione delle revisioni della letteratura scientifica;
- esplicita indicazione del tipo di sistema di controllo analizzato: *speed camera* (SC) e/o *red-light camera* (RLC).

Per sintetizzare quantitativamente le stime di efficacia riportate negli studi primari tratti dalle revisioni sistematiche selezionate, è stata condotta una metanalisi basata su un dataset ricostruito ad hoc. Per ciascuno studio sono state raccolte informazioni relative all'anno di pubblicazione, alla rivista, al tipo di sistema

automatico di enforcement (ad esempio speed camera fissa, mobile, controllo velocità media, red light camera), alla tipologia di disegno (prima-dopo, prima-dopo controllato, caso-controllo, serie temporale), al contesto geografico e ambientale (urbano, rurale, extraurbano, autostradale), al periodo osservato, all'outcome analizzato (riduzione di scontri totali, con feriti, con esiti gravi – KSI – e con esito mortale) e alla misura dell'effetto. **Dopo l'esclusione degli studi privi di dati utilizzabili sugli outcome richiesti, il campione finale è stato ridotto da 66 a 30 lavori.**

In base alle caratteristiche dei dati raccolti e al grado di variabilità riscontrato tra gli studi, la metanalisi è stata condotta utilizzando sia modelli a effetti fissi sia modelli a effetti casuali. Il modello a effetti fissi (*Fixed Effect Model*) è stato applicato nei sottogruppi in cui si poteva ragionevolmente presumere l'esistenza di un unico effetto reale, ossia in condizioni di omogeneità per tipo di intervento, outcome e contesto. In questo approccio si considera che tutti gli studi misurino lo stesso effetto e che le differenze tra i risultati siano dovute esclusivamente al caso (rumore statistico). Al contrario, quando l'analisi ha evidenziato un'eterogeneità sostanziale – stimata attraverso l'indice I^2 e il test Q di Cochran (Deeks et al., 2024; Higgins et al., 2002) – è stato utilizzato un modello a effetti casuali (*Random Effects Model*, metodo DerSimonian-Laird). Questo modello ammette che i veri effetti possano variare da studio a studio e ne stima non solo il valore medio, ma anche la variabilità. In tal modo, le differenze osservate non sono interpretate solo come rumore statistico, ma anche come riflesso di reali diversità legate a contesto, popolazione o metodologia.

Il bias di pubblicazione si verifica quando, nel gruppo di studi inclusi in una metanalisi, mancano alcuni lavori – spesso quelli con risultati negativi o non significativi. Questa assenza, frutto di una selezione non casuale, può alterare in modo sistematico la stima complessiva, restituendo un quadro parziale e potenzialmente distorto delle evidenze disponibili. Per stimare l'entità di questo fenomeno si utilizza il funnel plot, un grafico che, in condizioni prive di distorsioni, mostra le stime degli effetti distribuite in modo simmetrico attorno al valore medio, con minore variabilità negli studi di grandi dimensioni rispetto a quelli di piccola scala. La Figura 6 mostra un esempio di *funnel plot* in cui l'asse orizzontale riporta l'effetto osservato ($\log Risk Ratio$) e l'asse verticale l'errore standard, inversamente proporzionale alla dimensione campionaria. Gli studi con maggiore precisione si collocano nella parte superiore del grafico, mentre ciascun punto rappresenta un singolo studio incluso nella metanalisi. In questo caso, la distribuzione appare complessivamente simmetrica attorno all'effetto medio, ma evidenzia l'assenza di studi di piccole dimensioni con effetti nulli o favorevoli all'intervento, verosimilmente legata al numero limitato di studi disponibili.

Infine, per migliorare la robustezza inferenziale e il controllo delle fonti di variabilità sistematica, gli studi sono stati organizzati in cluster analitici sulla base di caratteristiche condivise (come ad esempio tipo di dispositivo, tipo di outcome), consentendo analisi stratificate e confronto tra sottogruppi.

Le misure di effetto originariamente riportate nei singoli studi includono Risk Ratio (RR), Relative Risk, Rate Ratio, Odds Ratio e Index of Effectiveness. Al fine di garantire coerenza metrica e confrontabilità all'interno della sintesi quantitativa, tutte le misure riconducibili a un rapporto di rischio (Risk Ratio, RR) sono state convertite in logaritmo naturale (lnRR). Per gli studi che hanno adottato un Odds Ratio, è stata applicata una trasformazione approssimata in Risk Ratio, assumendo un rischio di base dell'evento pari al 10%, in linea con quanto proposto da Deeks et al. (2024). Le misure meno standardizzate, come l'Index of Effectiveness, sono state valutate caso per caso e convertite solo laddove fosse possibile ricostruire la corrispondenza con misure di rischio. L'intero processo di normalizzazione è stato condotto per consentire l'aggregazione metanalitica su scala logaritmica.

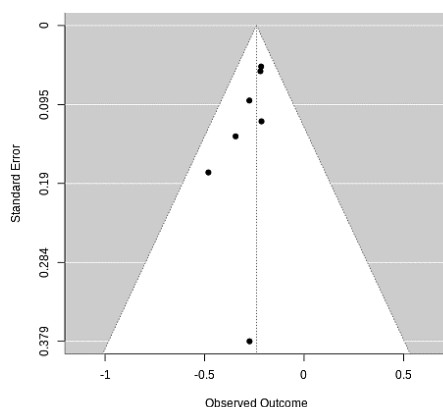


Figura 6 Funnel plot: Speed Camera (F-M) vs. Scontri con KSI (7 studi).

Risultati tratti dalla metanalisi

I grafici in Tabella 2 forniscono una rappresentazione dettagliata della distribuzione degli studi inclusi nella revisione in relazione ai tre principali esiti di sicurezza stradale: riduzione degli scontri totali, degli scontri con feriti e degli scontri con esiti gravi (KSI). Per ciascun outcome, sono stati classificati gli studi in base alla tipologia di sistema automatico di controllo analizzato (*speed camera* fissa (SC-F), *speed camera* mobile (SC-M), *red light camera* (SC-RLC), controllo della velocità media (SC-AS)), al continente di appartenenza del contesto di applicazione, all'anno di pubblicazione e alla rivista scientifica in cui lo studio è stato pubblicato. Si osserva una concentrazione degli studi sulla riduzione degli scontri con feriti, per la quale si registrano 18 contributi, a fronte dei 15 per la riduzione degli scontri totali e dei 9 per gli eventi con esiti KSI. L'eterogeneità osservata nei dispositivi analizzati e nei contesti geografici conferma la varietà dei quadri operativi e normativi in cui i sistemi automatici sono stati implementati, giustificando l'approccio stratificato adottato nelle analisi successive.

Per quanto riguarda la qualità editoriale, gli articoli inclusi sono stati pubblicati in un'ampia gamma di riviste scientifiche specialistiche in ambito trasporti, salute pubblica, sicurezza stradale ed epidemiologia. **Complessivamente, le riviste di pubblicazione dei 30 studi considerati per questa fase del lavoro appartengono in prevalenza a sedi editoriali di elevata qualità: 20 articoli sono apparsi su riviste classificate nel primo quartile (Q1), 9 su riviste in Q2 e uno solo su una rivista con indicatore di livello inferiore ai precedenti.** Questo dato rafforza l'affidabilità metodologica e la rilevanza scientifica del corpus analizzato, sostenendo la solidità delle inferenze derivate.

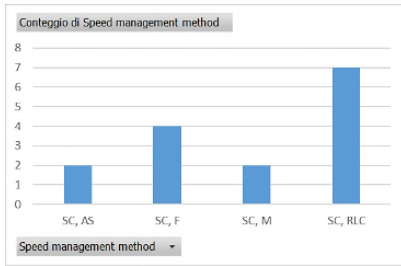
In termini temporali, la distribuzione degli studi si estende dal 2001 al 2020, con una maggiore concentrazione nel periodo compreso tra il 2010 e il 2015, durante il quale sono stati pubblicati 13 studi (pari a oltre il 40% del totale). La massima numerosità si osserva nel 2014, con 4 contributi. Questa dinamica temporale suggerisce un interesse crescente nella prima metà del decennio 2010, verosimilmente legato all'introduzione o all'espansione di programmi di controllo in diversi Paesi. La presenza di studi più datati (anni 2001–2005) richiede tuttavia un'attenta considerazione in fase di sintesi, poiché tali contributi potrebbero riferirsi a contesti operativi e tecnologici potenzialmente non più attuali, con possibili limiti di trasferibilità.

La classificazione degli studi in base al contesto di applicazione (*setting*) consente di valutare la rappresentatività ambientale delle evidenze disponibili. **La maggior parte dei contributi è riferita a contesti urbani**, con 18 studi (18/30, 60% del totale) condotti esclusivamente in ambiente cittadino. Altri 3 studi combinano ambienti urbani con aree rurali o extraurbane, confermando una maggiore attenzione alle zone ad alta densità di traffico e complessità infrastrutturale. Contesti autostradali (4 studi), tratti di circonvallazione (strade tipo C) (2 studi) e rurali (3 studi) risultano meno rappresentati, segnalando una tendenza prevalente a concentrare le valutazioni di efficacia dei sistemi automatici di enforcement in aree a maggiore densità di traffico, infrastrutture complesse e presenza di utenti vulnerabili.

Tra i lavori primari inclusi nelle revisioni sistematiche considerate, si segnala la presenza di un contributo italiano, rappresentato dallo studio di Montella et al. (2015). La ricerca, svolta sulla Tangenziale di Napoli A56, ha valutato l'efficacia dei sistemi di rilevamento della velocità media, rilevando una riduzione media del 32% degli scontri totali. Inoltre, è stata osservata una riduzione statisticamente significativa del 21% anche nei tratti in cui il sistema non risultava attivo, a conferma di un effetto indiretto del dispositivo.

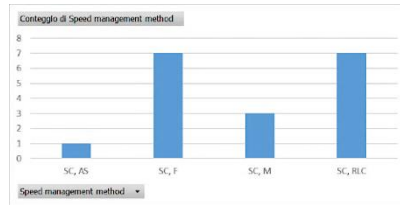
Tabella 2 Classificazione degli studi in base all'esito, tipo di controllo, area geografica, datazione e rivista scientifica.

Numero di studi [15] inerenti la
Riduzione degli Scontri per



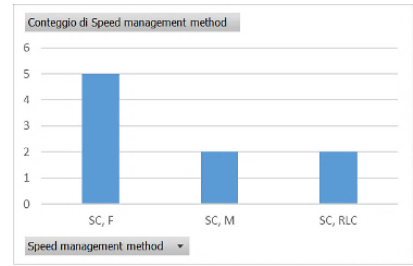
a)

Numero di studi [18] inerenti la
Riduzione degli Scontri con Feriti per



b)

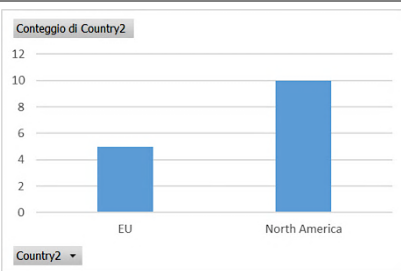
Numero di studi [9] inerenti la
Riduzione degli Scontri con KSI per



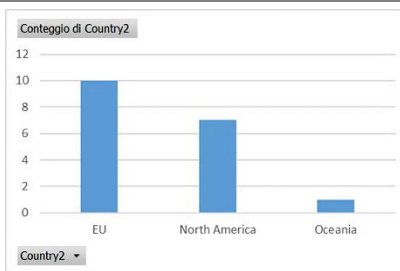
c)

Tipologia di enforcement

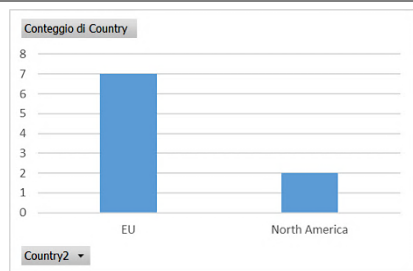
LEGENDA: SC, F: Speed Camera, Fissa; SC, M: Speed Camera, Mobile; SC, RLC: Speed Camera, Red Light Camera; SC, AS: Speed Camera, Velocità Media



d)

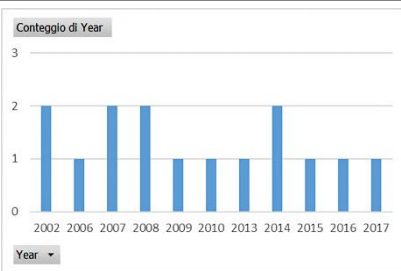


e)

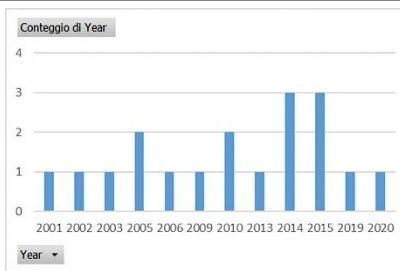


f)

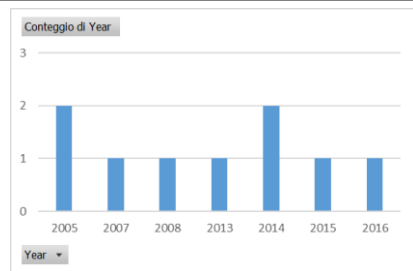
Continente



g)

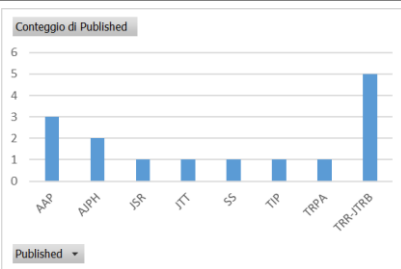


h)

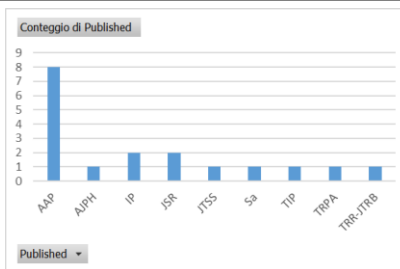


i)

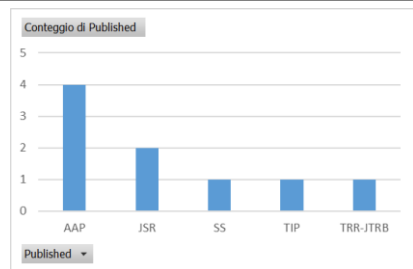
Anno di pubblicazione



l9



m)



n)

Rivista Scientifica

LEGENDA:

AAP: Accident Analysis and Prevention; **AJPH:** American Journal of Public Health; **IP:** Injury Prevention; **JSR:** Journal of Safety Research; **JTSS:** Journal of Transportation Safety and Security; **JTT:** Journal of Transportation Technologies; **SA:** Safety; **SS:** Safety Science; **TIP:** Traffic Injury Prevention; **TRPA:** Transportation Research Part A: Policy and Practice; **TRR-JTRB:** Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board.

Tabella 3 Sintesi dei risultati meta-analitici per tipo di dispositivo e classe di esito stradale.

Outcome	Tipologia di Speed Camera					
	SC_ALL	SC_F-M-AS	SC_F-M	SC_F	SC_RLC	
Tutti gli scontri (All_Crashes)	Dimensione campione	15	8	6	4	7
	Modello	Random-DL	Random-DL	Random-DL	Random-DL	Random-DL
	I ²	94.0%	83.0%	83.5%	88.5%	96.5%
	p-value	<.0001	<.0001	0.0003	0.0171	0.2192
	ln(RR)	-0.1807	-0.2824	-0.2660	-0.3592	-0.0856
	ln(RR) - range	-0.2658, -0.0956	-0.4036, -0.1612	-0.4101, -0.1220	-0.6544, -0.0640	-0.2221, +0.0509
	SE - ln(RR)	0.0434	0.0618	0.0735	0.1506	0.0697
	RR	0.835	0.75	0.77	0.70	0.92
	RR - range	0.76, 0.90	0.67, 0.85	0.66, 0.8	0.5, 0.94	0.92, 0.80
	Riduzione - media	-16,5%	-25,0%	-23,0%	-30,0%	-8,0%
Riduzione - range	-10%, -24%	-15%, -33%	-20%, -34%	-6%, -50%	-8%, -20%	
Scontri con Feriti (Injury Crashes)	Dimensione campione	18	11	10	7	7
	Modello	Random-DL	Random-DL	Random-DL	Random-DL	Random-DL
	I ²	92.0%	73.0%	73.0%	65.0%	96.0%
	p-value	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.2858
	ln(RR)	-0.2571	-0.3344	-0.3210	-0.3418	-0.1211
	ln(RR) - range	-0.3676, -0.1466	-0.4255, -0.2433	-0.4152, -0.2268	-0.4501, -0.2335	-0.3435, -0.1013
	SE - ln(RR)	0.0564	0.0465	0.0480	0.0553	0.1135
	RR	0.77	0.72	0.73	0.71	0.89
	RR - range	0.69, 0.86	0.65, 0.79	0.66, 0.79	0.64, 0.79	0.71, 0.90
	Riduzione - media	-23,0%	-28,0%	-27,0%	-29,0%	-11,0%
Riduzione - range	-14%, -31%	-21%, -35%	-21%, -34%	-21%, -36%	-10%, -29%	
Scontri con feriti gravi o mortali (KSI Crashes)	Dimensione campione	9	0	7	5	2
	Modello	Random-DL	-	Fixed	Fixed	-
	I ²	27.6%	-	0.0%	0.0%	-
	p-value	<.0001	-	<.0001	<.0001	-
	ln(RR)	-0.1998	-	-0.2393	-0.2256	-
	ln(RR) - range	-0.2622, -0.1375	-	-0.3001, -0.1786	-0.2914, -0.1597	-
	SE - ln(RR)	0.0318	-	0.0310	0.0336	-
	RR	0.82	-	0.79	0.80	-
	RR - range	0.77, 0.87	-	0.74, 0.83	0.75, 0.85	-
	Riduzione - media	-18,0%	-	-21,0%	-20,0%	-
Riduzione - range	-13%, -23%	-	-17%, -26%	-15%, -25%	-	

Legenda:

SC_F: Speed Camera, Fissa; **SC_M:** Speed Camera, Mobile; **SC_RLC:** Speed Camera, Red Light Camera; **SC_AS:** Speed Camera, Velocità Media;

SC_ALL: tutte le tipologie; **SC_F-M-AS:** tipologie Fissa-Mobile-Velocità Media; **SC_F-M:** tipologie Fissa-Mobile;

RR - Risk Ratio; **Ln:** logaritmo naturale; **Modello:** tipo modello statistico usato; **SE:** Errore Standard; **I²:** indice di eterogeneità;

Influenza delle Speed Camera sugli Scontri Stradali

Le Tabella 3 e Tabella 4 riportano i risultati dell'analisi condotta sul sottoinsieme relativo a tutti gli scontri stradali, indipendentemente dall'esito (codificato come *All_Crashes*), e riferita all'insieme complessivo delle tipologie di Speed Camera (codificato come *SC_All*). L'analisi, condotta con un modello a effetti casuali (DL, DerSimonian-Laird), ha incluso 15 studi riguardanti tutte le categorie di speed camera (SC_F, SC_M, SC_AS, SC_RLC).

Il risultato è una stima aggregata dell'effetto (ln-RR) pari a -0,1807 (SE = 0,0434; p < 0,0001), che corrisponde a una riduzione media stimata del numero di scontri pari al 16,5% (RR ≈ 0,83; IC 95%: 0,77-0,91). L'elevata eterogeneità tra gli studi (I² = 93,82%) suggerisce che l'effetto medio debba essere interpretato come una distribuzione di effetti eterogenei. L'analisi del funnel plot ha indicato una possibile asimmetria (z = -2,38; p = 0,0173), con un valore limite che include lo zero (b = 0,0095; IC 95%: -0,1724, 0,1914), suggerendo un possibile, seppur contenuto, bias di pubblicazione.

Considerazioni analoghe valgono per il sottoinsieme **Speed Camera Fisse, Mobile e Velocità media (SC_F-M-AS)** ($n = 8$), che ha restituito una stima (ln-RR) di $-0,2824$ ($SE = 0,0618$; $p < 0,0001$), traducibile in una riduzione stimata del 25% ($RR \approx 0,75$; IC 95%: $0,67-0,85$), a fronte di una eterogeneità pari a $I^2 = 83,0\%$. Anche in questo caso è stata rilevata un'asimmetria del funnel plot ($z = -2,39$; $p = 0,0167$), con una stima limite ($b = -0,0050$; IC 95%: $-0,2478, 0,2379$) che include lo zero.

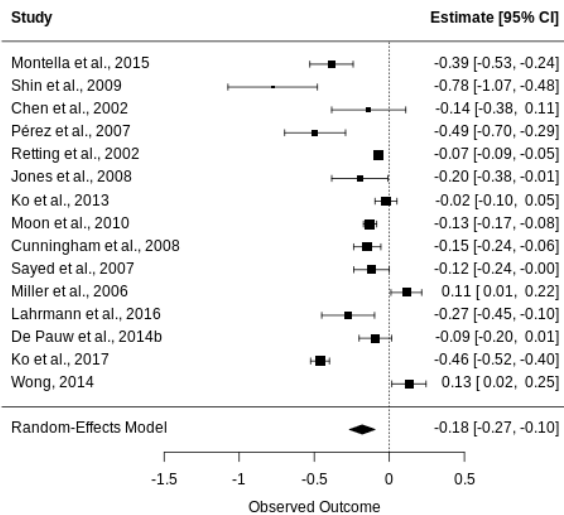
Per il sottoinsieme delle **Speed Camera Fisse&Mobili (SC_F-M)**, basata su **6 studi** ($K = 6$), la stima dell'effetto aggregato (ln-RR) è risultata pari a $-0,2660$ ($SE = 0,0735$; $p = 0,0003$), corrispondente a una riduzione del 23% (**$RR \approx 0,77$; IC 95%: $0,66-0,89$**), con $I^2 = 83,51\%$ e segnale di asimmetria al funnel plot ($z = -2,27$; $p = 0,0233$). Anche in questo caso, la stima limite include lo zero ($b = 0,0292$; IC 95%: $-0,2540, 0,3123$), per cui è raccomandata una particolare cautela nell'interpretazione.

La stima relativa alle sole **Speed Camera Fisse (SC_F)**, basata su **4 studi** ($k = 4$), ha evidenziato una riduzione media stimata del 30% (**$RR \approx 0,70$; IC 95%: $0,52-0,94$** ; effetto (ln-RR) = $-0,3592$; $SE = 0,1506$; $p = 0,0171$), con un'eterogeneità stimata pari a $I^2 = 88,55\%$ e nessun segnale significativo di asimmetria ($z = -1,48$; $p = 0,1379$ – con $p > 0,05$ si accetta l'ipotesi nulla (H_0) ovvero assenza di asimmetria), suggerendo che non vi sia evidenza sistematica di bias di pubblicazione all'interno di questo sottoinsieme.

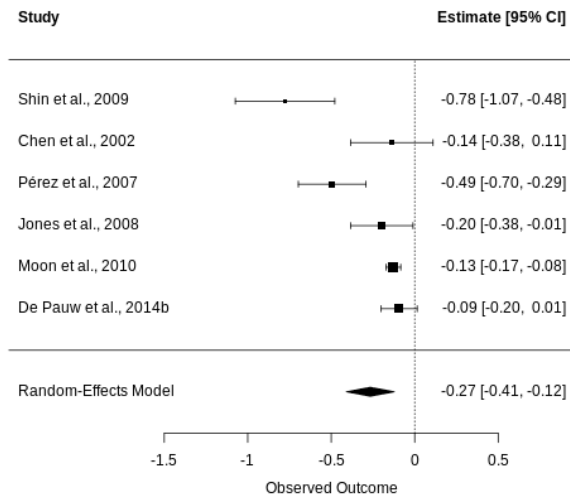
Infine, nel sottoinsieme delle **Red-Light Camera (SC_RLC)** basato su 7 studi ($k = 7$), l'effetto aggregato ($-0,0856$; $SE = 0,0697$; $p = 0,2192$) non ha raggiunto la significatività statistica ($RR \approx 0,92$; IC 95%: $0,80-1,05$), in presenza di un'eterogeneità molto elevata ($I^2 = 96,51\%$). Anche in questo caso il funnel plot non ha mostrato segnali statisticamente significativi di bias di pubblicazione ($z = 0,73$; $p = 0,4649$). Una stima limite che include ampiamente lo zero ($b = -0,2607$; IC 95%: $-0,7673, 0,2459$) suggerisce che l'asimmetria eventualmente presente non incide in modo sistematico sulla stima aggregata.

Nel complesso, le stime aggregate risultano statisticamente significative e coerenti con una riduzione media degli scontri nei sottogruppi F, F-M e F-M-AS, mentre non vi è evidenza di un effetto protettivo statisticamente significativo nel caso delle Red Light Camera (RLC). In tutti i sottogruppi è stata rilevata un'elevata eterogeneità, che suggerisce una lettura prudente e fortemente contestualizzata degli effetti medi stimati.

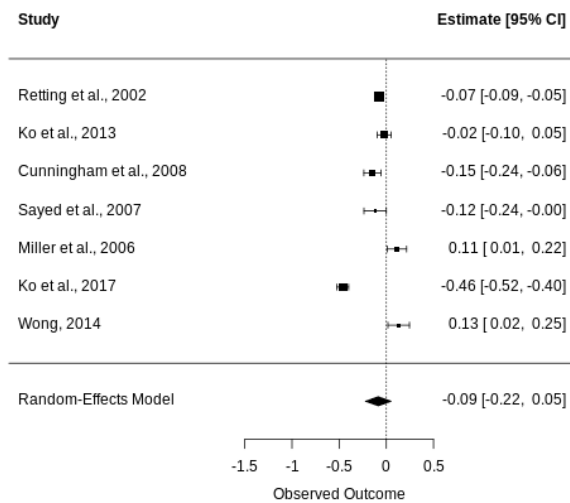
Tabella 4 Influenza delle Speed Camera sugli Scontri Stradali (Observed Outcome: $\ln(RR)$)



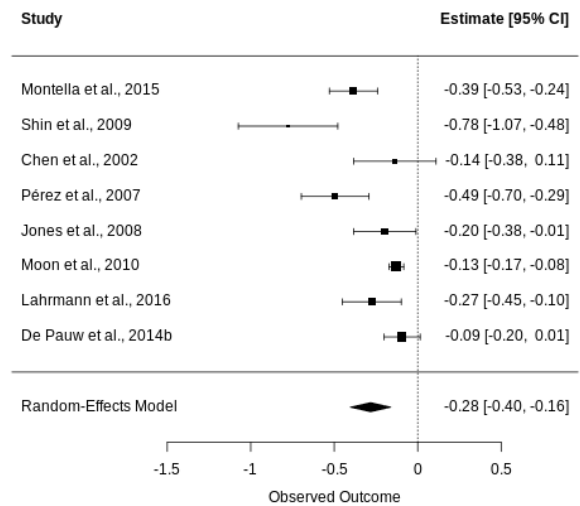
a) Influenza delle Speed Camera (tipologia ALL) sugli Scontri Stradali (15 studi)



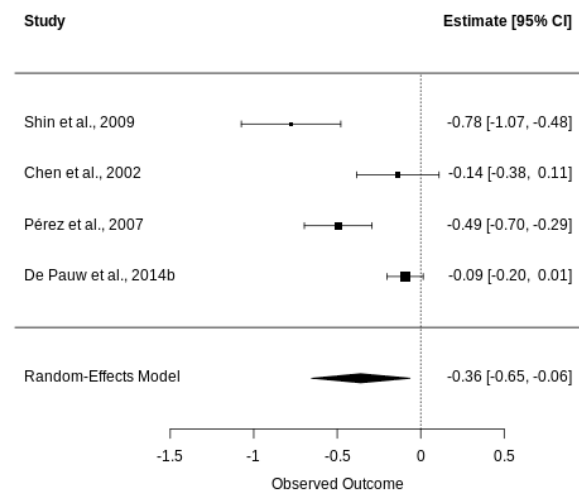
c) Influenza delle Speed Camera (tipologia F-M) sugli Scontri Stradali (6 studi)



e) Influenza delle Speed Camera (tipologia RLC) sugli Scontri Stradali (7 studi)



b) Influenza delle Speed Camera (tipologia F-M-AS) sugli Scontri Stradali (8 studi)



d) Influenza delle Speed Camera (tipologia F) sugli Scontri Stradali con Feriti (4 studi)

Influenza delle Speed Camera sugli Scontri Stradali con Feriti, Feriti Gravi e Morti

L'analisi condotta sul sottoinsieme "Injury Crashes" (Tabella 3 e Tabella 5) per tutte le tipologie di *Speed Camera* (**SC_All**), basata su **18 studi** ($k = 18$), ha restituito, mediante modello a effetti casuali (DL), una stima aggregata dell'effetto (ln-RR) pari a $-0,2571$ ($SE = 0,0564$; $p < 0,0001$), corrispondente a una riduzione media stimata del 23% (**RR $\approx 0,77$; IC 95%: 0,69–0,86**). L'eterogeneità è risultata molto elevata ($I^2 = 91,96\%$), a conferma della forte variabilità inter-studio ($Q = 211,32$; $p < 0,0001$). Il test di funnel plot ha rilevato una possibile asimmetria ($z = -3,07$; $p = 0,0022$), sebbene la stima limite ottenuta dalla regressione ($b = 0,0077$; IC 95%: $-0,1957, 0,2110$) includa lo zero, suggerendo un effetto contenuto del potenziale bias di pubblicazione.

Risultati analogamente significativi sono stati osservati per il sottoinsieme **SC_F-M-AS** ($n = 11$), in cui l'effetto aggregato è risultato pari a $-0,3344$ ($SE = 0,0465$; $p < 0,0001$), traducibile in una riduzione media stimata del 28% (**RR $\approx 0,72$; IC 95%: 0,65–0,79**). L'eterogeneità tra gli studi è risultata marcata ($I^2 = 72,95\%$) e il funnel plot ha indicato asimmetria ($z = -2,96$; $p = 0,0031$), con una stima limite che include lo zero ($b = -0,1028$; IC 95%: $-0,2631, 0,0575$).

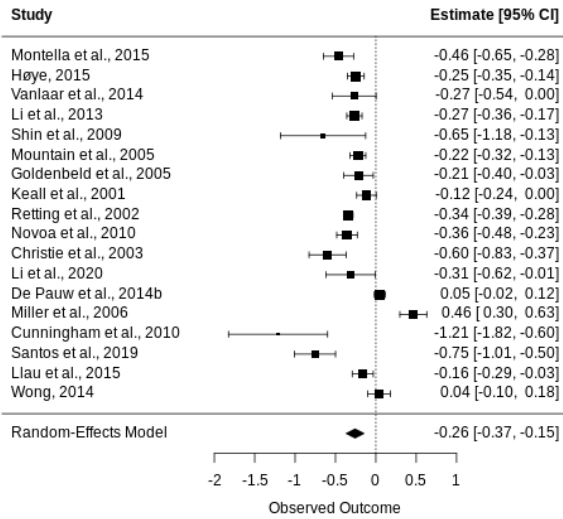
Per il sottoinsieme delle **Speed Camera Fisse e Mobili (SC_F-M)**, $n = 10$, la stima aggregata (ln-RR = $-0,3210$; $SE = 0,0480$; $p < 0,0001$) corrisponde a una riduzione stimata del 27% degli scontri con feriti (**RR $\approx 0,73$; IC 95%: 0,66–0,79**), in presenza di un'eterogeneità pari a $I^2 = 72,90\%$. Anche in questo caso il test per asimmetria è risultato significativo ($z = -2,80$; $p = 0,0051$), mentre la stima limite ($b = -0,1024$; IC 95%: $-0,2651, 0,0604$) ha incluso lo zero, suggerendo un possibile ma contenuto effetto del bias.

Il sottoinsieme relativo alle sole **Speed Camera Fisse (SC_F)** ha incluso 7 studi ($k = 7$), restituendo una stima aggregata pari a $-0,3418$ ($SE = 0,0553$; $p < 0,0001$), traducibile in una riduzione media stimata del 29% (**RR $\approx 0,71$; IC 95%: 0,64–0,79**), con eterogeneità moderata ma significativa ($I^2 = 64,75\%$). Anche in questo caso è stato rilevato un segnale di asimmetria del funnel plot ($z = -1,99$; $p = 0,0467$), con stima limite marginalmente non significativa ($b = -0,1683$; IC 95%: $-0,3534, 0,0167$).

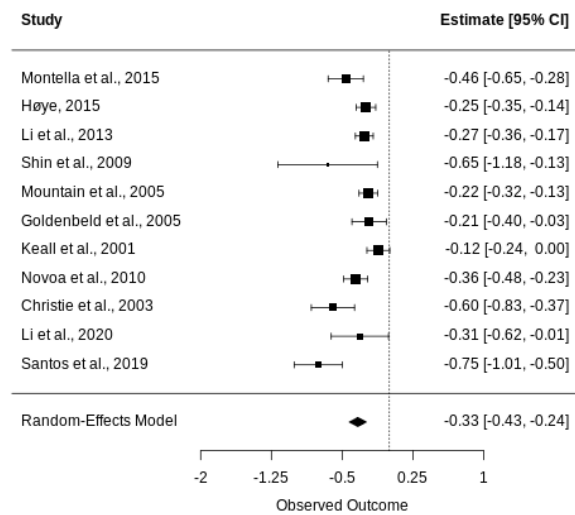
Infine, l'analisi delle **Red Light Camera (SC_RLC)**, condotta su 7 studi ($k = 7$), ha restituito una stima aggregata pari a $-0,1211$ ($SE = 0,1135$; $p = 0,2858$), non statisticamente significativa (**RR $\approx 0,89$; IC 95%: 0,71–1,11**), a fronte di un'eterogeneità molto elevata ($I^2 = 95,97\%$). Il test di asimmetria è risultato significativo ($z = -2,26$; $p = 0,0240$), ma il limite stimato dalla regressione include lo zero ($b = 0,1945$; IC 95%: $-0,1689, 0,5578$), suggerendo un'asimmetria non sistematica.

Nel complesso, le stime relative ai sottogruppi SC_All, SC_F-M-AS, SC_F-M e SC_F risultano statisticamente significative e compatibili con una riduzione media degli scontri con lesioni. Tuttavia, in tutti i casi è stata osservata un'elevata eterogeneità e, con l'eccezione parziale del gruppo SC_F, segnali di possibile asimmetria del funnel plot. Tali risultati rafforzano la necessità di una lettura prudente e contestualizzata delle evidenze disponibili. Al contrario, per le Red Light Camera (SC_RLC) non si rileva un effetto medio significativo, e l'elevata eterogeneità riduce ulteriormente l'affidabilità della stima.

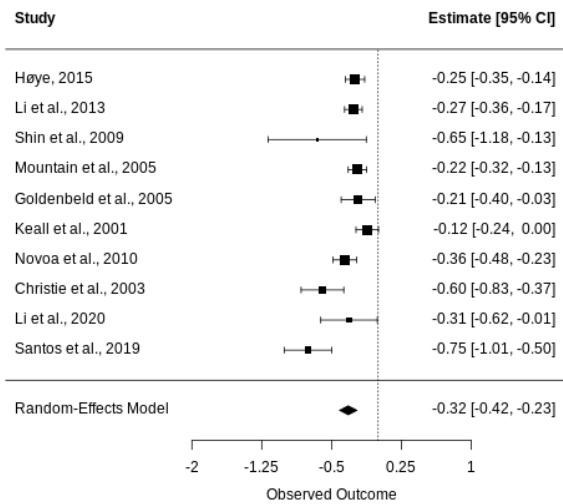
Tabella 5 Influenza delle Speed Camera sugli Scontri Stradali con Feriti (Observed Outcome: $\ln(RR)$)



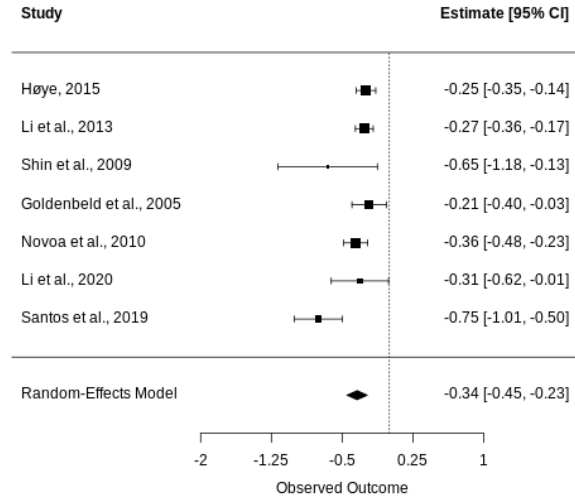
a) Influenza delle Speed Camera (tipologia ALL) sugli Scontri Stradali con Feriti (18 studi)



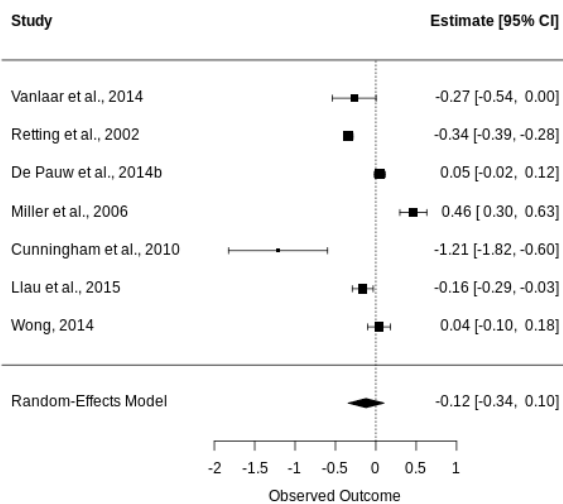
b) Influenza delle Speed Camera (tipologia F-M-AS) sugli Scontri Stradali con Feriti (11 studi)



c) Influenza delle Speed Camera (tipologia F-M) sugli Scontri Stradali con Feriti (10 studi)



d) Influenza delle Speed Camera (tipologia F) sugli Scontri Stradali con Feriti (7 studi)



e) Influenza delle Speed Camera (tipologia RLC) sugli Scontri Stradali con Feriti (7 studi)

Influenza delle Speed Camera sugli Scontri Stradali con Feriti Gravi o Decessi

La Tabella 3 e la Tabella 6 presentano i risultati dell'analisi condotta sul sottogruppo degli scontri stradali con esiti gravi o mortali (codificati come KSI: *Killed or Seriously Injured*) in relazione ai seguenti raggruppamenti di Speed Camera: SC_ALL (tutte le tipologie), SC_F-M (fisse e mobili) e SC_F (solo fisse). Sono invece escluse dall'analisi le categorie SC_F-M-AS (fisse, mobili e a velocità media) e SC_RLC (photo-red), poiché i dati primari non riportavano informazioni specifiche su questo outcome.

L'analisi riferita alla categoria **Speed Camera All (SC_All)** ha incluso **9 studi** ($k = 9$) e ha restituito, mediante modello a effetti casuali (DL), una stima aggregata dell'effetto (ln-RR) pari a $-0,1998$ ($SE = 0,0318$; $p < 0,0001$), corrispondente a una riduzione media stimata del 18% (**RR $\approx 0,82$; IC 95%: 0,77–0,87**). L'eterogeneità tra gli studi è risultata contenuta ($I^2 = 27,57\%$), con un test Q non significativo ($Q = 11,05$; $df = 8$; $p = 0,1991$), a indicare che la variabilità osservata può essere attribuita prevalentemente al caso. L'analisi del funnel plot ha evidenziato un segnale marginale di asimmetria ($z = -1,98$; $p = 0,0473$), con una stima limite che include appena lo zero ($b = -0,0965$; IC 95%: $-0,1984, 0,0053$), suggerendo un possibile ma contenuto rischio di bias di pubblicazione.

Per il sottoinsieme **Speed Camera Fisse e Mobili (SC_F-M)**, composto da **7 studi** ($k = 7$), il modello a effetti fissi è risultato appropriato, in assenza di eterogeneità ($I^2 = 0,00\%$; $Q = 3,07$; $df = 6$; $p = 0,7996$). La stima aggregata (ln-RR = $-0,2393$; $SE = 0,0310$; $p < 0,0001$) corrisponde a una riduzione media stimata del 21% degli scontri con esiti gravi (**RR $\approx 0,79$; IC 95%: 0,74–0,84**). Il test di asimmetria del funnel plot non ha rilevato segnali significativi ($z = -1,21$; $p = 0,2269$), e la stima limite ($b = -0,1734$; IC 95%: $-0,2963, -0,0505$) risulta coerente con un'assenza sistematica di distorsioni da pubblicazione.

Analogamente, per la categoria relativa alle sole **Speed Camera Fisse (SC_F)**, che comprende **5 studi** ($k = 5$), l'analisi è stata condotta con modello a effetti fissi, in presenza di perfetta omogeneità tra le stime ($I^2 = 0,00\%$; $Q = 0,87$; $df = 4$; $p = 0,9284$). La stima aggregata dell'effetto (ln-RR = $-0,2256$; $SE = 0,0336$; $p < 0,0001$) indica una riduzione media del 20% (**RR $\approx 0,80$; IC 95%: 0,75–0,85**). Anche in questo caso non è stata rilevata asimmetria significativa ($z = -0,53$; $p = 0,5930$), con una stima limite negativa ($b = -0,1948$; IC 95%: $-0,3253, -0,0644$) che rafforza la solidità dell'effetto medio stimato.

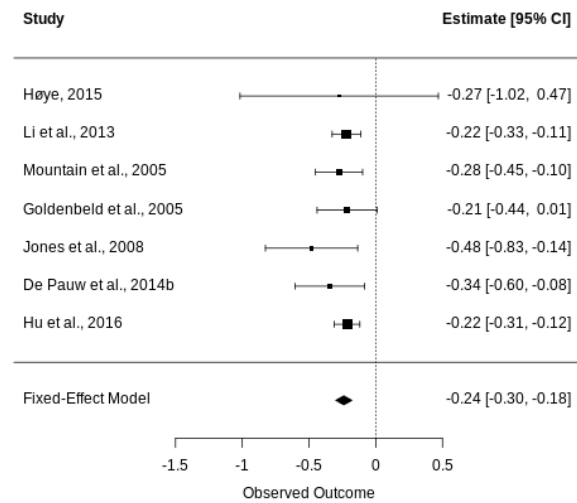
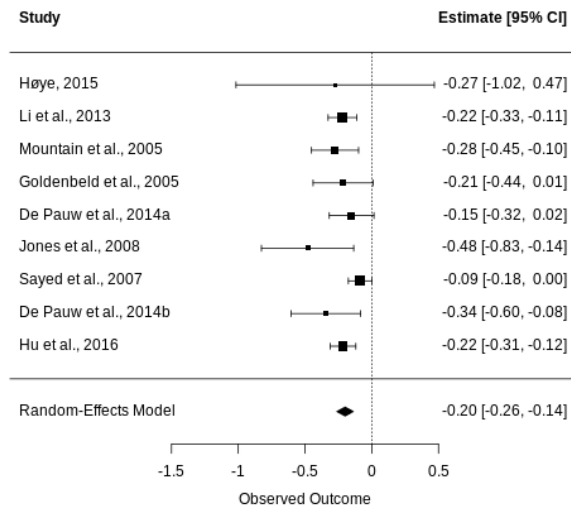
Nel complesso, le stime aggregate nei sottogruppi SC_All, SC_F-M e SC_F risultano statisticamente significative e coerenti con una riduzione degli scontri con esiti gravi o mortali (KSI), in un contesto metodologicamente robusto. L'eterogeneità limitata o assente e i segnali contenuti di asimmetria suggeriscono che gli effetti medi siano interpretabili con maggiore affidabilità rispetto ad altri ambiti più eterogenei.

Conclusioni preliminari tratte dalla metanalisi

Nel complesso, le evidenze sintetizzate nelle tre sezioni della metanalisi (All Crashes, Injury Crashes e KSI Crashes) indicano una chiara associazione tra l'impiego delle Speed Camera e la riduzione degli scontri stradali, con effetti protettivi statisticamente significativi nei principali sottogruppi analizzati. La riduzione media stimata delle collisioni varia tra il 16,5% e il 30%, risultando più marcata nei sottogruppi che includono Speed Camera Fisse e Mobili (SC_F, SC_F-M, SC_F-M-AS), in tutte le tipologie di esito analizzate (totali, con feriti, con esiti gravi o mortali). In particolare, **l'effetto protettivo risulta metodologicamente più affidabile nella casistica con esiti gravi (KSI)**, dove l'eterogeneità tra gli studi è risultata contenuta ($I^2 \leq 27,6\%$) e i segnali di asimmetria limitati o assenti, confermando una maggiore stabilità delle stime. Al contrario, i sottogruppi relativi alle Red-Light Camera (SC_RLC) non hanno mostrato effetti significativi in alcun ambito, con stime imprecise, ampia eterogeneità ($I^2 \geq 95\%$) e funnel plot potenzialmente asimmetrici. L'elevato livello di eterogeneità riscontrato in molti sottogruppi, unito alla presenza ricorrente di segnali di asimmetria del funnel plot (spesso con stime limite che includono lo zero), suggerisce la necessità di una lettura prudente e fortemente contestualizzata degli effetti medi stimati, specie in assenza di omogeneità tra gli studi. In sintesi, le Speed Camera si confermano associate a una riduzione statisticamente significativa degli scontri stradali, in particolare quelli con esiti gravi,

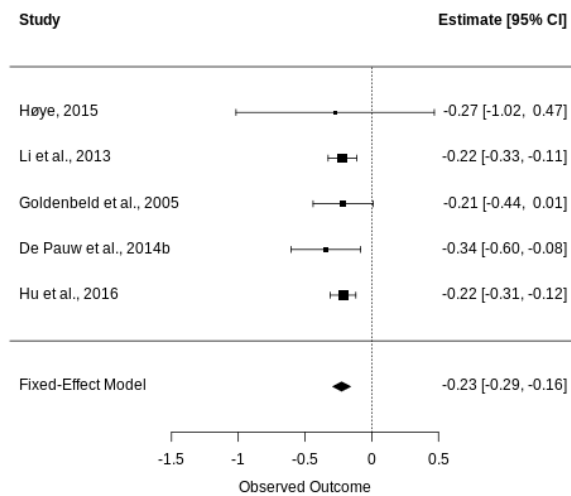
sebbene la consistenza dell'effetto vari sensibilmente in funzione della tipologia di dispositivo, dell'outcome analizzato e dell'eterogeneità metodologica tra gli studi considerati.

Tabella 6 Influenza delle Speed Camera sugli Scontri Stradali con Feriti Gravi o Decessi (KSI) (Observed Outcome: $\ln(RR)$)



a) Influenza delle Speed Camera (tipologia ALL) sugli Scontri Stradali con KSI (9 studi)

b) Influenza delle Speed Camera (tipologia F-M) sugli Scontri Stradali con KSI (7 studi)



c) Influenza delle Speed Camera (tipologia F) sugli Scontri Stradali con KSI (5 studi)

Conclusioni

Le evidenze disponibili, derivate sia dalle revisioni sistematiche sia dalla metanalisi dei singoli studi primari, indicano nel complesso un'associazione favorevole tra l'impiego dei sistemi automatici di controllo della velocità e la riduzione degli scontri stradali, in particolare di quelli con esiti gravi o mortali.

L'analisi delle revisioni sistematiche ha riportato stime tendenzialmente positive, con riduzioni comprese tra il 5% e il 70%. Tuttavia, **tali stime sono accompagnate da una marcata variabilità, legata a differenze nei disegni di studio, nei contesti temporali e nelle modalità di attuazione dei sistemi di controllo.** Molti degli studi esaminati si riferiscono a scenari operativi non più attuali o impiegano approcci metodologici eterogenei, limitando la trasferibilità dei risultati. Ulteriori fonti di variabilità derivano dai criteri di inclusione, dalla qualità dei dati e dalle definizioni adottate per gli esiti. Sebbene le sintesi convergano verso effetti benefici, l'eterogeneità metodologica e il rischio di bias di pubblicazione impongono una lettura prudente dei risultati. Si conferma, inoltre, la necessità di aggiornare le stime periodicamente, utilizzando dati più recenti e studi condotti secondo standard rigorosi.

Questo quadro è confermato anche dalla metanalisi dei singoli studi primari. Un caso indicativo è rappresentato dai sistemi photo-red (Red Light Camera, RLC): la metanalisi evidenzia un'elevata eterogeneità tra gli studi e segnali consistenti di bias di pubblicazione, tali da non consentire conclusioni statisticamente solide. In queste condizioni, gli effetti aggregati devono essere interpretati con la massima cautela.

Per contro, le tipologie di Speed Camera "Fisse" (SC_F), "Fisse e Mobili" (SC_F-M) e "Fisse, Mobili e a Velocità Media" (SC_F-M-AS) mostrano una riduzione media degli scontri, indipendentemente dalla gravità, compresa tra il 23% e il 30%, con il valore più elevato associato ai dispositivi fissi (30%).

Con riferimento agli scontri con feriti e a quelli con esiti gravi o mortali, gli effetti appaiono ancora più consistenti. Nel primo caso, la riduzione media stimata si colloca tra il 27% e il 29%. Nel secondo, le stime oscillano tra il 20% e il 21%, con una variabilità compresa tra il 15% e il 26%. In entrambi i casi, la variabilità tra gli studi è contenuta o assente e i segnali di bias di pubblicazione sono meno rilevanti.

Tuttavia, nel caso degli esiti gravi o mortali, va segnalata una criticità metodologica: il numero di studi disponibili per questa categoria è inferiore a dieci, e ciò limita la possibilità di escludere con certezza la presenza di un bias di pubblicazione. Di conseguenza, si auspica di ripetere lo studio nei prossimi anni sperando in un ampliamento della base empirica su cui si fonda.

In sintesi, i risultati finora disponibili sostengono in modo coerente l'efficacia dei sistemi automatici di rilevazione della velocità, in particolare nelle configurazioni fisse e mobili e in relazione agli esiti più gravi. È tuttavia necessario mantenere un atteggiamento prudente riguardo l'entità di tale effetto positivo. Tale entità degli effetti osservati dipende dalla quantità e dalla qualità degli studi disponibili e potrà essere ricalibrata alla luce delle evidenze future.

Bibliografia

DG-Move, 2025. European Commission- Directorate-General for Mobility and Transport (MOVE) (demo_gind, tran_sf_roadro). https://doi.org/10.2908/SDG_11_40.

Deeks et al., 2024. Deeks JJ, Higgins JPT, Altman DG, McKenzie JE, Veroniki AA (editors). Chapter 10: Chapter 10: Analysing data and undertaking meta-analyses [last updated November 2024]. In: Higgins JPT, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, Welch VA (editors). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* version 6.5. Cochrane, 2024. Available from cochrane.org/handbook.

EC, 2021. European Commission (2021) Road safety thematic report – Speeding. European Road Safety Observatory. Brussels, European Commission, Directorate General for Transport.

EC, 2025a. Many drivers exceed the speed limit. Website: [Road-safety.transport.ec.europa.eu](http://road-safety.transport.ec.europa.eu). https://road-safety.transport.ec.europa.eu/eu-road-safety-policy/priorities/safe-road-use/safe-speed/archive/speeding/many-drivers-exceed-speed-limit_en (consultato il 23/06/2025).

EC, 2025b. Speed and road safety. Website: [Road-safety.transport.ec.europa.eu](http://road-safety.transport.ec.europa.eu). https://road-safety.transport.ec.europa.eu/eu-road-safety-policy/priorities/safe-road-use/safe-speed/archive/speeding/speed-central-issue-road-safety/speed-and-road-safety_en (consultato il 23/06/2025).

EC, 2025c. Speeding. Website: [Road-safety.transport.ec.europa.eu](http://road-safety.transport.ec.europa.eu). https://road-safety.transport.ec.europa.eu/eu-road-safety-policy/priorities/safe-road-use/safe-speed/archive/speeding_en#:~:text=Speeding:%20more%20and%20more%20severe,and%20accident%20risk%20and%20severity (consultato il 23/06/2025).

Higgins et al., 2002. Higgins JP, Thompson SG. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. *Stat Med*. 2002 Jun 15;21(11):1539-58. doi: 10.1002/sim.1186. PMID: 12111919.

Holocher & Holte, 2019. Holocher, S., & Holte, H. (2019). Speeding. ESRA2 Thematic report Nr. 2. ESRA project (E-Survey of Road users' Attitudes). Bergisch Gladbach, Germany: Federal Highway Research Institute.

ISTAT, 2024. Rapporto sugli Incidenti stradali anno 2024. ACI-ISTAT. Website: <https://www.istat.it/comunicato-stampa/incidenti-stradali-in-italia-2024/>. (consultato il 25/07/2025).

Truls Vaa, 1997. Truls Vaa, Increased police enforcement: Effects on speed. *Accident Analysis & Prevention*, Volume 29, Issue 3, 1997, Pages 373-385, ISSN 0001-4575, [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(97\)00003-1](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(97)00003-1).

Revisioni Sistematiche

Aeron-Thomas et al., 2005. Aeron-Thomas AS, Hess S. Red-light cameras for the prevention of road traffic crashes. *Cochrane Database Syst Rev*. 2005 Apr 18;2005(2):CD003862. doi: 10.1002/14651858.CD003862.pub2. PMID: 15846684; PMCID: PMC6492462.

Blais et al., 2005. Etienne Blais, Benoit Dupont, Assessing the Capability of Intensive Police Programmes to Prevent Severe Road Accidents: A Systematic Review, *The British Journal of Criminology*, Volume 45, Issue 6, November 2005, Pages 914–937, <https://doi.org/10.1093/bjc/azi017>.

Cohn et al., 2020. Cohn EG, Kakar S, Perkins C, Steinbach R, Edwards P. Red light camera interventions for reducing traffic violations and traffic crashes: A systematic review. *Campbell Syst Rev*. 2020 Jun 29;16(2):e1091. doi: 10.1002/cl2.1091. PMID: 37131412; PMCID: PMC8356316.

Fisa et al., 2022. Fisa, R., Musukuma, M., Sampa, M. et al. Effects of interventions for preventing road traffic crashes: an overview of systematic reviews. *BMC Public Health* 22, 513 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12889-021-12253-y>.

Goel et al., 2024. Goel R, Tiwari G, Varghese M, Bhalla K, Agrawal G, Saini G, Jha A, John D, Saran A, White H, Mohan D. Effectiveness of road safety interventions: An evidence and gap map. *Campbell Syst Rev.* 2024 Jan 3;20(1):e1367. doi: 10.1002/cl2.1367. PMID: 38188231; PMCID: PMC10765170.

Høye, 2014. Alena Høye, Speed cameras, section control, and kangaroo jumps—a meta-analysis, *Accident Analysis & Prevention*, Volume 73, 2014, Pages 200-208, ISSN 0001-4575, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.09.001>.

Job et al., 2022. Job, S., & Brodie, C. (2022). Understanding the role of Speeding and Speed in Serious Crash Trauma: A Case Study of New Zealand. *Journal of Road Safety*, 33(1), 5–25. <https://doi.org/10.33492/JRS-D-21-00069>.

Job, 2022. Job, R.F.S. Evaluations of Speed Camera Interventions Can Deliver a Wide Range of Outcomes: Causes and Policy Implications. *Sustainability* 2022, 14, 1765. <https://doi.org/10.3390/su14031765>.

Pilkington et al., 2005. Pilkington P, Kinra S. Effectiveness of speed cameras in preventing road traffic collisions and related casualties: systematic review. *BMJ.* 2005 Feb 12;330(7487):331-4. doi: 10.1136/bmj.38324.646574.AE. Epub 2005 Jan 14. PMID: 15653699; PMCID: PMC548724.

Sadeghi et al., 2016. Sadeghi-Bazargani H, Saadati M. Speed Management Strategies; A Systematic Review. *Bull Emerg Trauma.* 2016 Jul;4(3):126-33. PMID: 27540546; PMCID: PMC4989038.

Soole et al., 2013. David W. Soole, Barry C. Watson, Judy J. Fleiter, Effects of average speed enforcement on speed compliance and crashes: A review of the literature, *Accident Analysis & Prevention*, Volume 54, 2013, Pages 46-56, ISSN 0001-4575, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.01.018>.

Thomas et al., 2008. Thomas, L. J., Srinivasan, R., Decina, L. E., & Staplin, L. (2008). Safety Effects of Automated Speed Enforcement Programs: Critical Review of International Literature. *Transportation Research Record*, 2078(1), 117-126. <https://doi.org/10.3141/2078-16>.

Vecino-Ortiz et al., 2018. Vecino-Ortiz AI, Jafri A, Hyder AA. Effective interventions for unintentional injuries: a systematic review and mortality impact assessment among the poorest billion. *Lancet Glob Health.* 2018 May;6(5):e523-e534. doi: 10.1016/S2214-109X(18)30107-4. PMID: 29653626.

Wilson et al., 2006. Wilson C, Willis C, Hendrikz JK, Bellamy N. Speed enforcement detection devices for preventing road traffic injuries. *Cochrane Database Syst Rev.* 2006 Apr 19;(2):CD004607. doi: 10.1002/14651858.CD004607.pub2. Update in: *Cochrane Database Syst Rev.* 2010 Oct 06;(10):CD004607. doi: 10.1002/14651858.CD004607.pub3. Update in: *Cochrane Database Syst Rev.* 2010 Nov 10;(11):CD004607. doi: 10.1002/14651858.CD004607.pub4. PMID: 16625608.

Wilson et al., 2010. Wilson C, Willis C, Hendrikz JK, Le Brocque R, Bellamy N. Speed cameras for the prevention of road traffic injuries and deaths. *Cochrane Database Syst Rev.* 2010 Oct 6;(10):CD004607. doi: 10.1002/14651858.CD004607.pub3. PMID: 20927736.

Studi Primari

Chen et al., 2002. Greg Chen, Wayne Meckle, Jean Wilson, Speed and safety effect of photo radar enforcement on a highway corridor in British Columbia, *Accident Analysis & Prevention*, Volume 34, Issue 2, 2002, Pages 129-138, ISSN 0001-4575, [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(01\)00006-9](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(01)00006-9).

Christie et al., 2003. Christie SM, Lyons RA, Dunstan FD, Jones SJ. Are mobile speed cameras effective? A controlled before and after study. *Inj Prev.* 2003 Dec;9(4):302-6. doi: 10.1136/ip.9.4.302. PMID: 14693888; PMCID: PMC1731028.

Cunningham et al., 2008. Cunningham, C. M., Hummer, J. E., & Moon, J.-P. (2008). Analysis of Automated Speed Enforcement Cameras in Charlotte, North Carolina. *Transportation Research Record*, 2078(1), 127-134. <https://doi.org/10.3141/2078-17>.

Cunningham et al., 2010. Cunningham, C. M., & Hummer, J. E. (2010). Evaluating the Effectiveness of Red-Light Running Camera Enforcement in Raleigh, North Carolina. *Journal of Transportation Safety & Security*, 2(4), 312–324. <https://doi.org/10.1080/19439962.2010.508868>.

De Pauw et al., 2014a. Ellen De Pauw, Stijn Daniels, Tom Brijs, Elke Hermans, Geert Wets, To brake or to accelerate? Safety effects of combined speed and red light cameras, *Journal of Safety Research*, Volume 50, 2014, Pages 59-65, ISSN 0022-4375, <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2014.03.011>.

De Pauw et al., 2014b. Ellen De Pauw, Stijn Daniels, Tom Brijs, Elke Hermans, Geert Wets, An evaluation of the traffic safety effect of fixed speed cameras, *Safety Science*, Volume 62, 2014, Pages 168-174, ISSN 0925-7535, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.07.028>.

Goldenbeld et al., 2005. harles Goldenbeld, Ingrid van Schagen, The effects of speed enforcement with mobile radar on speed and accidents: An evaluation study on rural roads in the Dutch province Friesland, *Accident Analysis & Prevention*, Volume 37, Issue 6, 2005, Pages 1135-1144, ISSN 0001-4575, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2005.06.011>.

Høye, 2015. Alena Høye, Safety effects of fixed speed cameras—An empirical Bayes evaluation, *Accident Analysis & Prevention*, Volume 82, 2015, Pages 263-269, ISSN 0001-4575, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.06.001>.

Hu et al., 2011. Wen Hu, Anne T. McCartt, Eric R. Teoh, Effects of red light camera enforcement on fatal crashes in large US cities, *Journal of Safety Research*, Volume 42, Issue 4, 2011, Pages 277-282, ISSN 0022-4375, <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2011.06.002>.

Hu et al., 2016. Hu W., McCartt AT. Effects of automated speed enforcement in Montgomery County, Maryland, on vehicle speeds, public opinion, and crashes. *Traffic Inj Prev.* 2016 Sep;17 Suppl 1:53-8. doi: 10.1080/15389588.2016.1189076. PMID: 27586103.

Jones et al., 2008. Jones AP, Sauerzapf V, Haynes R. The effects of mobile speed camera introduction on road traffic crashes and casualties in a rural county of England. *J Safety Res.* 2008;39(1):101-10. doi: 10.1016/j.jsr.2007.10.011. Epub 2008 Jan 30. PMID: 18325421.

Keall et al., 2001. Michael D Keall, Lynley J Povey, William J Frith, The relative effectiveness of a hidden versus a visible speed camera programme, *Accident Analysis & Prevention*, Volume 33, Issue 2, 2001, Pages 277-284, ISSN 0001-4575, [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(00\)00042-7](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(00)00042-7).

Ko et al., 2013. Ko, M., Geedipally, S. R., & Walden, T. D. (2013). Effectiveness and Site Selection Criteria for Red Light Camera Systems. *Transportation Research Record*, 2327(1), 53-60. <https://doi.org/10.3141/2327-07> (Original work published 2013)

Ko et al., 2017. Myunghoon Ko, Srinivas Reddy Geedipally, Troy Duane Walden, Robert Carl Wunderlich, Effects of red light running camera systems installation and then deactivation on intersection safety, *Journal of Safety Research*, Volume 62, 2017, Pages 117-126, ISSN 0022-4375, <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2017.06.010>.

Lahrmann et al., 2016. Lahrmann, H. S., Brassøe, B., Johansen, J. W., & Madsen, J. C. O. (2016). Safety Impact of Average Speed Control in the UK. *Journal of Transportation Technologies*, 6(5), 312-326. <https://doi.org/10.4236/jtts.2016.65028>.

Li et al., 2013. Haojie Li, Daniel J. Graham, Arnab Majumdar, The impacts of speed cameras on road accidents: An application of propensity score matching methods, *Accident Analysis & Prevention*, Volume 60, 2013, Pages 148-157, ISSN 0001-4575, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.08.003>.

Li et al., 2020. Haojie Li, Yingheng Zhang, Gang Ren, A causal analysis of time-varying speed camera safety effects based on the propensity score method, *Journal of Safety Research*, Volume 75, 2020, Pages 119-127, ISSN 0022-4375, <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2020.08.007>.

Llau et al., 2015. F Llau A, Ahmed NU, Khan HM, Cevallos FG, Pekovic V. The Impact of Red Light Cameras on Crashes Within Miami-Dade County, Florida. *Traffic Inj Prev.* 2015;16(8):773-80. doi: 10.1080/15389588.2015.1023896. Epub 2015 Mar 20. PMID: 25793316.

Miller et al., 2006. Miller, J. S., Khandelwal, R., & Garber, N. J. (2006). Safety Impacts of Photo-Red Enforcement at Suburban Signalized Intersections: An Empirical Bayes Approach. *Transportation Research Record*, 1969(1), 27-34. <https://doi.org/10.1177/0361198106196900104> (Original work published 2006).

Montella et al., 2015. Montella A, Imbriani LL, Marzano V, Mauriello F. Effects on speed and safety of point-to-point speed enforcement systems: evaluation on the urban motorway A56 Tangenziale di Napoli. *Accid Anal Prev.* 2015 Feb;75:164-78. doi: 10.1016/j.aap.2014.11.022. Epub 2014 Dec 5. PMID: 25482322.

Moon et al., 2010. Moon, J.-P., & Hummer, J. E. (2010). Speed Enforcement Cameras in Charlotte, North Carolina: Estimation of Longer-Term Safety Effects. *Transportation Research Record*, 2182(1), 31-39. <https://doi.org/10.3141/2182-05> (Original work published 2010).

Mountain et al., 2005. L.J. Mountain, W.M. Hirst, M.J. Maher, Are speed enforcement cameras more effective than other speed management measures?: The impact of speed management schemes on 30mph roads, *Accident Analysis & Prevention*, Volume 37, Issue 4, 2005, Pages 742-754, ISSN 0001-4575, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2005.03.017>.

Novoa et al., 2010. Novoa AM, Pérez K, Santamariña-Rubio E, Marí-Dell'Olmo M, Tobías A. Effectiveness of speed enforcement through fixed speed cameras: a time series study. *Inj Prev.* 2010 Feb;16(1):12-6. doi: 10.1136/ip.2008.021485. PMID: 20179029.

Pérez et al., 2007. Pérez K, Marí-Dell'Olmo M, Tobias A, Borrell C. Reducing road traffic injuries: effectiveness of speed cameras in an urban setting. *Am J Public Health.* 2007 Sep;97(9):1632-7. doi: 10.2105/AJPH.2006.093195. Epub 2007 Jul 31. PMID: 17666698; PMCID: PMC1963295.

Retting et al., 2002. Retting RA, Kyrychenko SY. Reductions in injury crashes associated with red light camera enforcement in oxnard, california. *Am J Public Health.* 2002 Nov;92(11):1822-5. doi: 10.2105/ajph.92.11.1822. PMID: 12406815; PMCID: PMC1447335.

Santos et al., 2019. Santos, J.N.D.C.M.d.; Carvalheira, C.d.J.G.; Picado Santos, L.G.d.; Magušić, R. Evaluation of the Speed Control Cameras in the City of Lisbon. *Safety* 2019, 5, 4. <https://doi.org/10.3390/safety5010004>.

Sayed et al., 2007. Sayed, T., & de Leur, P. (2007). Evaluation of Intersection Safety Camera Program in Edmonton, Canada. *Transportation Research Record*, 2009(1), 37-45. <https://doi.org/10.3141/2009-06> (Original work published 2007).

Shin et al., 2009. Shin K, Washington SP, van Schalkwyk I. Evaluation of the Scottsdale Loop 101 automated speed enforcement demonstration program. *Accid Anal Prev.* 2009 May;41(3):393-403. doi: 10.1016/j.aap.2008.12.011. Epub 2009 Jan 29. PMID: 19393784.

Vanlaar et al., 2014. Vanlaar W, Robertson R, Marcoux K. An evaluation of Winnipeg's photo enforcement safety program: results of time series analyses and an intersection camera experiment. *Accid Anal Prev.* 2014 Jan;62:238-47. doi: 10.1016/j.aap.2013.09.023. Epub 2013 Oct 17. PMID: 24184967.

Wong, 2014. Timothy Wong, Lights, camera, legal action! The effectiveness of red light cameras on collisions in Los Angeles, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 69, 2014, Pages 165-182, ISSN 0965-8564, <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.08.023>.