
Convegno

La moderazione del traffico

9 ottobre 2024



ASIT



Esperienze di moderazione del traffico nella città di Cassino

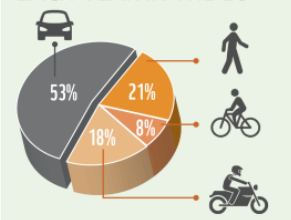
Mauro D'Apuzzo

Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale

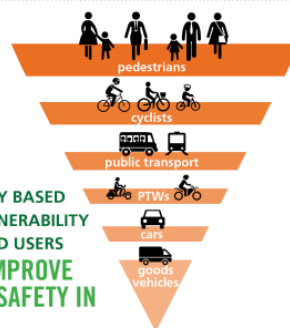
dapuzzo@unicas.it

BACKGROUND

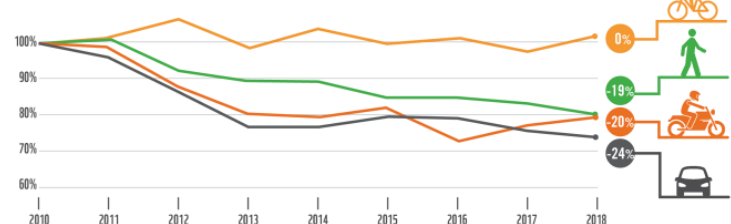
**5180 PEDESTRIANS
2160 CYCLISTS
KILLED
EACH YEAR IN THE EU**



**MODAL
PRIORITY BASED
ON VULNERABILITY
OF ROAD USERS
CAN IMPROVE
ROAD SAFETY IN
CITIES**



REDUCTION IN ROAD DEATHS SINCE 2010:



**65+
47%
OF PEDESTRIANS
KILLED
ARE 65 YEARS OR OLDER**

**65+
44%
OF CYCLISTS
KILLED
ARE 65 YEARS OR OLDER**

RECOMMENDATIONS



NAPOLI/ CRONACA

CRONACA POLITICA ECONOMIA SPORT CULTURA E TEMPO LIBERO METEO CITTÀ

IN EVIDENZA È morto Sammy Basso: era il malato di progeria più longevo al mondo. Ha avuto un malore al ristorante

Napoli, dall'inizio dell'anno 3.365 incidenti stradali: 61 gravi, 21 mortali. La «guida sicura» nell'orario scolastico

di P. Ros.

Il prefetto di Bari riunisce l'Osservatorio sull'incidentalità stradale. Il Comune realizzerà altre strisce pedonali rialzate. La sicurezza stradale si studierà accanto all'educazione civica



CORRIERE TV

Il freestyle di Geolier al Red Bull 64 Bars di Scampia
La chiusura dello show affidata al rapper napoletano

Ascolta l'articolo 3 min

Nuovi attraversamenti pedonali rialzati, alcuni dei quali dotati di impianti semaforici; ulteriori interventi di riqualificazione delle strade cittadine; l'istituzionalizzazione dell'insegnamento della sicurezza stradale, che nelle scuole cittadine farà la sua comparsa durante l'ora di educazione civica: sono alcune delle cose emerse dalla riunione della segreteria tecnica dell'Osservatorio provinciale sull'incidentalità stradale convocata per questa mattina dal prefetto di Napoli, Michele di Bari. Un incontro periodico ma che assume particolare significato alla luce degli ultimi, gravissimi incidenti stradali in città.

BACKGROUND

$$\textit{Risk} = \textit{Hazard} * \textit{Vulnerability} * \textit{Exposure}$$



$$\textit{Risk} = \textit{Exposure} * \textit{Hazard} * \textit{Vulnerability}$$

TIPOLOGIE DI SISTEMI DI RALLENTAMENTO

- **Planimetrico**

DV= 10-20 Km/h*

CMF = 0,5-0,6*

Chicanes/Strizioni



Rotatoria /Speed circles



- **Psico-percettivo**

DV= 2-3 Km/h*

Portale di accesso+ Rallentatori ad effetto ottico



Siepi



- **Altimetrico**

DV=10-15 Km/h*

CMF= 0,5-0,6*

Speed hump

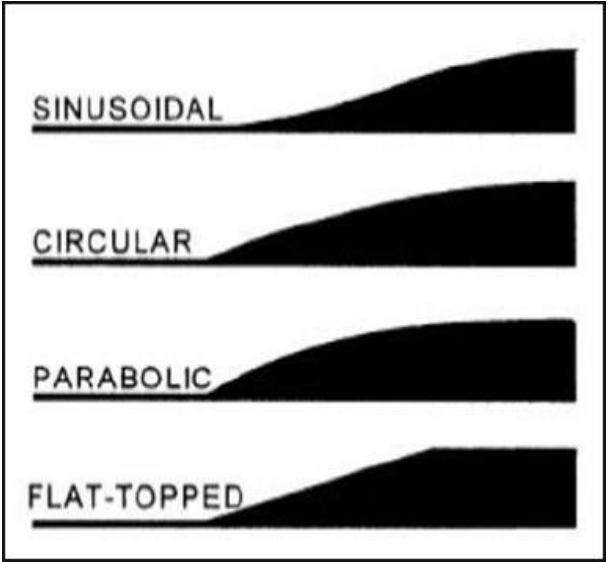


Speed bump

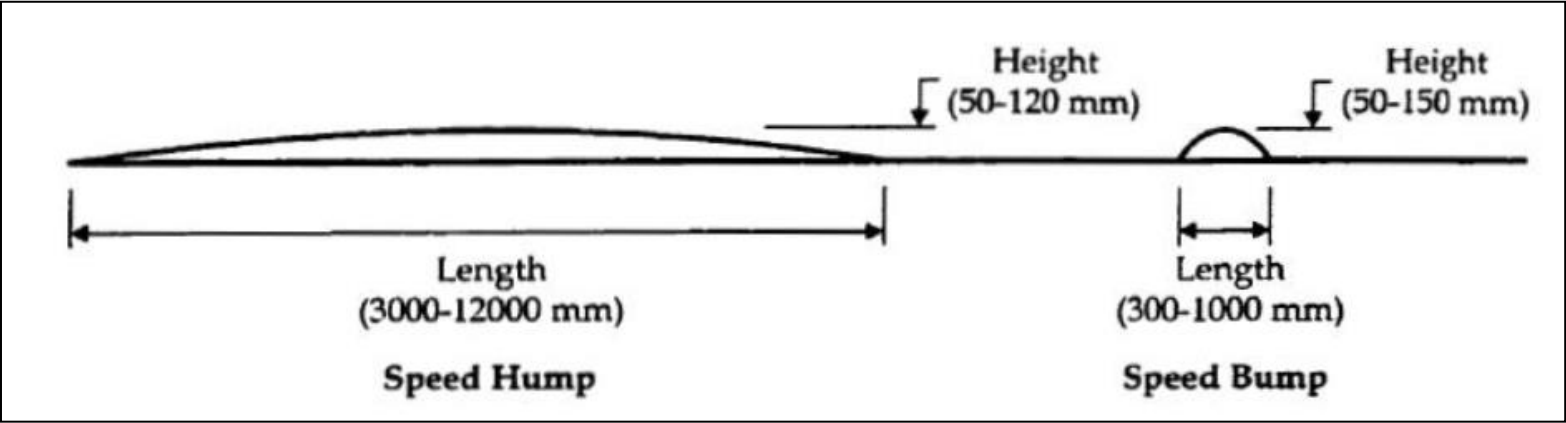


*FHWA

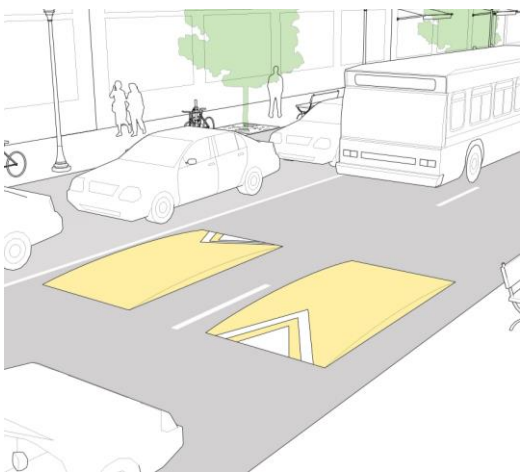
SISTEMA DI RALLENTAMENTO ALTIMETRICO



Differenza tra Speed Hump e Speed Bump



Speed cushion

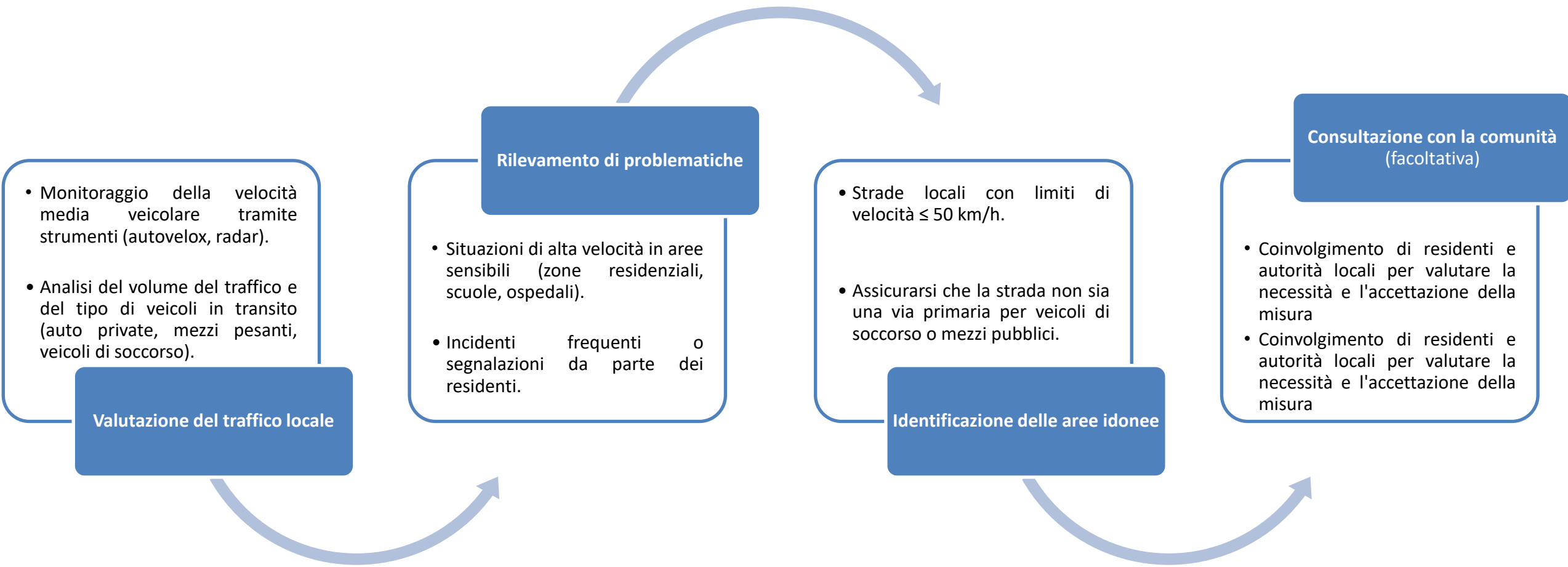


Speed table



NORMATIVA AT GLANCE

ANALISI PRELIMINARE E DECISIONE DI INSTALLARE UN DOSSO RALLENTATORE



NORMATIVA AT GLANCE

Qualche informazione dalla normativa internazionale e nazionale

ITALIA

(Decreto del Presidente della Repubblica del 16 dicembre 1992)

- Le **dimensioni del dosso** devono rispettare i limiti di velocità:
- Per limite ≤ 50 km/h: larghezza ≥ 60 cm, altezza ≤ 3 cm.
- Per limite ≤ 40 km/h: larghezza ≥ 90 cm, altezza ≤ 5 cm.
- Per limite ≤ 30 km/h: larghezza ≥ 120 cm, altezza ≤ 7 cm.
- **Posizionamento**: Su strade urbane o extraurbane secondarie con traffico moderato.
- **Presegnalazione obbligatoria**: Cartelli a distanza minima di 20 m dal dosso, segnalazione orizzontale (linee bianche su dossi).

CANADA

- Norme per **strade locali**:
- Dossi lunghi 4 m, alti 8 cm con una forma sinusoidale per ridurre impatti negativi.
- **Strade inter-quartiere**:
- Lunghezza dei dossi di 7 m, altezza di 8 cm con una piattaforma piana centrale di 3 m per favorire il traffico di emergenza.

REGNO UNITO

"Department of the Environment, Transport and the Regions" 1996

- Altezza minima del dosso: **25 mm**, massima: **100 mm**.
- Lunghezza minima: **900 mm**.
- Sagome variabili in base al tipo di strada (curve, rettilinei) e alla riduzione di velocità desiderata.
- **Presegnalazione con cartelli verticali**: distanza minima di 20 m prima del dosso.

SVIZZERA

- Dossi a **profilo trapezoidale** con rampe studiate per ridurre l'impatto sui cicli e motocicli.
- Posizionamento su **strade a bassa velocità** (≤ 30 km/h), evitando strade utilizzate da mezzi pubblici.

STATI UNITI

ITE (Institute of Transportation Engineers) in collaborazione con la FHA (Federal Highway Administration)

- Utilizzo di dossi **parabolici**, con lunghezza di 3.66 m e altezza tra 7.6 e 10.2 cm.
- **Speed table**: piattaforma piana lunga 6.7 m, altezza massima di 10.2 cm, utilizzata in aree con V85 (velocità a cui viaggia l'85% dei veicoli) di 40-48 km/h.

FOCUS NORMATIVA ITALIANA

La regolazione dell'inserimento di sistemi di rallentamento ad effetto altimetrico nella normativa italiana è presente nel Nuovo codice della strada, più precisamente introdotti dall'articolo 42.



N. 74

DECRETO LEGISLATIVO 30 aprile 1992, n. 285.

Nuovo codice della strada.

Art. 42. Segnali complementari.

Segnali complementari

1. I segnali complementari sono destinati ad evidenziare o rendere noto:

- a) il tracciato stradale;
- b) particolari curve e punti critici;
- c) ostacoli posti sulla carreggiata o ad essa adiacenti.

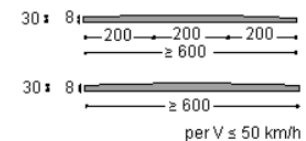
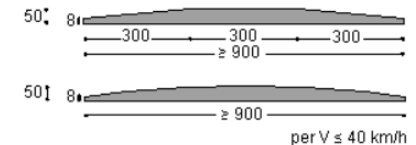
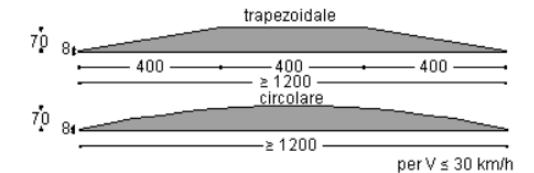
2. Sono, altresì, segnali complementari i dispositivi destinati ad impedire la sosta o a rallentare la velocità.

3. Il regolamento stabilisce forme, dimensioni, colori e simboli dei segnali complementari, le loro caratteristiche costruttive e le modalità di impiego e di apposizione.

FOCUS NORMATIVA ITALIANA

Nel Decreto del Presidente della Repubblica del 16 dicembre 1992: Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada, precisamente nel *Titolo II- Costruzione e tutela delle strade -nel capitolo II- organizzazione della circolazione e segnaletica stradale* in cui nell'art.179 inerente all'art. 42 del *Codice della strada* sono presenti i seguenti commi riguardanti tali sistemi di rallentamento:

4. Sulle strade dove vige un limite inferiore o uguale ai 50 km/h si possono adottare dossi artificiali evidenziati mediante zebrastrature gialle e nere parallele alla direzione di marcia, di larghezza uguale sia per i segni che per gli intervalli visibili sia di giorno che di notte.



FOCUS NORMATIVA ITALIANA

5. I dossi artificiali possono essere posti in opera su strade residenziali, nei parchi pubblici e privati, nei residences ecc; possono essere installati in serie e devono essere presegnalati. **Ne è vietato l'impiego sulle strade che costituiscono itinerari preferenziali dei veicoli normalmente impiegati per servizi di soccorso o di pronto intervento.**

6. I dossi di cui al comma 4, sono costituiti da elementi in rilievo prefabbricati o da ondulazioni della pavimentazione a profilo convesso. In funzione dei limiti di velocità vigenti sulla strada interessata hanno le seguenti dimensioni:

- a) per limiti di velocità pari od inferiori 50 km/h larghezza non inferiore a 60 cm e altezza non superiore a 3 cm;
- b) per limiti di velocità pari od inferiori a 40 km/h larghezza non inferiore a 90 cm e altezza non superiore a 5 cm;
- c) per limiti di velocità pari od inferiori a 30 km/h larghezza non inferiore a 120 cm e altezza non superiore a 7 cm.

I tipi a) e b) devono essere realizzati in elementi modulari in gomma o materiale plastico, il tipo c) può essere realizzato anche in conglomerato. Nella zona interessata dai dossi devono essere adottate idonee misure per l'allontanamento delle acque. Nelle installazioni in serie la distanza tra i rallentatori in cui al comma 4, deve essere compresa tra 20 e 100 m a seconda della sezione adottata.



7. Il **presegnalamento** è costituito dal segnale di cui alla figura II.2 di formato preferibilmente ridotto, posto almeno 20 m prima. Ad esso è abbinato il segnale di cui alla figura II.50 di formato ridotto, con valore compreso tra 50 e 20, salvo che sulla strada non sia già imposto un limite massimo di velocità di pari entità. Una serie di rallentatori deve essere indicata mediante analoghi segnai e pannello integrativo con la parola “serie” oppure “n. ... rallentatori”.

8. I **rallentatori di velocità prefabbricati devono essere fortemente ancorati alla pavimentazione**, onde evitare spostamenti o distacchi dei singoli elementi o parti di essi, e devono essere facilmente rimovibili. La superficie superiore dei rallentatori sia prefabbricati che strutturali deve essere antisdrucchiolevole.

9. I **dispositivi rallentatori di velocità prefabbricati devono essere approvati dal Ministero dei lavori pubblici** – Ispettorato generale per la circolazione e la sicurezza stradale. Tutti i tipi di rallentatori sono posti in opera previa ordinanza dell'ente proprietario della strada che ne determina il tipo e l'ubicazione.

Tutti gli interventi di moderazione del traffico di tipo “puntuale”, che non sono espressamente richiamati dal Codice della strada e che determinano dei rialzamenti o dei restringimenti della piattaforma stradale, devono essere progettati alla luce della normativa vigente in materia ovvero il Decreto 5 novembre 2001 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade” ed il Decreto del 19 aprile 2006 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”.

FOCUS NORMATIVA ITALIANA

La normativa specifica delle differenze sostanziali tra dossi rallentatori e attraversamenti pedonali rialzati (RPC)

Dossi Rallentatori

- *Vincoli di Installazione:* I dossi possono essere installati solo su strade urbane o strade extraurbane secondarie con traffico moderato e non devono essere posti su strade dove è consentita una velocità elevata.
- *Codice della Strada e Direttive Ministeriali:* Secondo le direttive del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (ad esempio la Circolare del 1997), l'installazione di dossi rallentatori è ammessa soltanto su strade:
 - Urbane locali, ossia strade all'interno di aree residenziali.
 - Extraurbane secondarie, ma solo se il traffico è moderato e la velocità massima non supera i 50 km/h.
- *Non possono essere installati su:*
 - Strade extraurbane principali o strade ad alto scorrimento.
 - Strade dove il limite di velocità è superiore a 50 km/h.
 - Strade con traffico pesante o intenso od itinerari preferenziali per mezzi di soccorso.

La ragione di questi vincoli è legata alla sicurezza, poiché i dossi impongono una riduzione improvvisa della velocità che, su strade ad alto traffico o a velocità elevate, potrebbe causare situazioni di pericolo o danni ai veicoli.

Attraversamenti Pedonali Rialzati

Gli attraversamenti pedonali rialzati possono essere installati su strade urbane e in alcune tipologie di strade extraurbane, senza le limitazioni rigorose applicate ai dossi rallentatori.

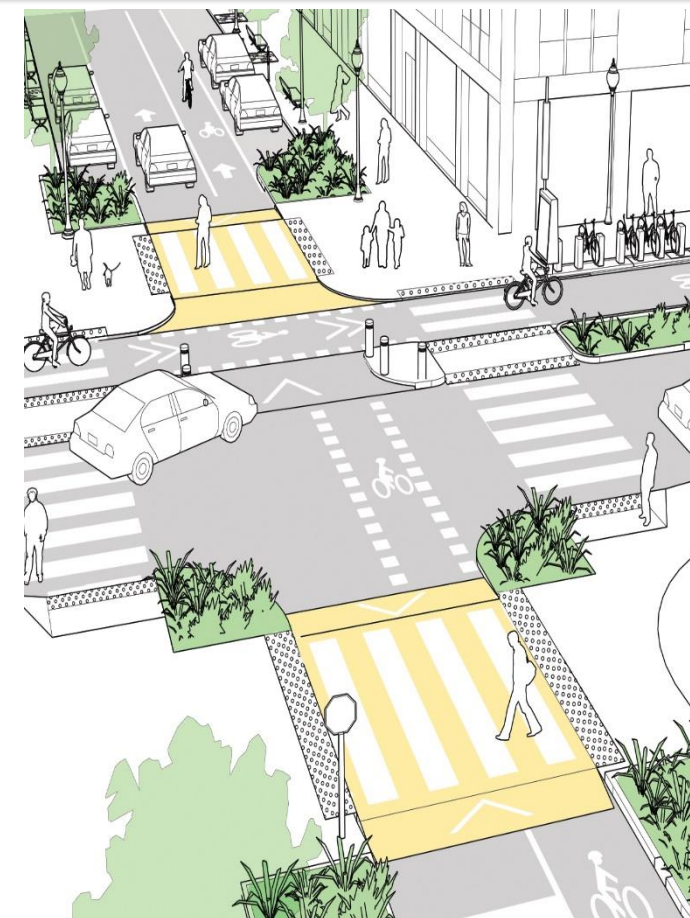
- *Scopo di Sicurezza:* Poiché la funzione principale è garantire la sicurezza dei pedoni e rendere più visibili gli attraversamenti, questi possono essere installati in prossimità di scuole, ospedali, aree commerciali o in altre zone dove è necessario proteggere i pedoni.

- *Posizionamento Consentito:*

- Strade urbane di quartiere e locali.
- Strade principali urbane, quando ci sono specifiche esigenze di moderazione della velocità o di protezione pedonale.
- Strade extraurbane secondarie, dove è richiesta una maggiore sicurezza per i pedoni.

Rispetto ai dossi, gli attraversamenti rialzati possono essere installati anche su strade con traffico più intenso, ma devono comunque rispettare normative tecniche precise, specialmente riguardo a visibilità e segnaletica.

TRAFFIC CALMING



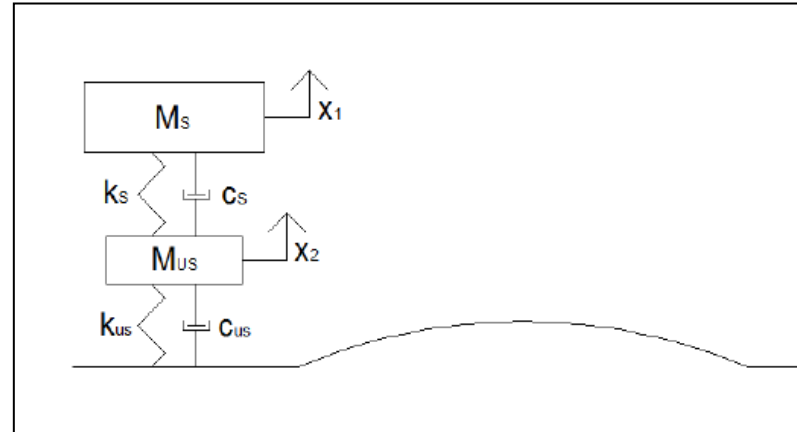
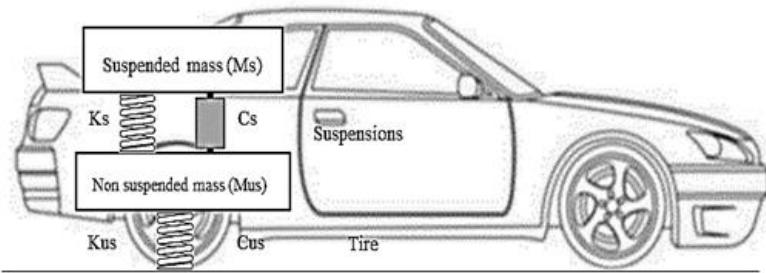
D'Apuzzo, M.; Evangelisti, A.; Santilli, D.; Nardoiani, S.; Cappelli, G.; Nicolosi, V. Towards a New Design Methodology for Vertical Traffic Calming Devices. Sustainability 2023, 15, 13381.

MODELLI DI COMFORT VIBRATORIO

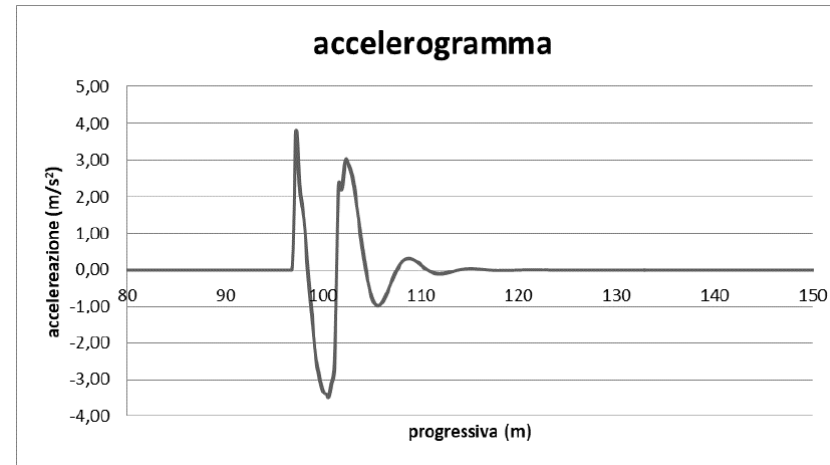
Modello con due gradi di libertà

$$[M]\{\ddot{X}\} + [C]\{\dot{X}\} + [K]\{X\} = \{Y\}$$

Quarter car



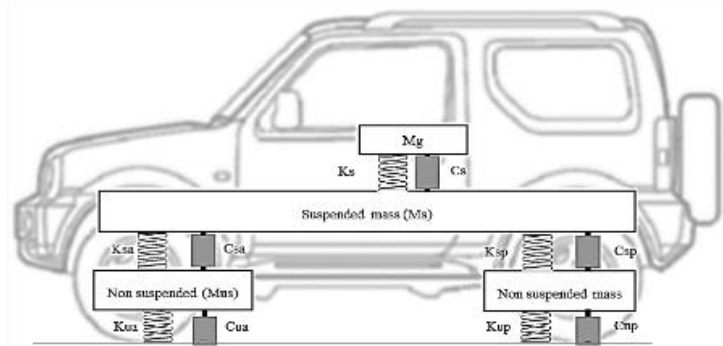
1. Spostamento verticale della massa sospesa;
2. Spostamento verticale della massa non sospesa.



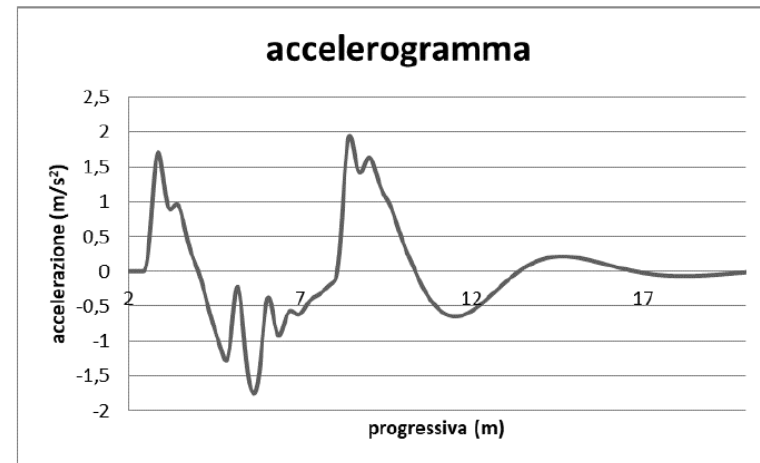
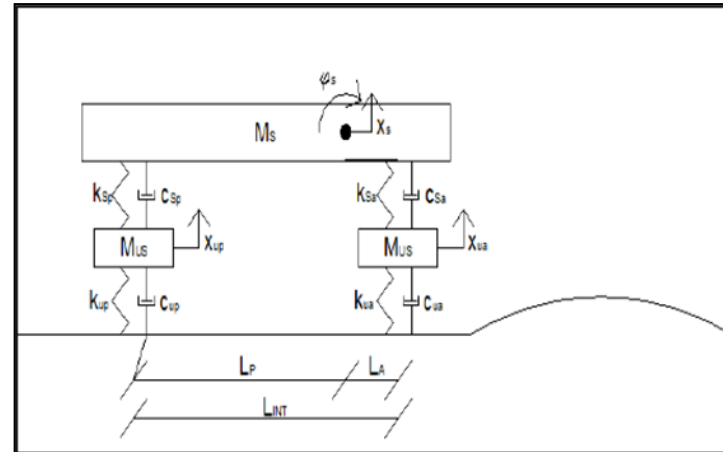
MODELLI DI COMFORT VIBRATORIO

Modello con quattro gradi di libertà

Half car



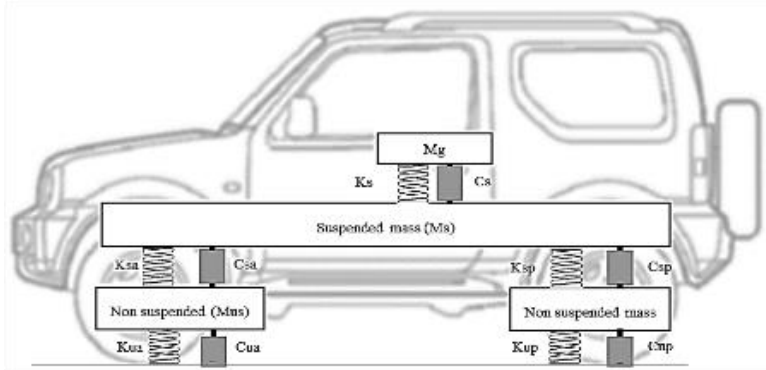
$$[M]\{\ddot{X}\} + [C]\{\dot{X}\} + [K]\{X\} = \{Y\}$$



1. Spostamento verticale della massa sospesa;
2. Rotazione intorno al baricentro;
3. Spostamento verticale dell'asta rigida;
4. Spostamento verticale della massa non sospesa posteriore.

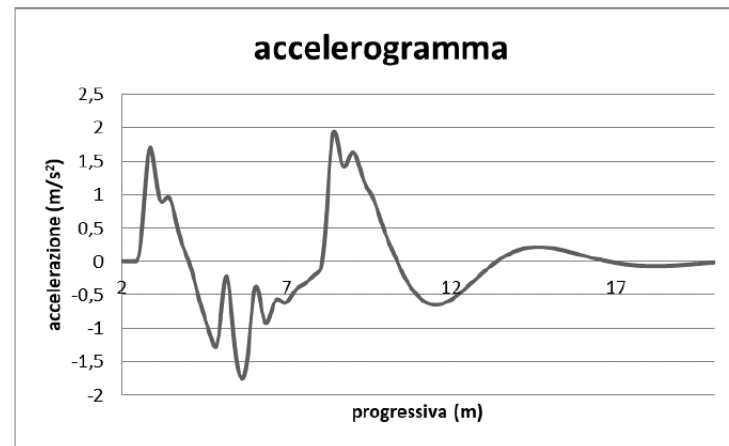
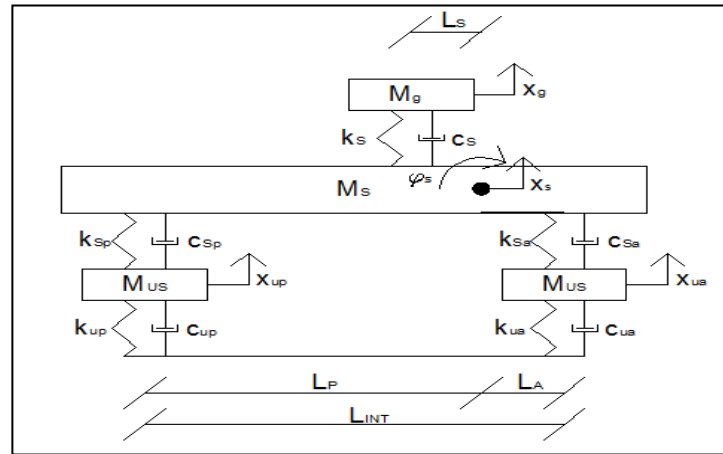
MODELLI DI COMFORT VIBRATORIO

Half car + guidatore



Modello con cinque gradi di libertà

$$[M]\{\ddot{X}\} + [C]\{\dot{X}\} + [K]\{X\} = \{Y\}$$

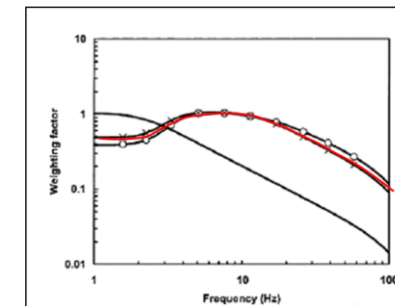
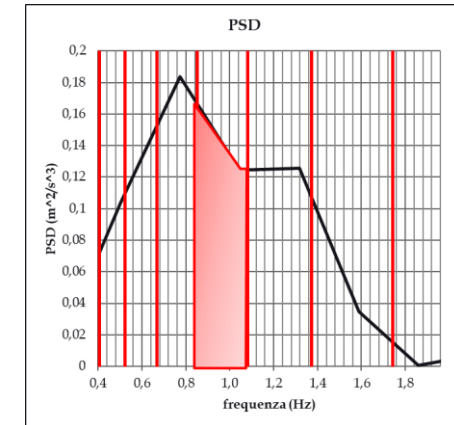
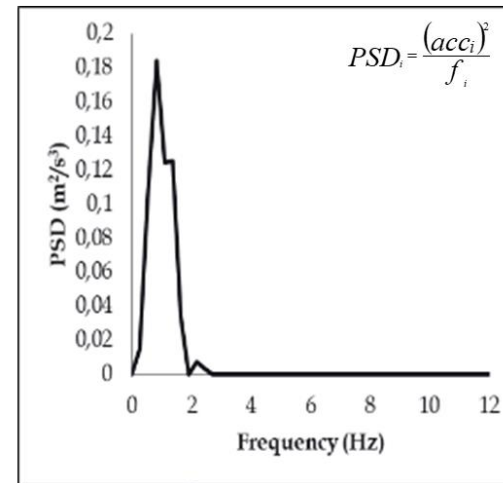
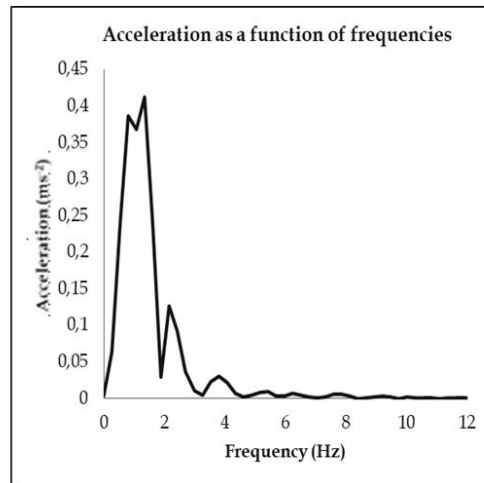
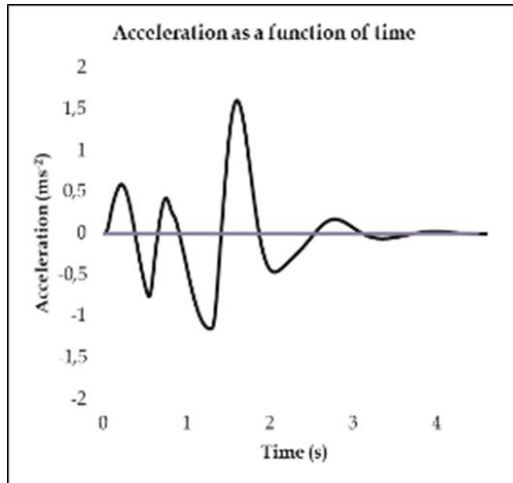


1. Spostamento verticale della massa sospesa;
2. Rotazione della massa sospesa;
3. Spostamento verticale della massa non sospesa anteriore;
4. Spostamento verticale della massa non sospesa posteriore;
5. Spostamento verticale del guidatore.

EFFETTO DELLE VIBRAZIONI SUL CORPO UMANO

La vibrazione che il guidatore riceve nell'attraversamento del dosso è calcolata con due grandezze:

- **accelerazione R.M.S pesata** (ms^{-2})
- **dose di vibrazione eVDV** ($\text{ms}^{-1.75}$)



Accelerazione verticale

RMS

$$RMS_w = \sqrt{\sum_{i=1}^{23} (W_{ki} RMS_i)^2}$$

eVDV →

Dose di vibrazione
(durata di esposizione)

f_c [Hz]	W_k
0.5	0.418
0.629961	0.459
0.793701	0.477
1	0.482
1.259921	0.484
1.587401	0.494
2	0.531
2.519842	0.631
3.174802	0.804
4	0.967
5.039684	1.039
6.349604	1.054
8	1.036
10.07937	0.988
12.69921	0.902
16	0.768
20.15874	0.636
25.39842	0.513
32	0.405
40.31747	0.314
50.79683	0.246
64	0.186
80.63495	0.132

DATI DI INPUT

VEHICLE CATEGORY

- small cars represented with the designation A;



- sedans represented with the designation D;



- medium-sized cars called category C cars;

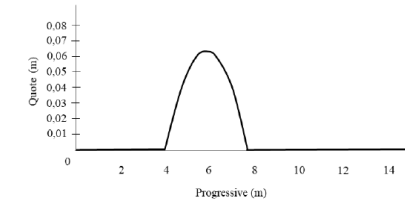


- off-road vehicles falling into category E.

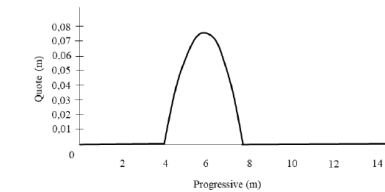


TYPE OF SPEED HUMP

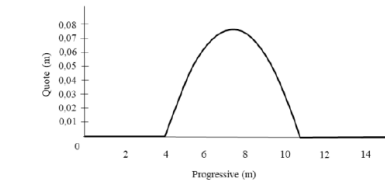
1. Parabolic speed hump (length 12 feet (3.65 m); height 2.5 inches (0.0635 m));



2. Parabolic speed hump (length 12 feet (3.65 m); height 3 inch (0.0762 m));



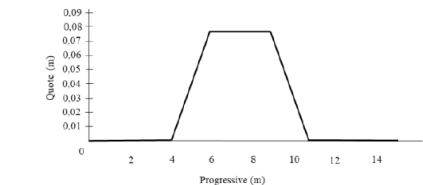
3. Parabolic speed hump (length 22 feet (6.70 m); height 3 inch (0.0762 m));



4. Parabolic speed hump (length 22 feet (6.70 m); height 3.5 inches (0.0889m));

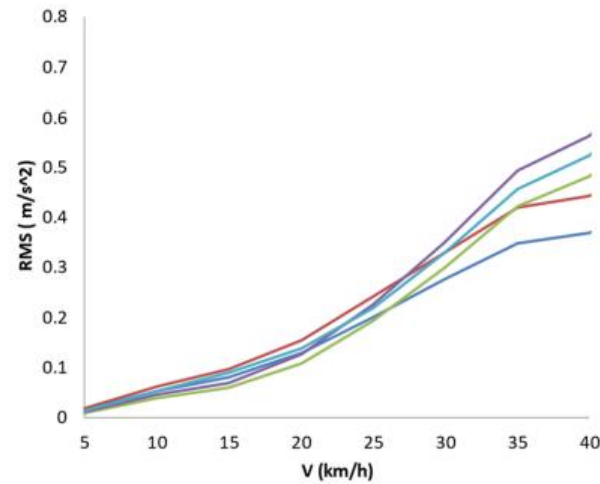


5. Trapezoidal speed hump (length 22 feet (6.70 m); height 3 inch (0.0762 m));

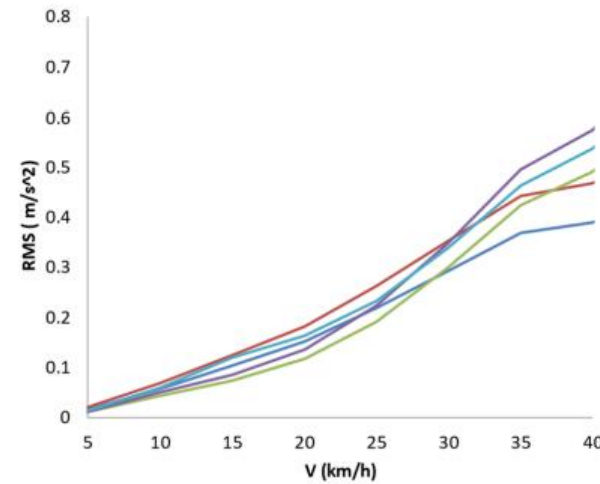


RMS – VELOCITA' (TIPOLOGIA DI SPEED HUMP)

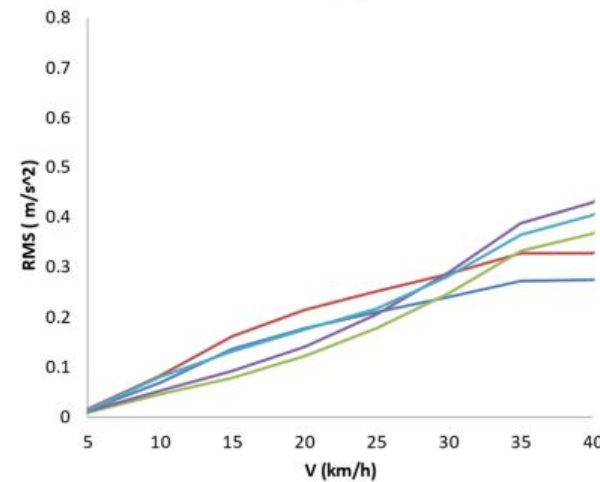
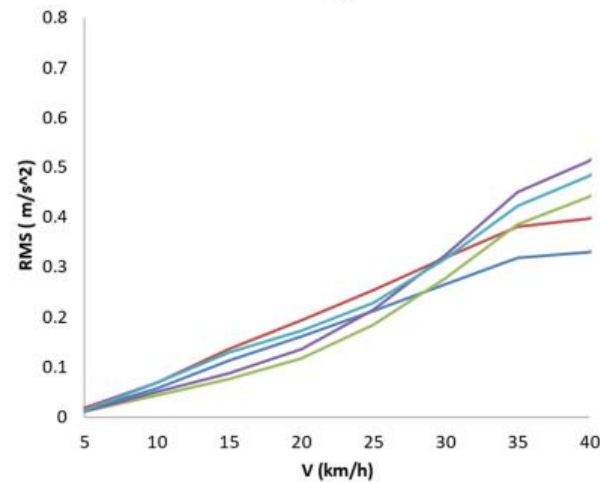
Acceleration in terms of RMS on several speed humps (1 to 5) as a function of speed for the vehicle category



(a)



(b)



1 - Parabolic speed hump

(length 3.65 m; height 0.0635 m);

2 - Parabolic speed hump

(length 3.65 m; height 0.0762 m);

3 - Parabolic speed hump

(length 6.70 m; height 0.0762 m);

4 - Parabolic speed hump

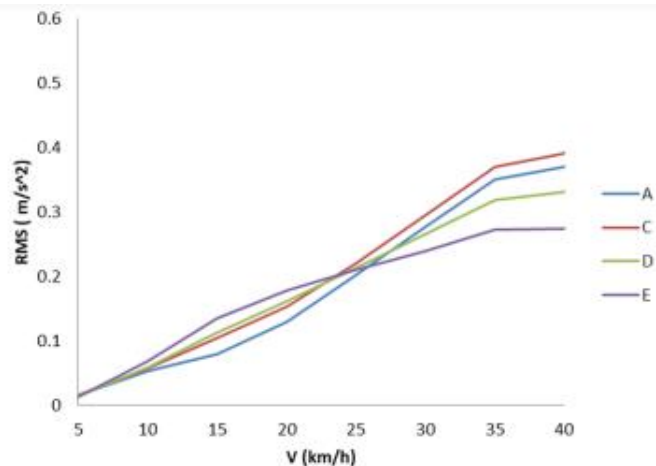
(length 6.70 m; height 0.0889 m);

5 - Trapezoidal speed hump

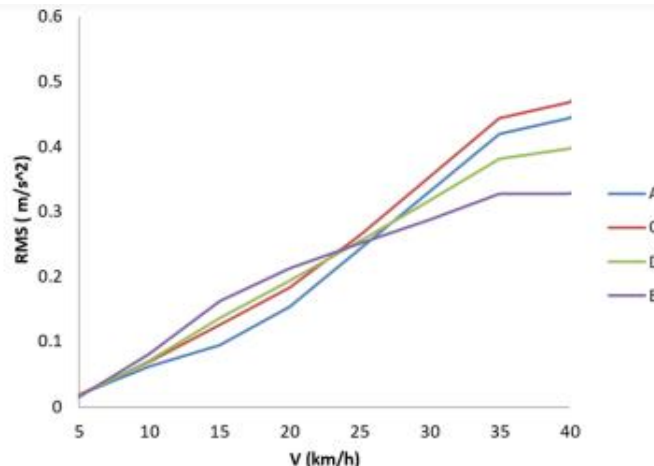
(length 6.70 m; height 0.0762 m).

RMS – VELOCITA' (TIPOLOGIA DI VEICOLO)

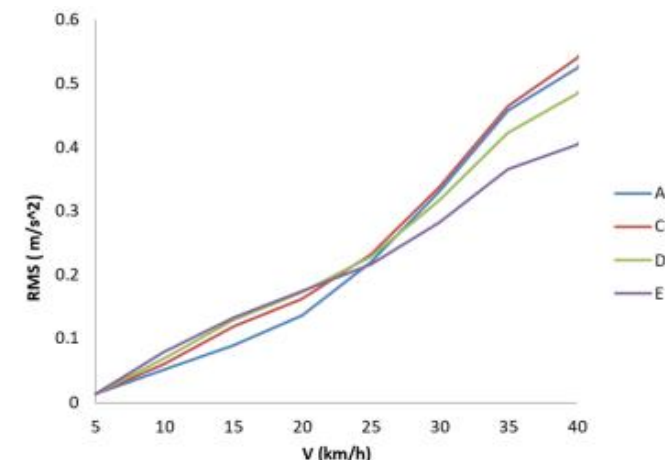
Acceleration in terms of RMS on several speed humps (1 to 5) as a function of speed for the vehicle category



(a)



(b)

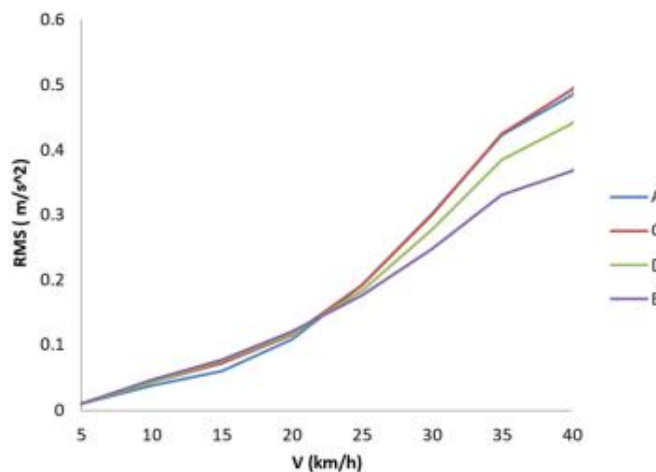


A - Small cars are represented with the designation;

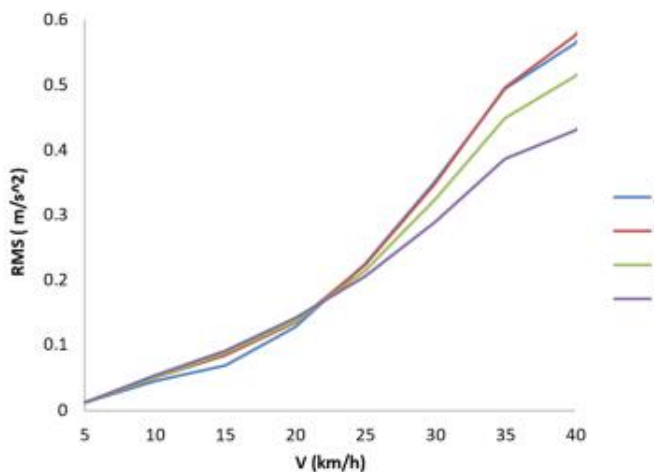
C - Medium-sized cars are represented with the designation;

D - Sedans are represented with the designation D;

E - Off-road/sport utility vehicles are represented with the designation E.



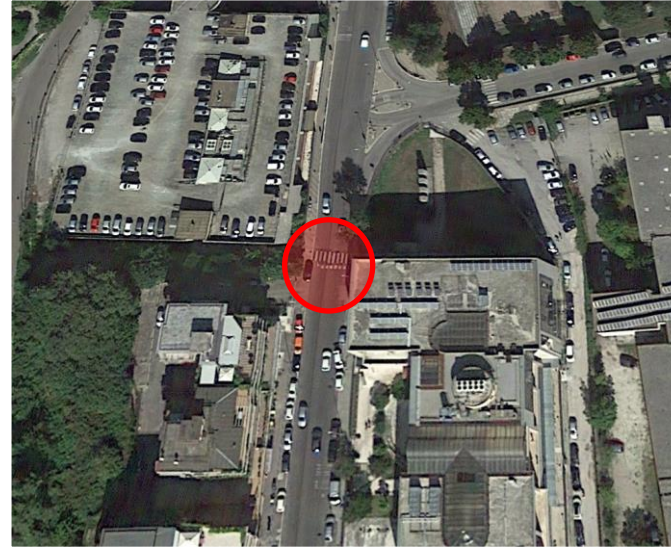
(c)



(d)

INDAGINE SPERIMENTALE

Sito di interesse



Rilievo



Forma geometrica: trapezoidale



Acquisizione dei dati

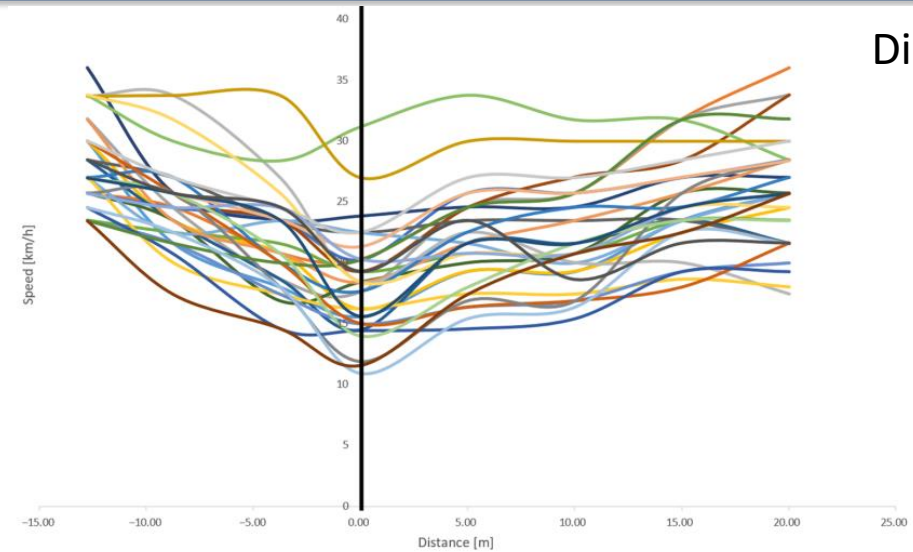
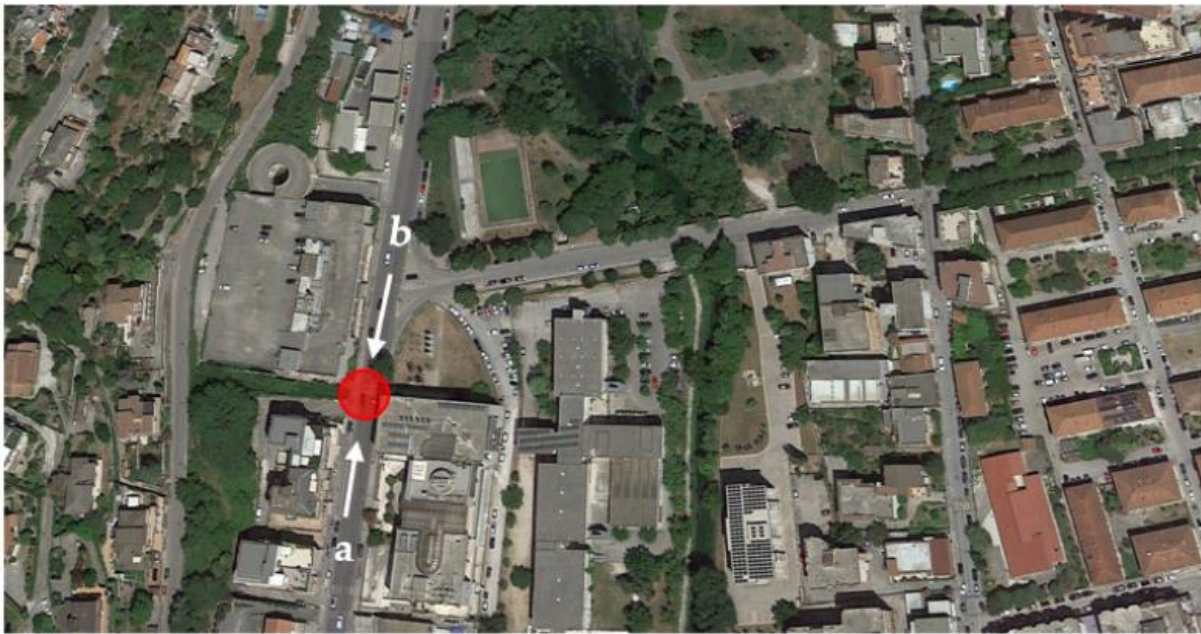


Una videocamera digitale situata ad un punto di vista elevato è stata usata per controllare il traffico a diverse ore del giorno e in diversi giorni feriali tipici.

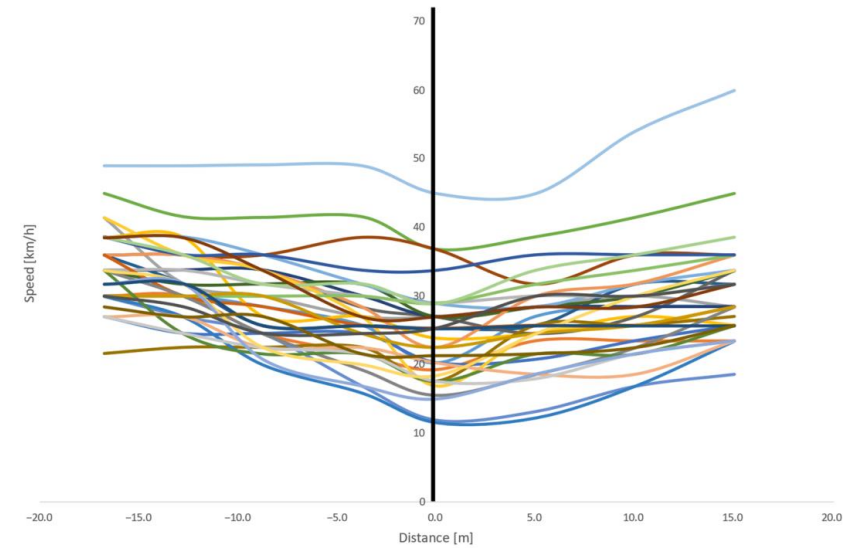
Per ottenere profili di velocità coerenti, è stato necessario definire diversi traguardi a stessa distanza nei fotogrammi video (ogni 5 m) che si allontanano lungo le direzioni a monte e a valle.

INDAGINE SPERIMENTALE

Sono stati raccolti e valutati 252 e 229 profili di velocità lungo le direzioni «a» e «b».



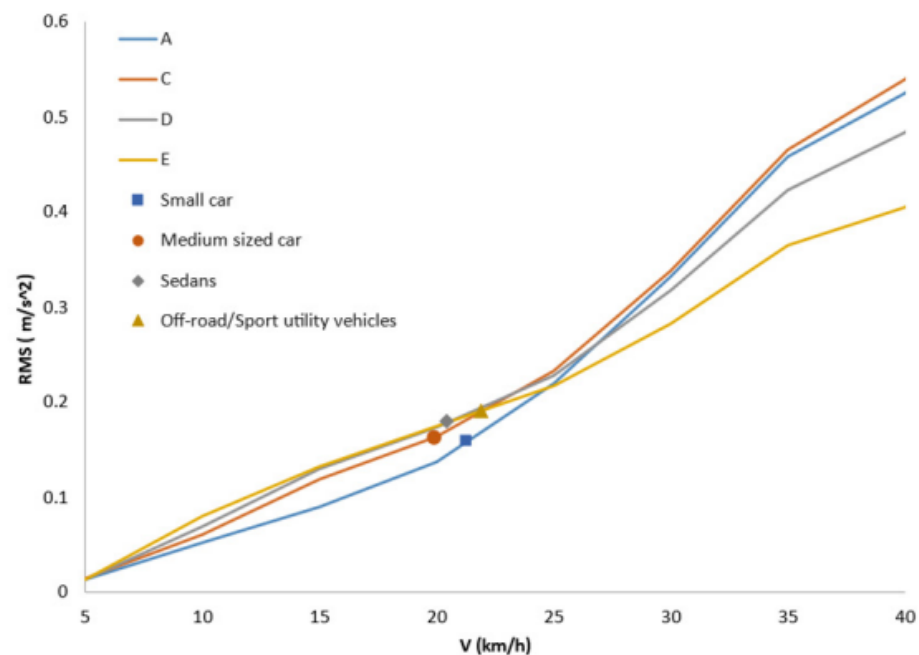
Direction «a»



Direction «b»

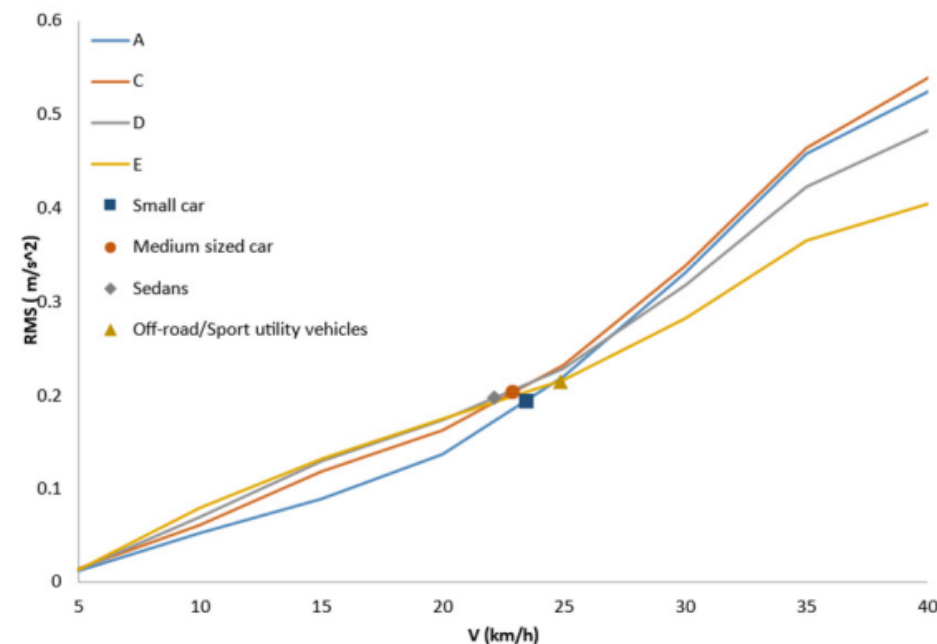
INDAGINE SPERIMENTALE

Direction «a»



Type of Vehicles	Small Car	Medium-Sized Car	Sedans	Off-Road/Sport Utility Vehicles
RMS [m/s ²]	0.159	0.161	0.179	0.190
V [km/h]	21.27	19.93	20.43	21.89

Direction «b»



Type of Vehicles	Small Car	Medium-Sized Car	Sedans	Off-Road/Sport Utility Vehicles
RMS [m/s ²]	0.193	0.203	0.198	0.215
V [km/h]	23.48	22.93	22.14	24.85

Standard Deviation

Direction «a»

0.0863

Direction «b»

0.0466

TEST ANOVA



	F	p	F _{crit}
Direction "a"	0.671	0.570	2.641

Analisi del p-value

Il valore p di 0.570 è maggiore della soglia di 0.05. Ciò significa che NON ci sono evidenze sufficienti per rifiutare l'ipotesi nulla. **Non ci sono dunque differenze significative tra i gruppi lungo la direzione "a".**

Analisi del F-value

Poiché il valore F (0.671) è inferiore al F critico (2.641), **NON si osservano differenze significative tra le varianze dei gruppi nella direzione "a".**

	F	p	F _{crit}
Direction "b"	1.785	0.151	2.645

Analisi del p-value

Il valore p di 0.151 è maggiore della soglia di 0.05. Ciò significa che NON ci sono evidenze sufficienti per rifiutare l'ipotesi nulla. **Non ci sono dunque differenze significative tra i gruppi lungo la direzione "a".**

Analisi del F-value

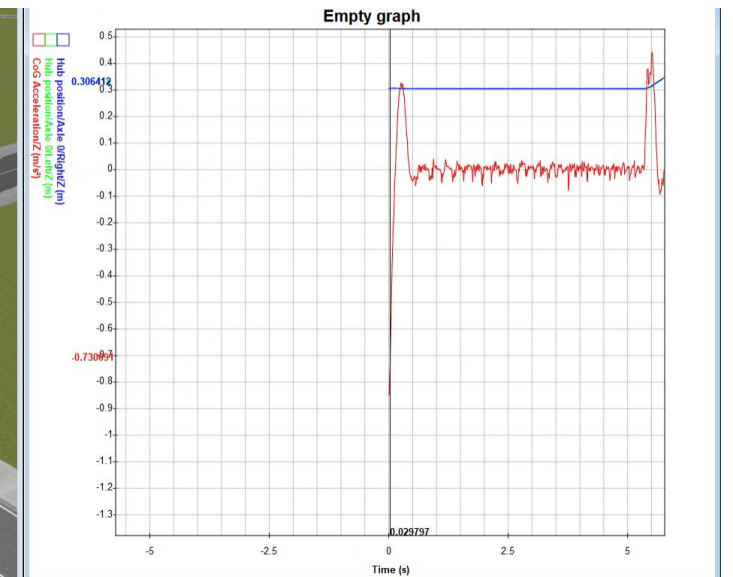
Poiché il valore F (1.785) è inferiore al F critico (2.645), **NON si osservano differenze significative tra le varianze dei gruppi nella direzione "a".**

SVILUPPI FUTURI

- Estensione del campione di indagine (diversi siti e dispositivi);
- Affinamento modelli di comfort
- Valutazione di nuovi parametri di comfort (i.e. eVDV in cui il livello di vibrazione è anche correlato alla durata dell'esposizione come riportato nella norma **ISO 2631**);
- Misurazione di vibrazioni a bordo veicolo
- Utilizzo di simulatore di guida per validare il modello



Faculty of Transport and Aeronautical Engineering of Silesian University of Technology - Katowice, Poland



Grazie per l'attenzione!

Mauro D'Apuzzo

Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale

dapuzzo@unicas.it