



 **POLITECNICO DI MILANO**



## **Sistemi di ritenuta stradale, modalità di utilizzo, incremento della protezione, installazioni non convenzionali**

**Relatore: Ing. Sergio Marco Bassi**

**Autori: Ing. Sergio Marco Bassi, Prof. Marco Anghileri**

**Laboratorio per la Sicurezza dei Trasporti, Politecnico di Milano**

**[sergiomarco.bassi@polimi.it](mailto:sergiomarco.bassi@polimi.it)**

**Monza, 04/04/2019**



- Sicurezza passiva
- Sistemi di ritenuta stradale
- Sistemi di ritenuta stradale – Vincoli
- Sistemi di ritenuta stradale – Normativa
- Pali a sicurezza passiva
- Sistemi di ritenuta stradale – Installazione e modifiche



- **Sicurezza passiva**
- Sistemi di ritenuta stradale
- Sistemi di ritenuta stradale – Vincoli
- Sistemi di ritenuta stradale – Normativa
- Pali a sicurezza passiva
- Sistemi di ritenuta stradale – Installazione e modifiche



# Crashworthiness – Sicurezza passiva

La progettazione e la verifica dei sistemi di ritenuta stradale fanno parte della crashworthiness, sicurezza passiva, un'attività ingegneristica che ha lo scopo di ridurre i rischi di lesione durante gli impatti.

Sicurezza passiva: ridurre il rischio di lesioni quando l'impatto è inevitabile.

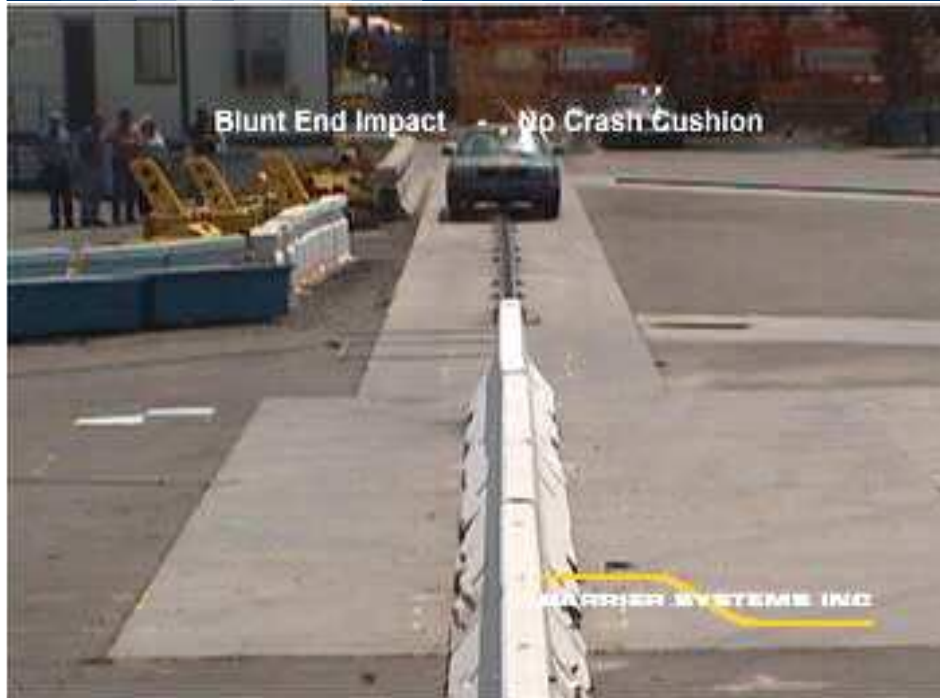
- Sedili ad assorbimento di energia (Elicotteri)
- Airbag, parte frontale della vettura
- **Sistemi di ritenuta stradale**

Sicurezza attiva: ridurre la probabilità di avere un impatto.

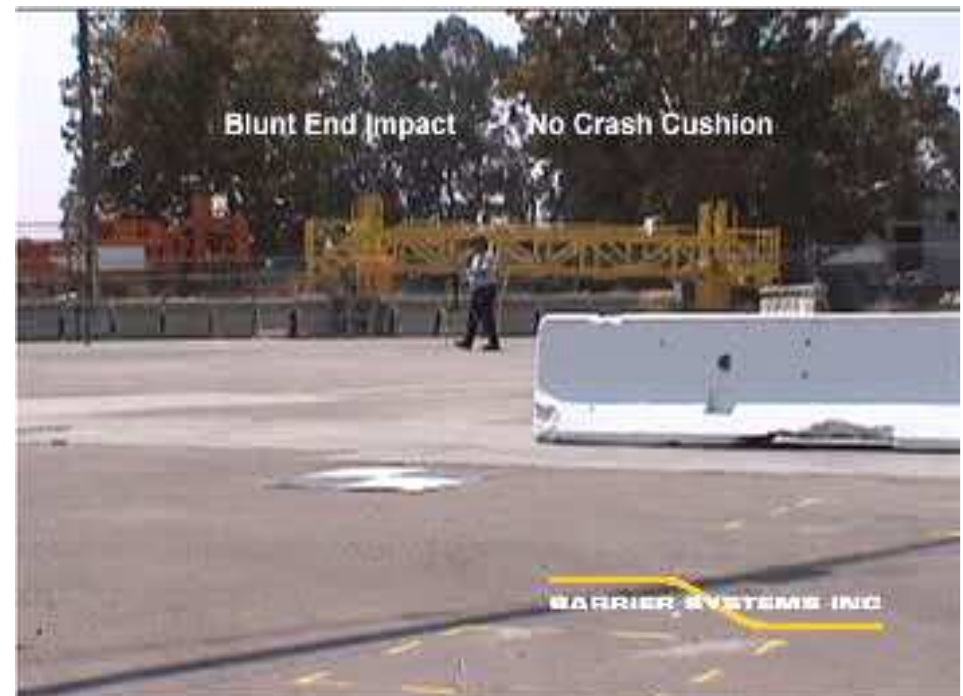
- Sistemi di assistenza alla guida
- Controlli di stabilità
- ABS



## Crashworthiness – Sicurezza passiva

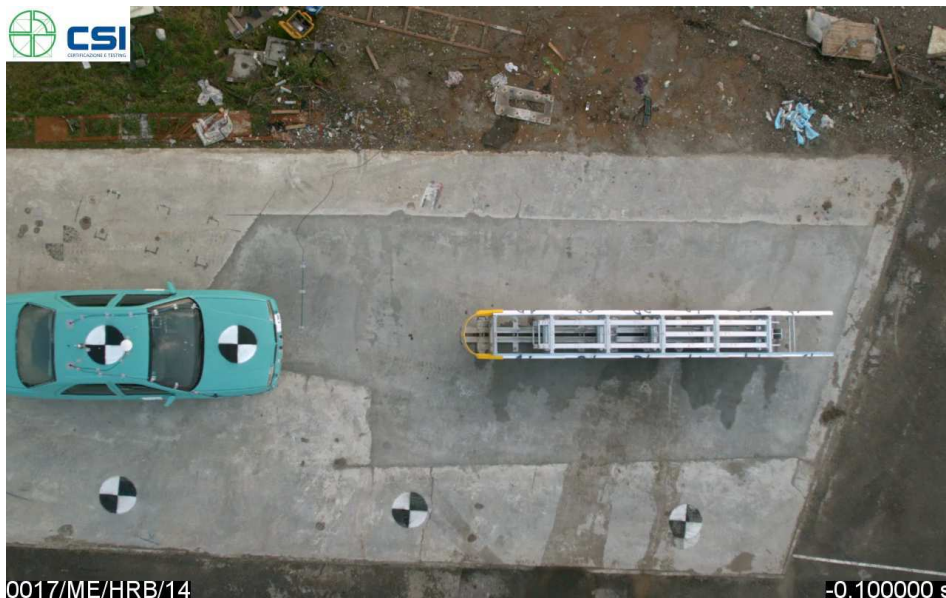


Lo scopo della sicurezza passiva è trasformare un evento come questo...





# Crashworthiness – Sicurezza passiva



... in un evento con caratteristiche molto differenti:

- Più controllato
- Più sicuro
- Più ripetibile
- Più verificabile





## Crashworthiness – Sicurezza passiva

- In qualunque tipo di impatto l'energia cinetica iniziale viene assorbita.
- Anche un muro perfettamente rigido è un assorbitore di energia.
- La differenza tra un muro rigido e un buon assorbimento è il rischio di lesione.







# Crashworthiness – Sicurezza passiva

Ampia gamma di scenari e situazioni ricade nello studio della sicurezza passiva.







# Crashworthiness – Sicurezza passiva



WreckedExotics and their Respective Owners





## Crashworthiness – Sicurezza passiva

Gli effetti di una progettazione attenta agli aspetti di sicurezza passiva sono evidenti.





## Crashworthiness – Sicurezza passiva

**Riuscire a tenere in considerazione tutte le variabilità è impossibile.  
La sicurezza passiva non elimina il rischio di lesioni, lo riduce.  
E' sempre un approccio statistico.**

Infatti, nella prima versione della norma sui sistemi di ritenuta stradali (EN 1317),  
era riportata la seguente introduzione:

“The range of possible vehicular impact into an on-road road restraint system is extremely large in terms of speed, approach angle, vehicle type, vehicle attitude, and other vehicle and road conditions. Consequently the actual on-road impacts which occur may vary considerably from the specific standard test conditions.”



- Sicurezza passiva
- **Sistemi di ritenuta stradale**
- Sistemi di ritenuta stradale – Vincoli
- Sistemi di ritenuta stradale – Normativa
- Pali a sicurezza passiva
- Sistemi di ritenuta stradale – Installazione e modifiche



# Sistemi di ritenuta stradale

I sistemi di ritenuta stradale devono essere installati sulle strade per contenere i veicoli e ridurre i rischi di lesione in caso di impatto.

Classificazione:

- Barriere di sicurezza
- Attenuatori d'urto
- Terminali
- Chiusure varchi
- Transizioni
- Protezioni motociclisti





## Sistemi di ritenuta stradale – Barriere di sicurezza

- Sistemi di contenimento longitudinali installati per separare carreggiate opposte e limitare conseguenze in caso di fuoriuscita del veicolo.
- Devono contenere e redirigere tutti i veicoli (significativi) circolanti, inclusi veicoli pesanti statisticamente significativi su quel tratto di strada.
- Assorbono parte di energia cinetica associata a componente di velocità perpendicolare alla barriera. Non fermano il veicolo.
- Non devono essere aggressive nei confronti dei veicoli leggeri.
- Possono essere integrate con reti di protezione o fono-assorbenti andando a creare un prodotto che deve rispettare diversi requisiti (norme).





## Sistemi di ritenuta stradale – Attenuatori d'urto

- Proteggono i veicoli da urti contro ostacoli puntuali. Pile di ponti, pali, alberi, cuspidi...
- Sono sistemi autoportanti. Il loro funzionamento deve essere garantito senza scaricare forze sulle barriere, che in generale non sono in grado di supportare carichi così elevati.
- Devono redirigere i veicoli durante urti laterali in maniera analoga alle barriere (redirettivi).
- Devono arrestare i veicoli durante urti frontali assorbendo tutta l'energia cinetica iniziale. Per questa ragione possono proteggere solamente le autovetture: l'energia necessaria per fermare un veicolo pesante è troppo elevata per essere trasferita all'infrastruttura.





## Sistemi di ritenuta stradale – Attenuatori d'urto

- Attenuatori progettati solo per autovetture, infatti l'energia cinetica che deve essere assorbita da un attenuatore durante la prova certificativa frontale (TC 1.3.110) è la seguente:
  - Massa 1500 kg
  - Velocità 110 km/h
  - Energia: 700 KJ
- Questa energia è la stessa che deve assorbire la barriera di sicurezza di classe più elevata disponibile (H4b) durante l'urto con il veicolo pesante (38.000 kg, 65 km/h, 20°). Le barriere di sicurezza assorbo solo una parte dell'energia cinetica, l'attenuatore deve assorbirla tutta.
- Se volessi arrestare con un attenuatore un veicolo pesante con le decelerazioni tipiche sviluppate dagli assorbitori (15 g), dovrei trasferire alla struttura della strada:
  - $570 \text{ ton} = 570.000 \text{ kg} = 5600 \text{ KN}$
  - La struttura della strada non è in grado di ricevere un carico puntuale simile



## Sistemi di ritenuta stradale – Terminali

- Installati all'inizio o alla fine di una barriera di sicurezza. Limitano i rischi di lesione contro l'inizio della barriera.
- Sono simili agli attenuatori ma non possiedono, in generale, le strutture posteriori degli attenuatori. Sono collegati alla barriera su cui scaricano le forze.
- In generale sono più lunghi degli attenuatori.
- Progettati solo per le autovetture (stesso concetto degli attenuatori).
- Prestazioni influenzate dalla barriera a cui si collegano.







## Sistemi di ritenuta stradale – Chiusure varchi

- Barriere di sicurezza speciali in grado di essere aperte in tempi brevi per motivi di manutenzione o emergenza.
- Hanno gli stessi requisiti delle barriere di sicurezza ma sono più complicati, per essere facilmente apribili.







## Sistemi di ritenuta stradale – Transizioni

- Strutture progettate per collegare sistemi di ritenuta diversi tra loro.
- Hanno gli stessi requisiti delle barriere di sicurezza.
- Fondamentali per la sicurezza della viabilità nel complesso.
- Cattive transizioni o la mancanza di transizioni creano punti singolari estremamente pericolosi.
- Le transizioni possono essere tra diverse barriere ma anche tra terminali e barriere o attenuatori e barriere.
- Punti che è necessario verificare.





## Sistemi di ritenuta stradale – Protezioni motociclisti

- Sistemi installati per ridurre il rischi di lesione per un motociclista che, dopo essere caduto, impatta contro la barriera di sicurezza strisciando sull'asfalto.
- Devono proteggere un oggetto soffice e deformabile (corpo umano) durante l'impatto contro un corpo rigido e tagliente (barriera).





- Sicurezza passiva
- Sistemi di ritenuta stradale
- **Sistemi di ritenuta stradale – Vincoli**
- Sistemi di ritenuta stradale – Normativa
- Pali a sicurezza passiva
- Sistemi di ritenuta stradale – Installazione e modifiche



## Sistemi di ritenuta stradale – Vincoli a terra

Il funzionamento dei sistemi di ritenuta è legato al trasferimento a terra dei carichi derivanti dall'urto.

Nascono quindi due attività:

- Verifica dei carichi per il dimensionamento del cordolo, per pali su piastra
- Verifica del terreno, per pali infissi







- Sicurezza passiva
- Sistemi di ritenuta stradale
- Sistemi di ritenuta stradale – Vincoli
- **Sistemi di ritenuta stradale – Normativa**
- Pali a sicurezza passiva
- Sistemi di ritenuta stradale – Installazione e modifiche





## Sistemi di ritenuta stradale – Normativa

Per essere installabili sulle strade i sistemi di ritenuta stradale devono essere verificati in accordo alle normative esistenti:

- Europa: EN 1317
- USA: AASHTO “Manual for Assessing Safety Hardware” (MASH)

Entrambe le normative valutano la capacità di contenere e redirigere il veicolo riducendo i rischi di lesione per gli occupanti.

EN 1317 contiene non solo le procedure di prova per il prodotto, ma anche l'esame del produttore attraverso la verifica della costanza delle prestazioni.



## Sistemi di ritenuta stradale – Normativa

Come e dove installare i prodotti, per proteggere i veicoli sulle strade, è demandato agli stati membri attraverso i regolamenti nazionali.

In Italia, DM 21/06/2004, con le istruzioni tecniche, aggiornato nel 2011.

| Tipo di traffico | TGM         | % Veicoli con massa >3,5 t |
|------------------|-------------|----------------------------|
| I                | $\leq 1000$ | Qualsiasi                  |
| I                | $> 1000$    | $\leq 5$                   |
| II               | $> 1000$    | $5 < n \leq 15$            |
| III              | $> 1000$    | $> 15$                     |

| Tipo di strada  | Tipo di traffico | Barriere spartitraffico | Barriere bordo laterale | Barriere bordo ponte <sup>(1)</sup> |
|---|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Autostrade (A) e strade extraurbane principali(B)                   | I                | H2                      | H1                      | H2                                  |
|   | II               | H3                      | H2                      | H3                                  |
|   | III              | H3-H4 <sup>(2)</sup>    | H2-H3 <sup>(2)</sup>    | H3-H4 <sup>(2)</sup>                |
| Strade extraurbane secondarie(C) e Strade urbane di scorrimento (D) | I                | H1                      | N2                      | H2                                  |
|   | II               | H2                      | H1                      | H2                                  |
|   | III              | H2                      | H2                      | H3                                  |
| Strade urbane di quartiere (E) e strade locali(F).                  | I                | N2                      | N1                      | H2                                  |
|   | II               | H1                      | N2                      | H2                                  |
|   | III              | H1                      | H1                      | H2                                  |



## Sistemi di ritenuta stradale – Normativa

EN 1317 sviluppata dal CEN (European Center for Standardization) per redigere normative armonizzate per i seguenti prodotti da costruzione:

- Barriere di sicurezza
- Attenuatori d'urto
- Terminali
- Transizioni
- Chiusure varchi

La norma è stata sviluppata per valutare altri prodotti che però non rientrano in quelli del mandato e per cui non si avrà la marcatura CE:

- Barriere temporanee
- Protezioni motociclisti
- TMA

La norma EN 1317 è in evoluzione, attualmente sottoposta a modifiche.



## Sistemi di ritenuta stradale – Normativa

Norme armonizzate riguardano i prodotti che hanno marcatura CE:

- Stessa norma in tutti gli stati membri (obbligatoriamente).
- La marcatura CE permette la libera circolazione dei prodotti.
- Gli stati membri posso utilizzare regolamenti nazionali per la selezione del prodotto ma la valutazione delle prestazioni deve essere la stessa

Norme non armonizzate riguardano i prodotti che non hanno e non avranno marcatura CE:

- Essendo la norma non armonizzata gli stati membri non sono obbligati al suo uso. Possono anche utilizzare procedure nazionali.
- Motivi per avere norme non armonizzate:
  - I prodotti non sono da costruzione (ossia permanentemente posizionati sulla strada):
    - Barriere temporanee
    - TMA
    - Transizioni (è stato deciso che non sono in generale prodotti)
  - Mancanza di accordo tra gli stati membri:
    - Protezione motociclisti



## Sistemi di ritenuta stradale – Normativa

EN 1317 riguarda i seguenti aspetti:

- Definizione di veicoli, strumentazione e procedure (per acquisizione dati e calcolo degli indici caratteristici) per le prove di certificazione dei sistemi di ritenuta.
- Per i diversi sistemi di ritenuta (barriere, attenuatori, terminali, ...), definizione delle modalità di prova, delle classi di prestazione e dei criteri di accettabilità dei test.

Alcuni esempi...





# Sistemi di ritenuta stradale – Normativa

Veicoli:



Table 1 — Vehicle specifications

| MASS<br>kg<br>±  |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                   |
|--|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Total mass   | 900<br>± 40    | 1 300<br>± 65  | 1 500<br>± 75  | 10 000<br>± 300 | 13 000<br>± 400 | 16 000<br>± 500 | 30 000<br>± 900 | 38 000<br>± 1 100 |
| Test inertial mass <sup>a</sup>  | 825<br>± 40    | 1 300<br>± 65  | 1 500<br>± 75  | 10 000<br>± 300 | 13 000<br>± 400 | 16 000<br>± 500 | 30 000<br>± 900 | 38 000<br>± 1 100 |
| Including maximum ballast <sup>b</sup>   | 100            | 160            | 180            | Not applicable  | Not applicable  | Not applicable  | Not applicable  | Not applicable    |
| ATD installed  | 78 ± 4         | Not required   | Not required   | Not required    | Not required    | Not required    | Not required    | Not required      |
| <b>DIMENSIONS</b><br>m<br>(Limit deviation ± 15 %)   |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                   |
| Wheel track (front and rear)   | 1,35           | 1,40           | 1,50           | 2,00            | 2,00            | 2,00            | 2,00            | 2,00              |
| Wheel radius (unloaded)  | Not applicable | Not applicable | Not applicable | 0,46            | 0,52            | 0,52            | 0,55            | 0,55              |
| Wheel base (between extreme axles)   | Not applicable | Not applicable | Not applicable | 4,60            | 6,50            | 5,90            | 6,70            | 11,25             |
| <b>CENTRE OF MASS LOCATION<sup>c d</sup></b><br>m  |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                   |
| Longitudinal distance from front axle (CGX) ± 10 %   | 0,90           | 1,10           | 1,24           | 2,70            | 3,80            | 3,10            | 4,14            | 6,20              |
| Lateral distance from vehicle centre line (CGY)  | ± 0,07         | ± 0,07         | ± 0,08         | ± 0,10          | ± 0,10          | ± 0,10          | ± 0,10          | ± 0,10            |
| Height above ground (CGZ):   |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                   |
| — Vehicle mass (± 10 %)  | 0,49           | 0,53           | 0,53           | Not applicable  | Not applicable  | Not applicable  | Not applicable  | Not applicable    |
| — Load (+ 15 %, - 5 %)   | Not applicable | Not applicable | Not applicable | 1,50            | 1,40            | 1,60            | 1,90            | 1,90              |
| <b>TYPE OF VEHICLE</b>   | Car            | Car            | Car            | Rigid HGV       | Bus             | Rigid HGV       | Rigid HGV       | Articulated HGV   |
| Number of axles <sup>e</sup>   | 1S + 1         | 1S + 1         | 1S + 1         | 1S + 1          | 1S + 1          | 1S + 1/2        | 2S + 2          | 1S + 3/4          |
| <sup>a</sup> Including load for heavy goods vehicles (HGV).  |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                   |
| <sup>b</sup> Including measuring and recording equipment.  |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                   |
| <sup>c</sup> The vehicle's centre of mass shall be determined when the ATD is not in the car.                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                   |
| <sup>d</sup> The centre of mass of vehicles with two axles shall be determined in conformity with ISO 10392. |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                   |
| <sup>e</sup> S: steering axle.   |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                   |



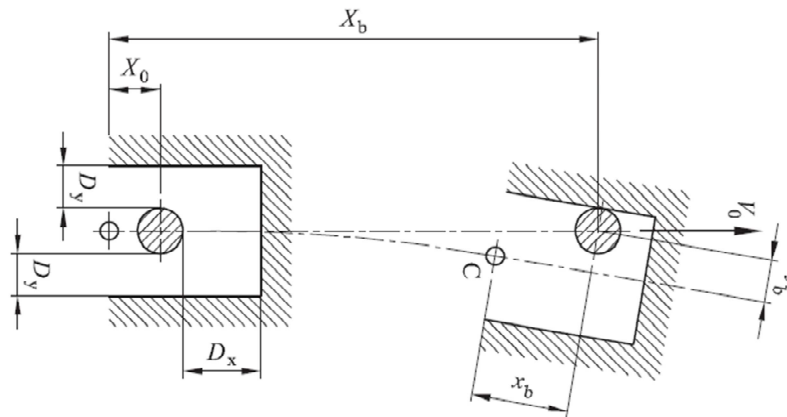
# Sistemi di ritenuta stradale – Normativa

Indici caratteristici:

- ASI: severità delle accelerazioni sugli occupanti, derivato da un indice sviluppato negli USA per lo studio del rientro in atmosfera e ammaraggio delle capsule Apollo.

$$ASI(t) = \sqrt{\left(\frac{\bar{a}_x}{a_{x \lim}}\right)^2 + \left(\frac{\bar{a}_y}{a_{y \lim}}\right)^2 + \left(\frac{\bar{a}_z}{a_{z \lim}}\right)^2}$$

- THIV: velocità teorica con cui la testa dell'occupante (considerata come una sfera libera di muoversi) andrebbe ad impattare contro una superficie interna dell'abitacolo.

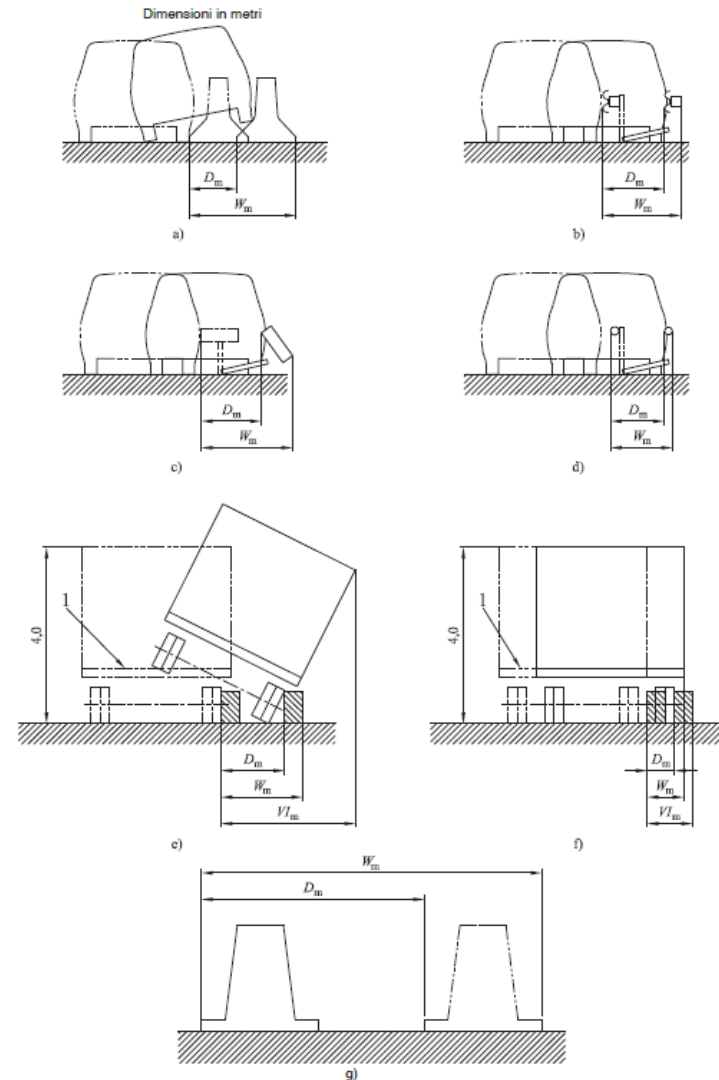




# Sistemi di ritenuta stradale – Normativa

Indici caratteristici:

- Deformazioni per una barriera di sicurezza (importanti per definire lo spazio di lavoro necessario):
  - Larghezza di lavoro ( $W_w$ )
  - Deflessione dinamica ( $D_d$ )
  - Intrusione del veicolo ( $VI$ )





# Sistemi di ritenuta stradale – Normativa

Modalità di prova, classi di prestazione e criteri di accettabilità:

Per barriere di sicurezza

Descrizione delle prove d'urto dei veicoli

| Prova | Velocità d'urto<br>km/h | Angolo d'urto<br>gradi | Massa totale<br>kg | Tipo di veicolo      |
|-------|-------------------------|------------------------|--------------------|----------------------|
| TB 11 | 100                     | 20                     | 900                | Automobile           |
| TB 21 | 80                      | 8                      | 1 300              | Automobile           |
| TB 22 | 80                      | 15                     | 1 300              | Automobile           |
| TB 31 | 80                      | 20                     | 1 500              | Automobile           |
| TB 32 | 110                     | 20                     | 1 500              | Automobile           |
| TB 41 | 70                      | 8                      | 10 000             | Autocarro rigido     |
| TB 42 | 70                      | 15                     | 10 000             | Autocarro rigido     |
| TB 51 | 70                      | 20                     | 13 000             | Autobus              |
| TB 61 | 80                      | 20                     | 16 000             | Autocarro rigido     |
| TB 71 | 65                      | 20                     | 30 000             | Autocarro rigido     |
| TB 81 | 65                      | 20                     | 38 000             | Autocarro articolato |

Livelli di severità dell'urto

| Livello di severità dell'urto | Valori degli indici |   |                             |
|-------------------------------|---------------------|---|-----------------------------|
| A                             | $ASI \leq 1,0$      | e | $THIV \leq 33 \text{ km/h}$ |
| B                             | $ASI \leq 1,4$      |   |                             |
| C                             | $ASI \leq 1,9$      |   |                             |

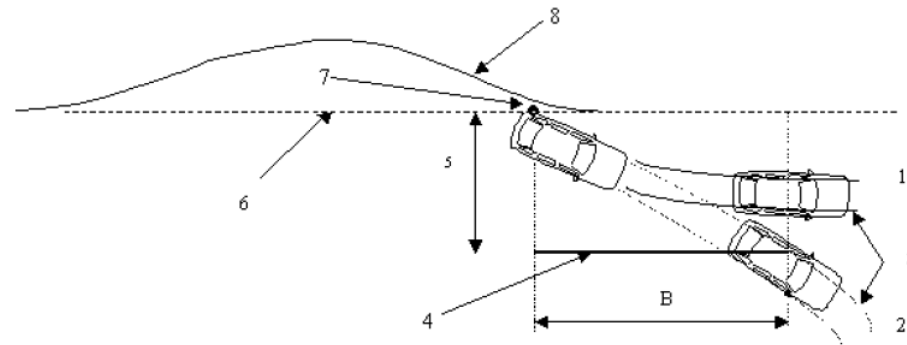




# Sistemi di ritenuta stradale – Normativa

Modalità di prova, classi di prestazione e criteri di accettabilità:

- La barriera deve contenere il veicolo senza completa rottura degli elementi longitudinali principali del sistema.
- Nessun elemento della barriera deve penetrare nel veicolo.
- Il veicolo non deve ribaltarsi (incluso il ribaltamento su un lato) durante o dopo l'urto.
- Criterio del box di uscita.
- Indici di severità entro i limiti.
- ...





# Sistemi di ritenuta stradale – Normativa

Modalità di prova, classi di prestazione e criteri di accettabilità:

Per attenuatori d'urto

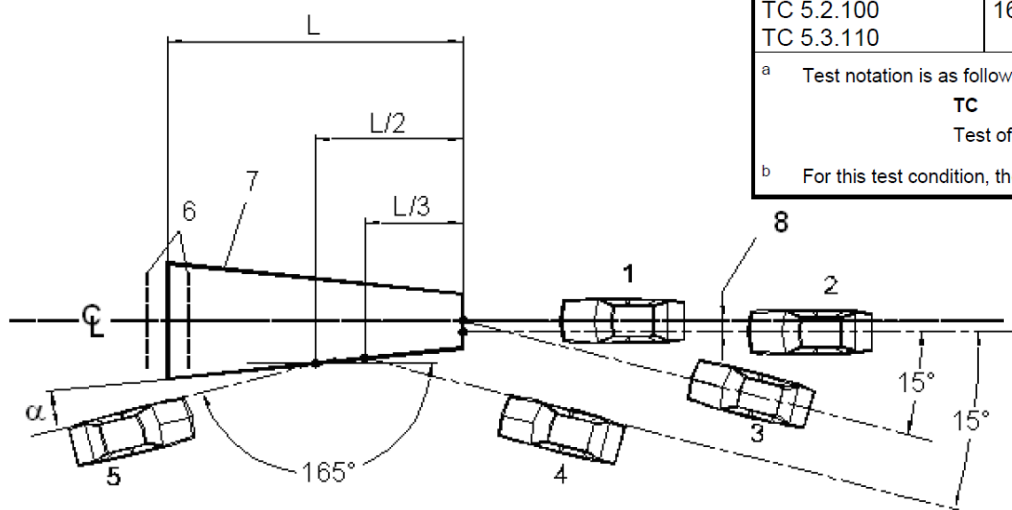
Table 1 — Vehicle impact test descriptions for crash cushions

| Test <sup>a</sup> | Approach                     | Total vehicle mass<br>kg | Velocity<br>km/h | Figure 3<br>Test no. |
|-------------------|------------------------------|--------------------------|------------------|----------------------|
| TC 1.1.50         | Frontal centre               | 900                      | 50               | 1                    |
| TC 1.1.80         |                              | 900                      | 80               |                      |
| TC 1.1.100        |                              | 900                      | 100              |                      |
| TC 1.2.80         |                              | 1 300                    | 80               | 1                    |
| TC 1.2.100        |                              |                          | 100              |                      |
| TC 1.3.110        |                              | 1 500                    | 110              | 1                    |
| TC 2.1.80         | Frontal,<br>¼ vehicle offset | 900 <sup>b</sup>         | 80               | 2                    |
| TC 2.1.100        |                              |                          | 100              |                      |
| TC 3.2.80         | Head (centre), at<br>15°     | 1 300                    | 80               | 3                    |
| TC 3.2.100        |                              | 1 300                    | 100              |                      |
| TC 3.3.110        |                              | 1 500                    | 110              |                      |
| TC 4.2.50         | Side impact at<br>15°        | 1 300                    | 50               | 4                    |
| TC 4.2.80         |                              | 1 300                    | 80               |                      |
| TC 4.2.100        |                              | 1 300                    | 100              |                      |
| TC 4.3.110        |                              | 1 500                    | 110              |                      |
| TC 5.2.80         | Side impact at<br>165°       | 1 300                    | 80               | 5                    |
| TC 5.2.100        |                              | 1 300                    | 100              |                      |
| TC 5.3.110        |                              | 1 500                    | 110              |                      |

<sup>a</sup> Test notation is as follows:

|                       |          |                   |              |
|-----------------------|----------|-------------------|--------------|
| TC                    | 1        | 2                 | 80           |
| Test of crash cushion | Approach | Test vehicle mass | Impact speed |

<sup>b</sup> For this test condition, the ATD shall be located at the more distant location from the centre line of crash cushion.





# Sistemi di ritenuta stradale – Normativa

EN 1317 – Crash tests





## Sistemi di ritenuta stradale – Normativa

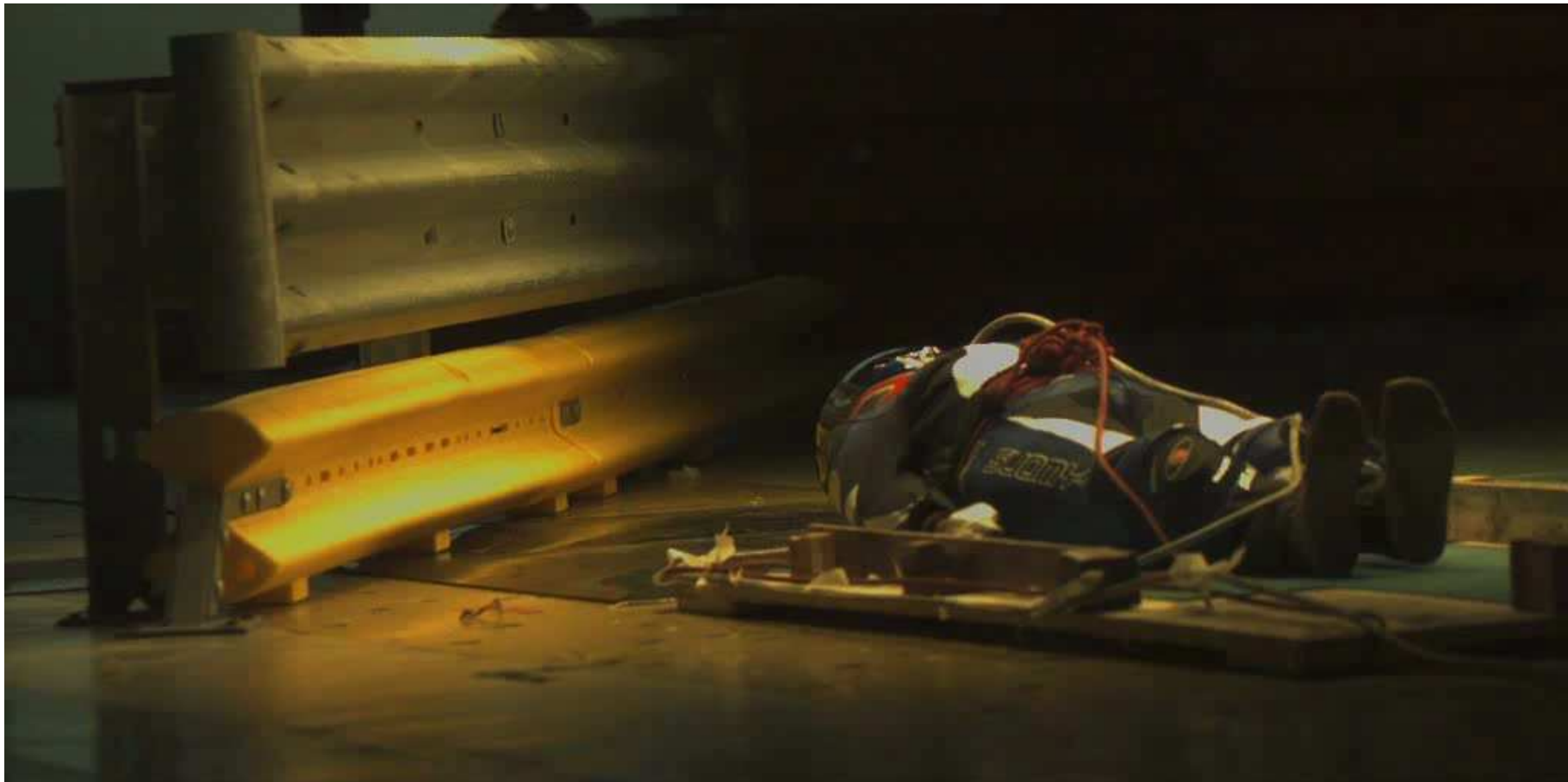
TS 1317-8: Technical Specification che riguarda la protezione dei motociclisti.

- Riguarda il solo caso particolare di motociclista che in prossimità di curva scivola, si separa dalla moto e va ad impattare contro una barriera.
- Il criterio, anche se descritto come normativo per la prima volta dalla norma spagnola, era stato sviluppato dal Laboratorio di crash del Politecnico di Milano insieme al Lier (Francia).
- Documento richiamato dal futuro decreto relativo all'installazione dei dispositivi stradali di sicurezza per motociclisti continui su barriere di sicurezza stradali discontinue.
- Criteri di accettazione:
  - Forze e momenti nel collo
  - HIC (Head Injury Criterion)
  - Il manichino non deve rimanere intrappolato
  - Non devono esserci rotture dei componenti principali della protezione
- Attenzione nell'installazione di tali dispositivi su barriere di sicurezza (modifica di prodotto, crash Vs virtual testing, ...)



## Sistemi di ritenuta stradale – Normativa

TS 1317-8: Technical Specification che riguarda la protezione dei motociclisti.







- Sicurezza passiva
- Sistemi di ritenuta stradale
- Sistemi di ritenuta stradale – Vincoli
- Sistemi di ritenuta stradale – Normativa
- **Pali a sicurezza passiva**
- Sistemi di ritenuta stradale – Installazione e modifiche



## Pali a sicurezza passiva

Anche pali di illuminazione e supporti per segnaletica possono essere progettati a sicurezza passiva, con principio simile ai sistemi di ritenuta. Normativa di riferimento è la EN 12767.

I pali sono sottoposti a crash test e classificati secondo due parametri:

- Categoria di assorbimento di energia
- Livello di sicurezza per gli occupanti

Table 5 — Occupant safety

| Energy absorption categories | Occupant safety level | Speeds                                     |                |   |              |
|------------------------------|-----------------------|--|----------------|---|--------------|
|                              |                       | Mandatory low speed impact test<br>35 km/h |                | Speed class impact tests<br>50 km/h, 70 km/h and 100 km/h |              |
|                              |                       | Maximum values                             |                | Maximum values  |              |
|                              |                       | ASI  | THIV<br>km/h   | ASI   | THIV<br>km/h |
| HE                           | 1                     | 1,0  | 27             | 1,4   | 44           |
| HE                           | 2                     | 1,0  | 27             | 1,2   | 33           |
| HE                           | 3                     | 1,0  | 27             | 1,0   | 27           |
| LE                           | 1                     | 1,0  | 27             | 1,4   | 44           |
| LE                           | 2                     | 1,0  | 27             | 1,2   | 33           |
| LE                           | 3                     | 1,0  | 27             | 1,0   | 27           |
| NE                           | 1                     | 1,0  | 27             | 1,2   | 33           |
| NE                           | 2                     | 1,0  | 27             | 1,0   | 27           |
| NE                           | 3                     | 0,6  | 11             | 0,6   | 11           |
| NE                           | 4                     | No requirement                             | No requirement | See 5.6   |              |

Table 2 — Energy absorption categories

| Impact speed, $v_i$<br>km/h | 50                        | 70                  | 100                  |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------|
| Energy absorption category  | Exit speed, $v_e$<br>km/h |                     |                      |
| HE                          | $v_e = 0$                 | $0 \leq v_e \leq 5$ | $0 \leq v_e \leq 50$ |
| LE                          | $0 < v_e \leq 5$          | $5 < v_e \leq 30$   | $50 < v_e \leq 70$   |
| NE                          | $5 < v_e \leq 50$         | $30 < v_e \leq 70$  | $70 < v_e \leq 100$  |



## Pali a sicurezza passiva



- Sostiene un peso.
- Assorbe energia cinetica dell'urto in modo efficiente.
- Comportamento più controllato perché progettato a sicurezza passiva.



- Sostiene un peso.
- Comportamento non controllato.



- Sicurezza passiva
- Sistemi di ritenuta stradale
- Sistemi di ritenuta stradale – Vincoli
- Sistemi di ritenuta stradale – Normativa
- Pali a sicurezza passiva
- **Sistemi di ritenuta stradale – Installazione e modifiche**



## Sistemi di ritenuta stradale – Installazione e modifiche

Nell'installazione di un sistema di ritenuta possono essere necessari degli adattamenti o delle modifiche.

In generale, ogni modifica deve essere supportata da opportuna documentazione, in relazione alla condizione specifica. Alcuni esempi:

- Modifica di prodotto secondo EN 1317: nuovi crash o simulazioni agli elementi finiti (Virtual Testing), partendo da modelli validati in accordo con norma di riferimento (EN 16303), poi nuovo CE da organismo notificato. E.g. applicazione di rete a tergo di barriera dotata di marcatura CE.
- Adattamento all'installazione generico: art. 38 della CPR, necessario predisporre documentazione tecnica che dimostra conformità del prodotto (Virtual Testing adeguato), poi verificata da organismo notificato. Non si ha nuova marcatura CE. E.g. introduzione di piastra di interfaccia tra montante e cordolo di viadotto.
- Adattamento all'installazione all'interno di quanto descritto nel manuale di istruzioni già approvato dall'organismo notificato in fase di rilascio della marcatura CE: sufficiente un'appropriata documentazione fornita dal produttore. E.g. palo su piastra in cui altezza del sistema resta all'interno delle tolleranze di installazione.



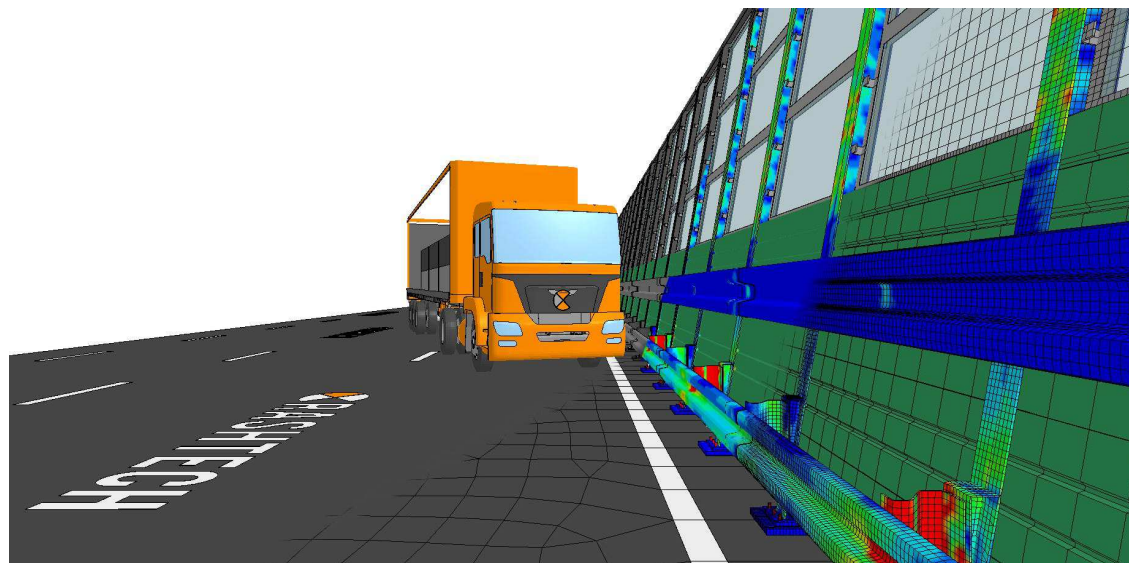


## Sistemi di ritenuta stradale – Installazione e modifiche

Virtual Testing: attività correlata all'uso di un modello numerico, sviluppato al calcolatore attraverso software specifici, per riprodurre un test o un fenomeno reale. Le simulazioni agli elementi finiti rappresentano lo strumento più avanzato, flessibile e potente per lo svolgimento di un test virtuale.

Per la sicurezza stradale, il Virtual Testing risulta uno strumento utile ed efficace:

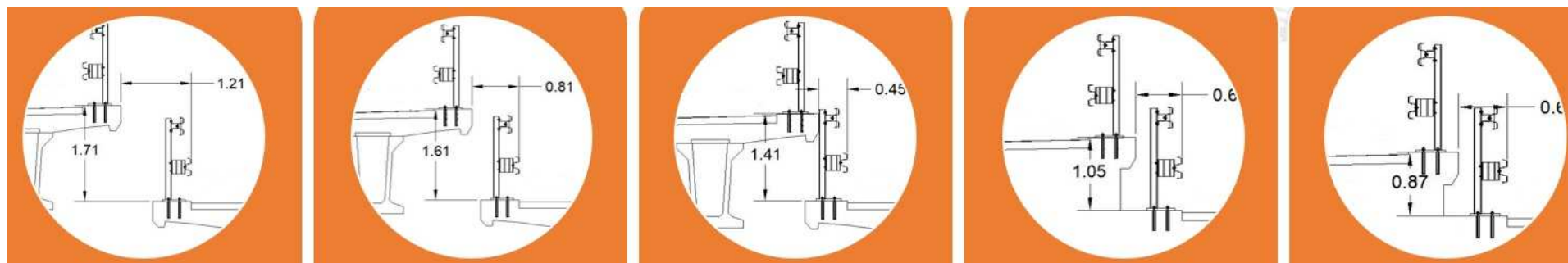
- Valutazione dell'influenza del rialzo del cordolo.
- Verifica del comportamento al variare delle caratteristiche del terreno.
- Verifica del funzionamento in determinate condizioni (arginello, curva, ...).
- Valutazione dell'interazione di una barriera con altri oggetti nello spazio di lavoro (reti, pali di illuminazione, ...).
- Valutazione preliminare dei carichi trasmessi alle sottostrutture.





## Sistemi di ritenuta stradale – Installazione e modifiche

Installazione particolare: carreggiate di autostrada su viadotti con sfalsamento in altezza, distanza orizzontale e inclinazione relativa variabili.



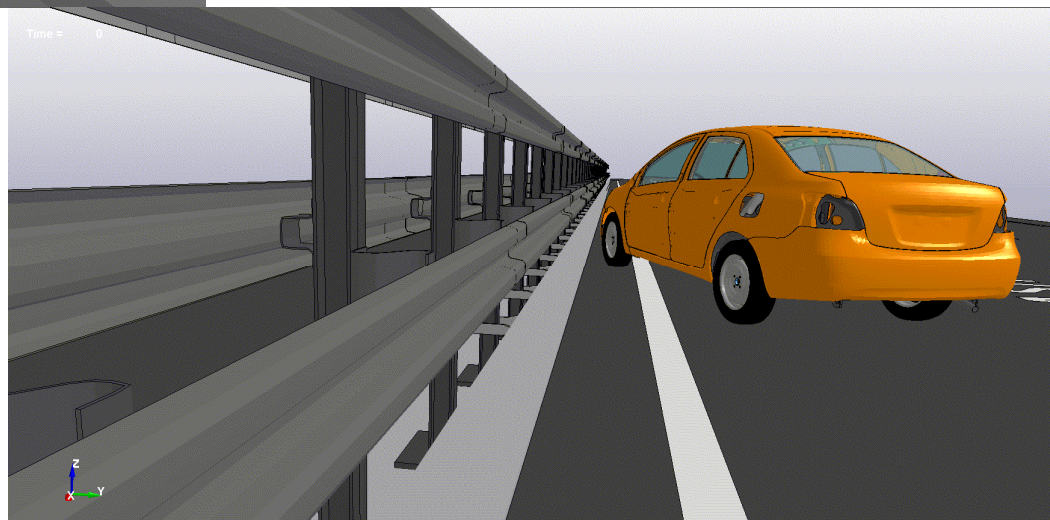
La particolare geometria non ha permesso un'installazione standard.

Sviluppata soluzione dedicata, tramite Virtual Testing, partendo da barriere marcate CE, con modelli numerici ad elementi finiti validati.



## Sistemi di ritenuta stradale – Installazione e modifiche

Installazione particolare: carreggiate di autostrada su viadotti con sfalsamento in altezza, distanza orizzontale e inclinazione relativa variabili.

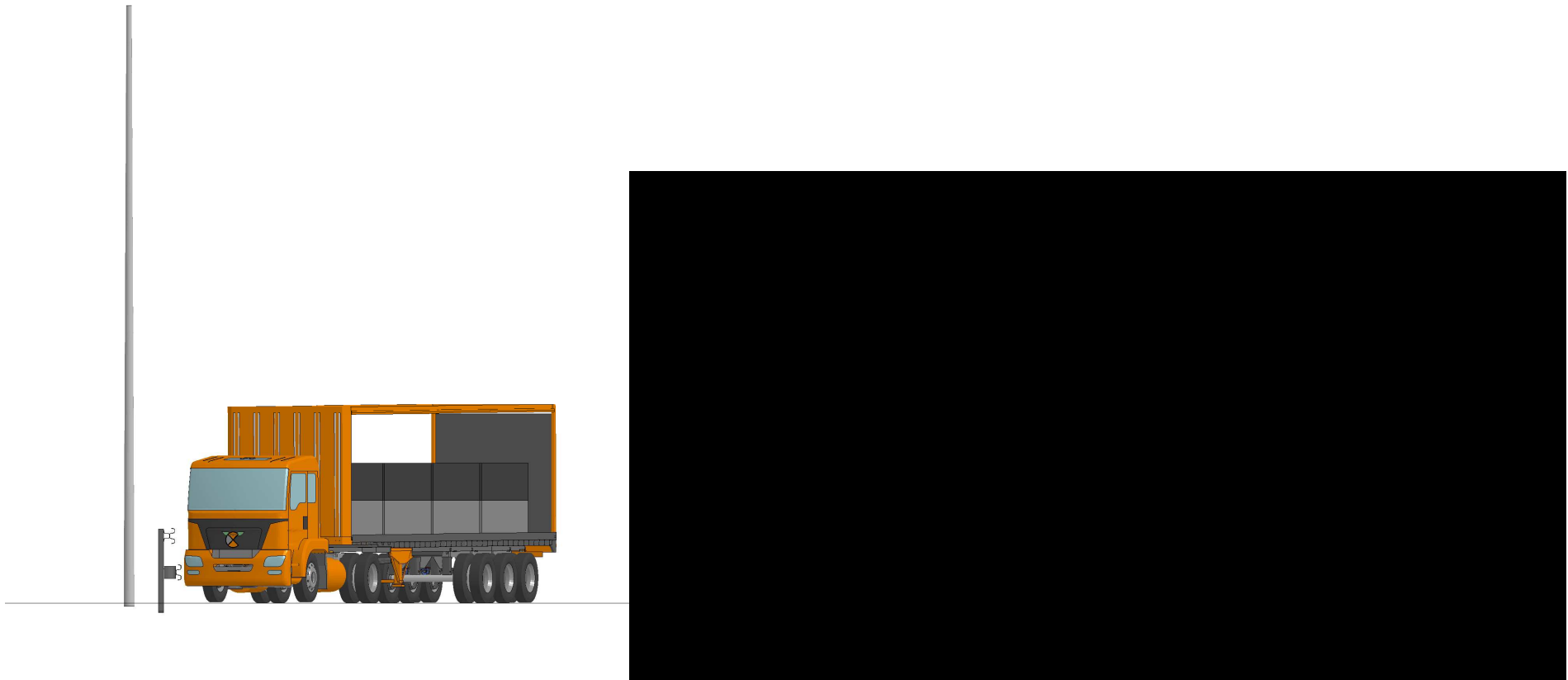




## Sistemi di ritenuta stradale – Installazione e modifiche

Installazione particolare: valutazione del comportamento della barriera con palo di illuminazione all'interno della larghezza di lavoro.

Tramite Virtual Testing sono stati valutati diversi scenari di impatto, con l'obiettivo di verificare eventuali modifiche nel comportamento della barriera di sicurezza.





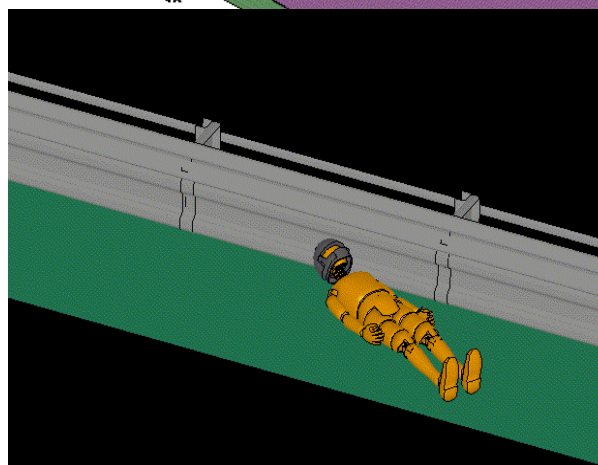
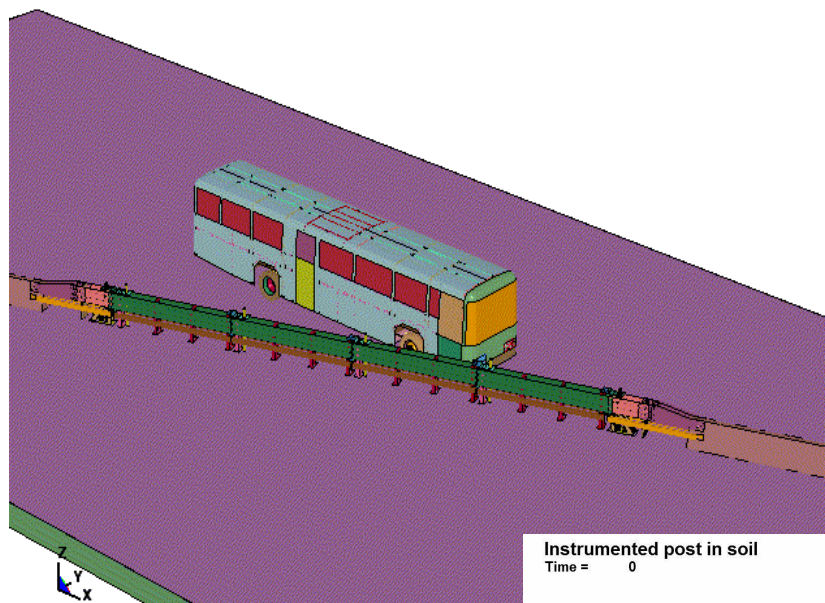


## Sistemi di ritenuta stradale – Installazione e modifiche

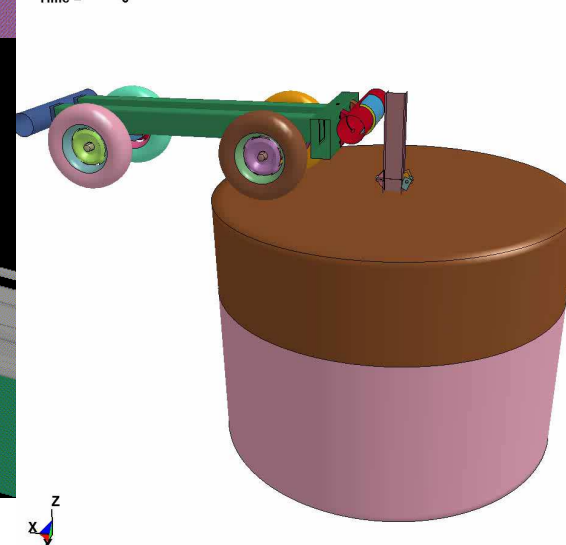
Il Virtual Testing risulta utile anche per altri aspetti connessi ai sistemi di ritenuta:

- Progetto e verifica di transizioni, chiusure varchi, ... in generale per tutti i sistemi che non hanno marcatura CE.
- Valutazioni di prestazioni dei sistemi di ritenuta in condizioni diverse da quelle di Type Testing (prove di certificazione).
- Valutazione dei carichi trasmessi al vincolo, per analisi di installazione su cordolo o in terreno.
- ...

LS-DYNA user input  
Time = 0



Instrumented post in soil  
Time = 0







## Sistemi di ritenuta stradale – Installazione e modifiche

Per concludere, fondamentale ricordare un aspetto:

Il criterio da seguire non è quello di dire che “l’installazione è meglio che non avere niente del tutto” o che “è migliorativa rispetto all’esistente” ma il criterio del “**buon padre di famiglia**”.

Devo ossia dimostrare che le altre soluzioni, magari progettate in accordo alle norme, danno una sicurezza inferiore rispetto al mio progetto.

Il mio progetto è quanto di meglio potevo fare. E’ il massimo, non il minimo.



 **POLITECNICO DI MILANO**



## **Sistemi di ritenuta stradale, modalità di utilizzo, incremento della protezione, installazioni non convenzionali**

**Relatore: Ing. Sergio Marco Bassi**

**Autori: Ing. Sergio Marco Bassi, Prof. Marco Anghileri**

**Laboratorio per la Sicurezza dei Trasporti, Politecnico di Milano**

**[sergiomarco.bassi@polimi.it](mailto:sergiomarco.bassi@polimi.it)**

**Monza, 04/04/2019**