



**CIRSS – Centro Interdipartimentale di  
Ricerche sulla Sicurezza Stradale  
Università di Pavia**

**Analisi e Ricostruzione di  
Incidenti Stradali**

Ing. Sillo Mattia

# Incidente Stradale

## Raccolta delle Informazioni



## Ricostruzione dell'Incidente

- La ricostruzione dell'incidente **NON** è una scienza esatta.
- Tante più informazioni si hanno e migliore sarà la ricostruzione dell'incidente.
- Interazione tra i due ambienti.

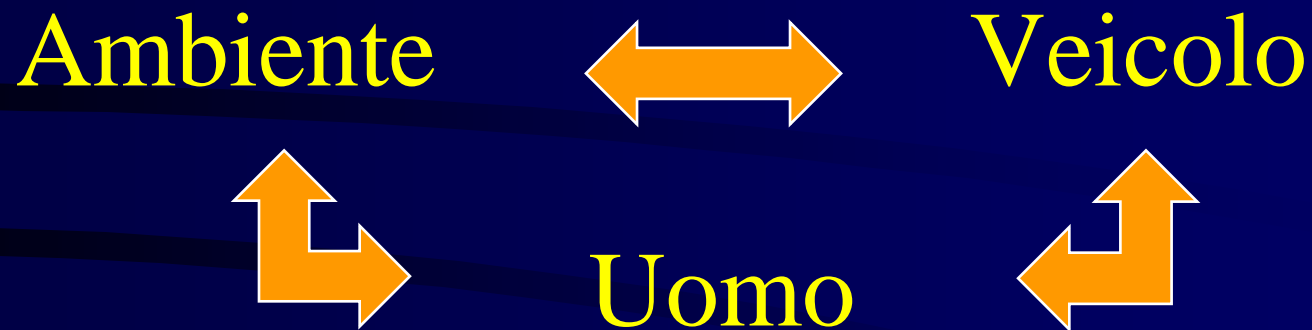
# Obiettivi della Ricostruzione

## Determinazione dei fattori causali

In particolare:

- Ricerche per la sicurezza stradale.
- Miglioramento del grado di addestramento alla guida.
- Progettazione stradale.
- Sicurezza passiva del veicolo e della sua guidabilità.
- Legislazione e Codice della Strada.
- Medicina Legale e trattamento degli infortuni.
- **Responsabilità civili e penali.**

# Raccolta delle informazioni



Chi se ne può occupare:

- Forze dell'ordine: Polizia Locale, Polizia Stradale e Carabinieri.
- Personale specializzato.

# Ambiente

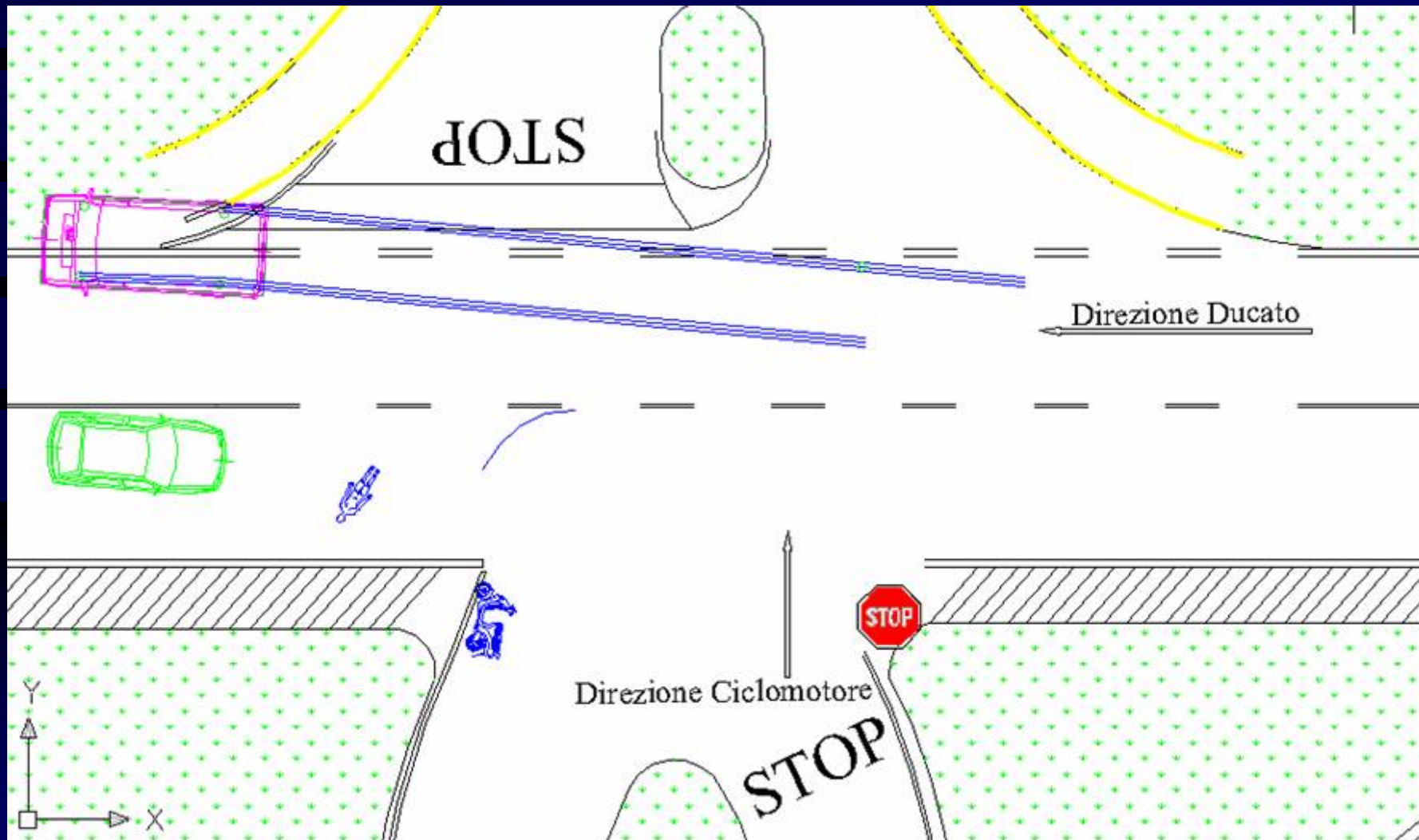
## Rilevamento sulla scena dell'incidente

### 1) Planimetria della scena dell'incidente

Cosa deve essere rappresentato e come: posizione di arresto dei veicoli, evidenze sull'asfalto, segnaletica, ostacoli, ostruzioni, ecc...

Tecniche di rilevazione: capisaldi e triangolazioni, rette parallele e perpendicolari, rilevazione di una curva.

# Planimetria di un incidente



# Ambiente

## Rilevamento della scena dell'incidente

### 2) Rilevazione Fotografica

Cosa deve essere fotografato e come: posizioni veicoli, evidenze sul terreno, segnaletica, “difetti” della superficie, ostacoli, ostruzioni visive, linee di vista dei guidatori dei veicoli coinvolti e dei testimoni, ecc...

3) Rilevazione tramite videocamera della scena dell'incidente.

# Fotografare la Scena



La Scena



Le Evidenze





# Fotografare la Scena



Le Linee Di  
Vista



I Veicoli

# Veicolo

## Documentazione fotografica dei danni

Cosa e come fotografare: 8 fotografie-base, particolari, evidenze di danneggiamento, evidenze sui pneumatici, uso strumenti graduati, ecc....

## Misurazione dell'entità del danno

Misurazione del “disegno di danneggiamento” per l'utilizzo dell'algoritmo di Campbell e per la stima dell'energia dissipata (EES), misurazione dell'accorciamento di passo nei Motocicli, ecc...

# Veicolo



# Veicolo

## **Analisi del danno**

Riconoscimento danno preesistente, matching delle zone di contatto sui veicoli, riconoscimento della direzione del vettore forza e del movimento dei veicoli durante l'urto, ecc...

## **Controllo delle componenti del veicolo**

Marcia inserita, cinture di sicurezza, stato di funzionamento degli indicatori luminosi (luci, indicatori di direzione), ecc...

# Uomo

**Dichiarazioni rilasciate dagli occupanti i veicoli, informazioni aggiuntive per la ricostruzione.**

**Identificazione dei testimoni e interpretazione delle dichiarazioni.**

**Rilievo degli indumenti o dell'equipaggiamento protettivo per determinare il movimento dei corpi, il materiale danneggiante e per verificare il livello di protezione.**

# Uomo



# Ricostruzione dell'incidente

Analisi delle informazioni a disposizione



Scelta delle tecniche ricostruttive applicabili



Calcolo di velocità, tempi e spazi



Eventuale simulazione con software



Determinazione di cause e studio della evitabilità

# Analisi delle informazioni e scelta della tecnica costruttiva

- Studio di fattibilità della ricostruzione in base agli elementi a disposizione e agli obiettivi della stessa: determinazione delle responsabilità, ricerca dei fattori causali, studio dell'evitabilità, ecc...
- Determinazione della configurazione dell'incidente della tipologia di movimenti e del percorso dei veicoli coinvolti.
- Studio delle ipotesi di applicabilità delle tecniche ricostruttive.



# Calcolo di velocità, spazi e tempi

- Identificazione PU e Evento Scatenante.
- Suddivisione in fasi temporali (Post-Urto, Urto, Pre-Urto, ecc) in base alle evidenze riscontrate e alle dichiarazioni rilasciate.



## Fase di Post-Urto

**Obiettivo:** determinazione della velocità del veicolo in un istante immediatamente successivo alla collisione.

Come?

1. Determinazione della tipologia di movimento in questa fase
2. Scelta e critica dei procedimenti matematici da adottare.
3. Analisi delle evidenze.
4. Studio dei danni e delle tracce su pneumatici e/o carrozzeria.

## Fase di Post-Urto

5. Interpretazione delle dichiarazioni rilasciate.
6. Studio di **sliding test** per la determinazione di drag factors (coefficienti di attrito/aderenza).
7. Misurazione delle distanze percorse.
8. Studio delle informazioni derivanti dall'ispezione delle componenti dei veicoli.
9. Studio dell'influenza sul calcolo nell'utilizzo di intervalli di assunzione dei coefficienti.

# Sliding Tests

Sono test di simulazione del movimento di veicoli e/o corpi, realizzati in apposite strutture, finalizzati alla determinazione dei drag factors.

Esempi: frenata di un autoveicoli, scivolamento su fianco di motocicli, rotolamento del corpo umano, roto-traslazione di autovetture in fase di sbandamento, ecc...

# Sliding Tests

Drag factor ribaltamento in un campo e frenata



## Fase di Urto

- **Obiettivo:** determinazione della velocità del veicolo all'istante immediatamente precedente alla collisione, cioè al momento di primo contatto.

Applicazione dei principi di:

- **Conservazione dell'energia**
- **Conservazione della quantità di moto**

# Fase di Urto

- Scelta e studio dei **Crash Test** di riferimento.
- Studio del movimento dei veicoli durante la fase di urto.
- Calcolo o stima dell'energia dissipata in deformazione durante la fase di urto (**EES** – Energy Equivalent Speed e **EBS** – Equivalent Barrier Speed) e della variazione di velocità (**Delta-V**)
- Critica all'applicazione dei procedimenti matematici adottati e loro limitazioni.
- Studio dell'influenza sul calcolo nell'utilizzo di intervalli di assunzione dei parametri.

# Crash Tests

Sono test di simulazione di urti e possono avere molteplici finalità:

- Calcolo delle energie dissipate in deformazione per la ricostruzione di casi realmente accaduti
- Studio del movimento degli occupanti per miglioramento della sicurezza passiva
- Monitoraggio di eventuali volontari per la determinazione delle conseguenze



# Crash Tests



Urto Frontale

Urto Laterale



Camion contro auto



# Crash Test Auto-Moto

## Suzuki vs Mitsubishi



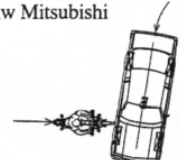
## 49 km/h vs 27 km/h



**Versuch 09**

**Beschreibung:** Krad Suzuki 125 mit Dummy fährt gegen die vordere rechte Seite des nach links einschwenkenden Pkw Mitsubishi

**Kollisionsstellung:**  $\alpha_K \approx 105^\circ$



**Meßwerte:**

05:09:02.2 00:01.212 Ektapro 1212 JUN 07, 1997

Rate 1000  
Gesn 18

Lichtschränke -  
UDS -  
UDS -

Längs-Wurfweite<sub>(D)</sub>  
Quer-Wurfweite<sub>(D)</sub>


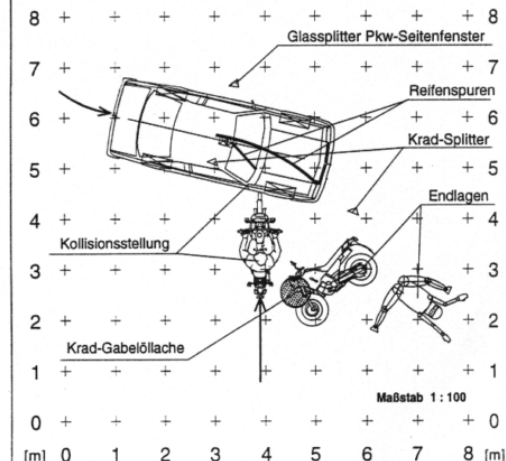
Längs-Wurfweite<sub>(K)</sub>  
Quer-Wurfweite<sub>(K)</sub>

Radstandsverkürzung

Eindringtiefe<sub>(Pkw)</sub>

**Bemerkungen:**

- Vorderradgabel des Krades ist stark nach rechts verdreht
- linkes Gleitrohr der Vorderradgabel des Krades ist gebrochen
- Frontscheibe des Pkw ist im oberen rechten Bereich gesprungen
- max. Eindringtiefe am Pkw befindet sich im hinteren Türbereich
- Pfeile auf Bl. 27: Reifenspuren des Krad-Vorderrades im vorderen Türbereich sind nach hinten hin verwischt

8 + + + + + + + + + 8  
7 + + + + + + + + + 7  
6 + + + + + + + + + 6  
5 + + + + + + + + + 5  
4 + + + + + + + + + 4  
3 + + + + + + + + + 3  
2 + + + + + + + + + 2  
1 + + + + + + + + + 1  
0 + + + + + + + + + 0  
(m) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 (m)

Labels in diagram: Glassplitter Pkw-Seitenfenster, Reifenspuren, Krad-Splitter, Endlagern, Kollisionsstellung, Krad-Gabelöflache, Maßstab 1:100

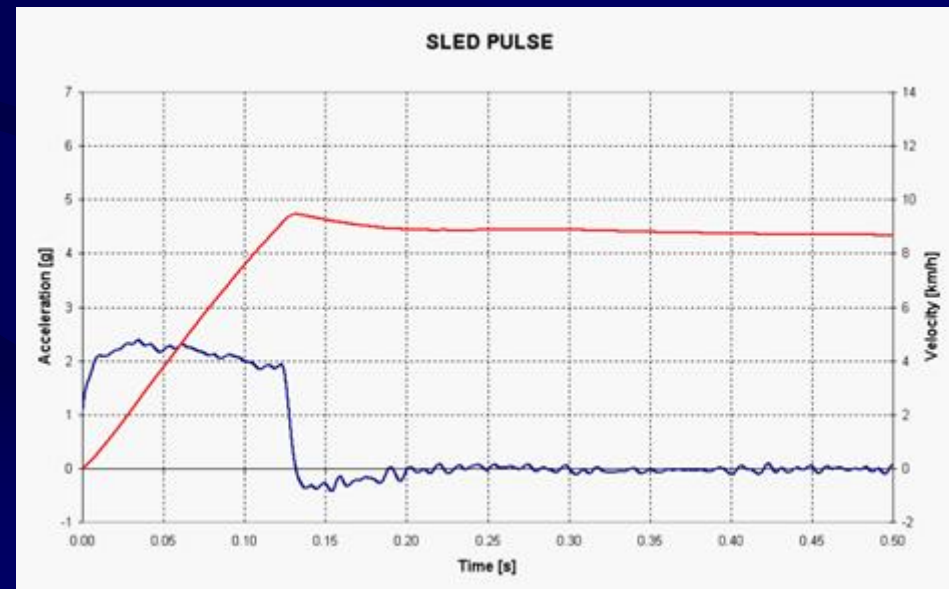
# Sled Tests

Urto posteriore



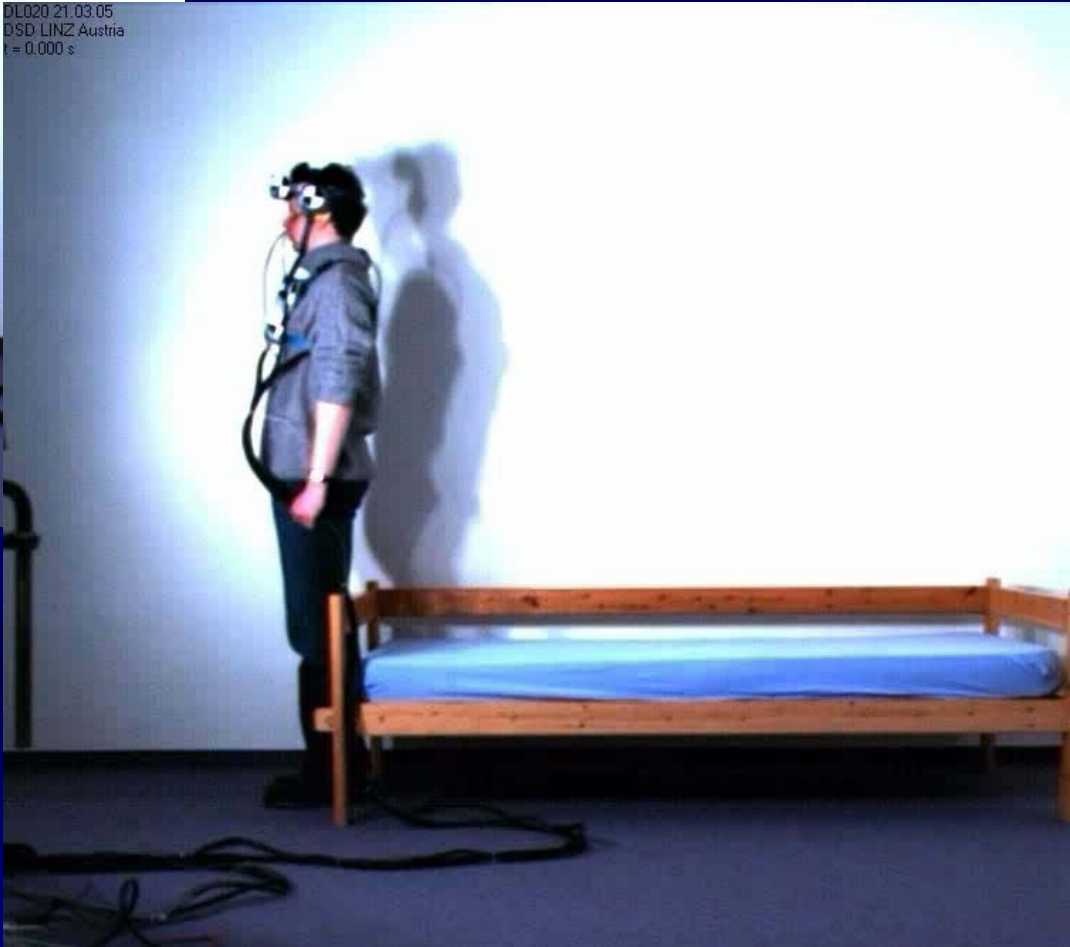
Tamponamento

Accelerazione



# Vita Reale

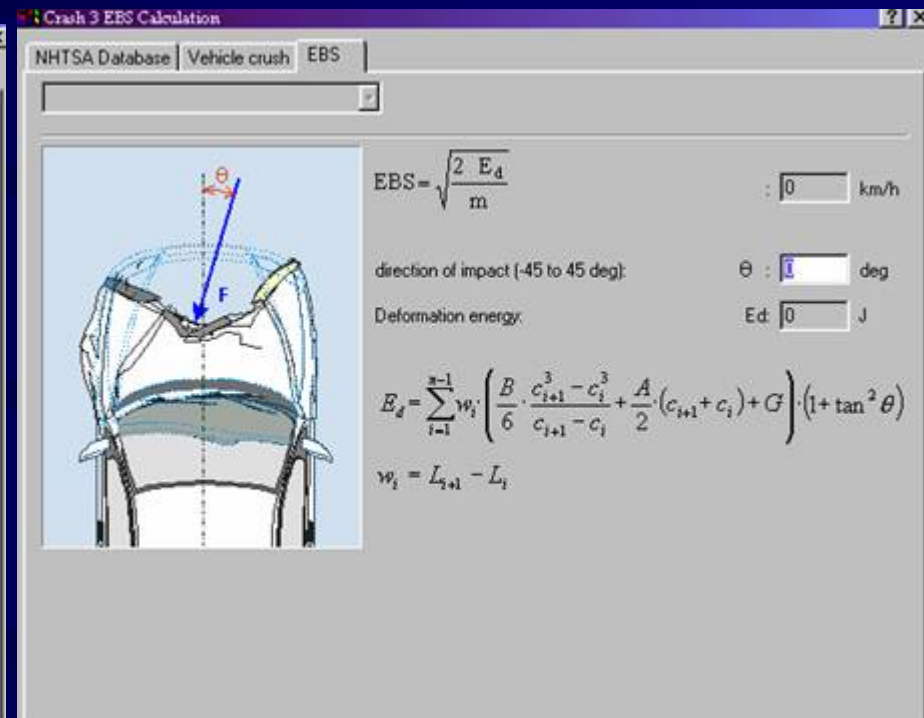
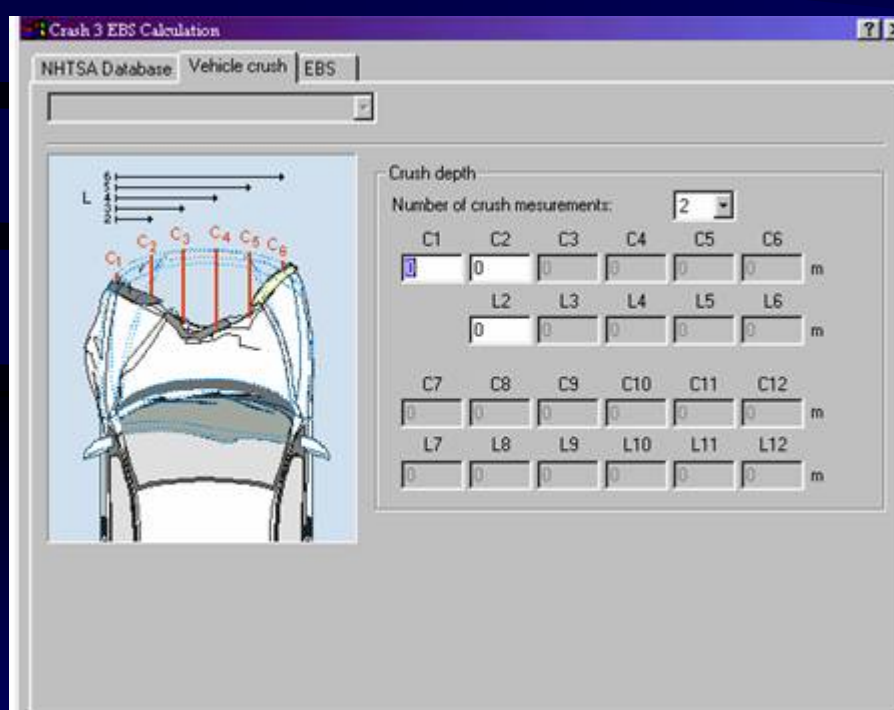
## Impatto Testa



## Caduta

# Algoritmo di Campbell

Misurazione del danno  Energia dissipata



# EES

## Database EES (Energy Equivalent Speed)

CD-EES Sillo (Italian)

Data Picture Options Video

Opel Model Place of Dam EES

Product	Type	Place of Damag	EES
Opel	Ascona	ahead	38
Opel	Ascona	sideways	30
Opel	Ascona	ahead	10
Opel	Ascona B	ahead	17
Opel	Astra	ahead	66
Opel	Astra	ahead	19
Opel	Astra	ahead	19
Opel	Astra	ahead	15
Opel	Astra	ahead	14
Opel	Astra	ahead	16
Opel	Astra	ahead	13
Opel	Astra	ahead	38
Opel	Astra	sideways	46

Carbody: 1m/3  
Mass: 990 kg

Deformation:  
Overlapping: 80 %

Vehicle class

- Pedestrian
- Bicycle
- Motorcycle
- Car
- Light duty truck
- Truck
- Bus

Clipboard Help Info Exit

CD-EES Sillo (Italian)

Data Picture Options Video

64-68 km/h

Dr. Melegni

64-68 km/h

## Fase di Pre-Urto

**Obiettivo:** determinazione delle tipologie di movimento dei veicoli in avvicinamento alla collisione.

- Interpretazione delle dichiarazioni rilasciate.
- Studio delle evidenze riscontrate.
- Studio delle traiettorie percorse dai veicoli (ev. visione videoripresa).
- Studio delle fasi di Percezione, Comprensione, Decisione e Reazione.
- Misurazione delle distanze e stima delle accelerazioni/decelerazioni dei veicoli in questa fase.
- Calcolo di velocità, spazio e tempi.
- Parziale simulazione sulla scena dell'incidente.

# Perché?

## Determinazione dei fattori causali:

Ambiente: segnaletica malfunzionante o errata, ostruzioni visive stabili o mobili, condizioni atmosferiche, problemi di manutenzione della sede stradale, ecc...

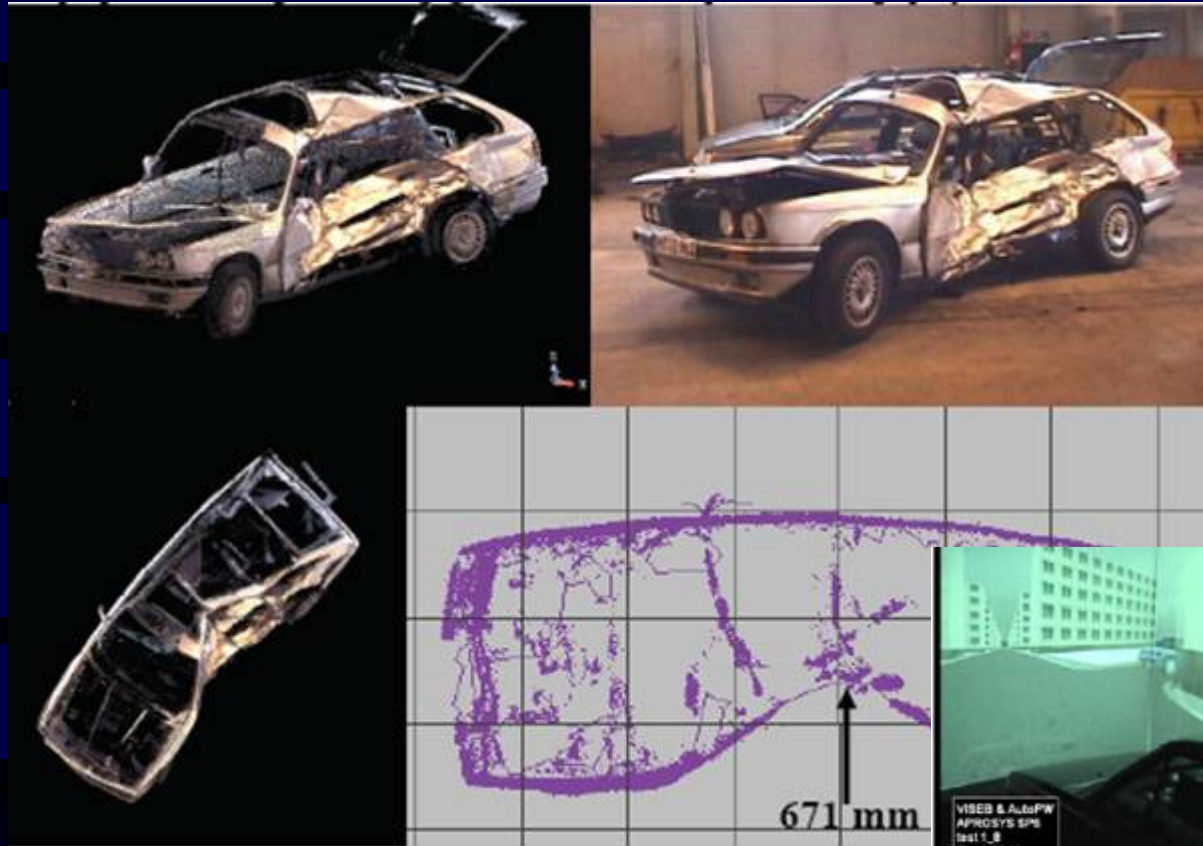
Uomo: disattenzione, ritardi in reazione, incapacità di scelta della manovra evasiva corretta, cattiva messa in atto della manovra evasiva, stato psicofisico alterato, atto insicuro alla guida, ecc...

Veicolo: cattivo funzionamento di qualche componente, difetti di progettazione, problemi di manutenzione, ecc...



# Ricostruzione - Prevenzione

Ing. Mattia Sillo

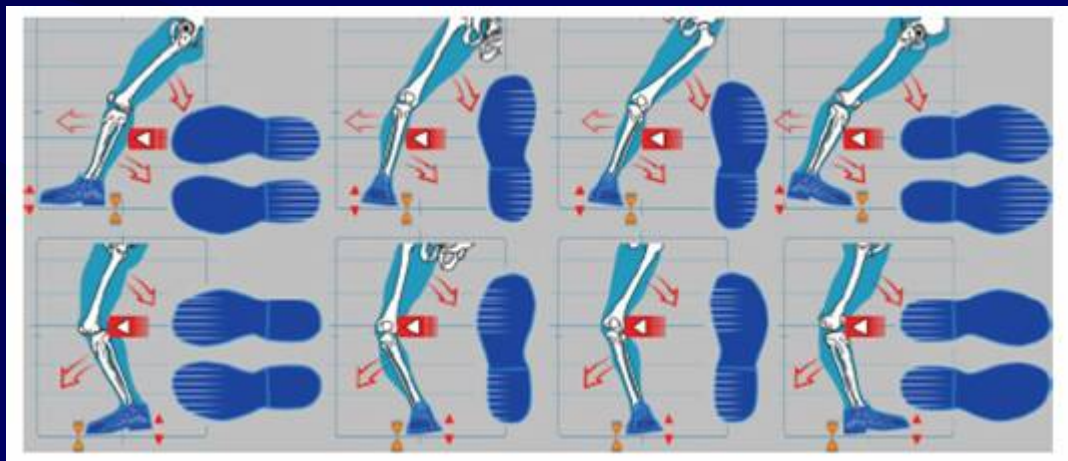
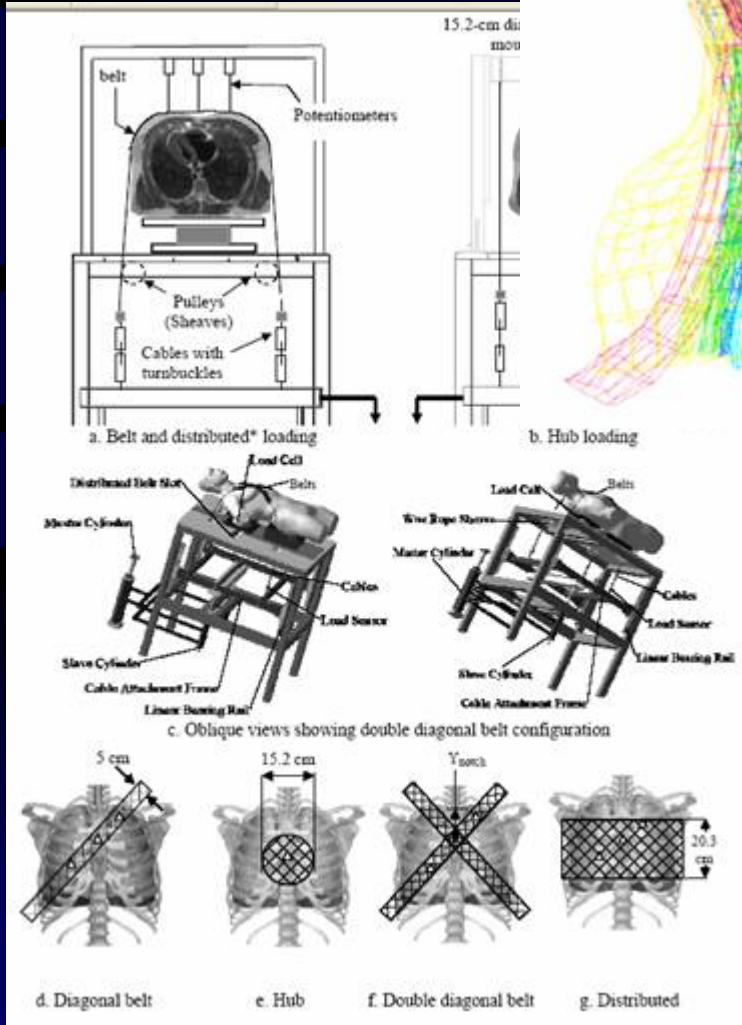


# Ricostruzione - Prevenzione

## Sistemi di Ritenzione Airbags



# Ricostruzione - Prevenzione



# PC-CRASH

Programma di simulazione di incidenti stradali

Opera in ambiente Microsoft Windows

Modello delle traiettorie (Modello Cinetico)

Equazioni del moto e loro integrazione

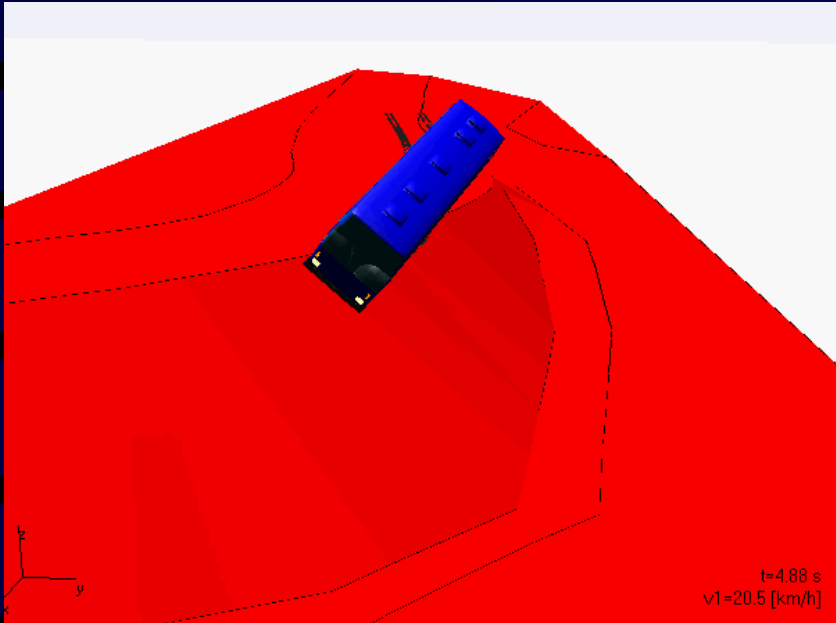
Modello delle collisioni Kudlich-Slibar

Modello multibody

Risultati in forma numerica e rappresentazione grafica

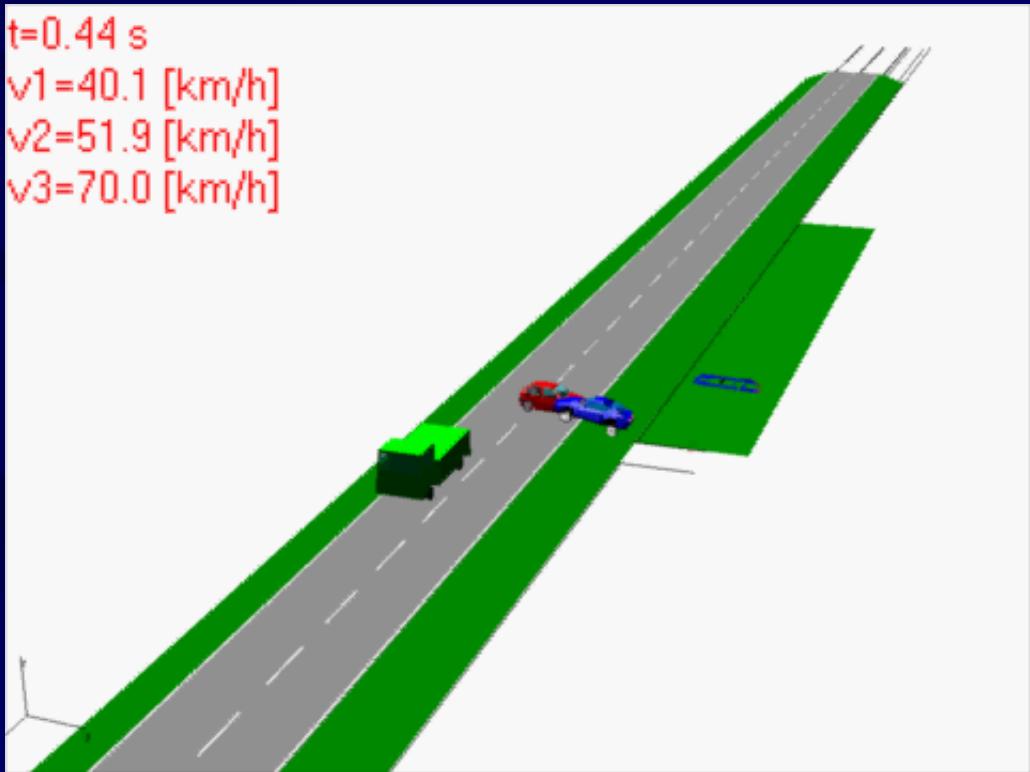
# PC-CRASH

Autobus che cade in un dirupo



t=4.88 s  
v1=20.5 [km/h]

t=0.44 s  
v1=40.1 [km/h]  
v2=51.9 [km/h]  
v3=70.0 [km/h]



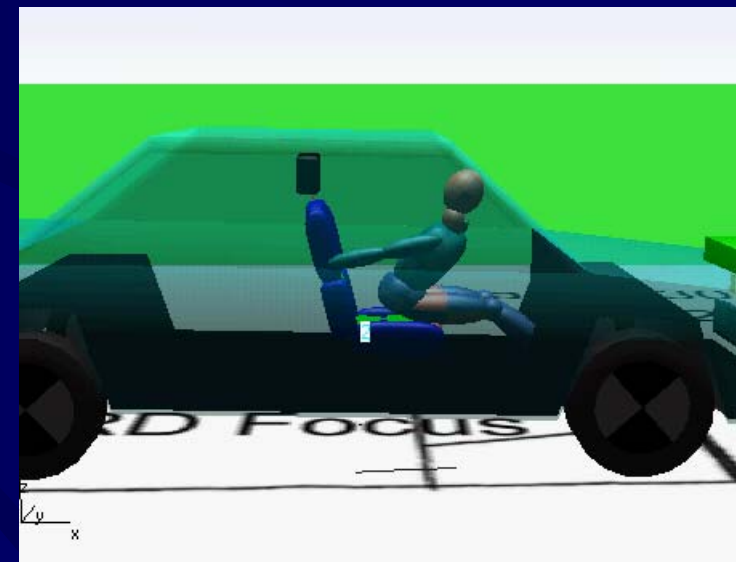
Urto Frontale tra Autovetture

# PC-CRASH

Motociclo  
VS  
Autovettura



Tamponamento a catena  
Movimento Conducente



## Fonti, Bibliografia e Riferimenti

- Traffic Accident Reconstruction Manual & Traffic Accident Investigation Manual  
Lynn B. Fricke et all - Northwestern University Traffic Institute – Chicago
- Forensic Engineering Investigation  
Randall K. Noon - CRC Press LLC
- MAIDS project Reconstruction Guidelines and Database
- Sae Safety Series Collection ([www.sae.org](http://www.sae.org))
- [www.accidentreconstruction.com](http://www.accidentreconstruction.com)
- PC-Crash a Crash Tests [www.dsd.at](http://www.dsd.at)
- Wildhaus Crash Tests (DSD – Dekra – EVU – IbB – Winterthur)
- AutoExpert Hungary – Dr.Melegh
- [www.crashtest-service.com](http://www.crashtest-service.com)
- [www.taroring.com](http://www.taroring.com)
- [www.napars.org](http://www.napars.org)
- [www-nrd.nhtsa.dot.gov/database/nrd-11/veh\\_db.html](http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/database/nrd-11/veh_db.html)
- [www.itai.org](http://www.itai.org)

# Ing. Mattia Sillo

Laboratorio Ricostruzione Incidenti

Dipartimento di Ingegneria Edile e del Territorio

Facoltà di Ingegneria - Università di Pavia.

**Tel:0382/985409**

**[mattia.sillo@unipv.it](mailto:mattia.sillo@unipv.it)**