



Inizio lezione





RICOSTRUZIONE DEGLI INCIDENTI STRADALI M

Tempo tecnico e decelerazione in frenate d'emergenza



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Prof. Ing. Mattia Strangi



Premessa

Analizzando la frenata è possibile risalire alla velocità originaria di marcia dell'autovettura

Frenatura d'emergenza

- Rapidità

✓ azione istintiva

- Massima efficienza

$$\checkmark e = \frac{H}{P}$$



La decelerazione

- Il moto perpetuo non esiste
- Decelerazione $> e$
 - ☑ - Freno motore
 - ☑ - Resistenza aerodinamica
 - ☑ - Resistenza del percorso
 - ☑ - Resistenza al rotolamento



Diagramma di decelerazione

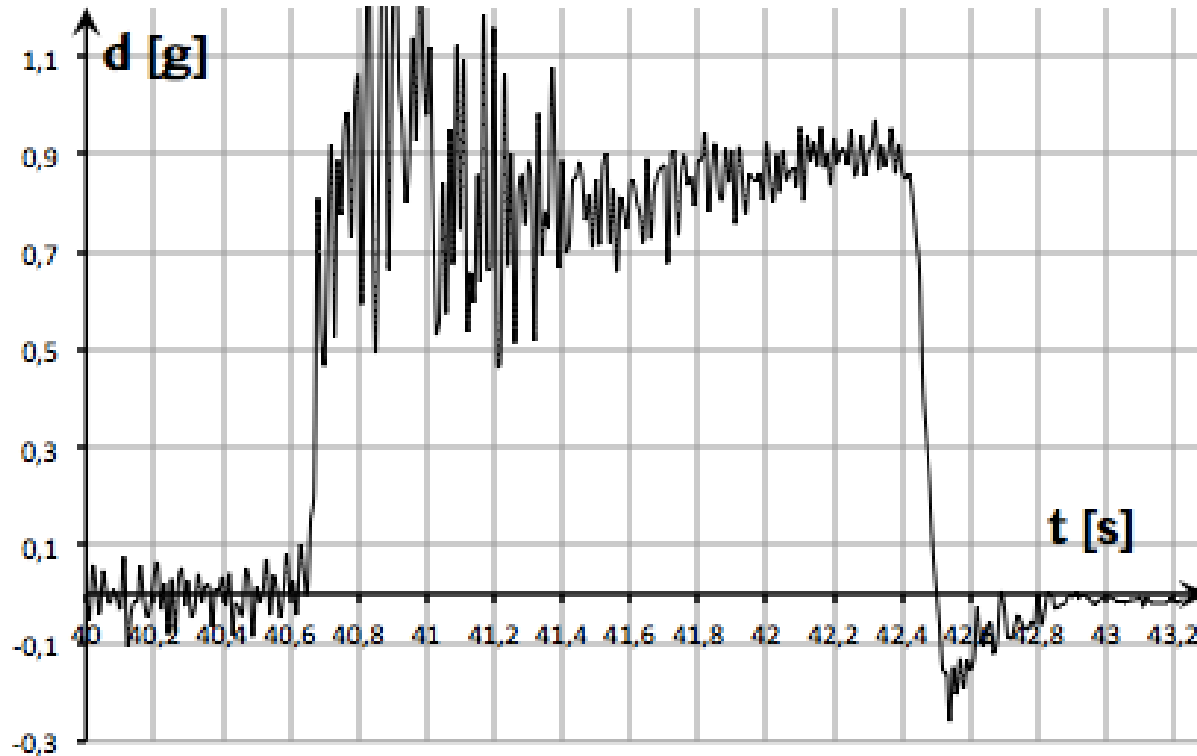


Diagramma della decelerazione relativo alla prova n°6
(Alfa Brera con ABS disattivato)



Diagramma di decelerazione

- Sovrapposizione di due contributi
 - ✓ decelerazione del veicolo
 - ✓ oscillazioni/vibrazioni
- Come separare la parte che ci interessa?

- $$\Delta v = \int_{t_1}^{t_2} a dt$$





Diagramma di decelerazione

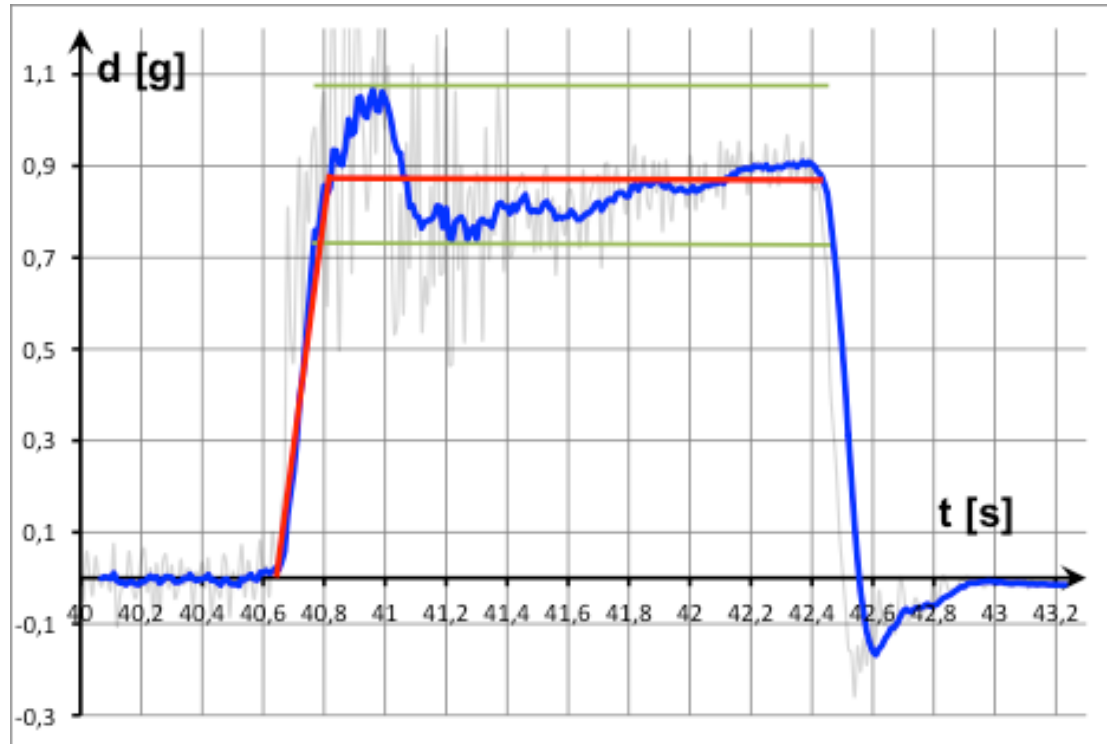


Diagramma della decelerazione relativo alla prova n°6
(Alfa Brera con ABS disattivato), sovrapposta media
mobile

riduzione con media mobile 10 valori



Diagramma di decelerazione con sistema ABS

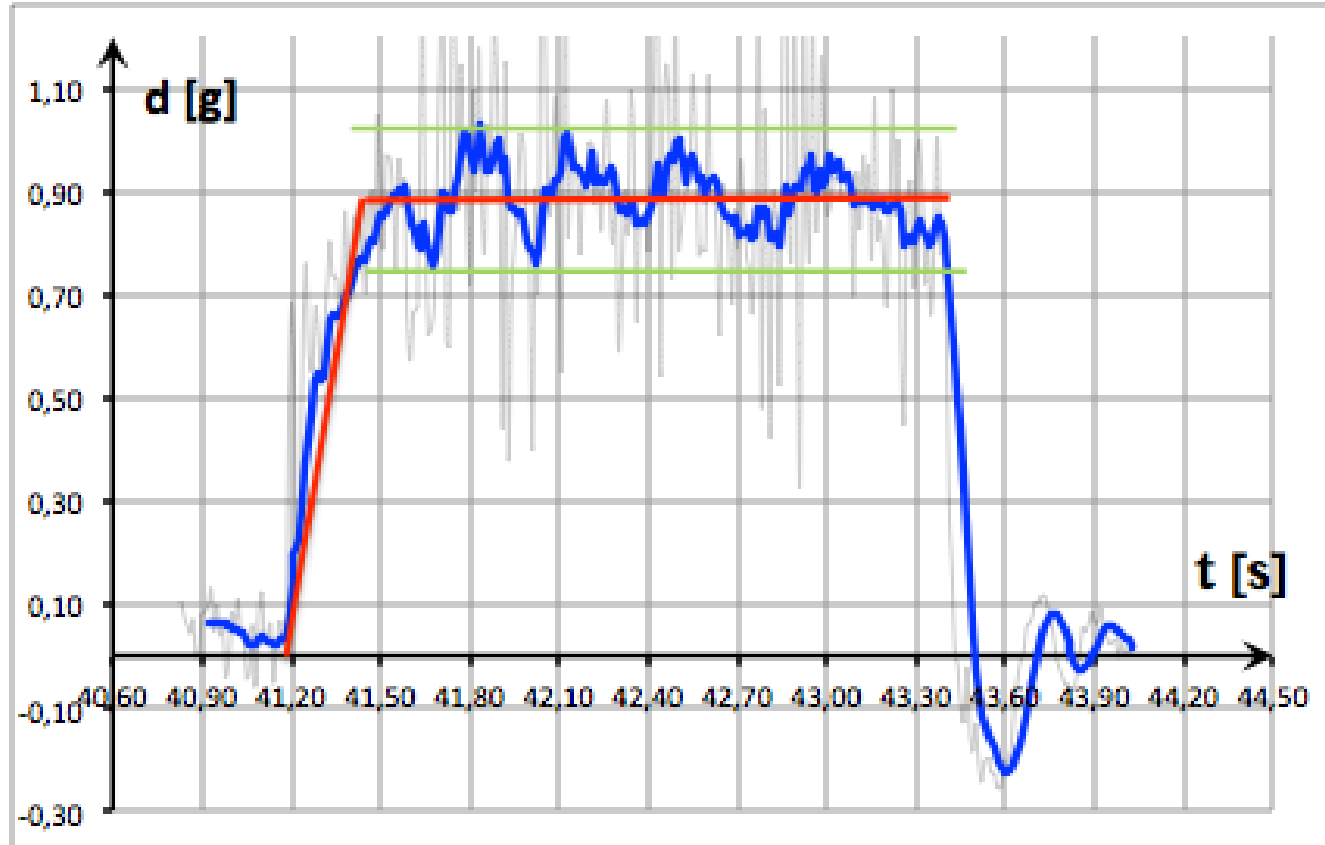


Diagramma della decelerazione relativo alla prova n°8
(VW POLO provvista di ABS)

Diagramma di decelerazione su ghiaino

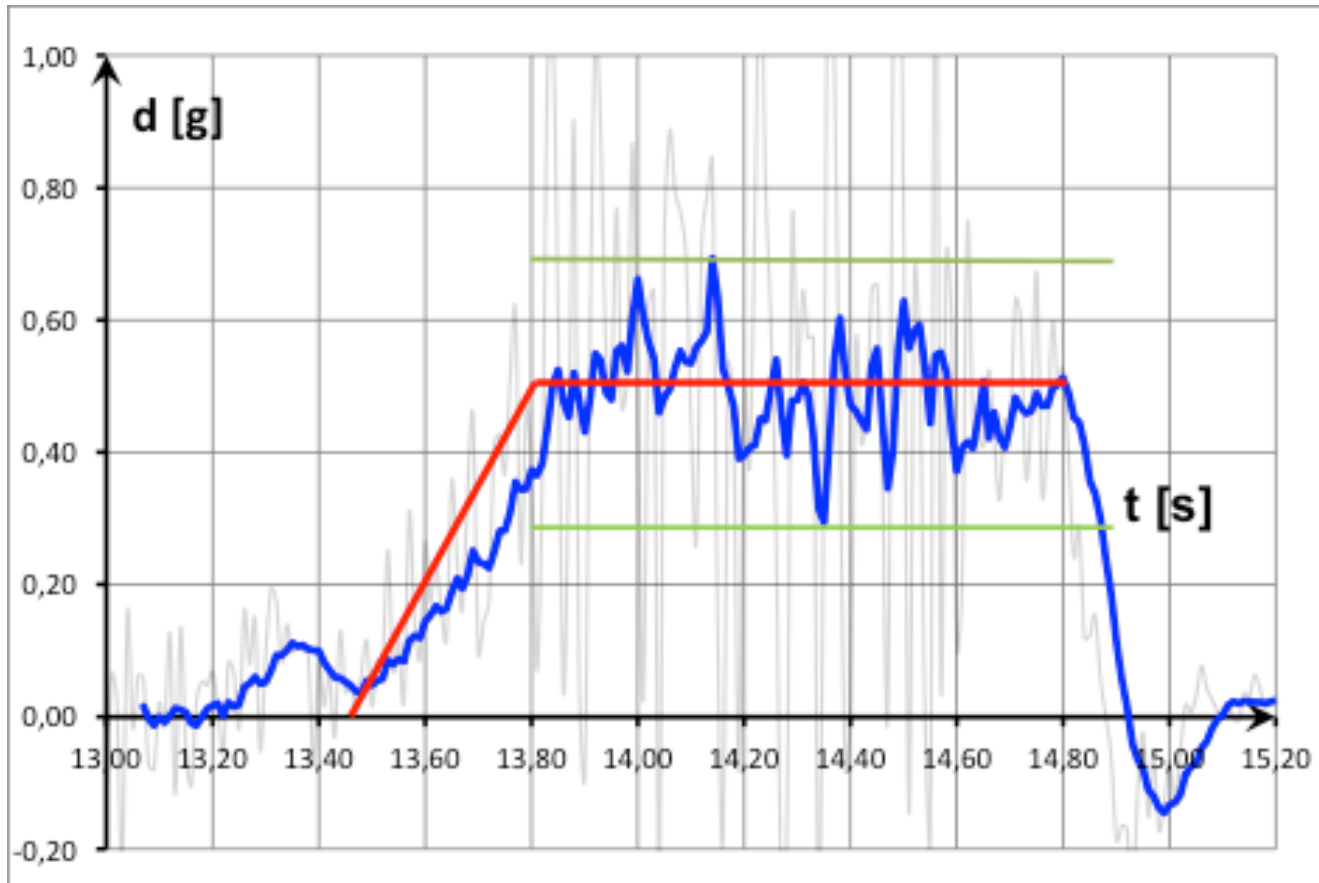
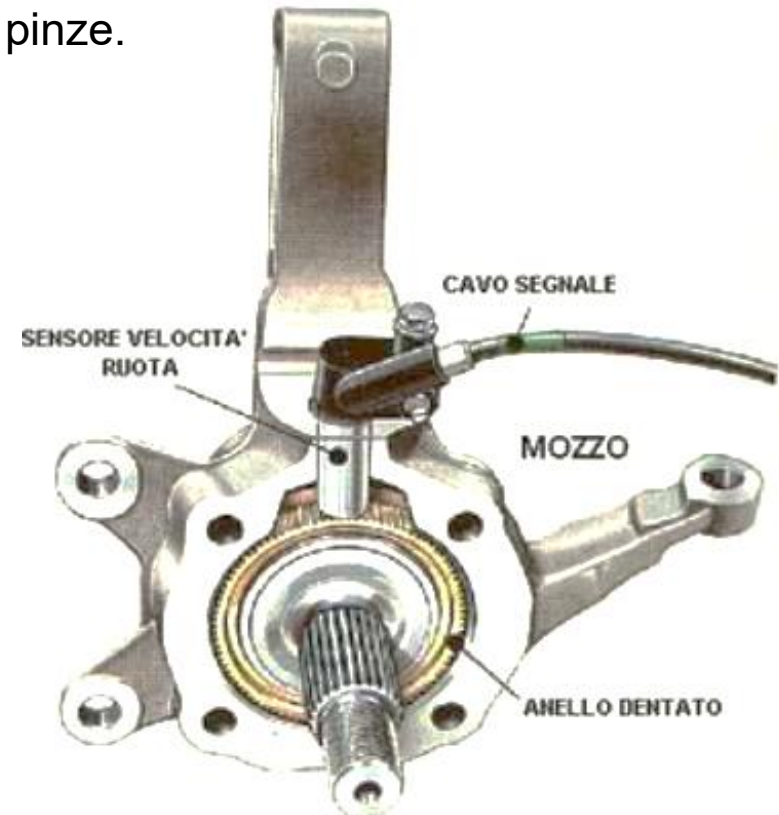
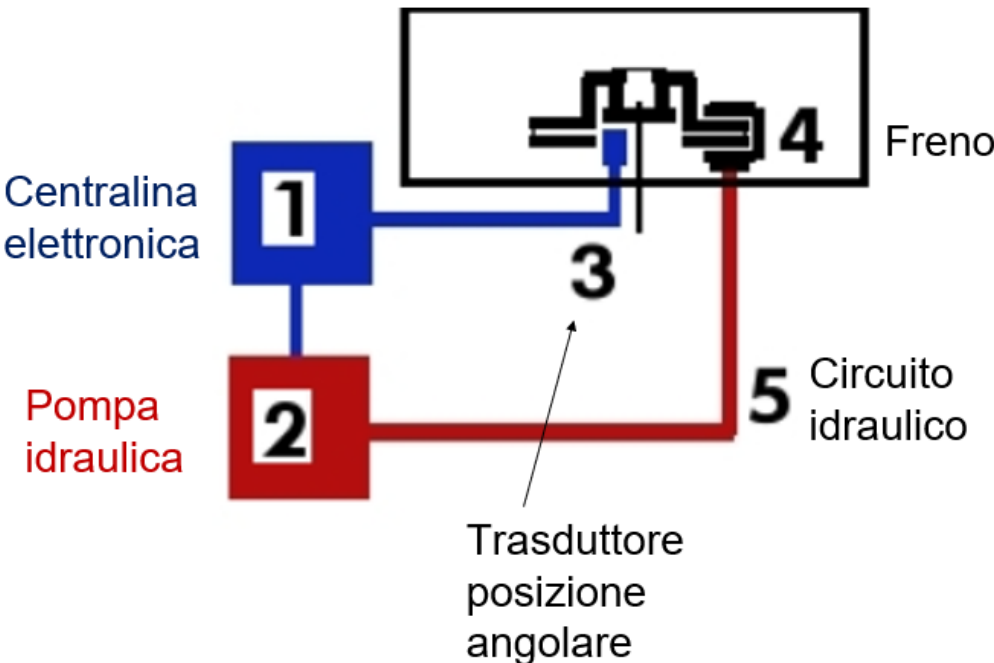


Diagramma della decelerazione relativo alla prova n° 11
(VW Polo su ghiaino a 13 km/h)

ABS

Su ogni ruota del veicolo è posto un Encoder, formato da una ruota dentata che gira con la ruota del veicolo ed un sensore di prossimità induttivo fisso che rileva il passaggio dei denti della ruota. La centralina, contando il numero di denti che passano in una data unità di tempo, determina la velocità di rotazione della ruota e rileva un'eventuale ruota bloccata in fase di frenata, in tal caso comanda la pompa idraulica in modo da diminuire la forza di frenata su quella ruota, ripristinando la rotazione. L'ABS è un sistema unidirezionale, esegue solo un'azione di rilascio delle pinze.





Dinamica e cinematica dei sinistri stradali





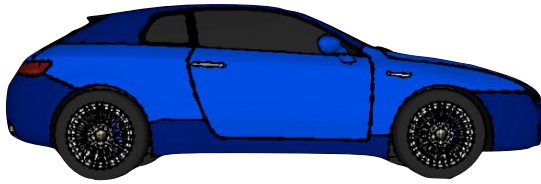
Metodologia alternativa

- Altra metodologia
 - ✓ - basata sulla misurazione della lunghezza di frenata e della traccia gommosa
 - ✓ - per verifica/controllo risultati
 - ✓ - Integrazione in caso di errori nei rilievi

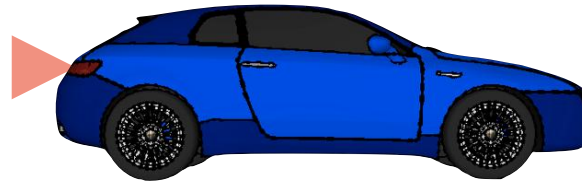
La decelerazione

La decelerazione del veicolo si divide in:

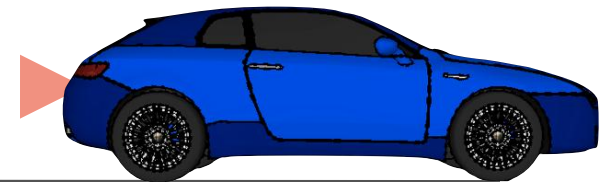
- ✓ Frenata pre-tracciante
- ✓ Frenata tracciante



Velocità costante

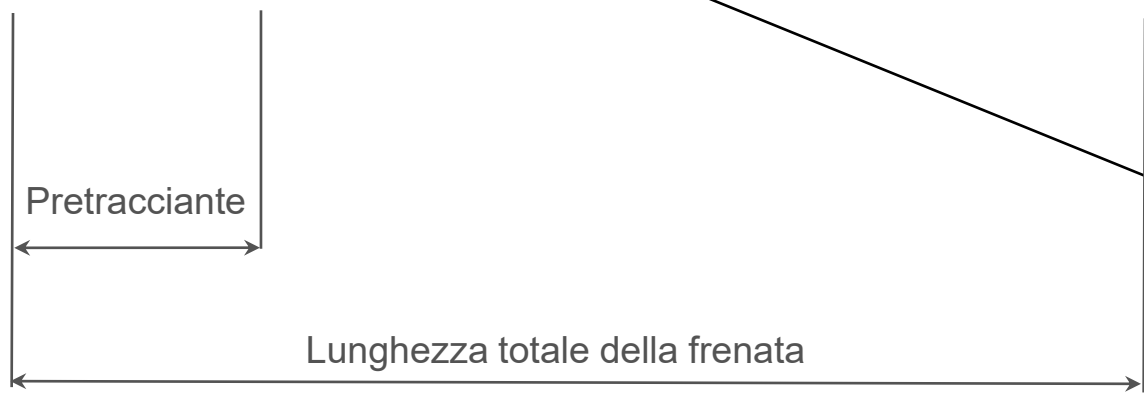
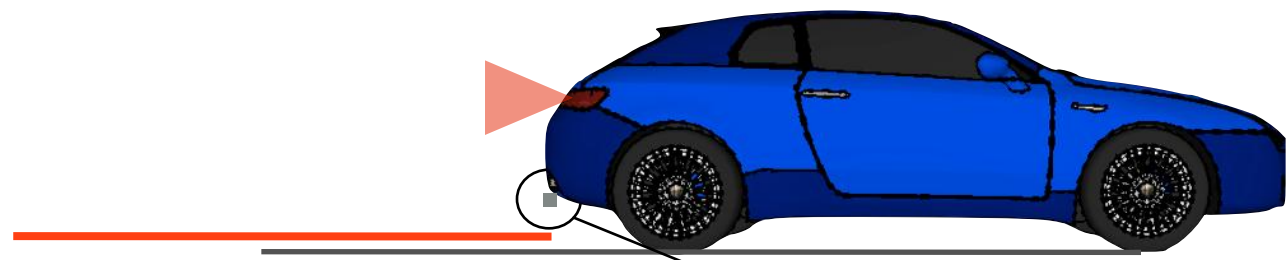


Frenata pretracciante



Frenata tracciante

La lunghezza della frenata





Metodologie seguite

- Dall'interno del veicolo: rilievi accelerometrici
- Dall'esterno del veicolo: rilievi metrici

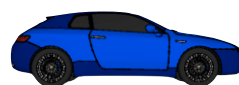
metodologie:

- ✓ alternative
- ✓ complementari



Autovetture utilizzate per le prove

	Alfa BRERA	Fiat PUNTO	Renault MEGANE	WV POLO
Immatricolazione	07/08/2006	27/07/1994	22/06/2005	02/09/2009
Percorrenza	150.000 km	108.000 km	140.000 km	60.000 km
Cilindrata	2.387 c ³	1.108 c ³	1.461 c ³	1.390 c ³
Potenza	147 KW	40 KW	78 kW	59 kW
Euro	4	1	4	4
Alimentazione	Diesel	Benzina	Diesel	Benzina/GPL
Peso massimo	2020 kg	1.325 kg	1.770 kg	1580 kg
Portata	345 kg	380 kg	490 kg	492 kg
ABS	SI*	NO	SI	SI
Pneumatici	Invernali	Estivi	Estivi	Estivi
Marca	Marangoni	Goodride	Dunlop	Michelin
Dimensioni	225/50 R17	165/65 R13	205/55 R16	185/60 R14
Battistrada	60%	40%	50%	50%



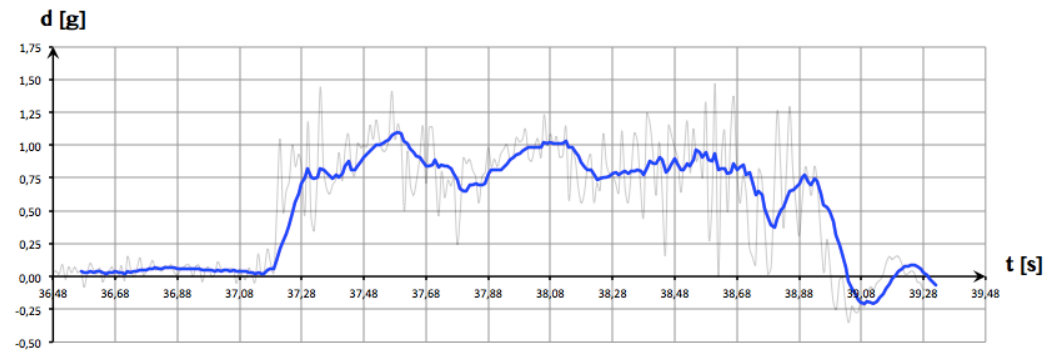
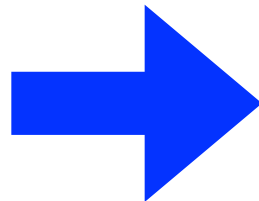
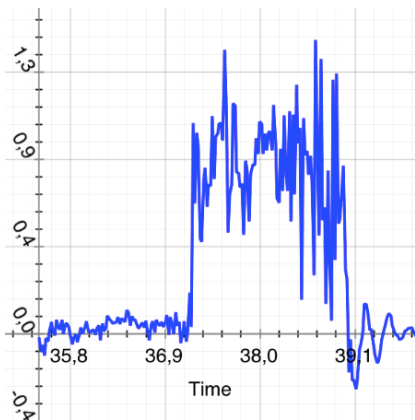


Allestimento dei veicoli

Accelerometro tridimensionale STMicroelectronics

- ✓ Frequenza 100 Hz
- ✓ Inerziale
- ✓ Autocalibrante

al segnale accelerometrico viene applicato un filtro costituito da una media mobile su base di 10 campioni



schermo accelerometro

lay-out foglio di calcolo

Equipaggiamento a bordo del veicolo

- ✓ Un emettitore di vernice Wagner GmbH W95 – type 0519
- ✓ Accumulatore di energia
- ✓ Microswitch Telemecanique
- ✓ GPS



microswitch



emettitore di vernice

Verifica del sincronismo

In ciascun'autovettura mediante una videocamera HD con ripresa di 30 fps è stato verificato il sincronismo tra tracciamento al suolo ed attivazione delle luci di arresto

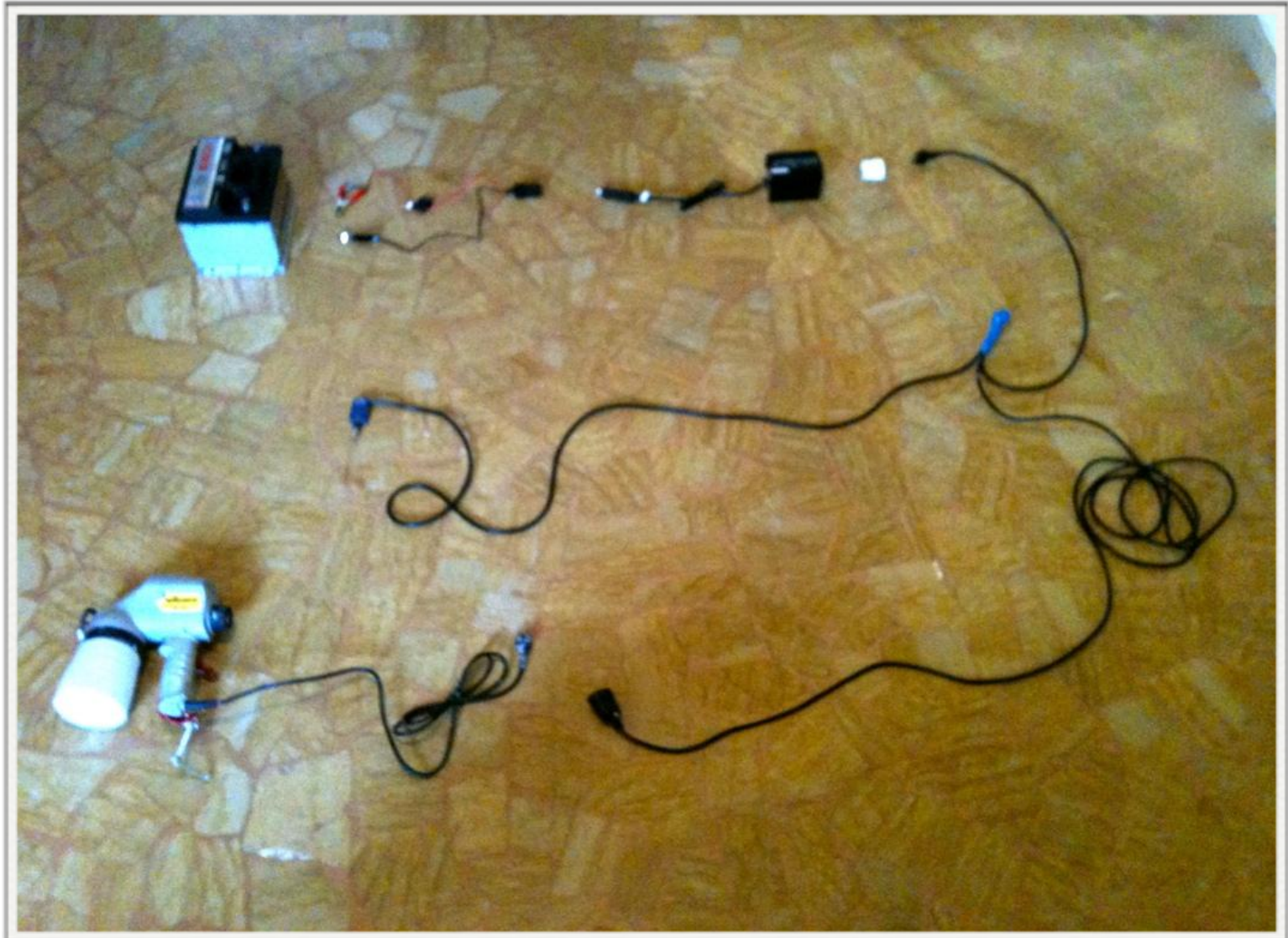


sistema tracciante montato su Alfa Brera



inizio azione frenante

Il sistema completo



All'esterno del veicolo

- ☑ Set-zone
- ☑ Telelaser
- ☑ Ruota metrica
- ☑ Apparecchiatura video fotografica



Set-zone

Le prove

☑ Febbraio con temperature 4°C - 15°C

✓ Asfalto umido

☑ Settembre con temperature 18°C - 30°C

✓ Asfalto asciutto

✓ Ghiaino

✓ Erba

✓ Cemento

✓ Asfalto-ghiaino



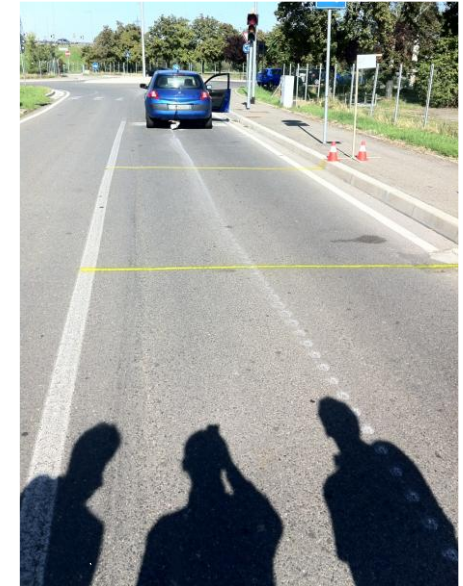
Strada asfaltata



Due ruote su asfalto e due su ghiaino

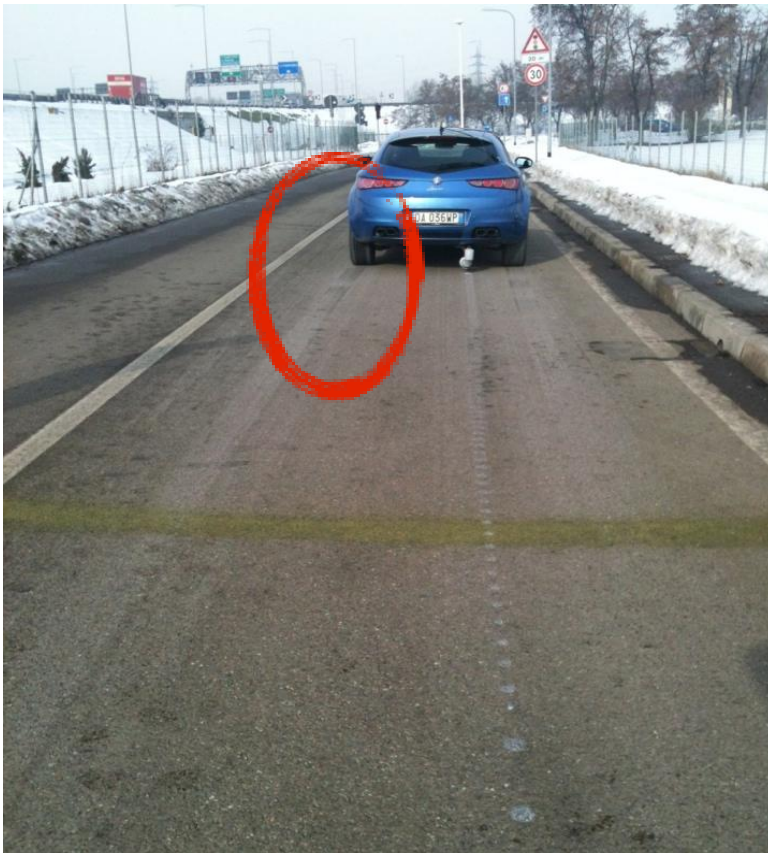
Modalità d'esecuzione

- ✓ Accelerare il veicolo e stabilizzare l'andatura prima dell'arrivo nella 'set zone'
- ✓ Durante il transito nella 'set zone' viene rilevata la velocità tramite tele-laser
- ✓ Oltrepassata la 'set zone' si effettua la frenata d'emergenza fino a fermare la corsa del mezzo
- ✓ Per ogni prova eseguita si è proceduto a compilare una scheda riepilogativa



Tracce gommose rilevabili

In quali casi è possibile rilevare tracce gommose di frenatura radente?



ABS inserito: Tracce gommose intermittenti



ABS disinserito: Tracce gommose continue

Le prove

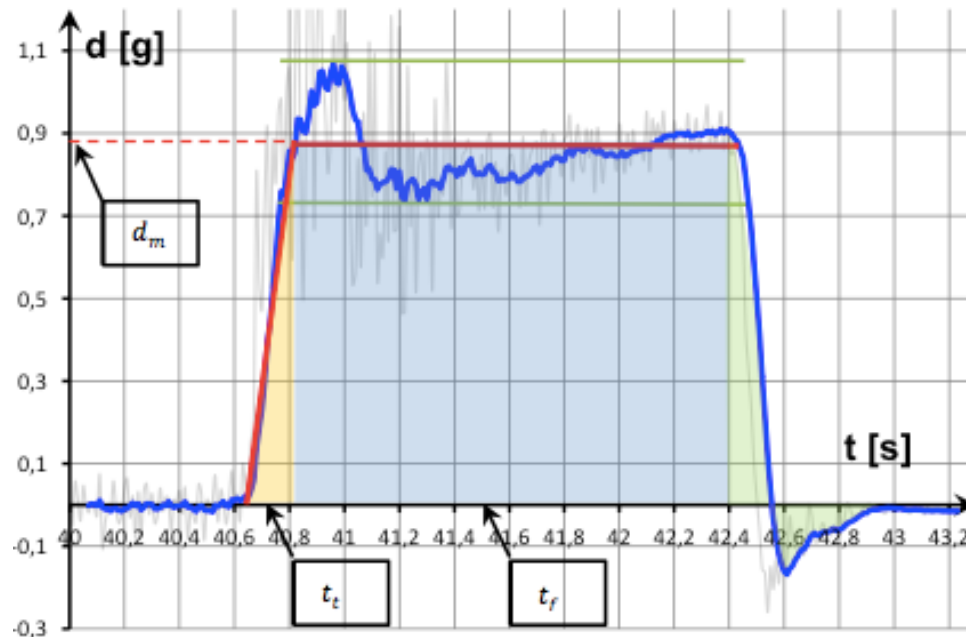


Calcolo della velocità

$$v_3 = d_m t_f + \frac{d_m t_t}{2}$$

dove t_f è il tempo di frenatura alla massima efficienza, ovvero:

$$v_3 = \sqrt{2 d_m L} + \frac{d_m t_t}{2}$$





Prime considerazioni

Campagna prove di febbraio

n°	Ora	Veicolo	ABS	Asfalto	τ°	Velocità		F	Tracce T				T max	F-T		tt'	dm'
						km/h	m/s		m	AD	AS	PD		PS	m		
1	10:24	Alfa Brera	si	Umido	4°	42	11,67	9,20	8,30	8,30			8,30	0,90	11%	0,08	0,79
2	10:37	Alfa Brera	si	Umido	4°	27	7,50	3,90	2,30	3,10			3,10	0,80	26%	0,10	0,81
3	10:45	Alfa Brera	si	Umido	5°	48	13,33	11,00	9,60	9,60			9,60	1,40	15%	0,10	0,88
4	10:56	Alfa Brera	si	Umido	5°	59	16,39	16,70	15,50	15,50			15,50	1,20	8%	0,07	0,85
5	11:20	Alfa Brera	no	Umido	6°	46	12,78	11,30	9,30	7,65	9,40	9,40	9,40	1,90	20%	0,14	0,80
6	11:25	Alfa Brera	no	Umido	7°	55	15,28	15,00	10,80	9,60	12,30	12,30	12,30	2,70	22%	0,17	0,87
7	12:03	Fiat Punto	no	Umido	7°	26	7,22	5,00	1,00	1,60			1,60	3,40	213%	0,27	0,66
8	12:09	Fiat Punto	no	Umido	8°	35	9,72	8,00	4,40	3,50			4,40	3,60	82%	0,30	0,74
9	12:13	Fiat Punto	no	Umido	9°	52	14,44	17,50	11,40	13,21			13,21	4,29	32%	0,27	0,68
10	12:27	Fiat Punto	no	Umido	10°	59	16,39	17,70	13,50	14,40			14,40	3,30	23%	0,19	0,85
11	12:33	Fiat Punto	no	Umido	11°	58	16,11	17,50	11,60	13,50			13,50	4,00	30%	0,23	0,85
12	12:40	Fiat Punto	no	Umido	12°	62	17,22	26,10	19,70	17,00			19,70	6,40	32%	0,34	0,65
13	13:30	VW Polo	si	e gh.	30°	36	10,00	9,80		7,20		6,6	7,20	2,60	36%	0,24	0,59

Sportiva

✓ $dm = 0,79 \text{ g} - 0,88 \text{ g}$
✓ $tt' = 0,08 \text{ s} - 0,17 \text{ s}$

Utilitaria

✓ $dm = 0,65 \text{ g} - 0,85 \text{ g}$
✓ $tt' = 0,19 \text{ s} - 0,34 \text{ s}$

Considerazioni

Campagna prove di settembre:

n°	Ora	Veicolo	ABS	Suolo	τ°	Velocità		F	Tracce T		T max	tt	dm
						km/h	m/s		m	AS			
									m	m	m	s	g
1	10:42	Megane II	si	Asfalto	18°	55,00	15,28	15,00				0,16	0,84
2	10:59	Megane II	si	Asfalto	19°	55,00	15,28	14,50				0,15	0,84
3	11:12	Megane II	si	Asfalto	19°	62,00	17,22	18,40				0,15	0,83
4	11:20	Megane II	si	Asfalto	21°	72,00	20,00	27,10				0,13	0,79
5	11:27	Polo	si	Asfalto	23°	35,00	9,72	7,90				0,17	0,80
7	12:17	Polo	si	Asfalto	24°	53,00	14,72	15,70				0,25	0,85
8	12:25	Polo	si	Asfalto	26°	71,00	19,72	25,80				0,22	0,89
9	12:31	Polo	si	Asfalto	26°	56,00	15,56	16,80				0,15	0,89
10	12:40	Polo	si	Asfalto	28°	26,00	7,22	4,10				0,18	0,89
11	13:01	Polo	si	Ghiaino	28°	13,00	3,61	6,00	2,80	5,20	5,20	0,30	0,51
12	13:08	Polo	si	Erba	30°	19,00	5,28	4,70	2,70		2,70	0,12	0,53
13	13:16	Polo	si	Asfalto/Ghiaino	30°	20,00	5,56		2,00		2,00	0,25	0,60
14	13:31	Polo	si	Cemento	30°	19,00	5,28	2,80				0,20	0,75
15	13:40	Polo	si	Asfalto/Ghiaino	30°	36,00	10,00	9,80	6,60	7,20	7,20	0,25	0,58

☑ Segmento medio

✓ $dm = 0,79 \text{ g} - 0,89 \text{ g}$
 ✓ $tt' = 0,13 \text{ s} - 0,25 \text{ s}$

☑ Superfici non asfaltate

✓ $dm = 0,51 \text{ g} - 0,75 \text{ g}$
 ✓ $tt' = 0,12 \text{ s} - 0,30 \text{ s}$



$$v_1 = \sqrt{2 d_m L} ; v_2 = \sqrt{2 d_m (L + \Delta L\%)} ; v_3 = \sqrt{2 d_m L} + \frac{d_m t_t}{2}$$

Conclusioni

n°	Velocità di prova		V1		V2		V3	
	km/h	m/s	km/h		km/h		km/h	
	km/h	m/s	<i>calc</i>	<i>scarto</i>	<i>calc</i>	<i>scarto</i>	<i>calc</i>	<i>scarto</i>
1	42	11,67	40,88	1,12	43,26	- 1,26	42,00	-
2	27	7,50	25,32	1,68	26,79	0,21	26,79	0,21
3	48	13,33	46,28	1,72	48,98	- 0,98	47,88	0,12
4	59	16,39	57,87	1,13	61,24	- 2,24	58,96	0,04
5	46	12,78	43,74	2,26	46,29	- 0,29	45,78	0,22
6	55	15,28	52,07	2,93	55,10	- 0,10	54,69	0,31
7	26	7,22	16,37	9,63	17,33	8,67	19,78	6,22 *
8	35	9,72	28,68	6,32	30,35	4,65	32,80	2,20 *
9	52	14,44	47,96	4,04	50,76	1,24	51,38	0,62
10	59	16,39	55,72	3,28	58,97	0,03	58,64	0,36
11	58	16,11	53,87	4,13	57,01	0,99	57,42	0,58
12	62	17,22	57,18	4,82	60,52	1,48	61,26	0,74
13	36	10,00	32,91	3,09	34,83	1,17	35,47	0,53



Per i mezzi a due ruote?

- Motociclo decelerazione in frenatura
- Motociclo in scarrocciamento
 - Carenato
 - Naked
- Velocipede in scarrocciamento



Spazio di frenata con pneumatici invernali ed estivi

WINTER VERSUS SUMMER TYRES



Esercizi: richiami su moto uniforme accelerato, decelerato

$$V = at$$

$$V = \sqrt{2aS}$$

$$S = \frac{at^2}{2}$$

$$S = \frac{V^2}{2a}$$

$$V = V_0 + at$$

$$V = \sqrt{V_0^2 + 2aS}$$

$$S = V_0t + \frac{at^2}{2}$$

$$S = \frac{V^2 - V_0^2}{2a}$$

$$V = V_0 - at$$

$$V = V_0 - \sqrt{V_0^2 - 2aS}$$

$$S = V_0t - \frac{at^2}{2}$$

$$S = \frac{V_0^2 - V^2}{2a}$$



Esercizio 1

Una Alfa Romeo Giulietta si arresta imprimendo a terra una traccia gommosa di 15m. Calcolare:

- la velocità imperturbata del veicolo;
- lo spazio percorso durante la fase di frenata pre-tracciante;
- la velocità del veicolo quando sopraggiunge la frenata di massima efficienza;

$$v_i = \sqrt{2 \times 0,8 \times 9,81 \times 15} + \frac{0,8 \times 9,81 \times 0,2}{2} \approx 16,1 \text{ m/s} \approx 58 \text{ km/h}$$

$$S_{\text{pretracciante}} = 16,1 \times 0,2 - \frac{0,4 \times 9,81 \times 0,2^2}{2} \approx 3,14 \text{ m}$$

$$v_{\text{massima efficienza}} = 16,1 - 0,4 \times 9,81 \times 0,2 \approx 15,3 \text{ m/s} \approx 55 \text{ km/h}$$

Esercizio 2

Una Fiat Punto impatta contro un muro a velocità di 30 km/h, vengono rilevate a terra 20 metri di tracce gommose continue prima dell'impatto. Calcolare:

- la velocità imperturbata del veicolo.

$$v_i = \sqrt{v_{urto}^2 + 2 \times f_f \times g \times S_f} + \frac{f_f \times g \times t_t}{2} \approx 18,4 \text{ m/s} \approx 66 \text{ km/h}$$

con:

f_f = coefficiente di decelerazione medio durante la frenatura d'emergenza, 0,7;

g = accelerazione di gravità, $9,81 \text{ [m/s}^2 \text{]}$;

S_f = spazio di decelerazione 20 [m];

t_t = tempo tecnico di attivazione dell'impianto frenante, 0,2 sec;



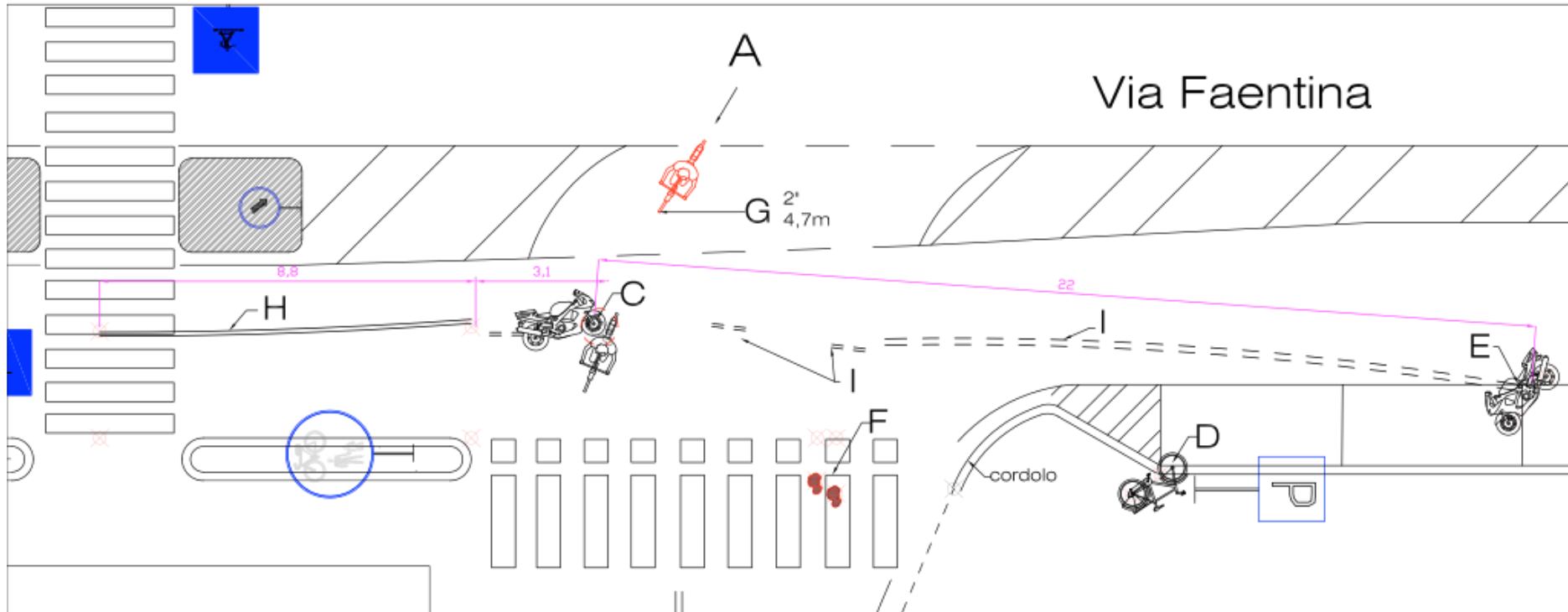
Esercizio 3

Una Motociclo, dopo aver avvistato un ciclista che si approssimava ad attraversare la carreggiata, frenava per evitare l'impatto ma a causa della frenata cadeva a terra. Dopo alcuni metri di scarrocciamento il motociclo colpiva il velocipede per poi continuare lo scarrocciamento a terra fino alla posizione di quiete.

Calcolare:

la velocità imperturbata del veicolo.

Esercizio 3





Esercizio 3

Calcolo della velocità post-urto

$$v_{post-urto} = \sqrt{2 \times f_s \times g \times S_s} \approx 13,2 \text{ m/s} \approx 48 \text{ km/h}$$

con:

$f_s = 0,4$ coefficiente di decelerazione medio;

$g = 9.81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$ accelerazione di gravità ;

$S_s = 22 \text{ [m]}$ spazio di decelerazione.



Esercizio 3

Calcolo della velocità imperturbata

$$v_i = \sqrt{v_{post-urto}^2 + 2 \times f_f \times g \times S_f + 2 \times f_s \times g \times S_{sc}} + \frac{f_f \times g \times t_t}{2} \approx 19,2 \text{ m/s}$$
$$\approx 70 \text{ km/h}$$

siano:

$f_f = 0,7$ - coefficiente di decelerazione medio durante la frenatura d'emergenza;

$f_s = 0,4$ - coefficiente di decelerazione medio di scarrocciamento a terra;

$g = 9.81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$ accelerazione di gravità;

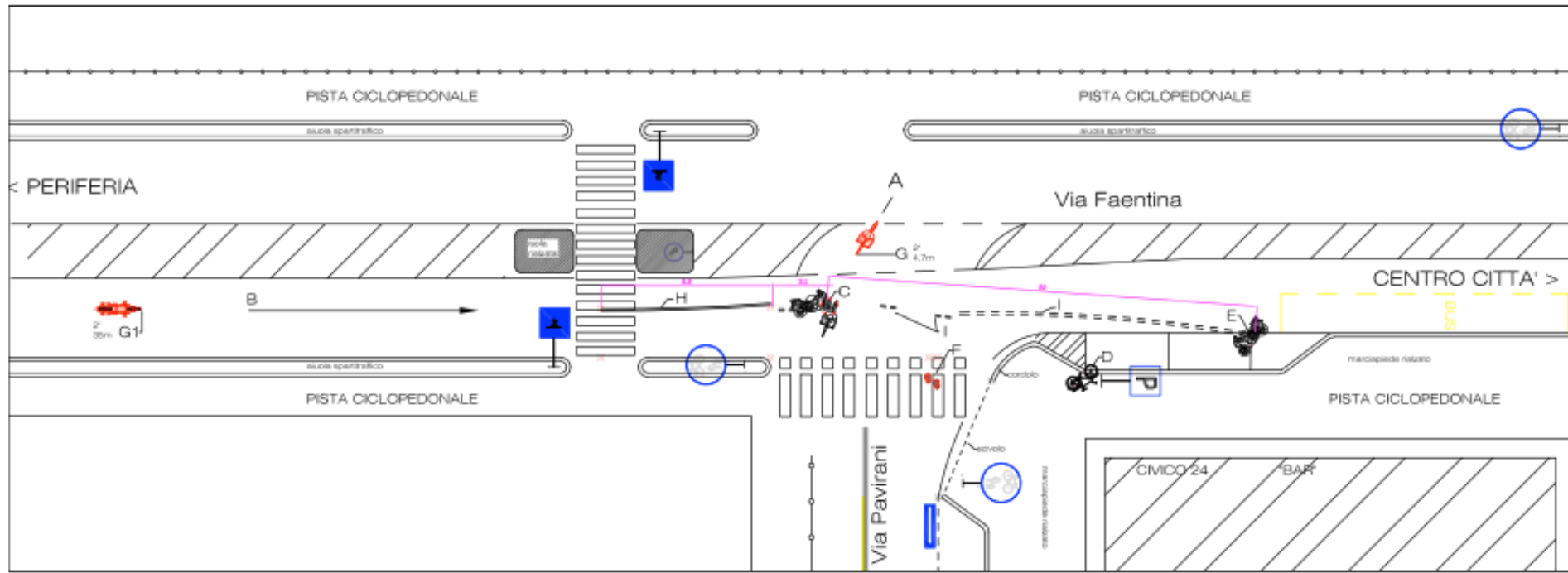
$S_f = 8,8 \text{ [m]}$ spazio di decelerazione;

$S_{sc} = 3,1 \text{ [m]}$ spazio di scarrocciamento a terra pre-urto;

$t_t =$ tempo tecnico di attivazione dell'impianto frenante, 0,4 sec;

Esercizio 3

Planimetria generale e valutazioni





RICOSTRUZIONE DEGLI INCIDENTI STRADALI M

Tempo tecnico e decelerazione in frenate d'emergenza



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Prof. Ing. Mattia Strangi