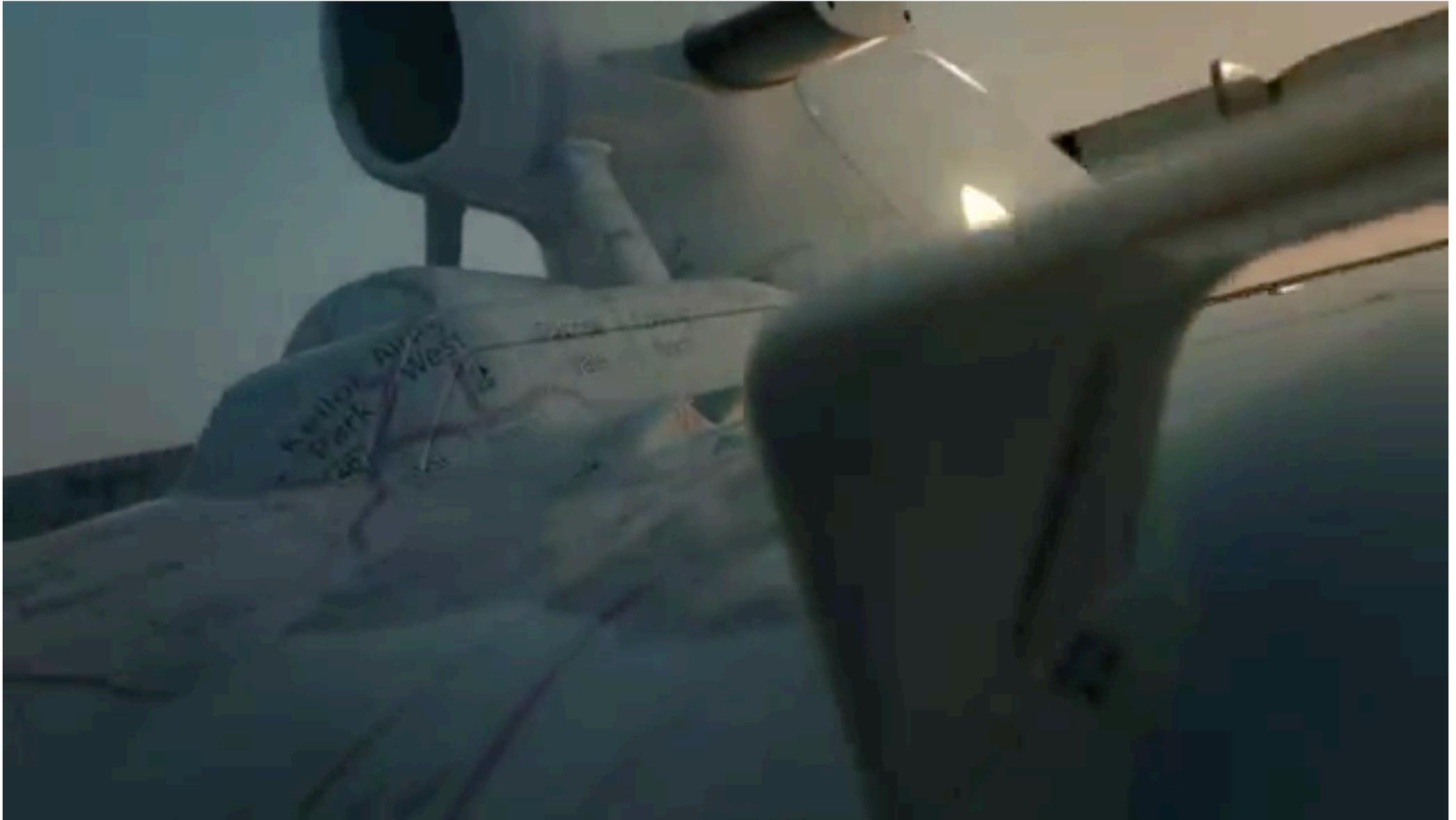
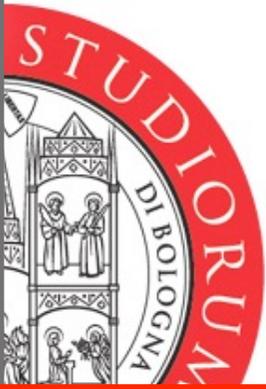


Inizio 14.15





Progettazione di sistemi di trasporto

Tempo tecnico e decelerazione in frenate d'emergenza



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Ing. Mattia Strangi

Università degli Studi di Bologna

Dipartimento DICAM – www.dicam.unibo.it

e-mail: mattia.strangi@gmail.com; mattia.strangi@unibo.it

Tel. 393-2111984, sito web: www.studiotecnicostrangi.it

Ricevimento mercoledì mattina ore 10:00 - 12:30 previo appuntamento.



Premessa

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

Frenatura d'emergenza

● Rapidità

✓ azione istintiva

● Massima efficienza

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

La decelerazione

- Il moto perpetuo non esiste

- Decelerazione $> e$
 - Freno motore

 - Resistenza aerodinamica
 - Resistenza del percorso
 - Resistenza al rotolamento

Diagramma di decelerazione

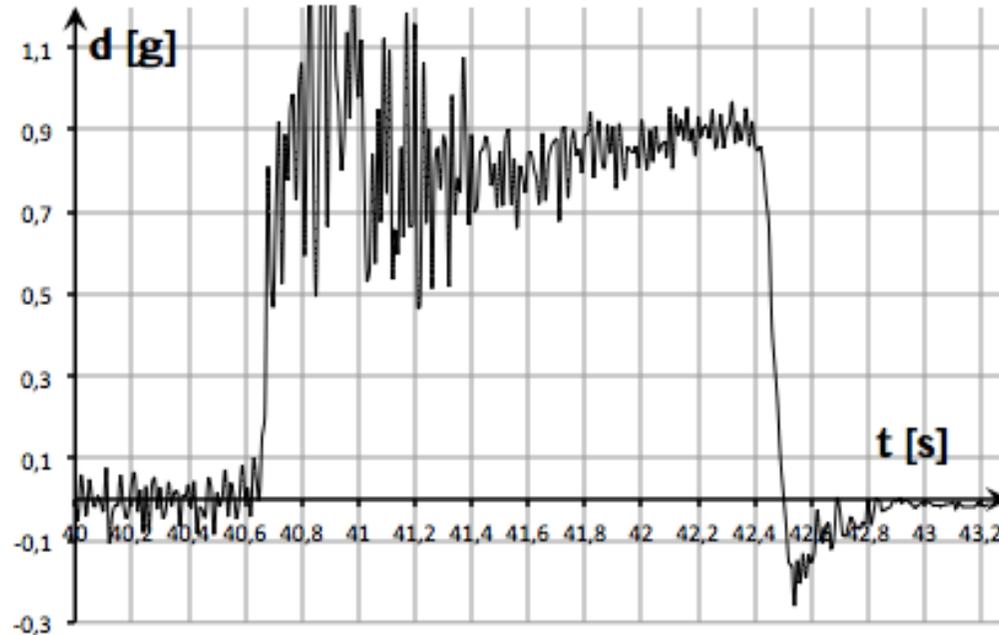


Diagramma della decelerazione relativo alla prova n°6 del 18/02/12 (Alfa Brera con ABS disattivato)

- 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

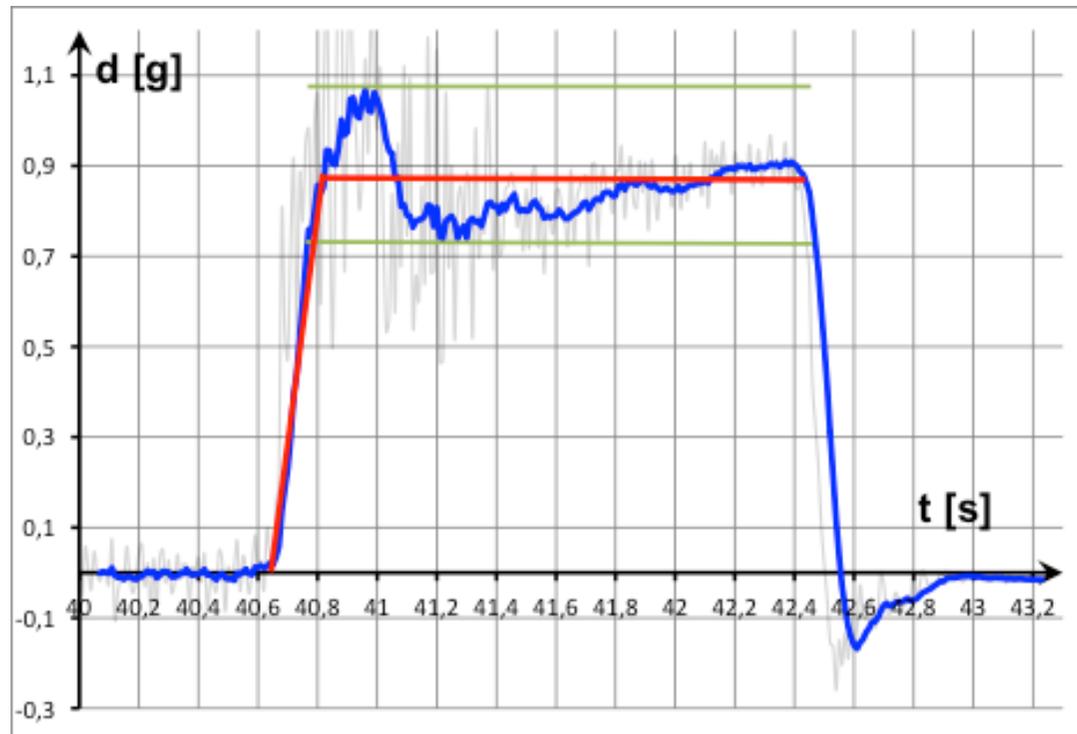


Diagramma della decelerazione relativo alla prova n°6 del 18/02/12 (Alfa Brera con ABS disattivato), sovrapposta media mobile

riduzione con media mobile 10 valori

Diagramma di decelerazione con sistema ABS

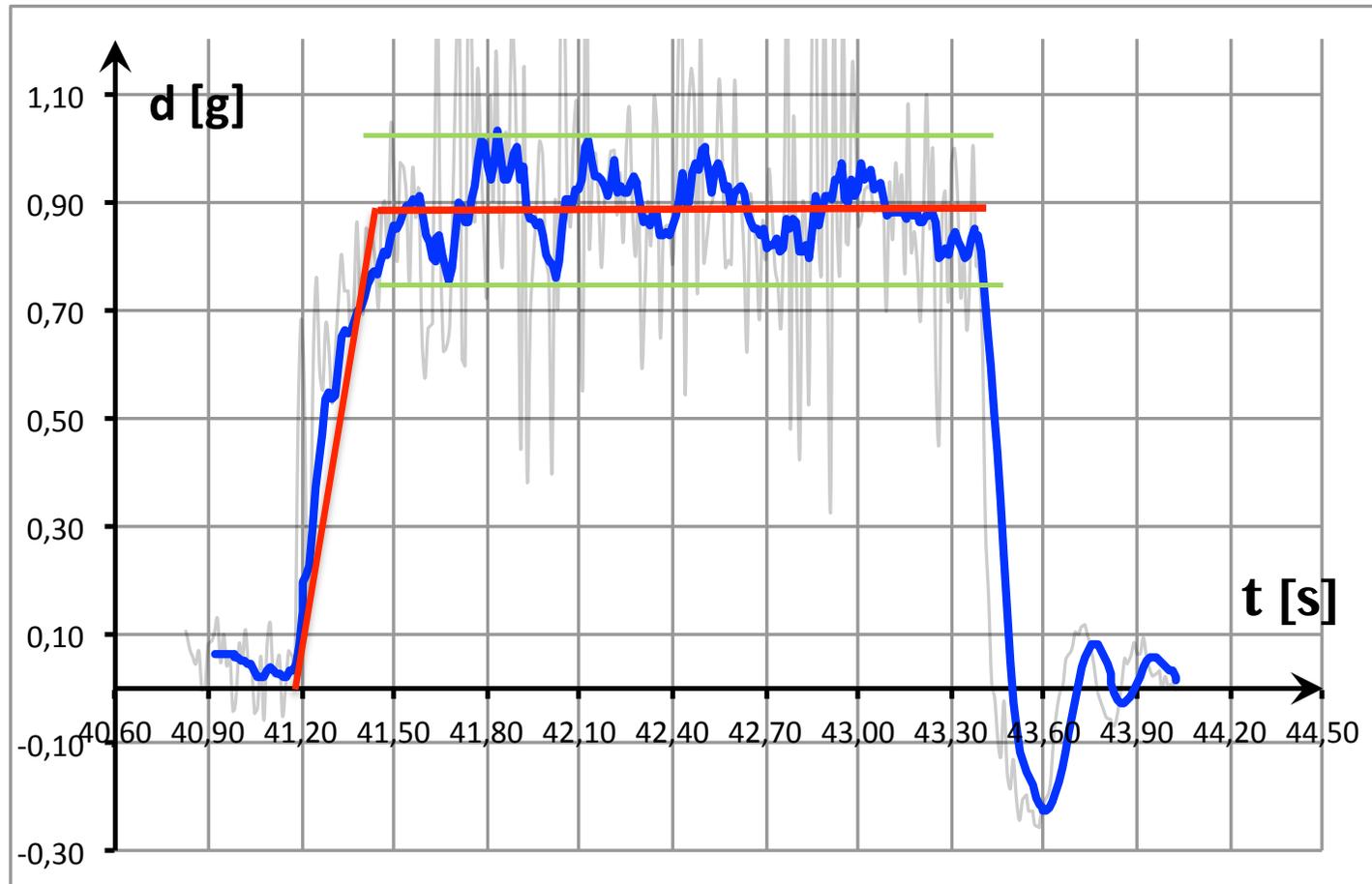


Diagramma della decelerazione relativo alla prova n°8 del 19/09/12 (VW POLO provvista di ABS)

Diagramma di decelerazione su ghiaino

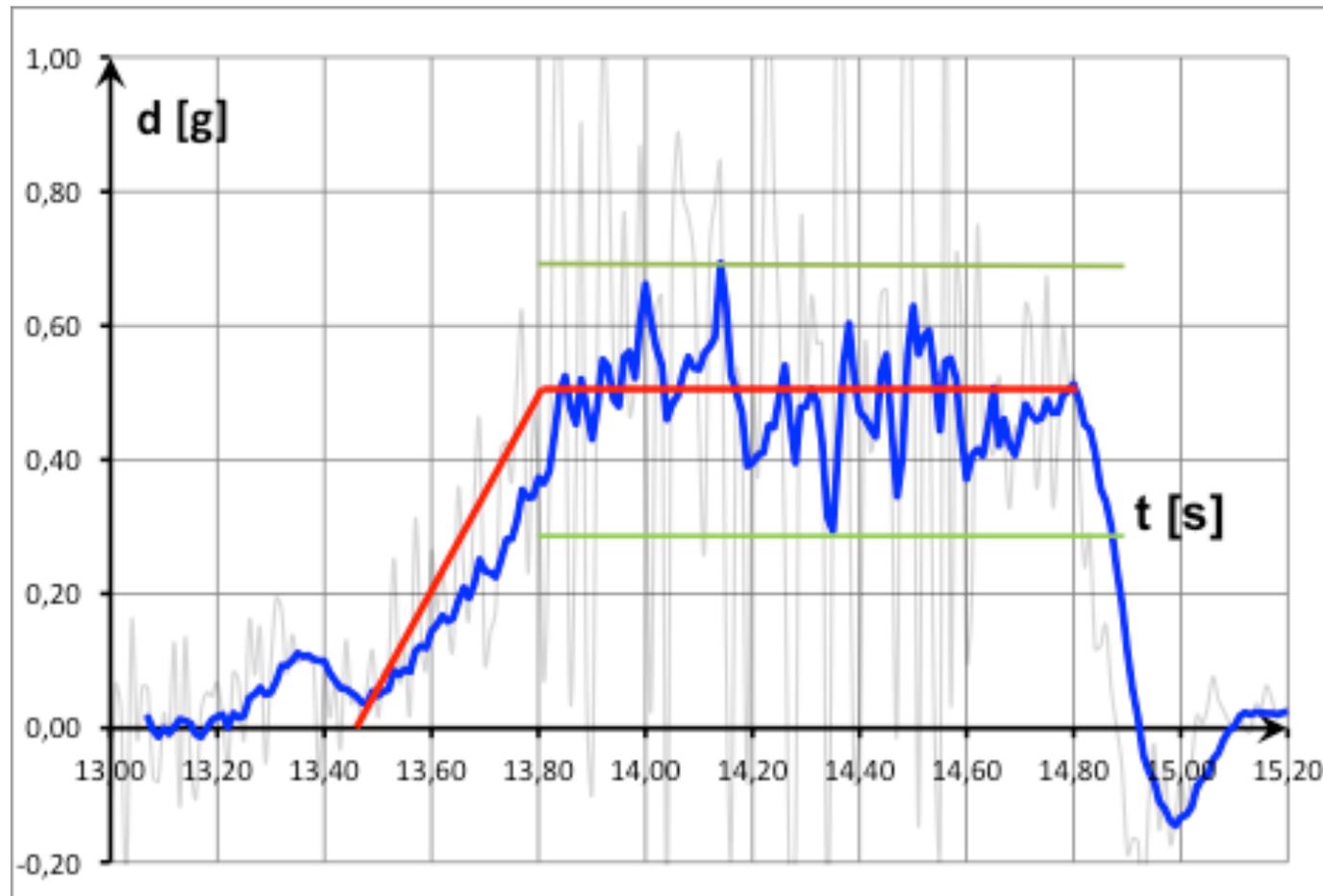


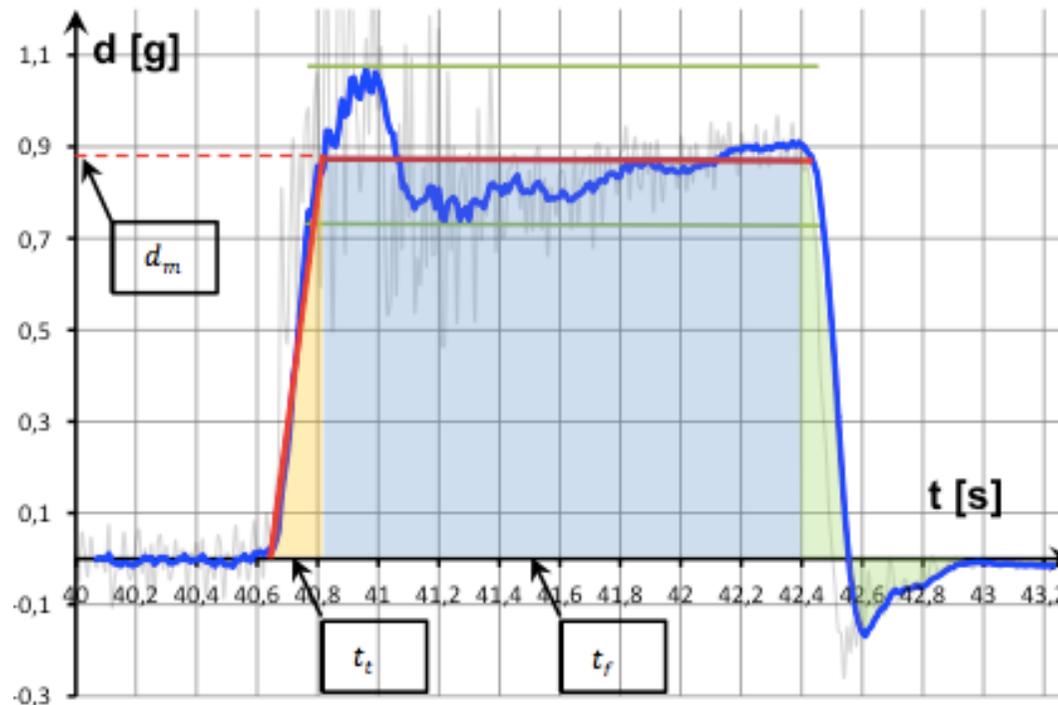
Diagramma della decelerazione relativo alla prova n° 11 del 19/09/2012 (VW Polo su ghiaino a 13 km/h)

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:

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





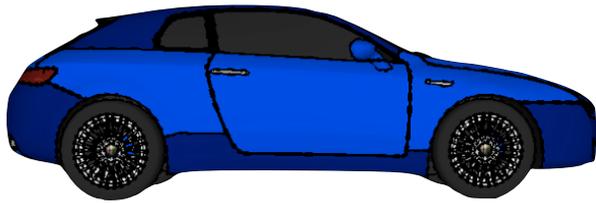
Metodologia alternativa

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

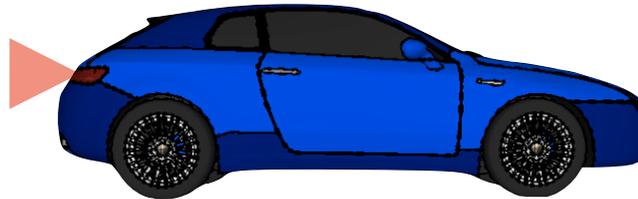
La decelerazione

La decelerazione del veicolo si divide in:

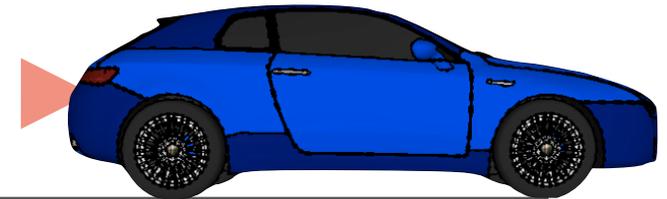
- Frenata pre-tracciante
- Frenata tracciante



Velocità costante

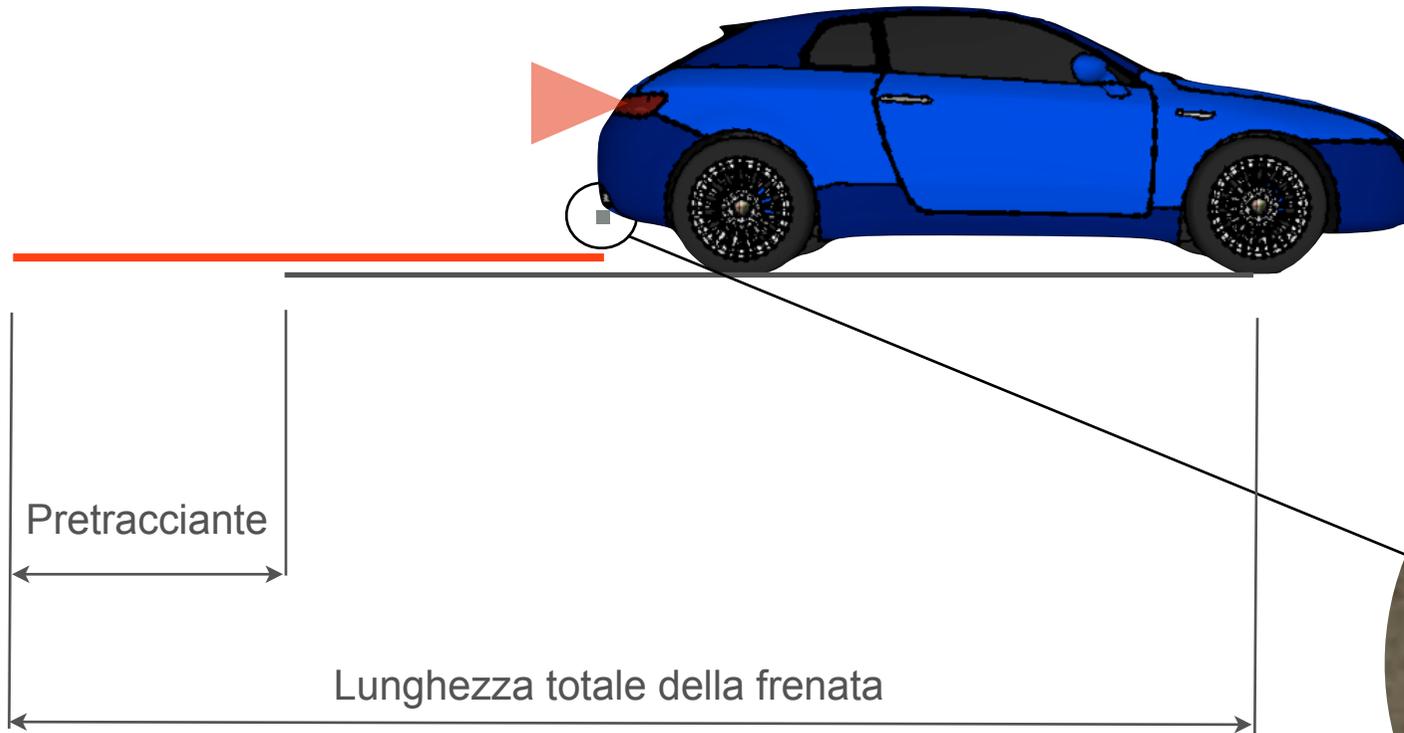


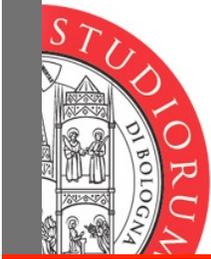
Frenata pretracciante



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%

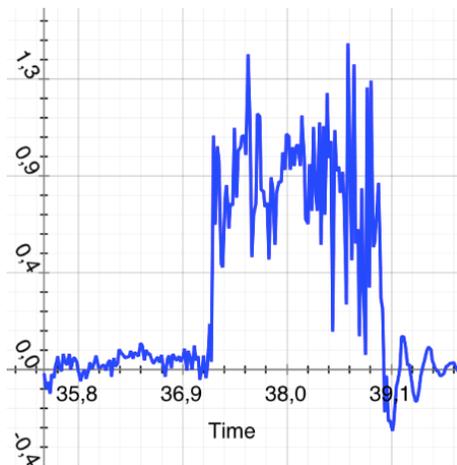


Allestimento dei veicoli

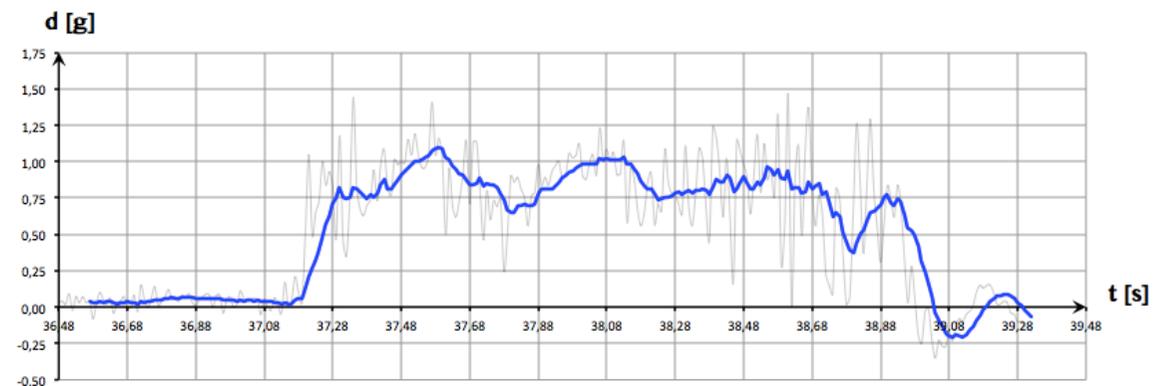
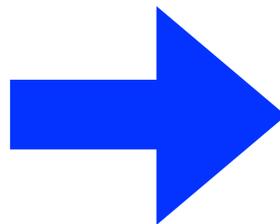
Accelerometro tridimensionale STMicroelectronics

- 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 ftp è stato verificato il sincronismo tra tracciamento al suolo ed attivazione delle luci di arresto

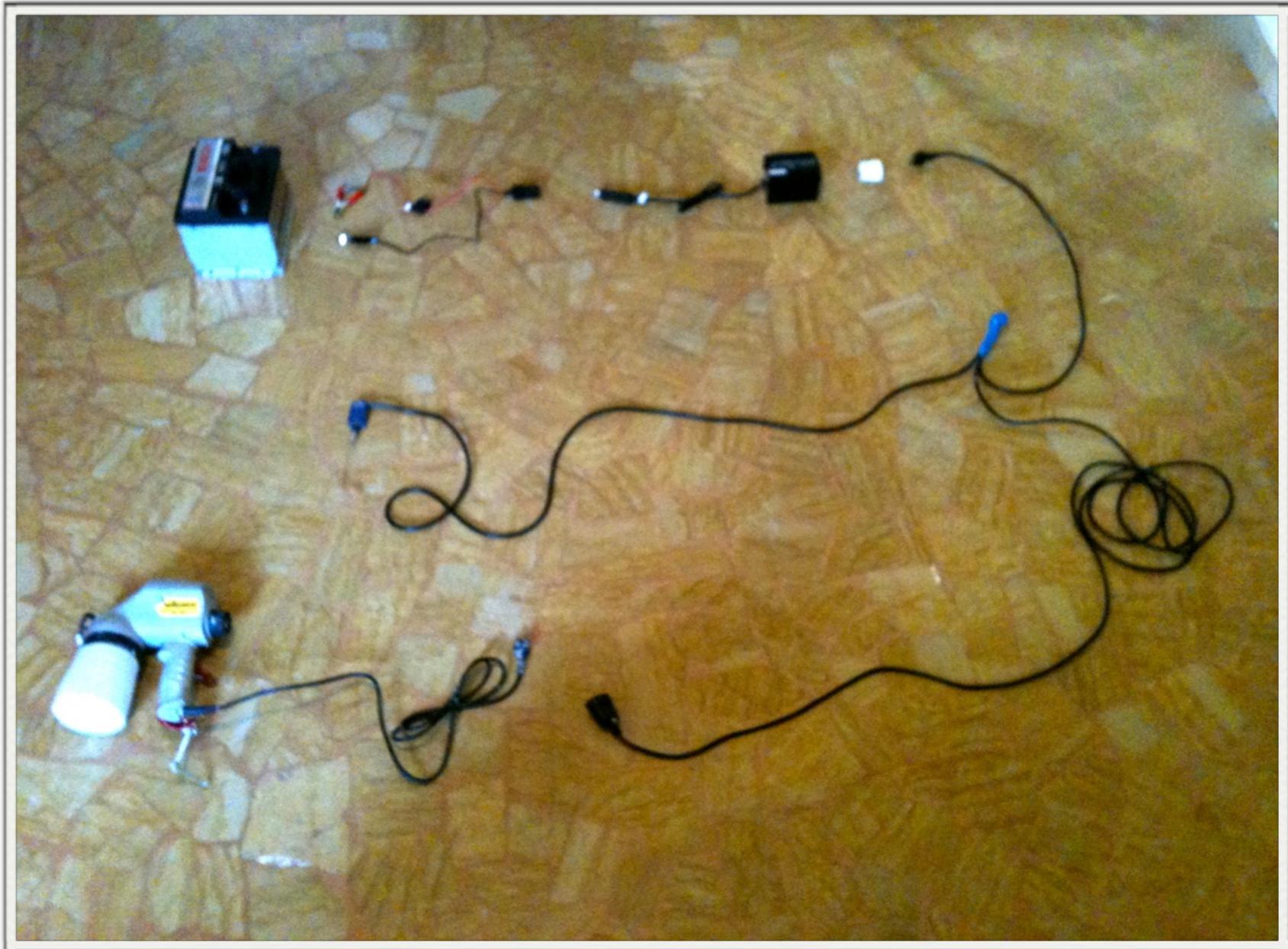


sistema tracciante montato su Alfa Brera



inizio azione frenante

Il sistema completo



All'esterno del veicolo

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



Set-zone

Le prove

Febbraio 2012 con temperature 4°C - 15°C

✓ Asfalto umido

Settembre 2012 con temperature 18°C - 30°C

✓ Asfalto asciutto

✓ Ghiaino

✓ Erba

✓ Cemento

✓ Asfalto-ghiaino



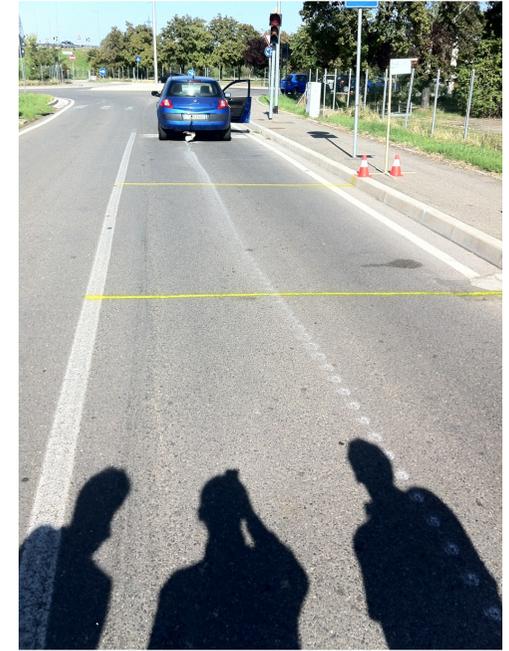
Strada asfaltata



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 da panico fino a frenare la corsa del mezzo
- ✓ Per ogni prova eseguita si è proceduto a compilare una scheda riepilogativa





Modalità di trattamento dei dati

- Modalità basata su dato accelerometrico
- Modalità basata sui rilievi metrici

$$t'_t = \frac{2(F - T)}{2v - t'_t d'_m}$$

$$d'_m = \frac{v^2}{2T + t'_t v}$$

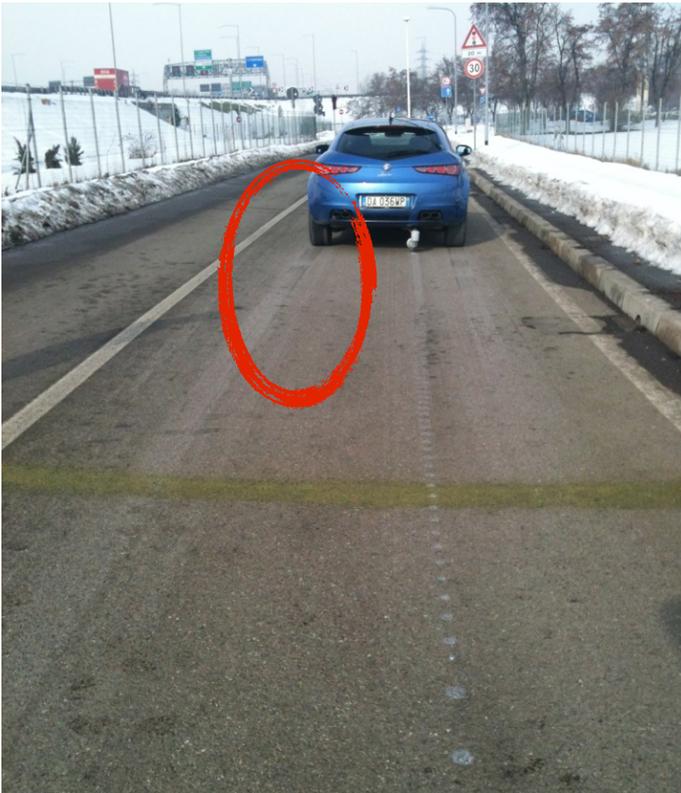
trattasi di un sistema di due equazioni in due incognite, dalla cui soluzione si ottiene:

$$t'_t = \frac{F - 3T + \sqrt{5T^2 + F^2 - 2TF}}{v}$$

$$d'_m = \frac{v^2}{F - T + \sqrt{5T^2 + F^2 - 2TF}}$$

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



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		AD	AS	PD	PS		m	%		
									m	m	m	m		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		AS	PS			
									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

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

Conclusioni

n°	Velocità di prova		V1		V2		V3	
	km/h	m/s	km/h		km/h		km/h	
			<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

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



Esercizi: richiami su moto uniforme accelerato, decelerato

$V = at$	$V = \sqrt{2aS}$	$S = \frac{at^2}{2}$	$S = \frac{V^2}{2a}$
$V = V_0 + at$	$V = \sqrt{V_0^2 + 2aS}$	$S = V_0t + \frac{at^2}{2}$	$S = \frac{V^2 - V_0^2}{2a}$
$V = V_0 - at$	$V = \sqrt{V_0^2 - 2aS}$	$S = V_0t - \frac{at^2}{2}$	$S = \frac{V_0^2 - V^2}{2a}$



Spazio di frenata con pneumatici invernali ed estivi

WINTER VERSUS SUMMER TYRES



Esercizio

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;

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

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

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



Progettazione di sistemi di trasporto



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Ing. Mattia Strangi

Università degli Studi di Bologna

Dipartimento DICAM – www.dicam.unibo.it

e-mail: mattia.strangi@gmail.com; mattia.strangi@unibo.it

Tel. 393-2111984, sito web: www.studiotecnicostrangi.it

Ricevimento mercoledì mattina ore 10:00 - 12:30 previo appuntamento.