



Università degli Studi di Trieste

Dipartimento di Ingegneria e Architettura

Corso Laurea Triennale: Ingegneria Civile e Ambientale

Insegnamento: Principi di Infrastrutture Viarie (cod. 239MI)



Lezione 03: Veicoli e Utenti

Roberto Roberti

Tel.: 040 558 3588

E-mail: roberto.roberti@dia.units.it

Anno accademico 2025/2026



Obiettivi e Sommario

Obiettivi Lezione 03

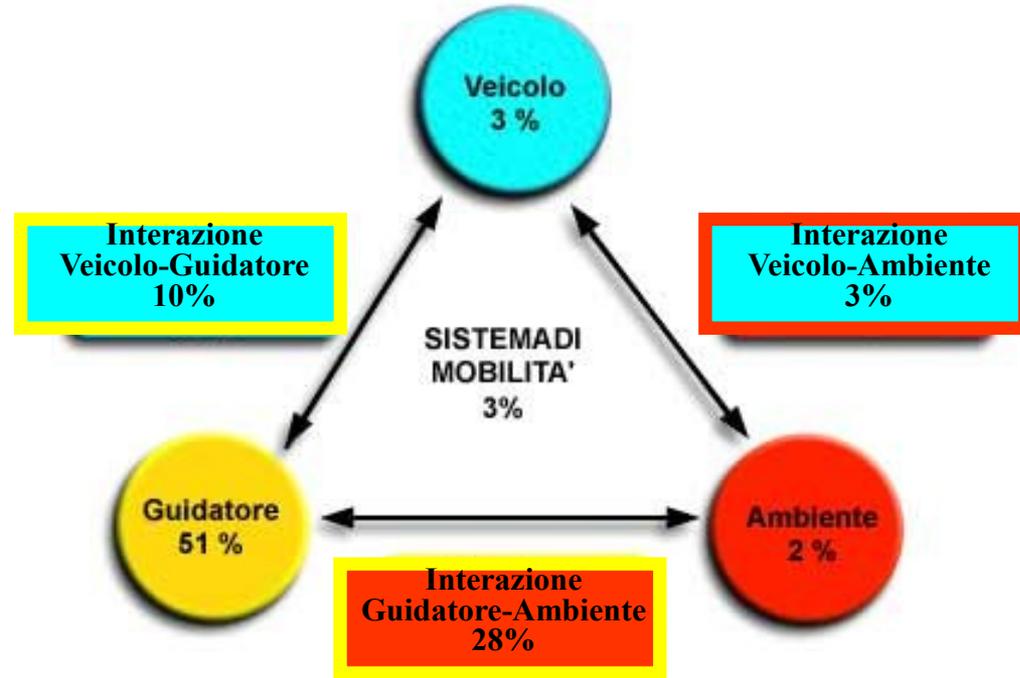
- **Definire le caratteristiche ed il comportamento dei veicoli e degli utenti stradali;**
- **Capire come le caratteristiche di veicoli e utenti influenzano il progetto della strada.**

Sommario Lezione 03

- **componenti della sicurezza stradale;**
- **caratteristiche dei veicoli stradali;**
- **prestazioni del veicolo su strada;**
- **resistenze al moto e aderenza;**
- **percezione e reazione dell'utente;**
- **aspettative utente.**

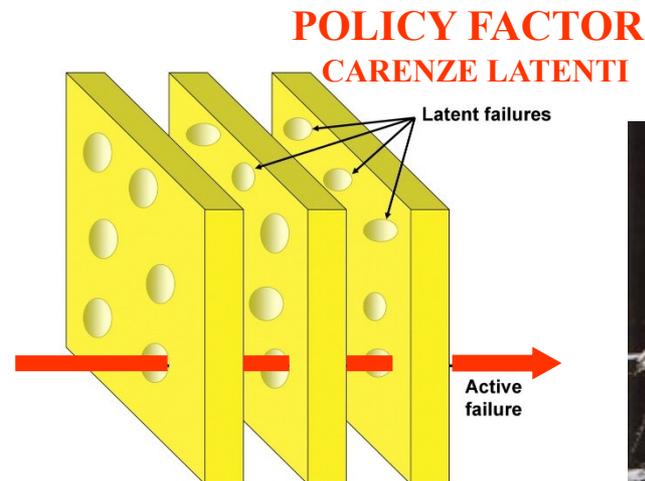
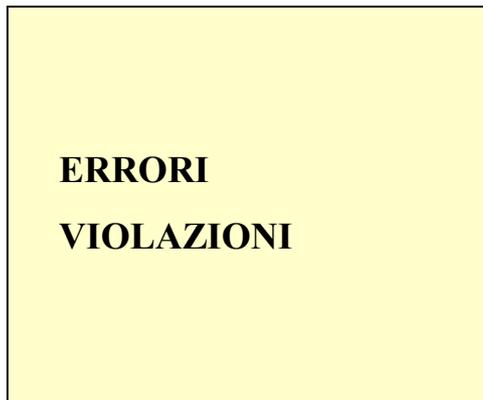
Le componenti della sicurezza stradale

Fonte ELASIS



Altre fonti danno altri valori 40 % delle cause sono dovute al fattore umano mentre quasi 60 % è dovuta all'ambiente (strada)

Cause di incidentalità - Swiss Cheese model



HUMAN FACTOR

Caratteristiche dei veicoli stradali

CARATTERISTICHE DEI VEICOLI: FISICHE, OPERATIVE, AMBIENTALI

Tipo di veicolo (motociclo, autovettura, veicolo pesante)

Dimensioni (larghezza, lunghezza, altezza);

Carico sulla pavimentazione (peso totale, peso per asse e ruota, numero e distanza tra assi);

Prestazioni (potenza del motore, capacità di accelerazione, capacità frenante, raggi di sterzata, velocità in curva, aderenza dei pneumatici);

Emissioni (inquinanti e acustiche).



I veicoli del CdS (1)

DEFINIZIONE (art. 46 CdS – art. 196 R. CdS) ... si intendono per veicoli tutte le macchine di qualsiasi specie, che circolano sulle strade guidate dall'uomo. Non rientrano nella definizione di veicolo quelle per uso di bambini o invalidi, anche se asservite da motore, le cui caratteristiche non superano i limiti stabiliti dal regolamento.

CLASSIFICAZIONE (Art. 47 CdS): ... veicoli a braccia, veicoli a trazione animale, velocipedi, slitte, ciclomotori, motoveicoli, autoveicoli, filoveicoli, rimorchi, macchine agricole, macchine operatrici, veicoli con caratteristiche atipiche.



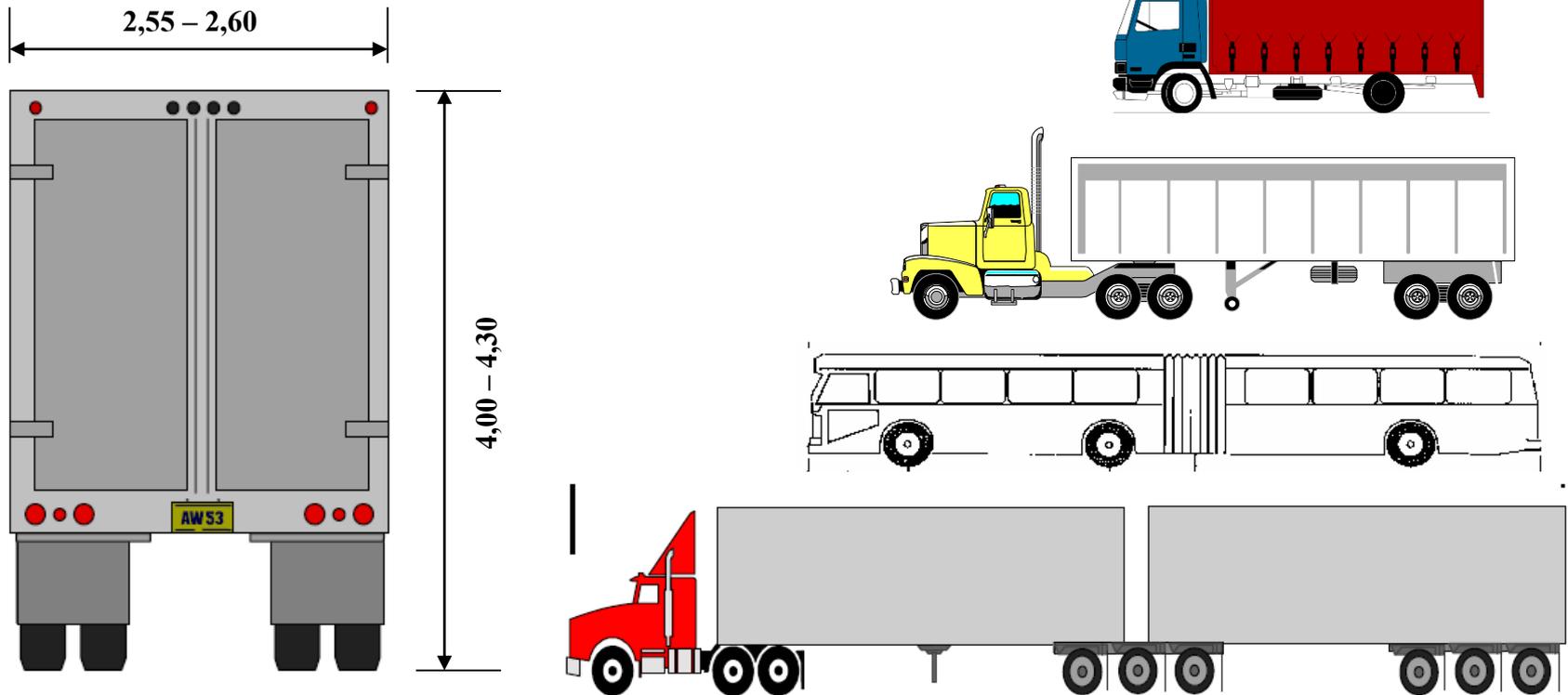
I veicoli del CdS (2)

I veicoli a motore e i loro rimorchi,[art. 47 comma 2, CdS] sono altresì classificati come segue in base alle categorie internazionali:

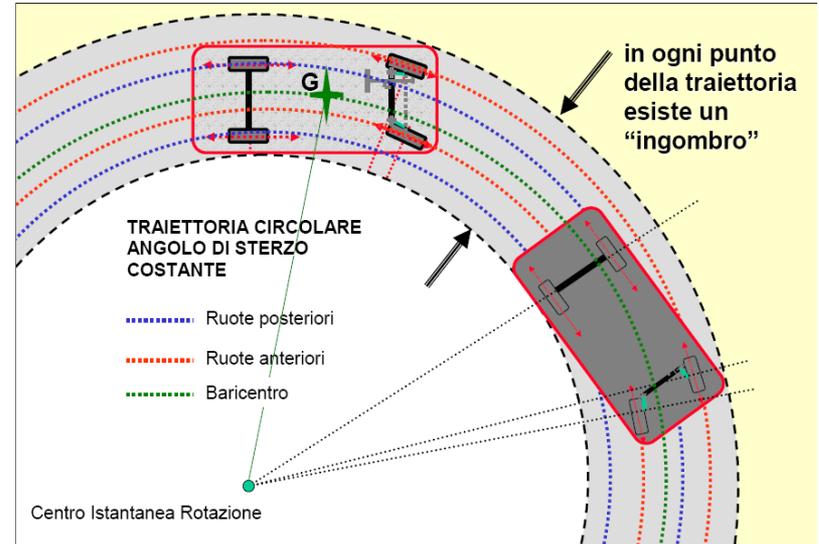
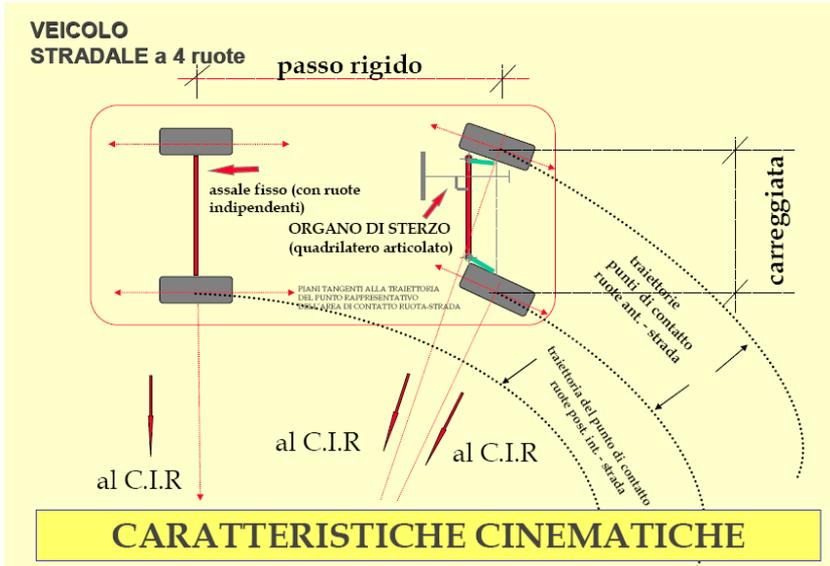
- a) - categoria L1e: veicoli a due ruote la cilindrata del cui motore (se si tratta di motore termico) non supera i 50 cc e la cui velocità massima di costruzione (qualunque sia il sistema di propulsione) non supera i 45 km/ h;
- categoria L2e: veicoli a tre ruote la cilindrata del cui motore (se si tratta di motore termico) non supera i 50 cc e la cui velocità massima di costruzione (qualunque sia il sistema di propulsione) non supera i 45 km/ h;
- categoria L3e: veicoli a due ruote la cilindrata del cui motore (se si tratta di motore termico) supera i 50 cc o la cui velocità massima di costruzione (qualunque sia il sistema di propulsione) supera i 45 km/ h;
- categoria L4e: veicoli a tre ruote asimmetriche rispetto all'asse longitudinale mediano, la cilindrata del cui motore (se si tratta di motore termico) supera i 50 cc o la cui velocità massima di costruzione (qualunque sia il sistema di propulsione) supera i 45 km/ h (motocicli con carrozetta laterale);
- categoria L5e: veicoli a tre ruote simmetriche rispetto all'asse longitudinale mediano, la cilindrata del cui motore (se si tratta di motore termico) supera i 50 cc o la cui velocità massima di costruzione (qualunque sia il sistema di propulsione) supera i 45 km/ h;
- categoria L6e: quadricicli leggeri, la cui massa a vuoto è inferiore o pari a 350 kg, esclusa la massa delle batterie per i veicoli elettrici, la cui velocità massima per costruzione è inferiore o uguale a 45 km/h e la cui cilindrata del motore è inferiore o pari a 50 cm³ per i motori ad accensione comandata; o la cui potenza massima netta è inferiore o uguale a 4 kW per gli altri motori, a combustione interna; o la cui potenza nominale continua massima è inferiore o uguale a 4 kW per i motori elettrici. Tali veicoli sono conformi alle prescrizioni tecniche applicabili ai ciclomotori a tre ruote della categoria L2e, salvo altrimenti disposto da specifiche disposizioni comunitarie;
- categoria L7e: i quadricicli, diversi da quelli di cui alla categoria L6e, la cui massa a vuoto è inferiore o pari a 400 kg (550 kg per i veicoli destinati al trasporto di merci), esclusa la massa delle batterie per i veicoli elettrici, e la cui potenza massima netta del motore è inferiore o uguale a 15 kW. Tali veicoli sono considerati come tricicli e sono conformi alle prescrizioni tecniche applicabili ai tricicli della categoria L5e salvo altrimenti disposto da specifiche disposizioni comunitarie;
- b) - categoria M: veicoli a motore destinati al trasporto di persone ed aventi almeno quattro ruote;
- categoria M1: veicoli destinati al trasporto di persone, aventi al massimo otto posti a sedere oltre al sedile del conducente;
- categoria M2: veicoli destinati al trasporto di persone, aventi più di otto posti a sedere oltre al sedile del conducente e massa massima non superiore a 5 t ;
- categoria M3: veicoli destinati al trasporto di persone, aventi più di otto posti a sedere oltre al sedile del conducente e massa massima superiore a 5 t ;
- c) - categoria N: veicoli a motore destinati al trasporto di merci, aventi almeno quattro ruote ;
- categoria N1: veicoli destinati al trasporto di merci, aventi massa massima non superiore a 3,5 t ;
- categoria N2: veicoli destinati al trasporto di merci, aventi massa massima superiore a 3,5 t ma non superiore a 12 t ;
- categoria N3: veicoli destinati al trasporto di merci, aventi massa massima superiore a 12 t ;
- d) - categoria O: rimorchi (compresi i semirimorchi) ;
- categoria O1: rimorchi con massa massima non superiore a 0,75 t ;
- categoria O2: rimorchi con massa massima superiore a 0,75 t ma non superiore a 3,5 t ;
- categoria O3: rimorchi con massa massima superiore a 3,5 t ma non superiore a 10 t ;
- categoria O4: rimorchi con massa massima superiore a 10 t .

Sagoma limite stradale

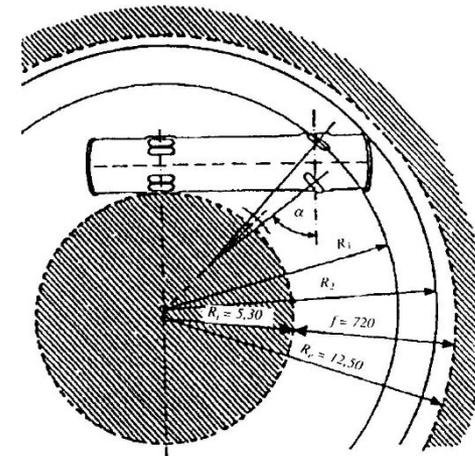
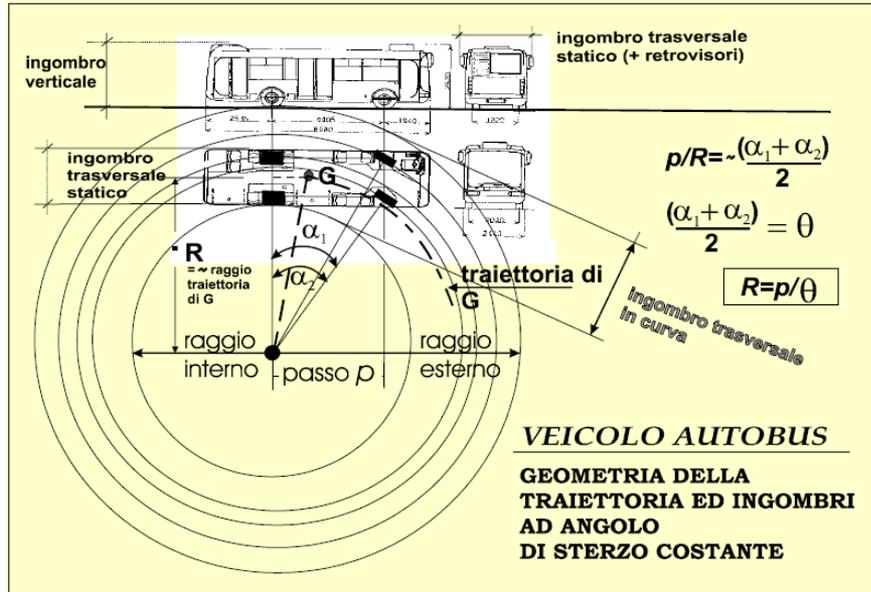
SAGOMA LIMITE (art. 61 CdS – art. 216 R. CdS): Larghezza massima 2,55 metri; 2,60 per trasporti merci deperibili; Altezza 4,00 metri, gli autobus urbani 4,30; Lunghezza veicolo isolato 12 metri; autoarticolati e autosnodati 16,50 metri; autosnodati adibiti a servizio di linea 18 metri; autotreni 18,75 metri.



La sterzata dei veicoli (1)



La sterzata dei veicoli (2)



INSCRIVIBILITÀ IN CURVA (art. 61 CdS – art. 217 R. CdS): Ogni veicolo deve potersi inscrivere in una corona circolare di raggio esterno 12,50 metri e raggio interno 5,30 metri

Massa limite dei veicoli stradali

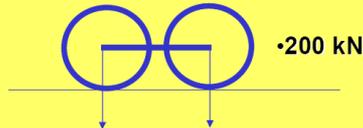
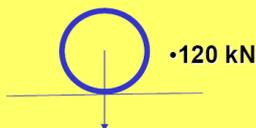
MASSA LIMITE: (art. 62 CdS – art. 218 R. CdS): Per veicoli a motore con pneumatici il cui carico unitario di impronta risulti non superiore a 8 daN/cm² e con distanza tra assi > 1 m:

VEICOLO ISOLATO: a due assi 18 t; a tre assi 25 t; a tre assi con ruote motrici accoppiate 26 t; a quattro o più assi con ruote accoppiate 32 t; Autobus 19 t

AUTOTRENO: a tre assi 24 t; **AUTOARTICOLATO** a tre assi 30 t; **AUTOARTICOLATO O AUTOTRENO** a quattro assi 40 t; a cinque o più assi 44 t

Asse più caricato 12 t; assi tandem $d < 1$ m 12 t; $1 < d < 1,3$ m 16 t; $1,3 < d < 2$ m 20 t

- **Asse singolo** 120 kN
- **Assi tandem : $d < 1,00$ m** 120 kN
- $1,00 \leq d < 1,30$ m** 160 kN
- $1,30 \leq d \leq 2,00$ m** 200 kN



CNR - B.U. 178/95 "Catalogo delle pavimentazioni stradali"									
Tipo di veicoli	N. assi	Distribuzione dei carichi per asse (kN)							
1) autocarri leggeri	2	↓10			↓20				
2) " "	"	↓15			↓30				
3) autocarri medi e pesanti	"	↓40			↓80				
4) " " " "	"	↓50			↓110				
5) autocarri pesanti	3	↓40			↓80	↓80			
6) " "	"	↓60			↓100	↓100			
7) autotreni e autoarticolati	4	↓40			↓90		↓80		↓80
8) " "	"	↓60			↓100		↓100		↓100
9) " "	5	↓40	↓80	↓80				↓80	↓80
10) " "	"	↓60	↓90	↓90				↓100	↓100
11) " "	"	↓40	↓100				↓80	↓80	↓80
12) " "	"	↓60	↓110				↓90	↓90	↓90
13) mezzi d'opera	"	↓50	↓120				↓130	↓130	↓130
14) autobus	2	↓40			↓80				
15) " "	2	↓60			↓100				
16) " "	2	↓50			↓80				

Equazione della trazione

$$\vec{T} + \vec{R} = \beta \cdot m \cdot \vec{a}$$

T [N] = sforzo di trazione;

R [N] = Resistenze al moto;

m [kg] = massa del veicolo;

a [m/s²] = accelerazione nella direzione del moto;

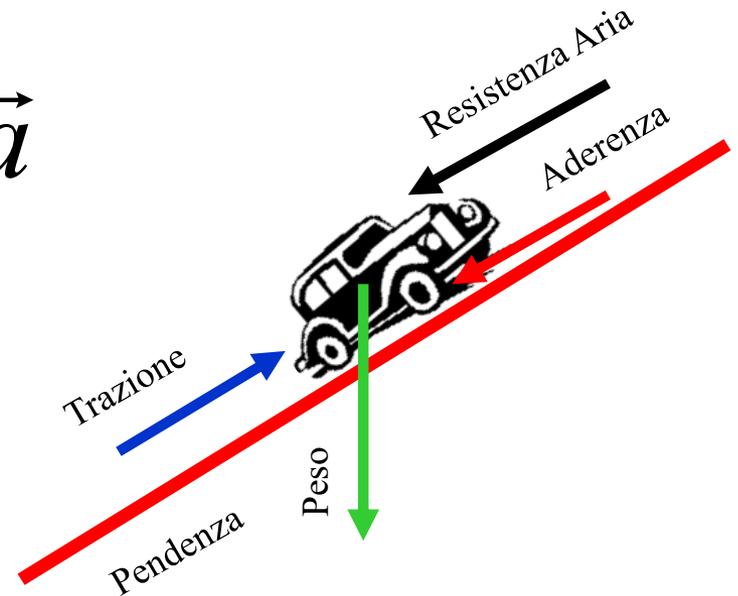
β = coefficiente che tiene conto dell'inerzia delle masse rotanti (= 1,05 – 1,08)

Le resistenze vengono suddivise generalmente in:

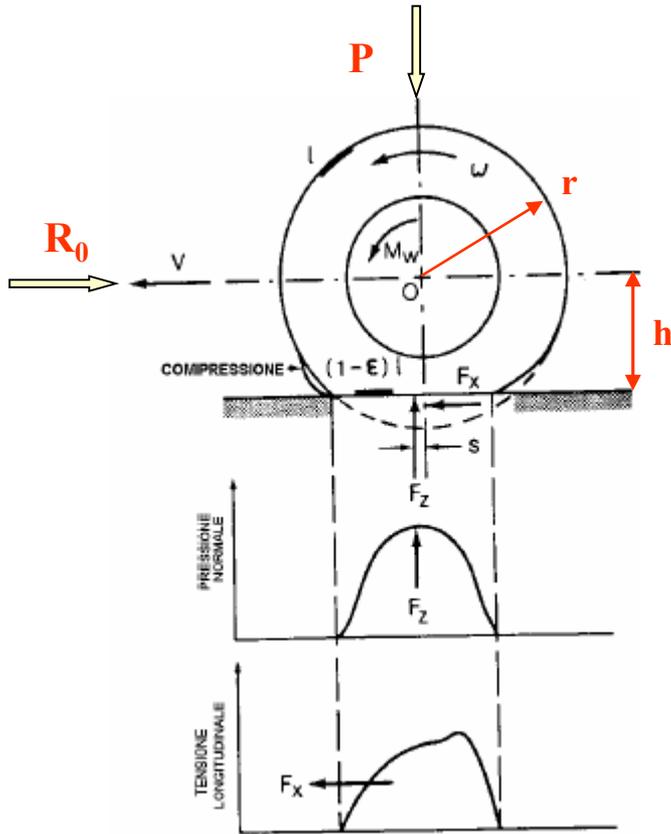
RESISTENZE ORDINARIE (quelle incontrate in piano ed in rettilineo a velocità costante): res. al rotolamento, res. aerodinamica;

RESISTENZE ADDIZIONALI: quelle incontrate in salita, in curva, durante la frenatura.

FORZE D'INERZIA: $\beta * m * a$

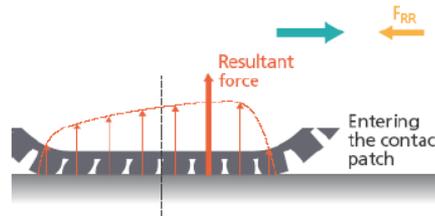


Resistenza al rotolamento (attrito volvente)



$$R_0 = Fz * s/h = P * s/h = P * f_r$$

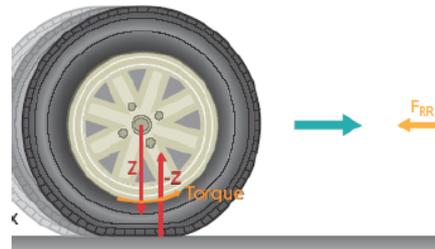
f_r coefficiente di resistenza al rotolamento



$$R_0 = f_r * P \quad [N]$$

con $f_r = 0,01 * (1 + V/160)$

V in km/h, per V < 130



Oppure con $f_r = f_0 + k * V^2 =$

$$= 0,013 + 6,5 * 10^{-6} * V^2$$

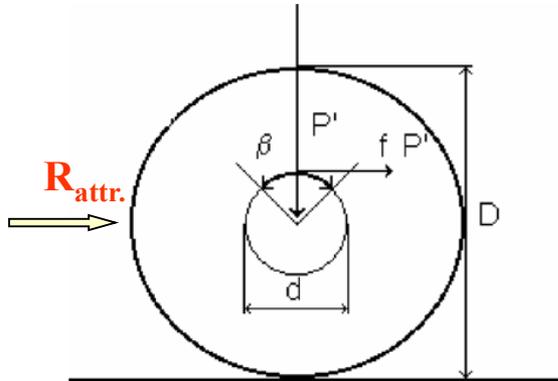
$$R_0 = r_0 * M \quad [N] \quad M \text{ in kg massa}$$

$$r_0 = c + b * V^2 = 0,1 + 5 * 10^{-6} * V^2$$

RESISTENZA SPECIFICA AL ROTOLAMENTO r_0 [N/kg]:

Per V = 20 km/h	$r_0 = 0,15$ N/kg	per autovetture
	$r_0 = 0,25$ N/kg	per autocarri
Per V = 100 km/h	$r_0 = 0,20$ N/kg	per autovetture
	$r_0 = 0,35$ N/kg	per autocarri

Resistenza attrito perni



$$R_{attr.} = Mr / (D/2) = f_{attr.} * P' * (d/2) / (D/2) = f_{attr.} * P' * d / D$$

$f_{attr.}$ coefficiente di attrito dei perni



Resistenza aerodinamica

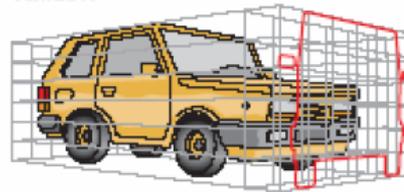
RESISTENZA AERODINAMICA R_a [N]: è dovuta alle sovrappressioni che si generano nella parte frontale del veicolo

$$R_a = k * S * V^2 = [1/(2 * 3,6^2)] * \rho * C_x * S * V^2 \quad [N]$$

Coefficiente di penetrazione aerodinamica

Tipo di veicolo	C
Automobile	0.25 – 0.55
Bus	0.5 – 0.7
Autocarri ed autoarticolati	0.6 – 1.3
Motocicli	0.6 – 1.8

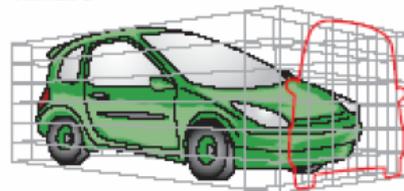
Vehicle A



$A = 3 \text{ m}^2$
 $C_D = 0.6$



Vehicle B

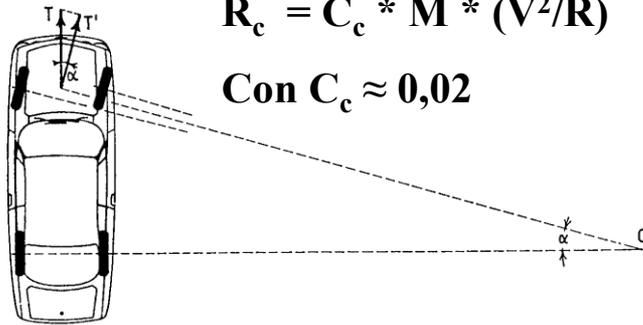


$A = 3 \text{ m}^2$
 $C_D = 0.35$

k ($0,010 - 0,040 \text{ kg/m}^3$) dipende dalla densità dell'aria (ρ) e dalla forma del veicolo (C_x), S ($1,5 - 9,0 \text{ m}^2$) è la sezione maestra, V [km/h] velocità relativa tra veicolo e aria.

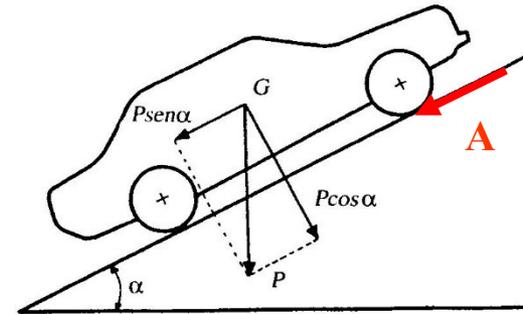
Resistenze addizionali

RESISTENZA IN CURVA: sono dovute alle deformazioni trasversali dei pneumatici e poiché solo parte dello sforzo di trazione può essere utilizzato; sono in genere trascurabili.



$$R_c = C_c * M * (V^2/R)$$

$$\text{Con } C_c \approx 0,02$$



RESISTENZE DOVUTE ALLA PENDENZA - R_i [N]:

$$R_i = P * \text{sen}\alpha = m * g * \text{sen}\alpha \cong m * g * \text{tan}\alpha = m * g * i$$

i = pendenza della strada (espressa in valore assoluto)

RESISTENZE DOVUTE ALLA FRENATURA - R_f [N]:

$$R_f \leq A = f * P_a * \text{cos}\alpha$$

Aderenza e rotolamento di una ruota



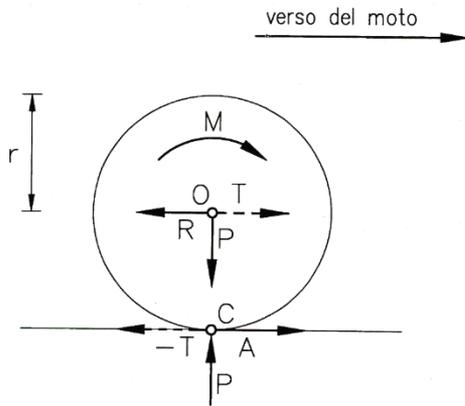
$$A = f * Pa$$

A è chiamata aderenza, “f” è il coefficiente di ADERENZA, Pa è il peso aderente cioè il peso che grava sulla ruota soggetta al momento di trazione o al momento frenante.



Condizioni di rotolamento di una ruota

$$\vec{T} + \vec{R} = m \cdot \vec{a}$$



Equilibrio di una ruota motrice

Ruota motrice: $M = T \cdot r$

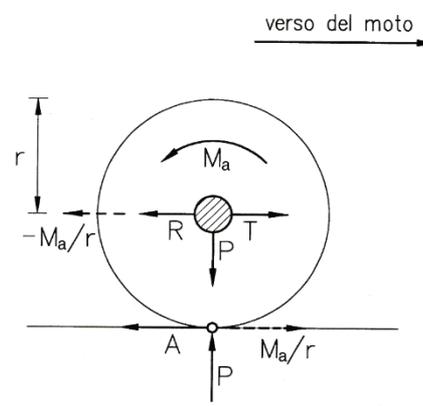
1° caso: $T < R$ e $T < A$; 2° caso: $A < T < R$; 3° caso: $R < T < A$; 4° caso: $T > R$ e $T > A$

Ruota trainata:

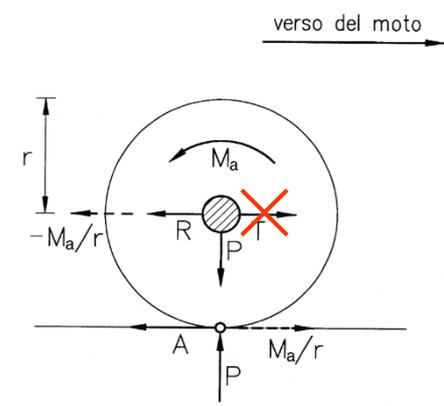
**1° caso: $T < R + M_a / r$ e $M_a / r < A$; 2° caso: $T < R + M_a / r$ e $M_a / r > A$;
3° caso: $T > R + M_a / r$ e $M_a / r < A$; 4° caso: $T > R + M_a / r$ e $M_a / r > A$**

Ruota frenata $T = 0$

1° caso: $M_a / r < A$; 2° caso: $M_a / r > A$



Equilibrio di una ruota trainata



Equilibrio di una ruota frenata

Contatto ruota- via, Aderenza e Attrito

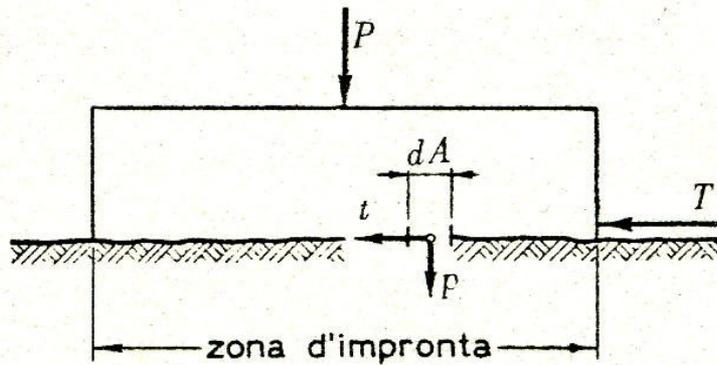


Fig. 42. - Forze unitarie normali e tangenziali fra due superfici piane a contatto

Modello di Coulomb

$$T = f_s * P \text{ se } V = 0$$

$$T = f_d * P \text{ se } V \neq 0$$

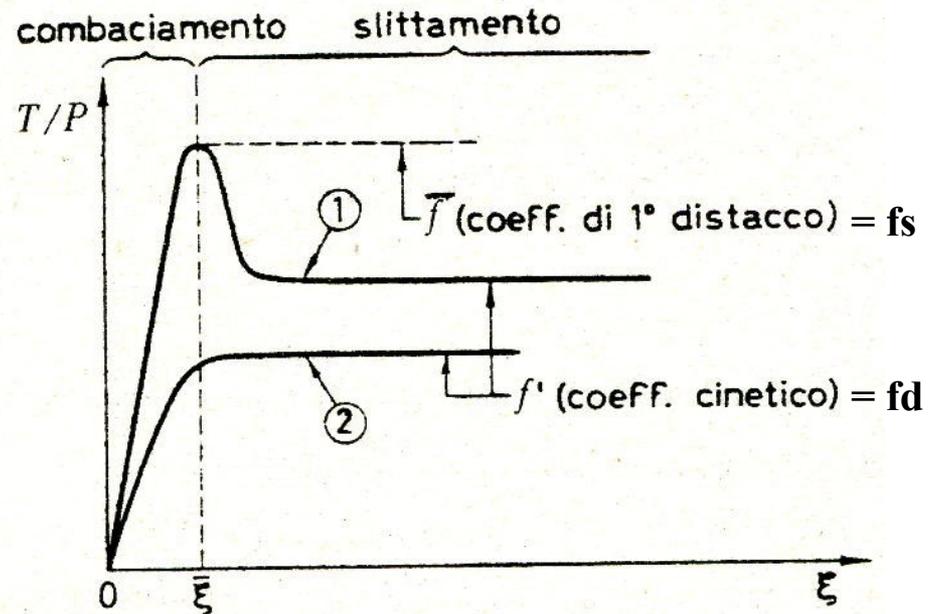


Fig. 43. - Forza tangenziale $T(\xi)$ tra due superfici piane in funzione dello spostamento reciproco ξ

Scorrimento (1)

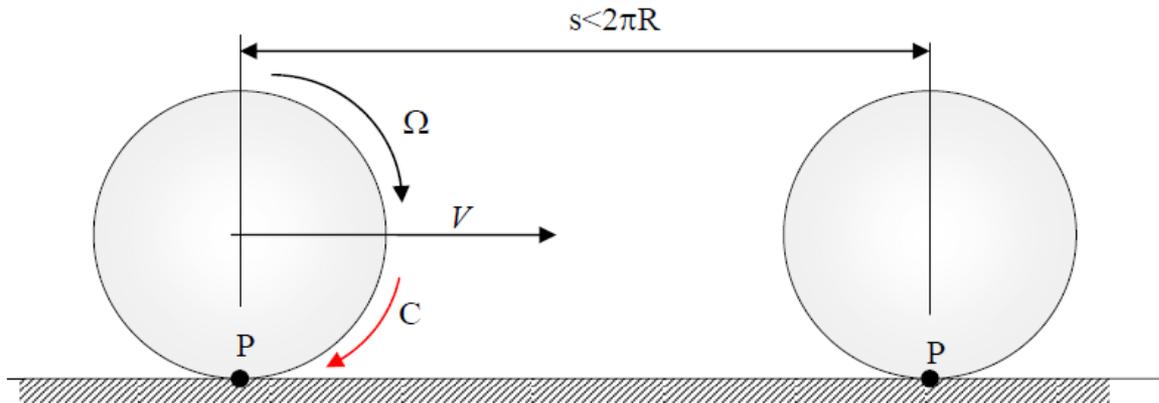


Figura 2-2: avanzamento del centro ruota nel caso di applicazione di una coppia motrice.

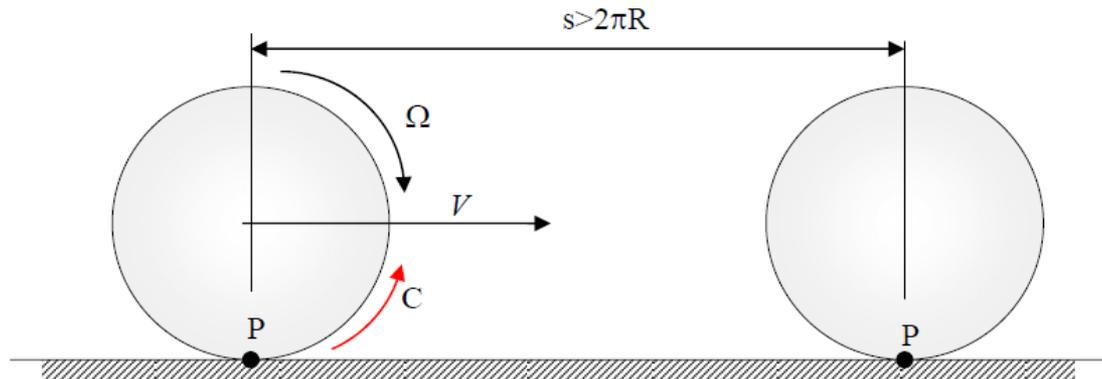


Figura 2-3: avanzamento del centro ruota nel caso di applicazione di una coppia frenante.

$$\varepsilon_x = \frac{V - \Omega R}{V} = \frac{V_s}{V}$$

Scorrimento (2)

$$\varepsilon_x = \frac{V - \Omega R}{V} = \frac{V_s}{V}$$

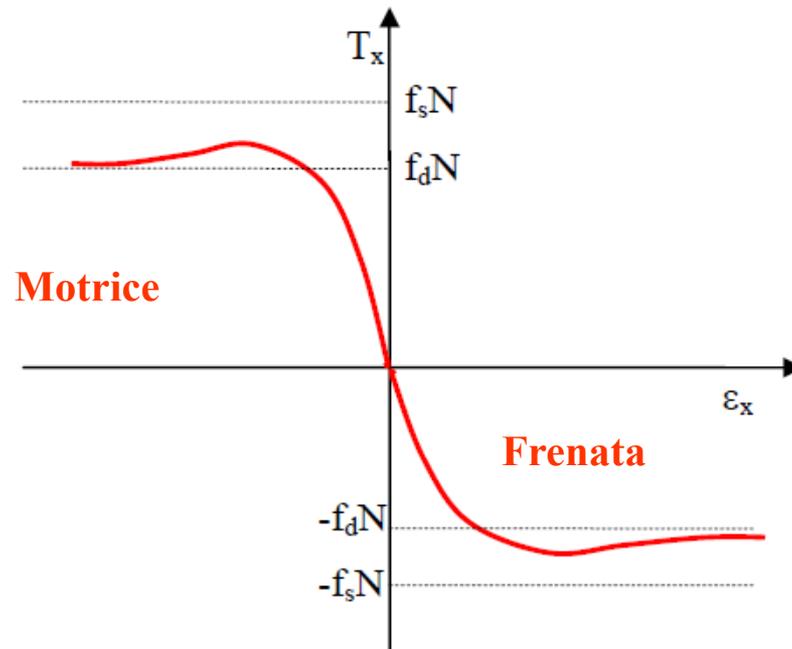
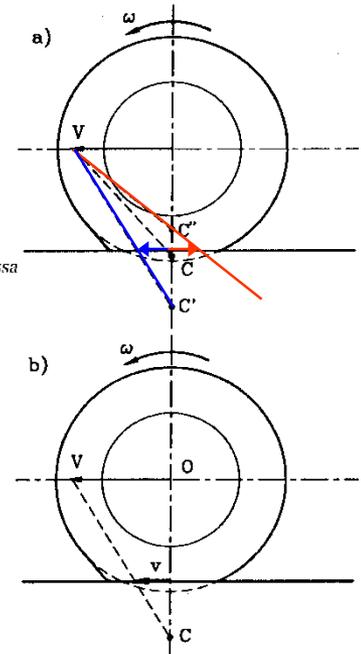
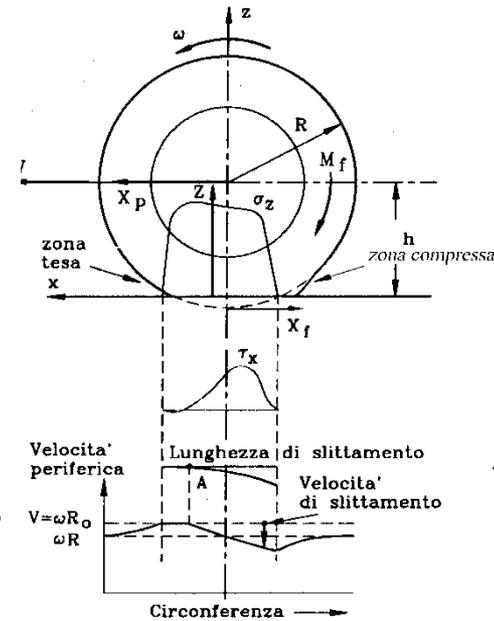
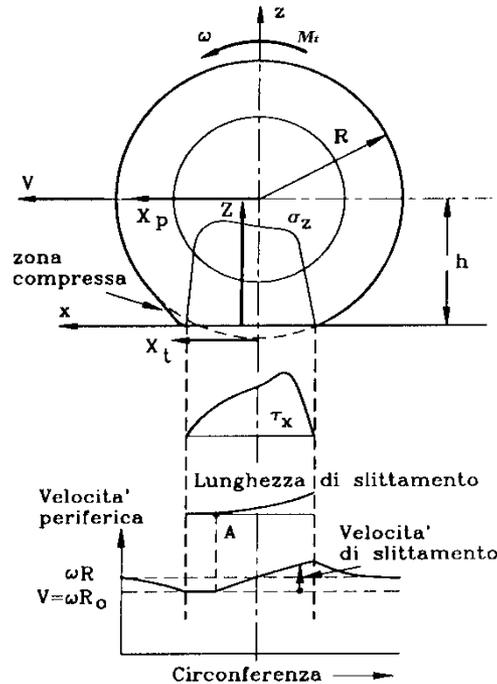
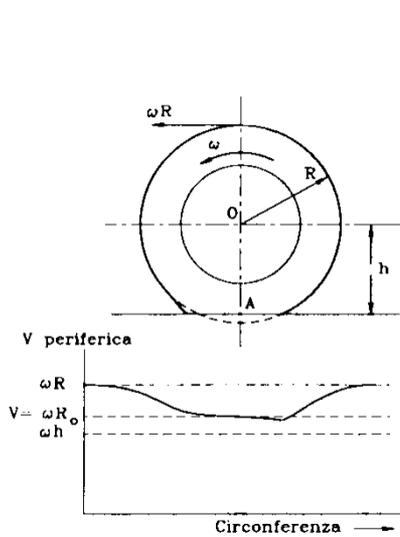


Figura 2-4: andamento qualitativo della forza longitudinale in funzione dello pseudoslittamento longitudinale.

Scorrimento e forze di contatto (1)

Raggio rotolamento $R_0 = V/\omega$



Ruota trainata

$h < R_0 < R$

ruota traente

$R_0 < h < R$

ruota frenata

$h < R < R_0$

Scorrimento e Forze di contatto (2)

Si definisce SCORRIMENTO (sotto carico)

$$\psi = v/V = (V - \omega^*R)/V = (L - n^*2^*R^*\pi)/L \quad \text{in fase di frenatura}$$

$$\psi = v/V = (\omega^*r - V)/\omega^*r = (n^*2^*r^*\pi - L)/(n^*2^*r^*\pi) \quad \text{in fase di accelerazione}$$

Per $\psi = 0$ rotolamento puro,

per $\psi = 1$ ruota bloccata (strisciamento)

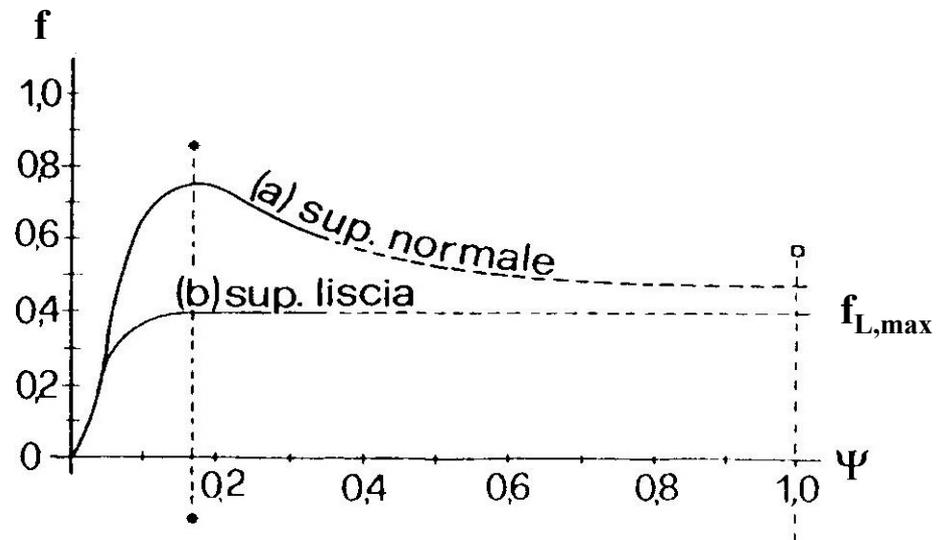
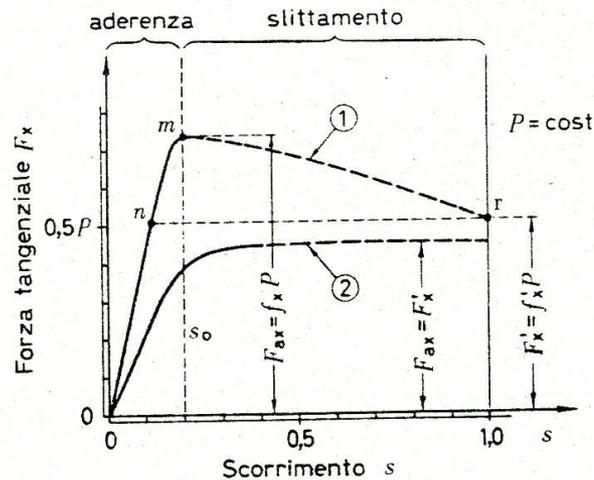


Fig. 29. - Aderenza e scorrimento longitudinale di un pneumatico: curve di scorrimento $F_x(s)$.

Modello di contatto a spazzola (1)

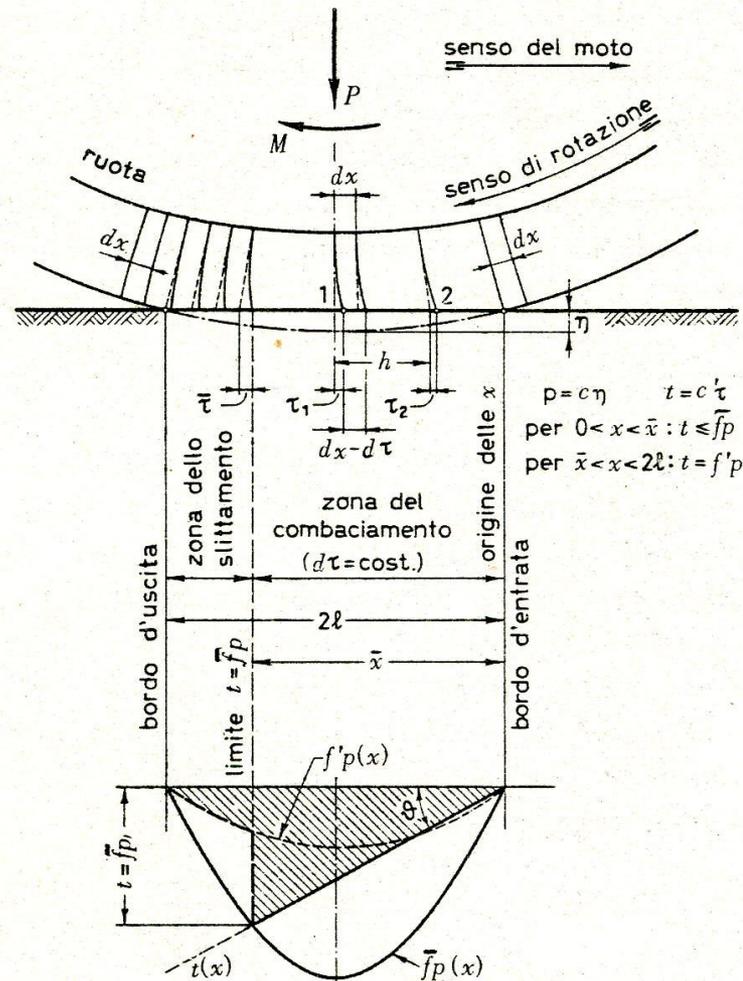


Fig. 45. - Distribuzione delle forze unitarie $p(x)$ e $t(x)$ lungo la zona d'impronta

Modello di contatto a spazzola (2)

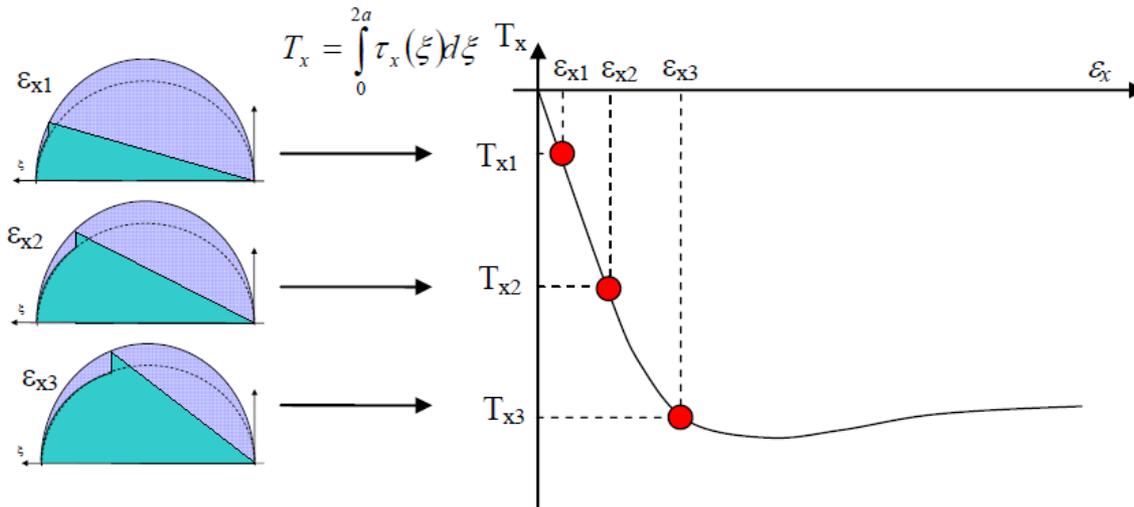


Figura 2-14: calcolo della forza longitudinale in funzione dello scorrimento.

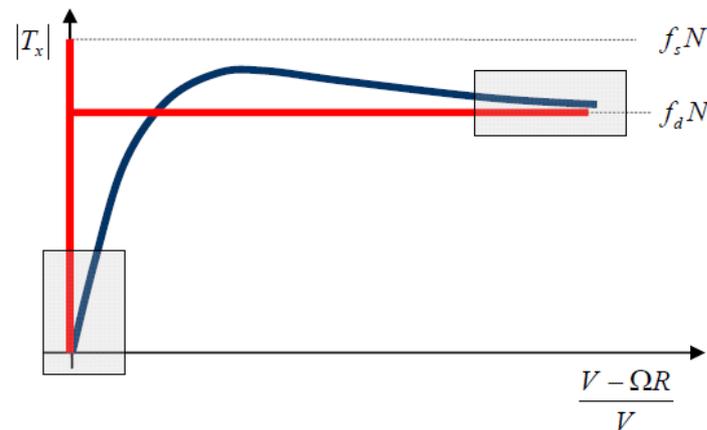
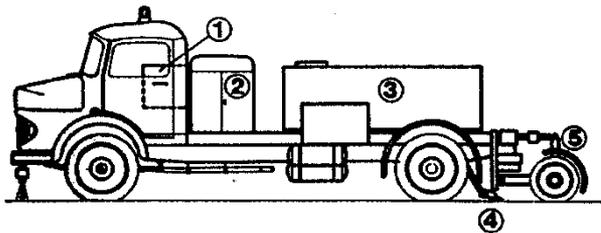
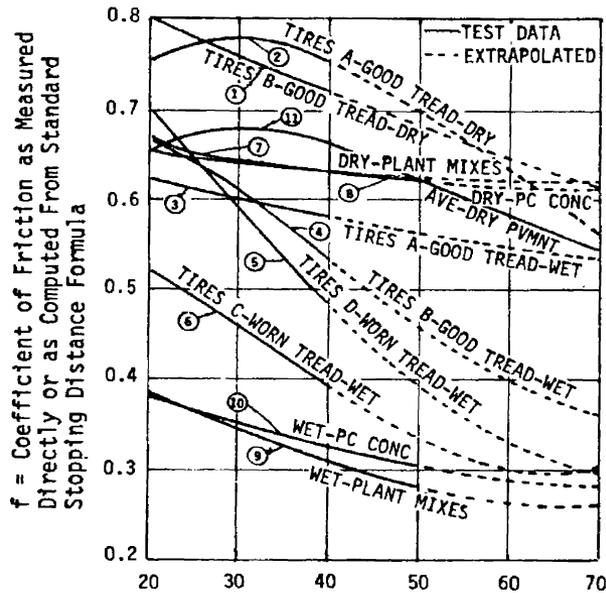
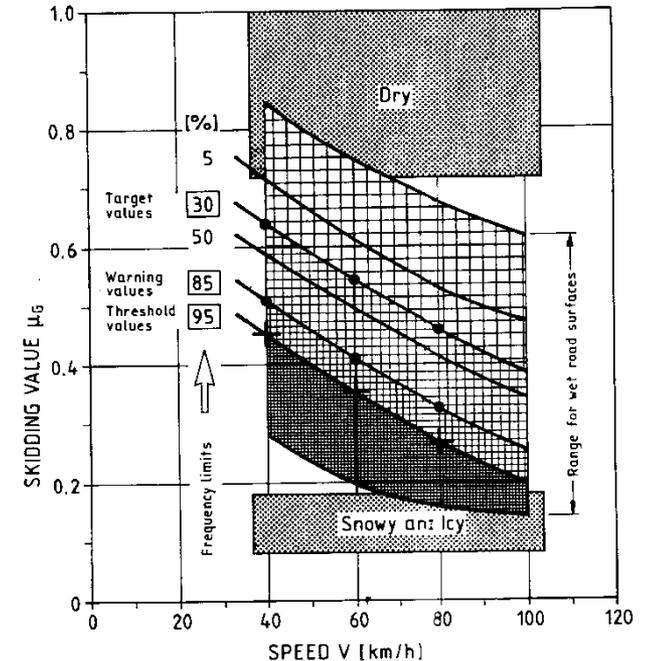


Figura 2-15: forza longitudinale in funzione dello scorrimento: confronto tra modello di Coulomb (linea rossa) e modello brush (linea blu).

Fattori da cui dipende l'aderenza (1)



$$f_{L,max} = \mu_G = 0,241 \cdot \left(\frac{V}{100}\right)^2 - 0,721 \cdot \frac{V}{100} + 0,708$$

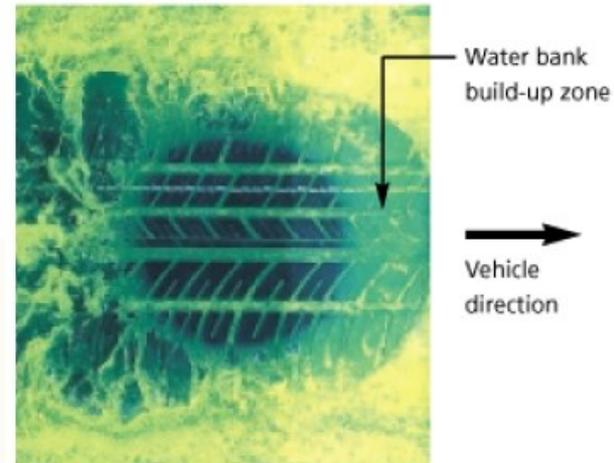
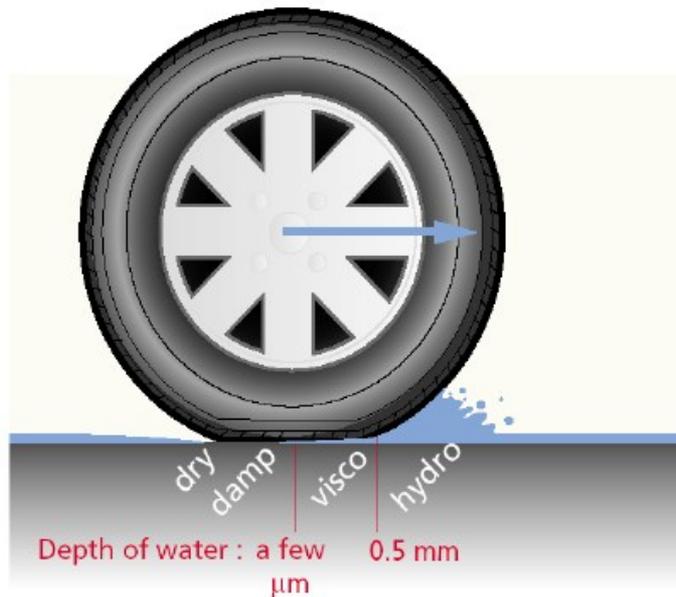


Pavement condition	Maximum	Slide
Good, dry	1.00	0.80
Good, wet	0.90	0.60
Poor, dry	0.80	0.55
Poor, wet	0.60	0.30
Packed snow and Ice	0.25	0.10

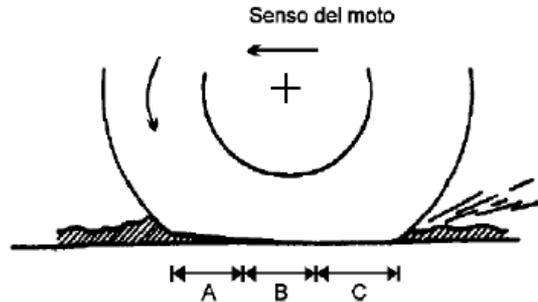
Fattori da cui dipende l'aderenza (2)

$\mu_{X,max}$

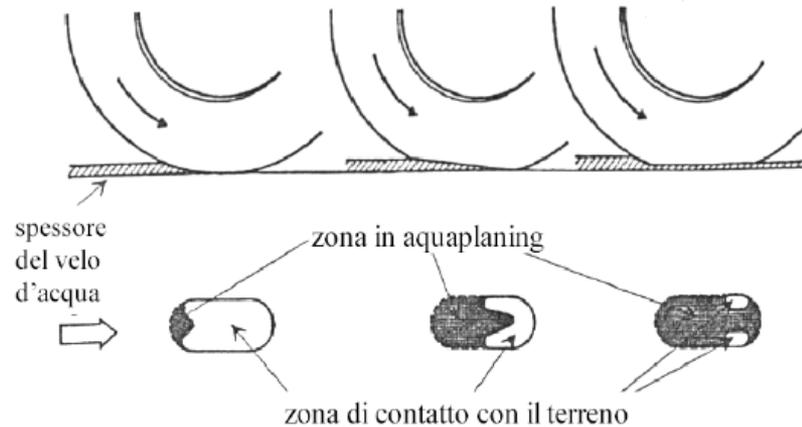
Depth of water	Speed	
	60 km/h	100 km/h
0 (dry surface)	1	1
< 10 μm (damp surface)	0.8	0.7
1.5 mm	0.6	0.4
5 mm	0.5	0.1



Fattori da cui dipende l'aderenza (3)

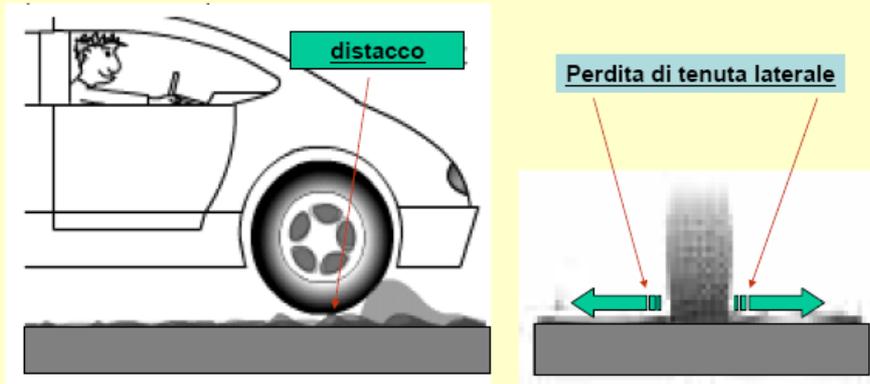


Zone individuabili nell'area di contatto ruota-suolo, nel caso di pavimentazione bagnata:
A) Zona di evacuazione; B) Zona di attrito; C) Zona di contatto.



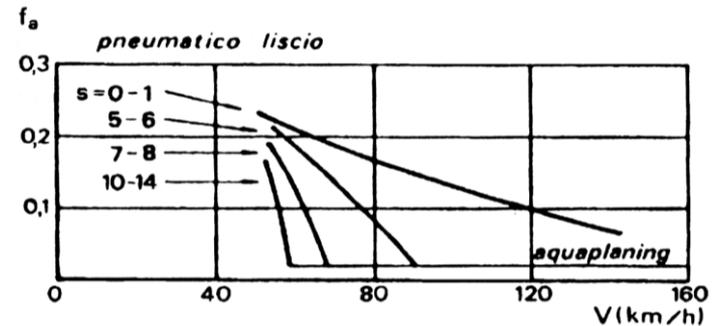
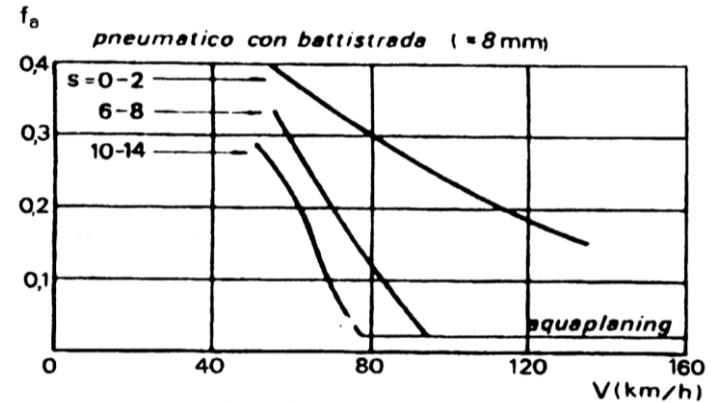
Fattori da cui dipende l'aderenza (4)

SU PAVIMENTAZIONI BAGNATE
l'aderenza dipende dal velo idrico



Idroportanza
O Aquaplaning
H Velo idrico > 0,5 mm

Viscoportanza
H Velo idrico < 0,5 mm



Aderenza Trasversale (1)

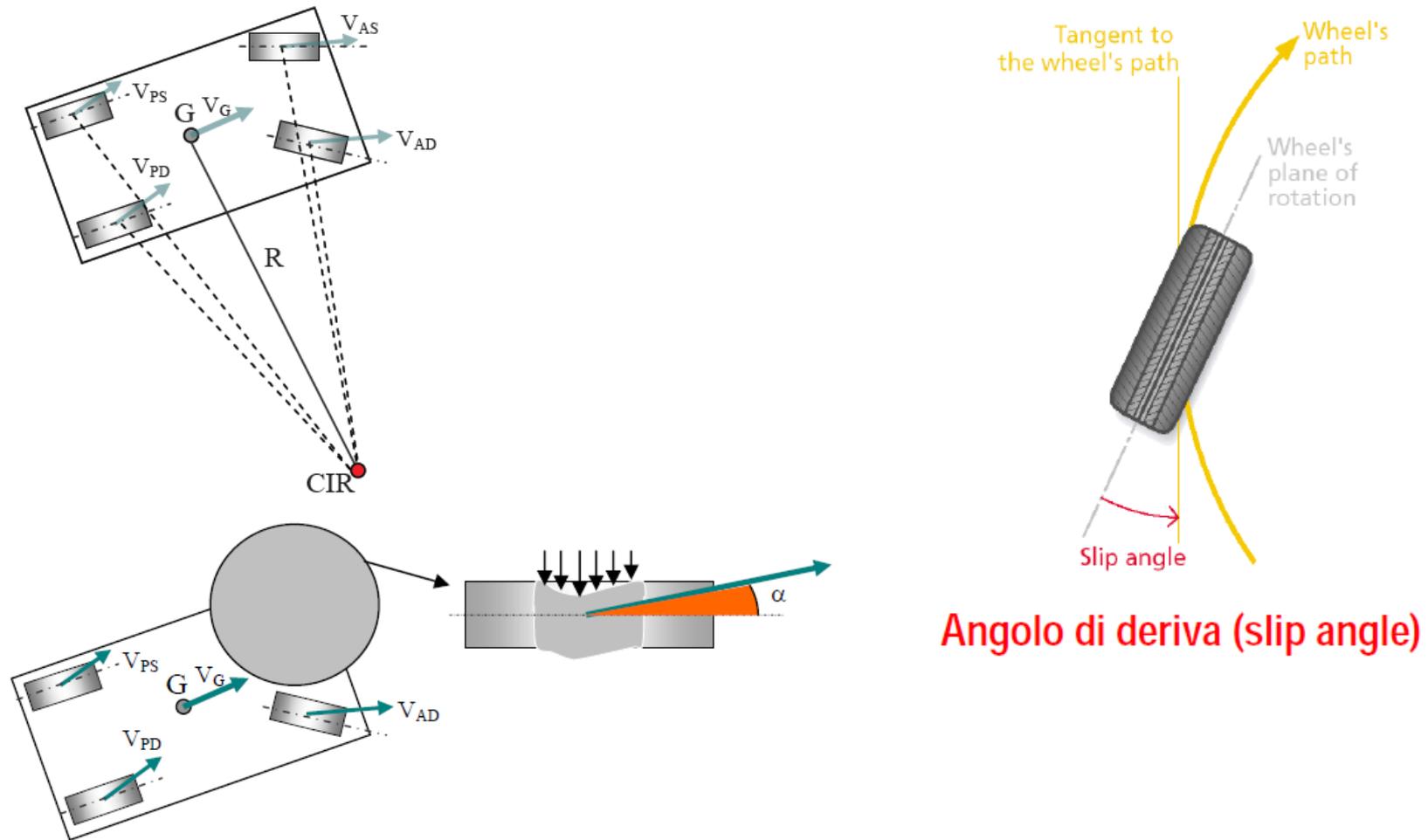


Figura 3-8: deformazione dell'impronta di contatto di uno pneumatico in deriva.

Aderenza Trasversale (2)

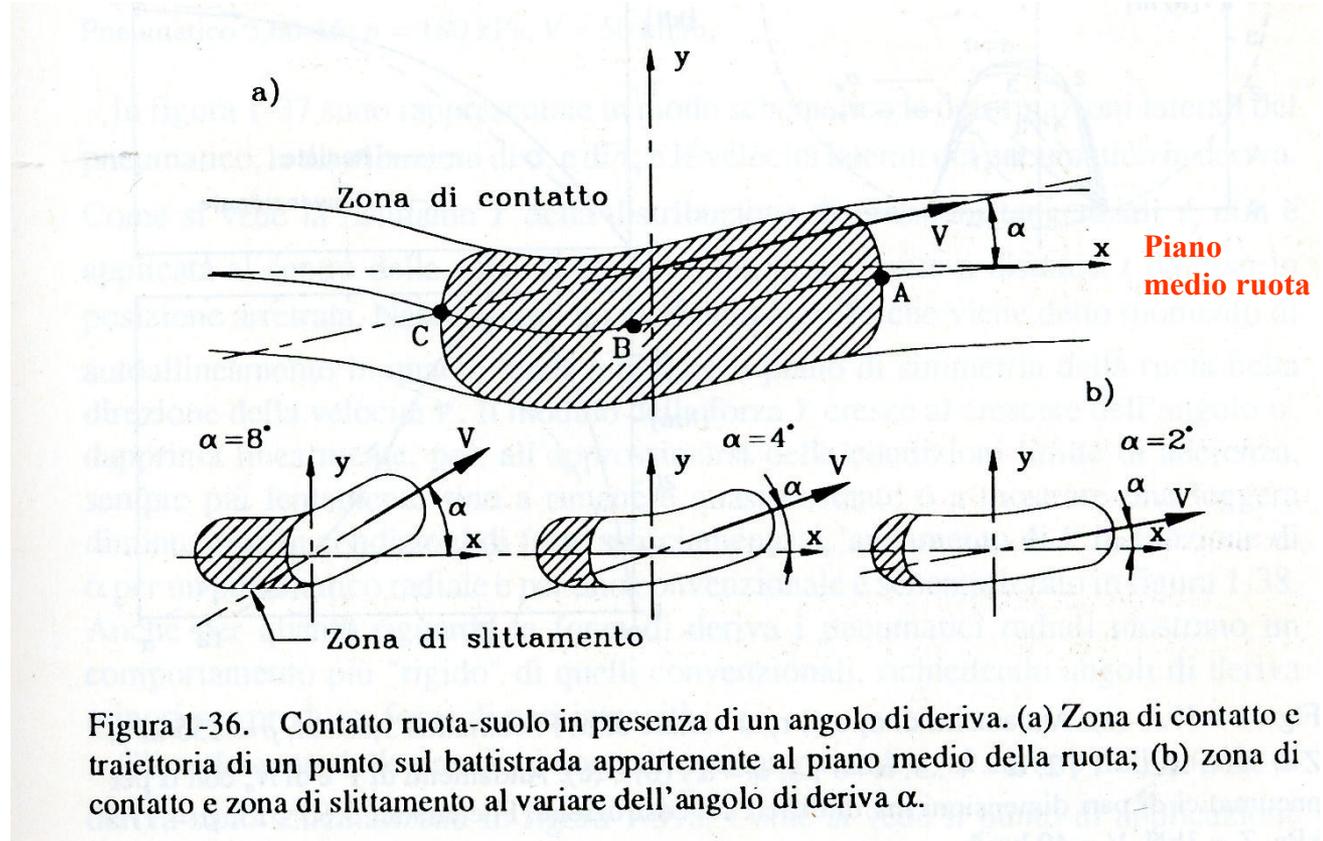
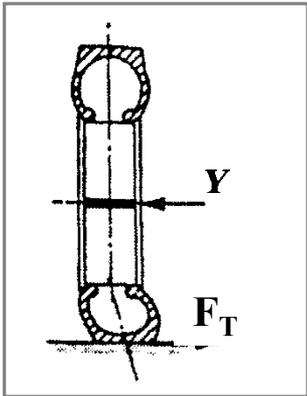


Figura 1-36. Contatto ruota-suolo in presenza di un angolo di deriva. (a) Zona di contatto e traiettoria di un punto sul battistrada appartenente al piano medio della ruota; (b) zona di contatto e zona di slittamento al variare dell'angolo di deriva α .

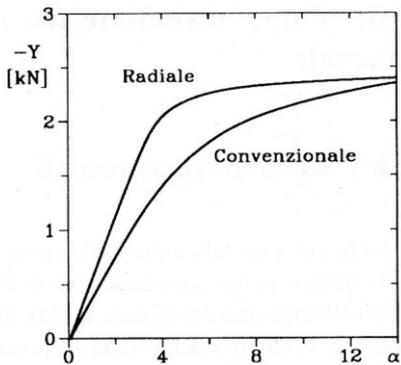
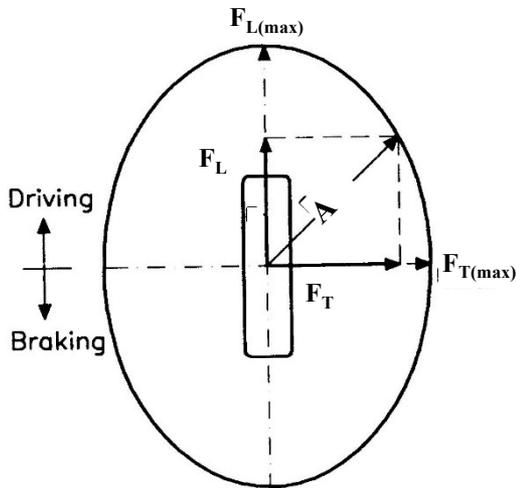
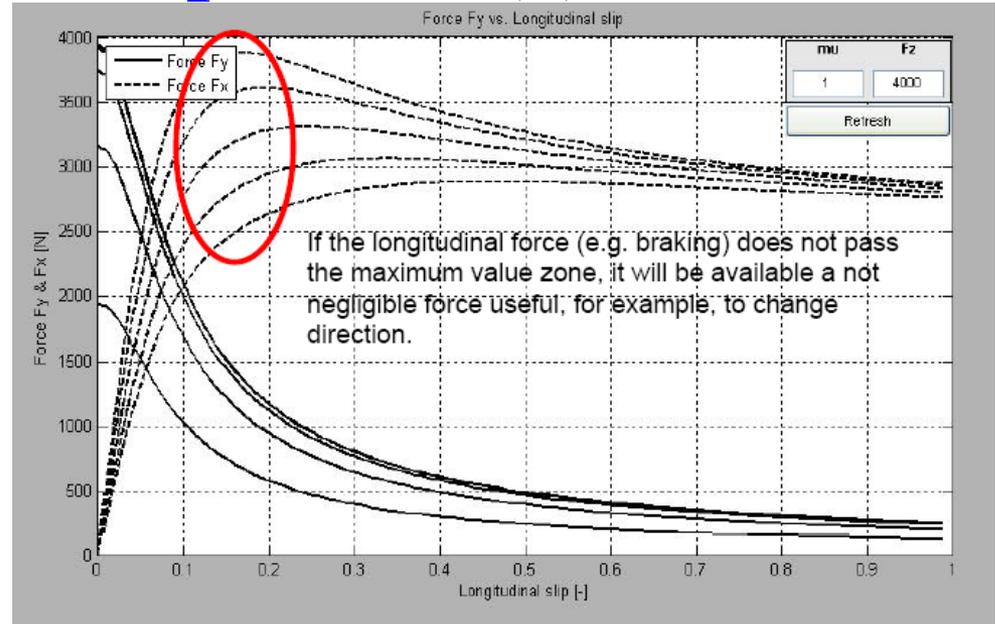
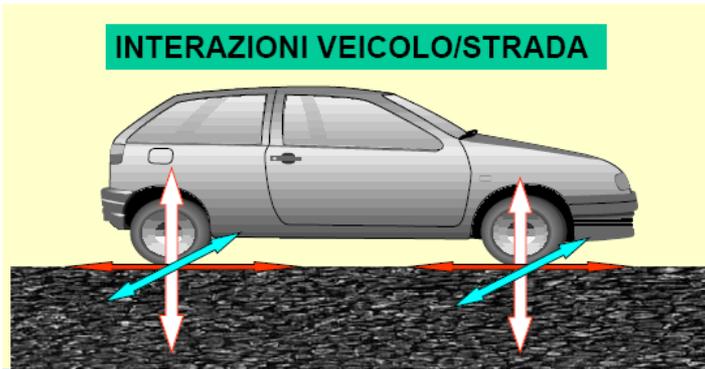


Figura 1-38. Andamenti schematici della forza Y con l'angolo di deriva α per un pneumatico radiale e per uno convenzionale.

Aderenza compressiva (1)



$$f_L = F_L / Q \quad f_T = F_T / Q \quad f < f_{\max}$$

$$f^2 = f_L^2 + f_T^2$$

f coeff. aderenza totale, f_L coeff. aderenza longitudinale, f_T coeff. aderenza trasversale.

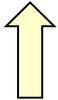
$$A = f \cdot Q = \left(\sqrt{f_L^2 + f_T^2} \right) \cdot Q$$

Aderenza complessiva (2)

$$f_{T \max} = 0,925 \cdot f_{L \max}$$

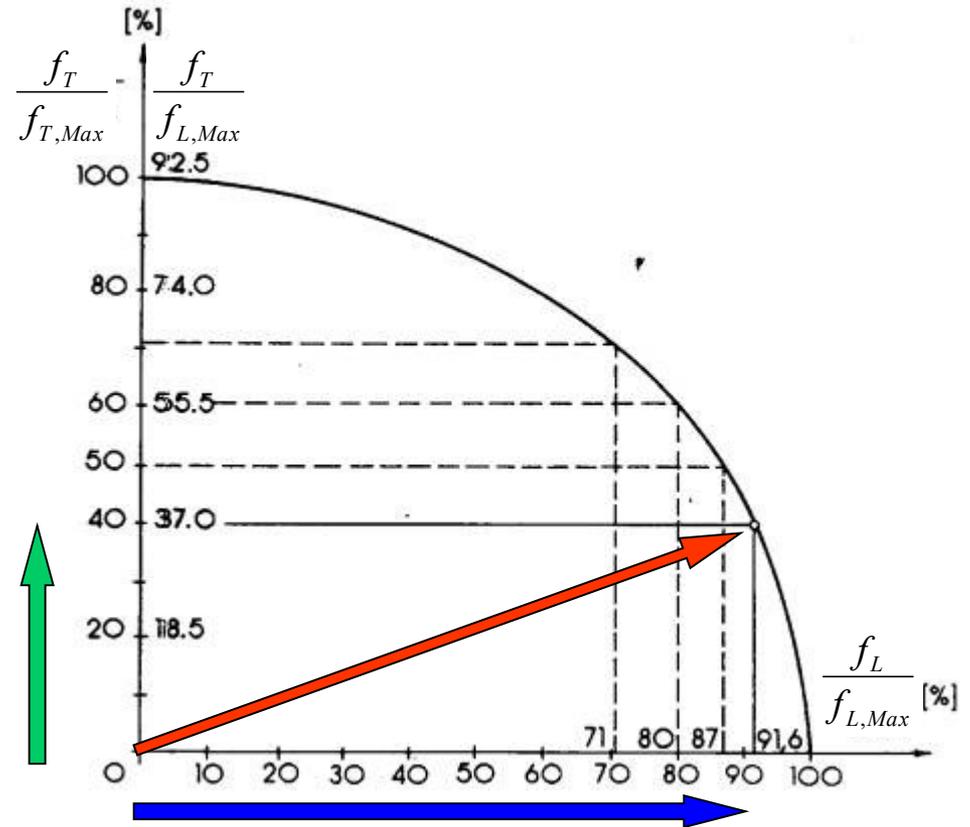
$$\left(\frac{f_T}{f_{T \max}} \right)^2 + \left(\frac{f_L}{f_{L \max}} \right)^2 \leq 1$$

$$f_T = n \cdot 0,925 \cdot f_{L \max}$$

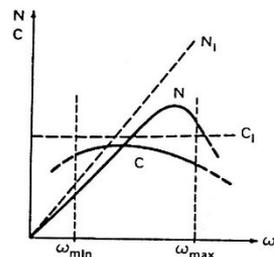
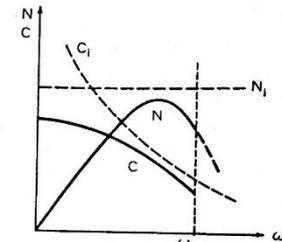
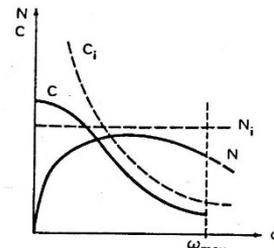
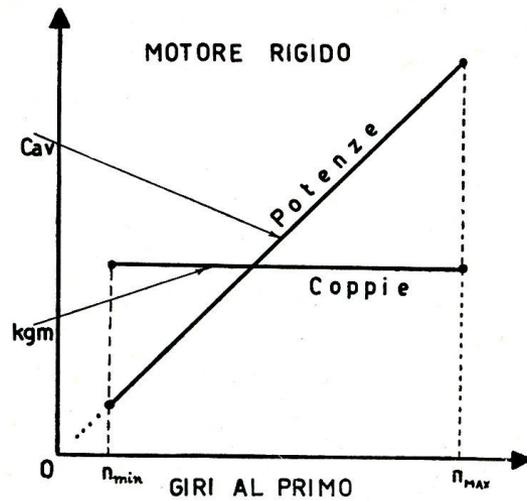
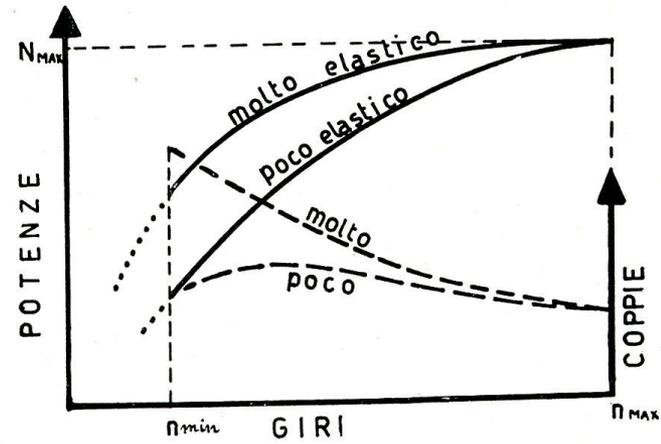
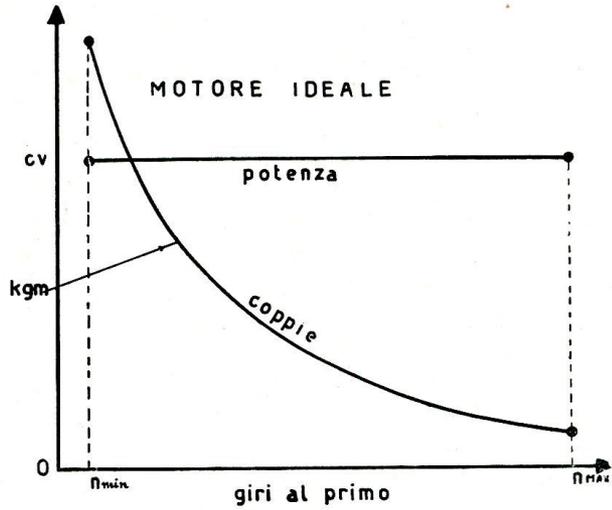


Coefficiente di utilizzazione dell'aderenza trasversale

$$n = \frac{f_T}{f_{T, \max}} = 0,40 \div 0,45$$



Prestazioni veicoli (1)



--- Curve ideali
 — Curve reali

Prestazioni veicoli (2)

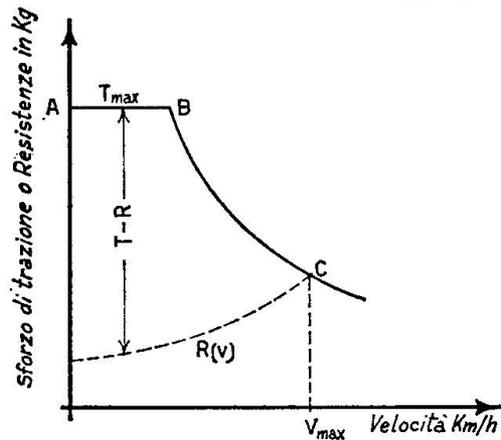
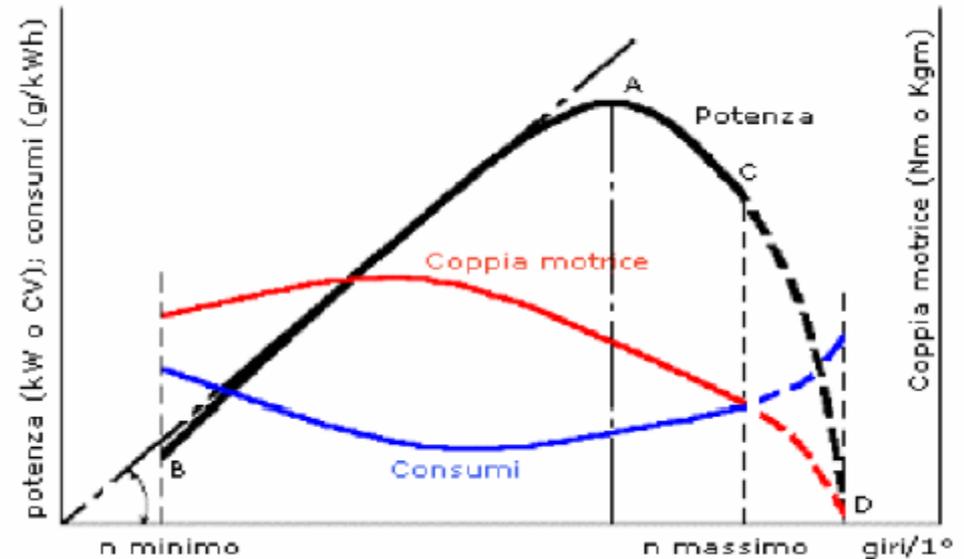


FIG. II.17 - Caratteristica di trazione (trattore a potenza costante).



Curva di coppia e potenza motore a combustione interna

$$M = M_0 + K * n - W * n^2 \quad N = M * 2 * \pi * n/60$$

Potenza necessaria alle ruote

$$N = T * V = \{P * [\pm i + r_0/g + (\beta/g)*a] + k * S * V^2\} * V$$

Nel caso di velocità costante

$$N = \pm i * P * V + (r_0/g) * P * V + k * S * V^3 = f(V^3)$$

Prestazioni veicoli (3)

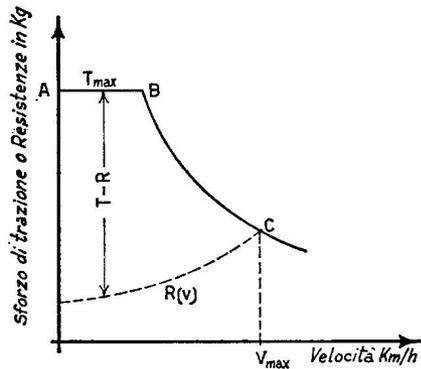


FIG. II.17 - Caratteristica di trazione (trattore a potenza costante).

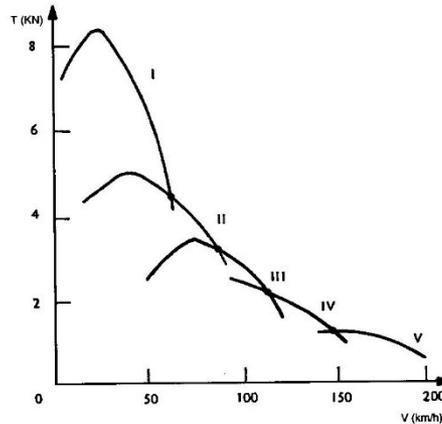
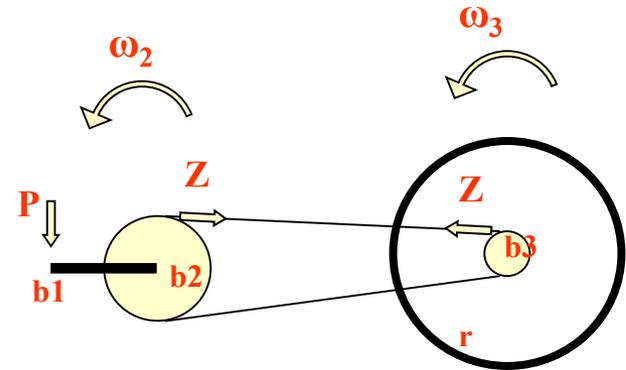
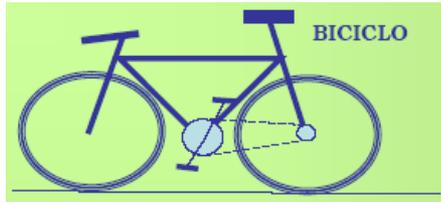
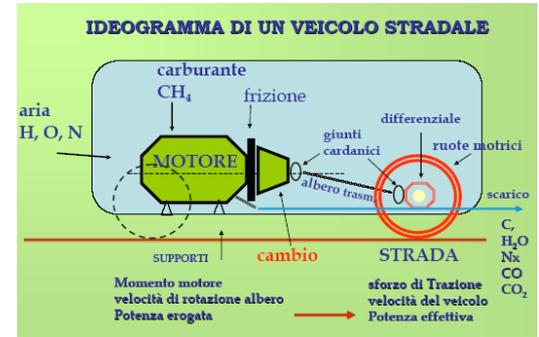


Fig.5 - Caratteristica di trazione di un'autovettura



$$P = R \cdot r \cdot \frac{b_2}{b_3} \cdot \frac{1}{b_1}$$

$$\omega_2 = \omega_3 \cdot \frac{b_3}{b_2}$$

$$\omega_3 = \frac{V}{r \cdot 2 \cdot \pi}$$

Prestazioni veicoli (4)

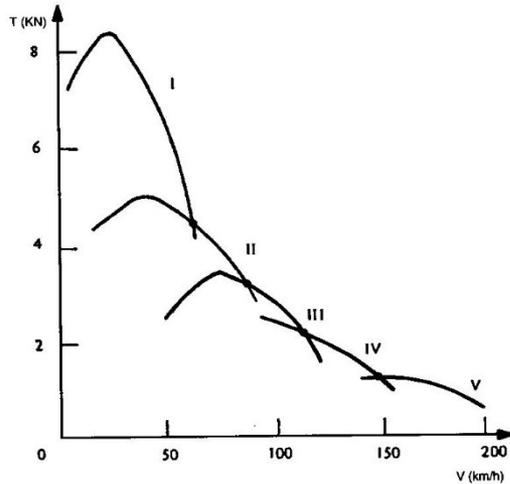
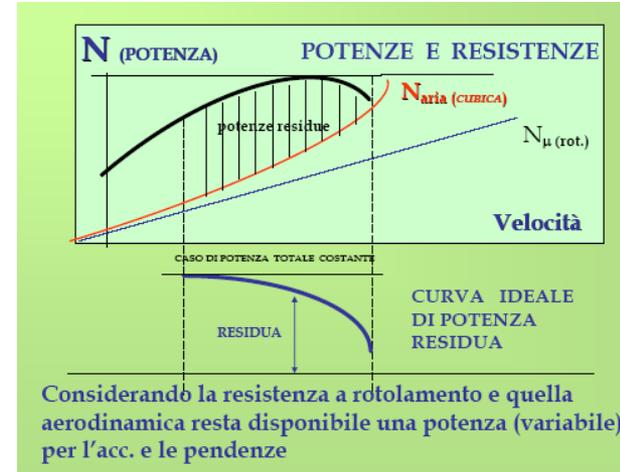


Fig.5 – Caratteristica di trazione di un'autovettura



Considerando la resistenza a rotolamento e quella aerodinamica resta disponibile una potenza (variabile) per l'acc. e le pendenze

Tipo di veicolo		Sforzi di trazione specifici (N/N) per v=20 km/h e v=100 km/h		Accelerazioni medie (m/sec ²) per tre campi di velocità (km/h)		
		T ₂₀	T ₁₀₀	0 + 40	60 + 90	90 + 120
Autovetture	Utilitarie	0,33 + 0,47	0,07 + 0,09	1,3 + 2,0	0,6 + 1,0	-
	Medie	0,50 + 0,90	0,10 + 0,18	2,0 + 3,8	1,0 + 2,0	0,3 + 0,5
	Grandi	1,00 + 1,35	0,20 + 0,27	3,5 + 5,5	1,4 + 2,3	0,5 + 0,8
Autocarri	Leggeri	0,27 + 0,34	0,05 + 0,07	1,2 + 1,4	0,6 + 0,8	-
	Medi	0,20 + 0,27	0,04 + 0,05	0,9 + 1,1	0,4 + 0,7	-
	Pesanti	0,16 + 0,24	0,03 + 0,05	0,6 + 0,8	0,2 + 0,6	-
	Pesantissimi	0,10 + 0,20	0,02 + 0,04	0,4 + 0,7	0,1 + 0,3	-
Autoarticolati	Medi	0,14 + 0,16	0,03 + 0,05	0,6 + 0,7	0,2 + 0,3	-
	Pesanti	0,10 + 0,13	0,02 + 0,03	0,4 + 0,6	0,1 + 0,2	-
Autobus	Medi	0,20 + 0,27	0,04 + 0,05	1,1 + 1,4	0,6 + 0,9	0,2 + 0,4
	Pesanti	0,16 + 0,24	0,03 + 0,05	0,8 + 1,2	0,3 + 0,5	-
Rimorchi	Medi	-	-	-	-	-
	Pesanti	-	-	-	-	-

(*) 1 W/N=13,33 CV/t 1 CV/t=0,075 W/N

Tab.3 – Dati caratteristici di veicoli stradali

$$\vec{T} + \vec{R} = \beta \cdot m \cdot \vec{a}$$

$$T - i_{\max} \cdot m \cdot g - r_o \cdot m = \beta \cdot m \cdot a$$

$$i_{\max} = \frac{T}{m \cdot g} - \frac{r_o}{g} - \frac{\beta \cdot a}{g} = \left\{ \begin{array}{l} 54 \% \text{ per autovetture} \\ 18 \% \text{ per autocarri} \\ 10 \% \text{ per autoarticolati} \end{array} \right.$$

$$i_{\max} = \frac{f \cdot P_a}{m \cdot g} - \frac{r_o}{g} - \frac{\beta \cdot a}{g} = \left\{ \begin{array}{l} 19 \% \text{ per autovetture} \\ 23 \% \text{ per autocarri} \\ 12 \% \text{ per autoarticolati} \end{array} \right.$$

Prestazioni veicoli (5)



Exhibit 7-4. Climbing Lane on Two-Lane Rural Arterial

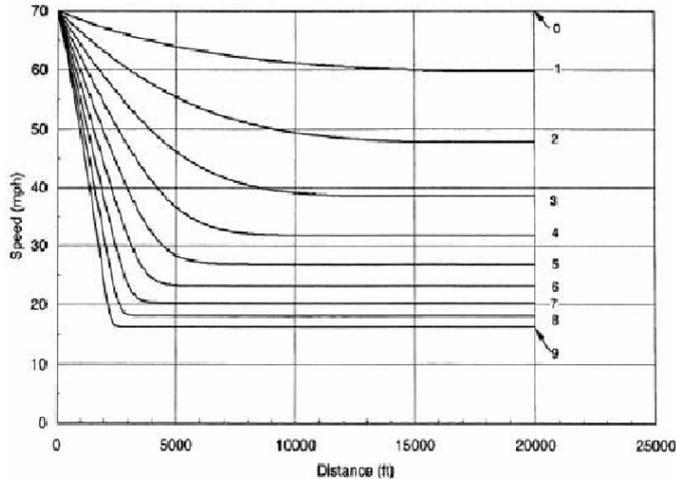


Exhibit 3-59. Speed-Distance Curves for a Typical Heavy Truck of 120 kg/kW [200 lb/hp] for Deceleration on Upgrades

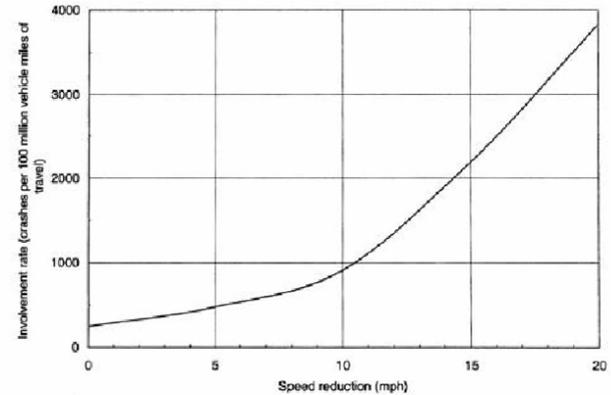


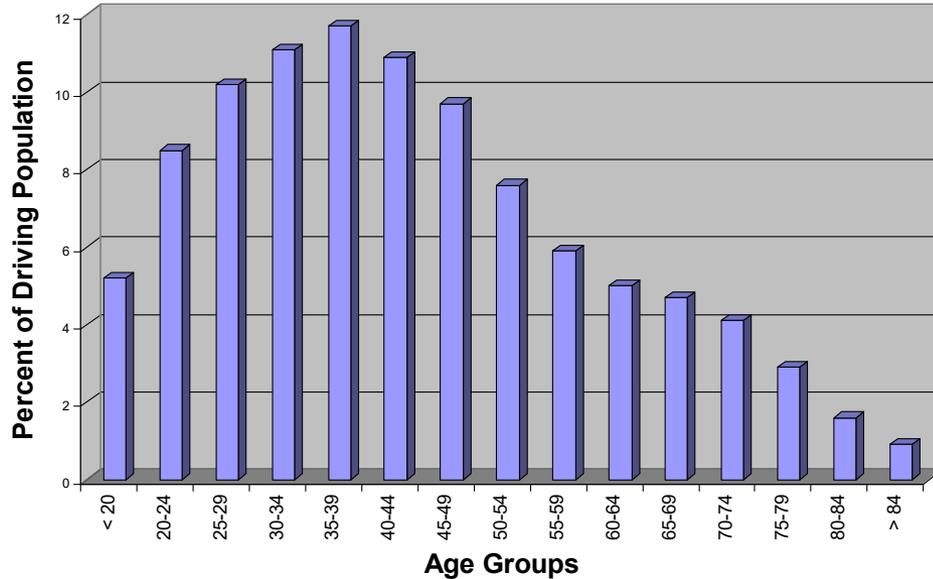
Exhibit 3-62. Crash Involvement Rate of Trucks for Which Running Speeds Are Reduced Below Average Running Speed of All Traffic (41)

$$T - i_{\max} \cdot m \cdot g - r_o \cdot m - R_a = \beta \cdot m \cdot a = 0$$

$$i_{\max} = \frac{T}{m \cdot g} - \frac{r_o}{g} - \frac{R_a}{m \cdot g} \cong 9\%$$

$$i_{\max} = \frac{f \cdot P_a}{m \cdot g} - \frac{r_o}{g} - \frac{R_a}{m \cdot g}$$

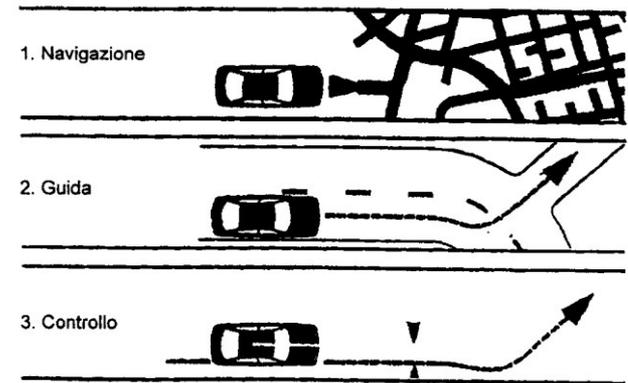
Utenti



Caratteristiche Fisiche

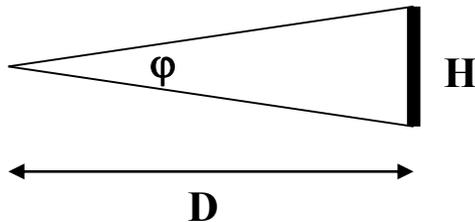
Abilità di analisi e azione

Tollerabilità alle accelerazioni e decelerazioni



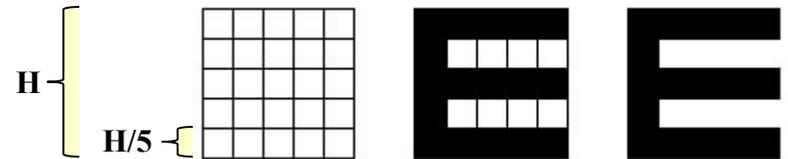
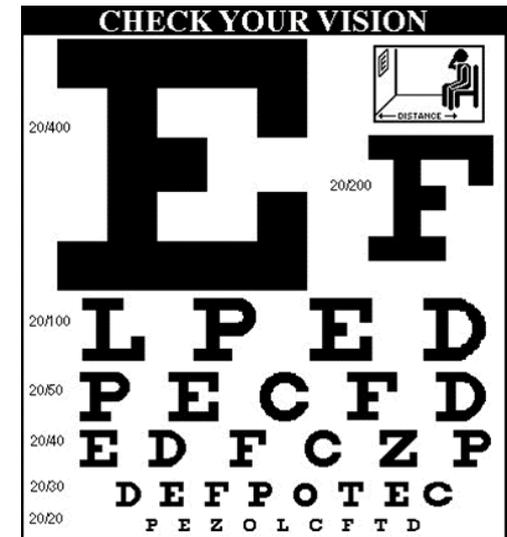
Acuità Visiva (1)

- è il parametro fondamentale nella valutazione dell'efficienza del sistema visivo.
- Essa valuta in particolare l'efficienza della porzione centrale della retina (macula)
- Si valuta in Italia in decimi di grado. La vista ottimale, misurata con il classico ottotipo (v. a destra) è convenzionalmente stabilita in 10/10 (20/20 in USA); va distinta dalla misurazione delle eventuali *ametropie* (che si misurano in diottrie)



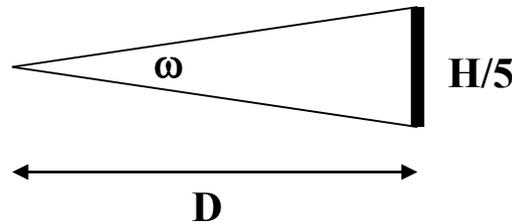
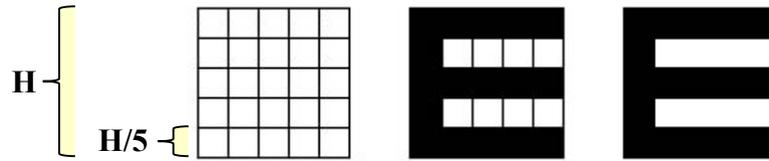
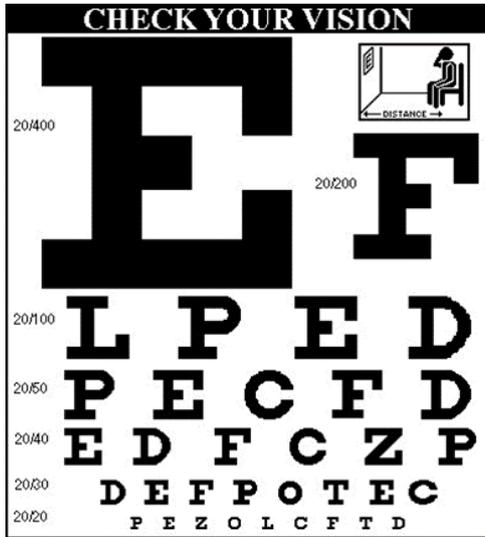
$$\varphi = 2 \cdot \arctan\left(\frac{H}{2 \cdot D}\right) \cong \arctan\left(\frac{H}{D}\right)$$

$$\varphi = 5' = 0,0833^\circ = 2 \cdot \arctan\left(\frac{8,7}{2 \cdot 6000}\right)$$



$$2 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{0,0833}{2}\right) = 0,00145 = \frac{1}{687,5}$$

Acuità Visiva (2)



$$\omega = 2 \cdot \arctan\left(\frac{H/5}{2 \cdot D}\right) \cong \arctan\left(\frac{H}{5 \cdot D}\right)$$

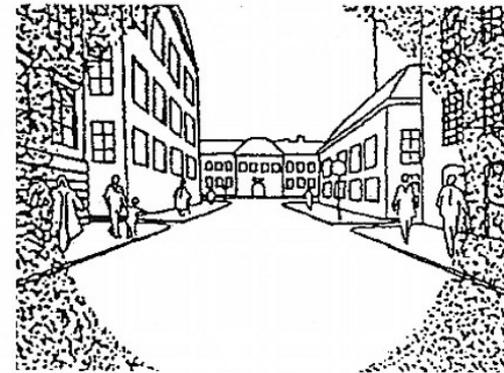
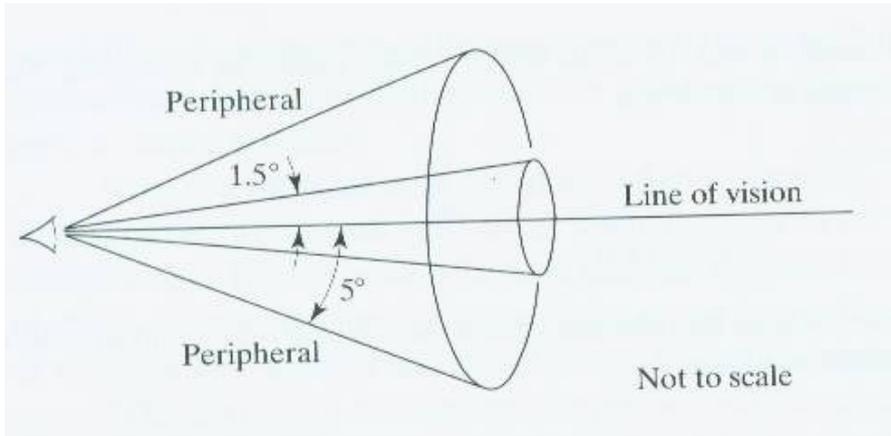
$$AV = \frac{1'}{\omega} = \frac{60 \cdot \arctg\left(\frac{8,7}{5 \cdot 6000}\right)}{60 \cdot \arctg\left(\frac{H}{5 \cdot D}\right)} = \frac{1}{60 \cdot \arctg\left(\frac{H}{5 \cdot 6000}\right)} \cong \frac{8,7}{5 \cdot 6000} = \frac{8,7}{6000} = \frac{2 \cdot \text{tg}\left(\frac{5'}{2}\right)}{\frac{H}{6000}} = \frac{6000}{687,5} \cdot \frac{1}{H}$$

Arco in gradi
Arco in primi

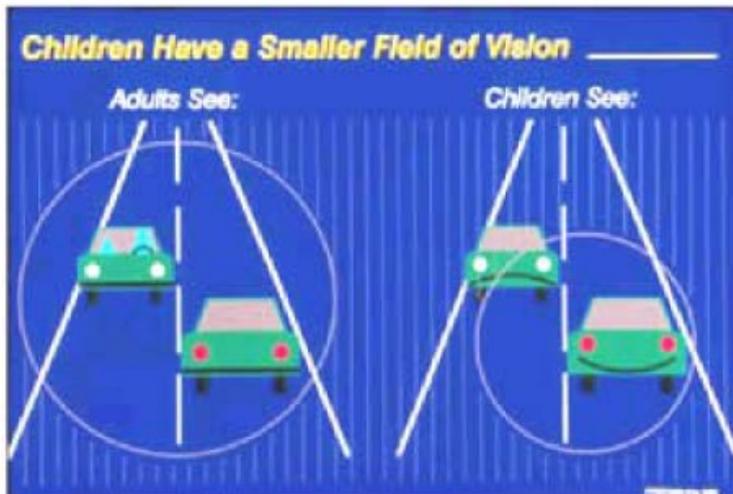
$$AV = \frac{1}{\omega} = \frac{1}{60 \cdot \arctg\left(\frac{H}{5 \cdot D}\right)} = \frac{1}{60 \cdot \arctg\left(\frac{8,7}{5 \cdot 6000}\right)} = \frac{1}{1'} = 1 = 10/10 = 20/20$$

$$AV \cong \frac{6000}{687,5} \cdot \frac{1}{H} = \frac{6000}{687,5} \cdot \frac{1}{8,7} \cong 1$$

Percezione Visiva



*campo visivo dell'automobilista
a 30 Km/h*



Come vedono gli Adulti
Come vedono i bambini

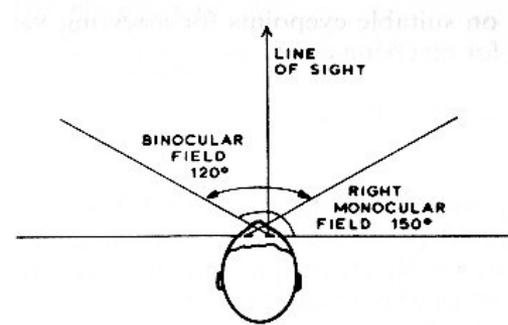
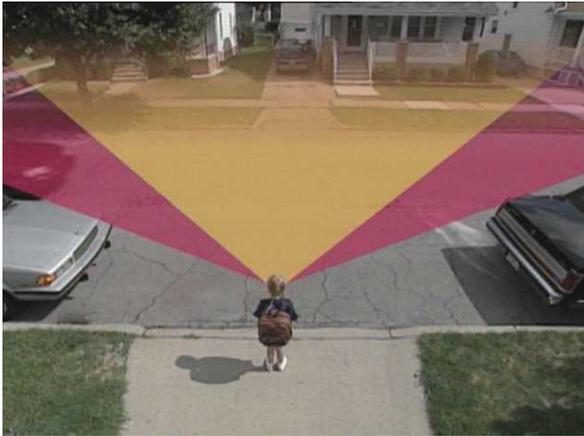
WWW.WEBSTRADE.IT
(da Public Roads 9-88/2001)



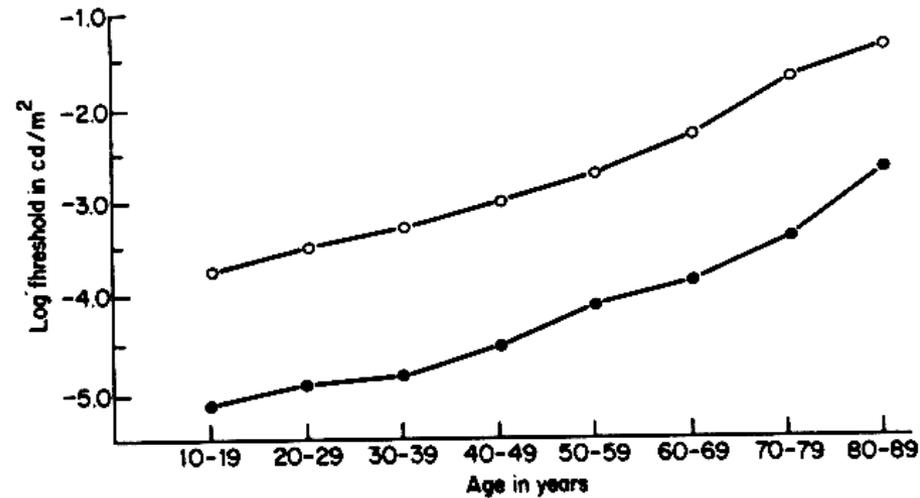
*campo visivo dell'automobilista
a 50 Km/h*

Campo visivo

Nella guida di un veicolo, ma anche per il pedone nel traffico, avere un campo visivo statico e dinamico di estensione 'normale' è assolutamente indispensabile.

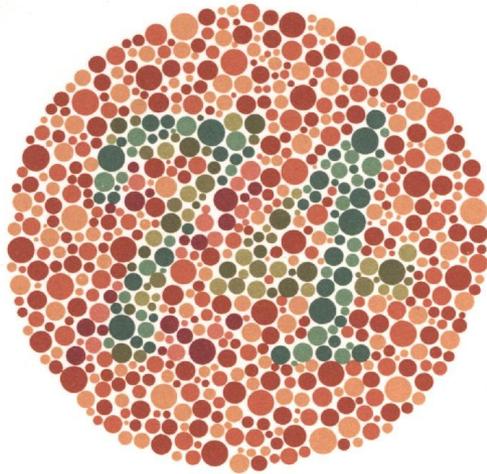


Sensibilità all'illuminazione

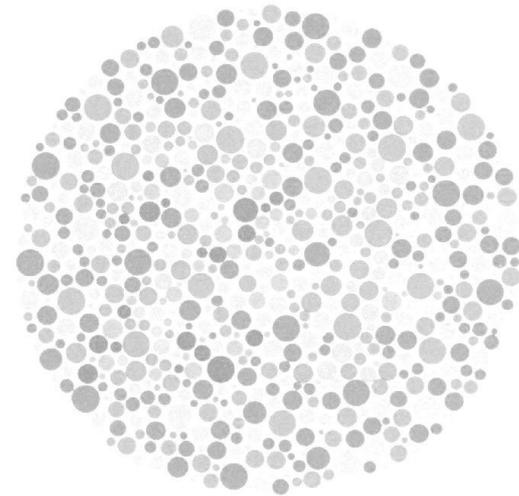


*Rapporto fra la sensibilità alle
basse luci e l'età*

Tavole di Ishihara

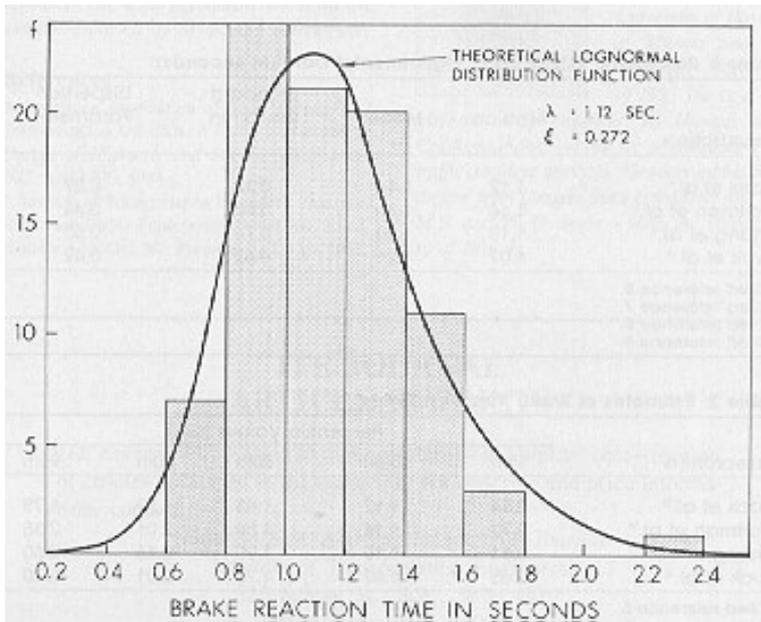


Paziente normale



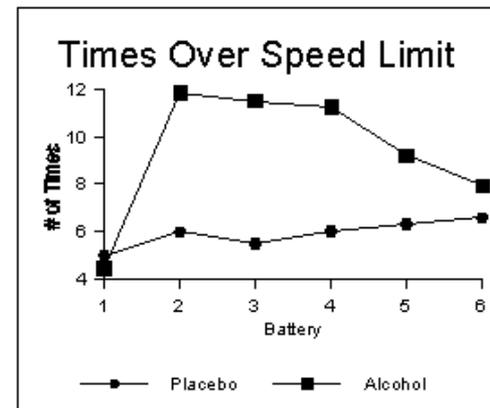
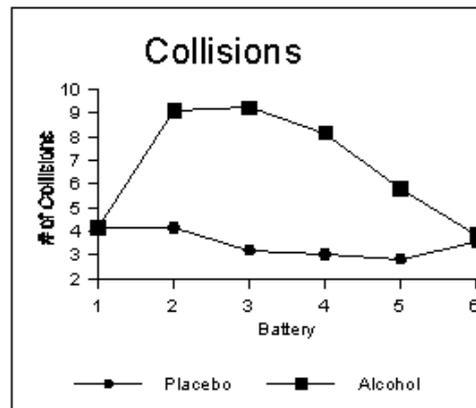
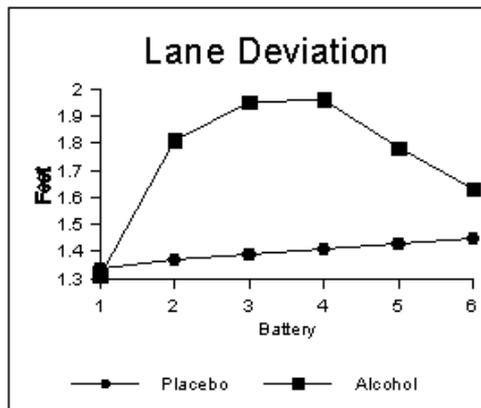
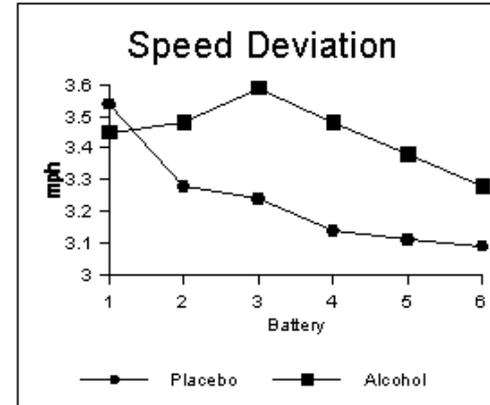
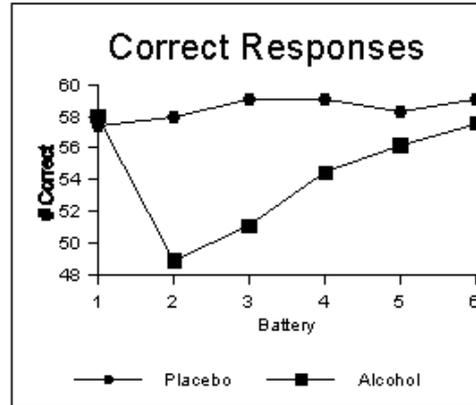
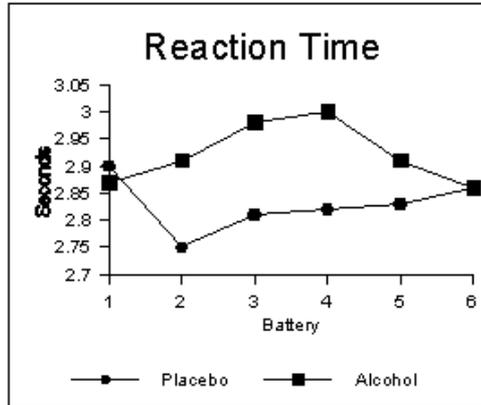
Paziente con discromatopsia

Percezione e reazione utente (1)



Percezione e reazione utente (2)

SIM Raw Scores, All Subjects (N=168)



Percezione e reazione utente (3)

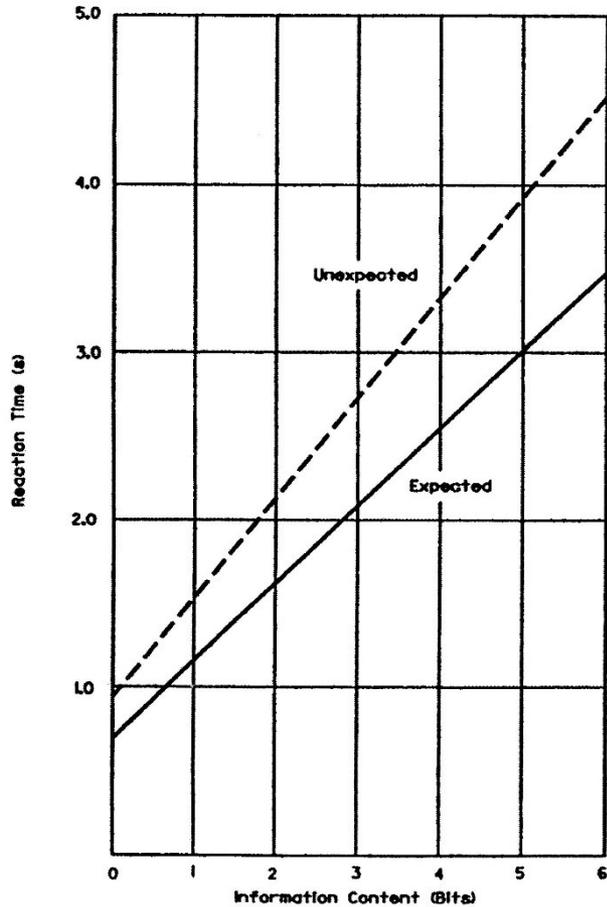


Exhibit 2-26. Median Driver Reaction Time to Expected and Unexpected Information

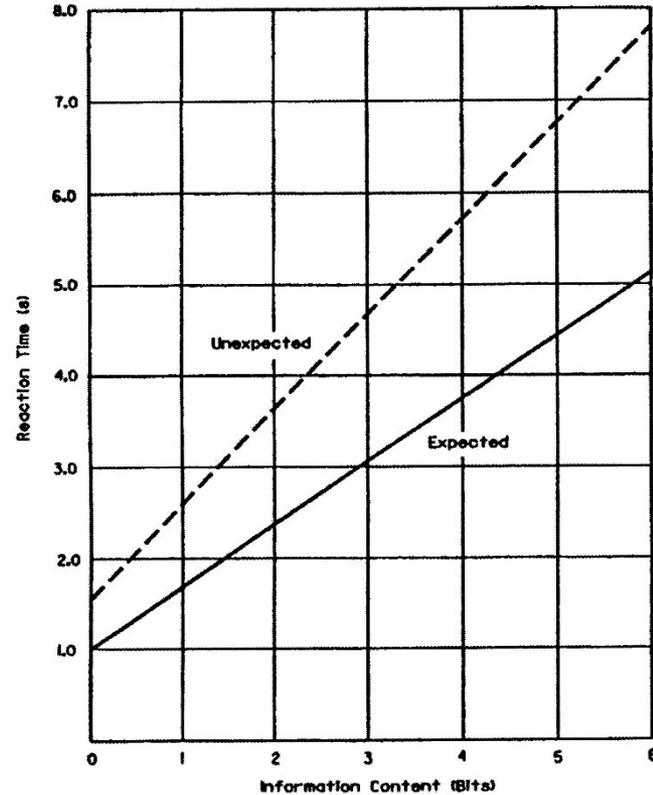


Exhibit 2-27. 85th-Percentile Driver Reaction Time to Expected and Unexpected Information

Percezione e reazione utente (4)

Table 7. Distribution of driver attention status for males and females based on weighted 1995-1999 CDS data (column percents and standard errors)

Driver Attention Status	Male	Female
Attentive	46.6 ¹ (3.1) ²	52.6 (2.7)
Distracted	8.8 (0.7)	7.8 (0.6)
Looked but didn't see	4.9 (0.6)	6.2 (1.0)
Sleepy or fell asleep	2.7 (0.8)	0.7 (0.1)
Unknown/no driver	37.0 (2.8)	32.8 (3.3)
OVERALL	56.2	43.8

} 100 %

¹ Column percent

² Standard error

Table 4. Distribution of driver attention status within categories of driver age based on weighted 1995-1999 CDS data (column percents and standard errors)

Driver Attention Status	AGE				
	<20	20-29	30-49	50-64	65+
Attentive	48.6 ¹ (2.7) ²	47.4 (2.9)	50.7 (2.8)	53.6 (3.1)	47.8 (3.9)
Distracted	11.7 (1.9)	7.6 (0.7)	8.0 (0.9)	7.5 (0.8)	7.9 (1.4)
Looked but didn't see	5.4 (0.7)	4.6 (1.2)	4.2 (1.0)	4.4 (0.9)	16.5 (2.8)
Sleepy or fell asleep	1.7 (0.5)	1.9 (0.6)	1.9 (0.6)	2.0 (0.6)	1.1 (0.3)
Unknown/no driver	32.6 (2.8)	38.6 (3.3)	35.2 (3.3)	32.6 (4.4)	26.7 (2.6)
OVERALL	16.9	29.9	35.4	9.9	7.8

¹ Column percent

² Standard error

Percezione e reazione utente (5)

Table 14.3. Total in-car glance times for a variety of conventional and navigation tasks
(Source: Dingus *et al.*, 1989)

Task	Mean	Standard deviation
Speed	0.78	0.65
Following traffic	0.98	0.60
Time	1.04	0.56
Vent	1.13	0.99
Destination direction	1.57	0.94
Remaining fuel	1.58	0.95
Tone controls	1.59	1.03
Info. lights	1.75	0.93
Destination distance	1.83	1.09
Fan	1.95	1.29
Balance	2.23	1.50
Sentinel	2.38	1.71
Defrost	2.86	1.59
Fuel economy	2.87	1.09
Correct direction	2.96	1.86
Fuel range	3.00	1.43
Cassette tape	1.59 + 1.64*	0.96 (0.59)*
Temperature	3.50	1.73
Heading	3.58	2.23
Zoom level	4.00	2.17
Cruise control	4.82	3.80
Power mirror	5.71	2.78
Tune radio	7.60	3.41
Cross street	8.63	4.86
Roadway distance	8.84	5.20
Roadway name	10.63	5.80

Note: * Time required to search for and orient cassette tape.

Le distrazioni di bordo diurne - notturne

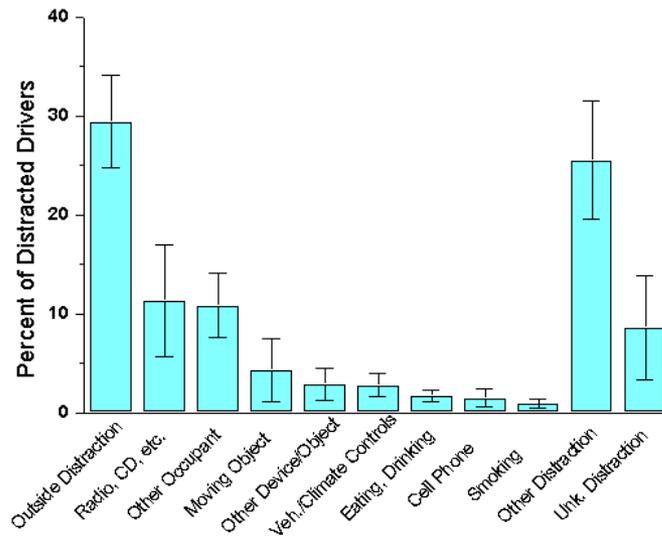


Figure 2. Overall distribution of specific driver distractions based on the weighted 1995-1999 CDS data.

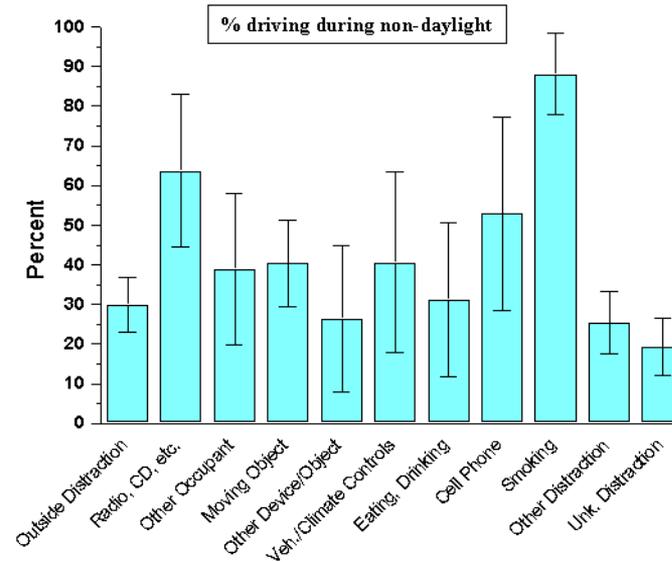


Figure B.10. Effect of light condition on specific driver distraction.

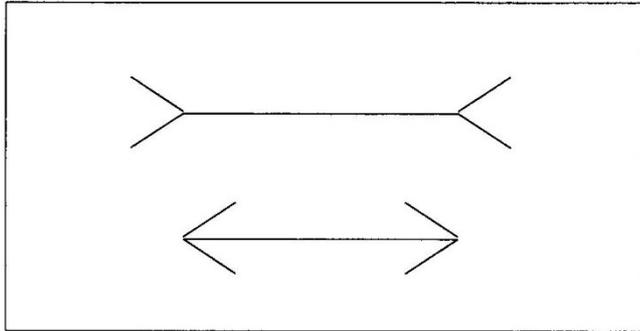
Aspettative degli Utenti

Aspettativa: inclinazione, basata su precedenti esperienze, a rispondere in un determinato modo alla conformazione della strada, del traffico, o di altre situazioni che si verificano nella guida.

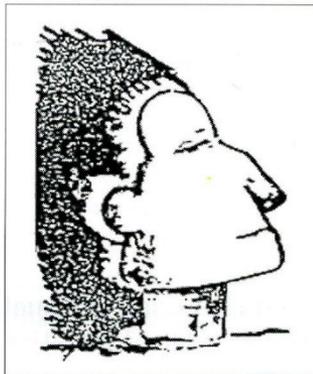
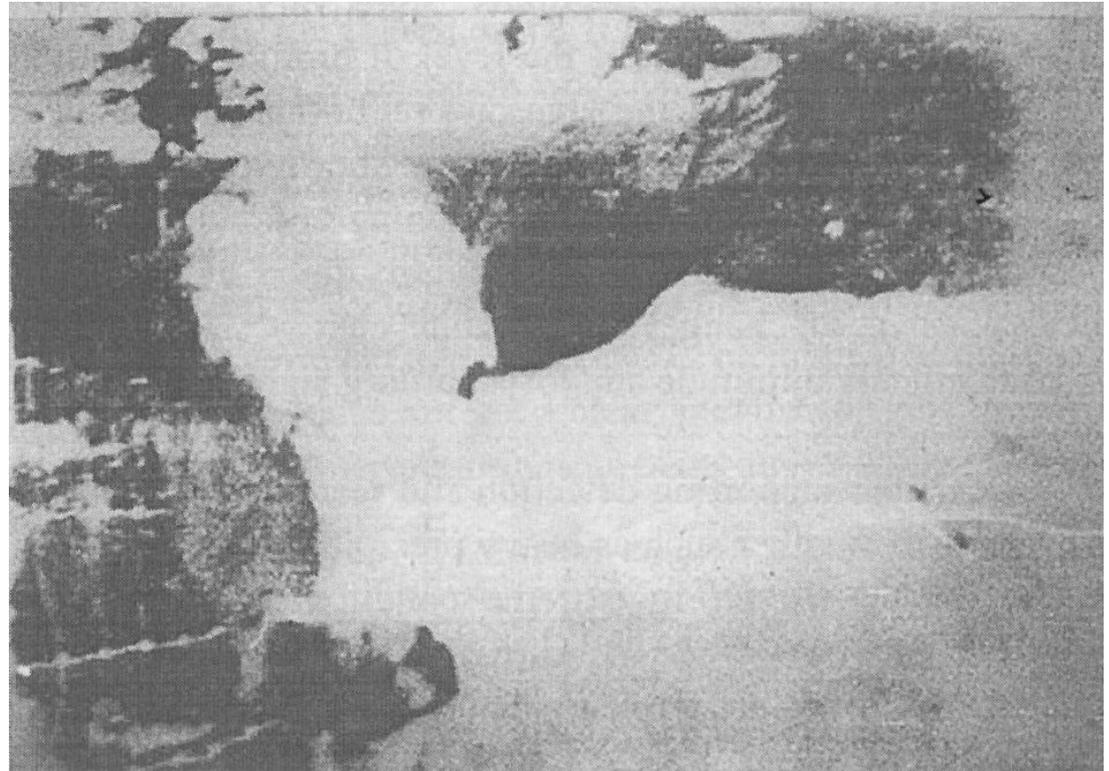
Aspettativa “a priori” basata sulle esperienze di lungo termine (condizionamento culturale)

Aspettativa “ad hoc” basata su esperienze a breve termine (condizionamento immediato) .

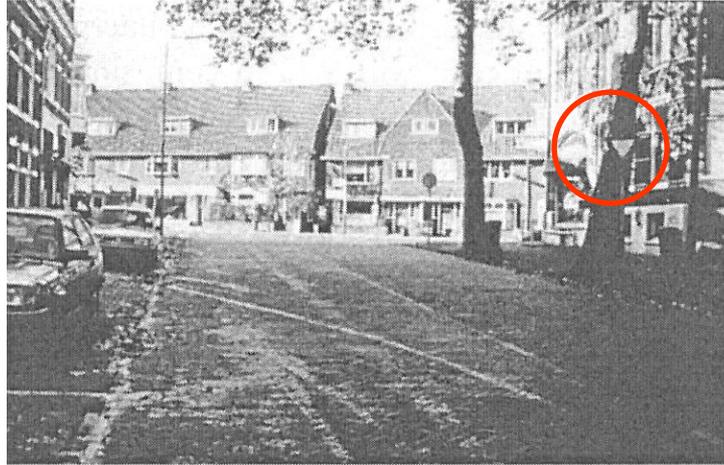
Un esperimento



Illusione di Muller - Lyer



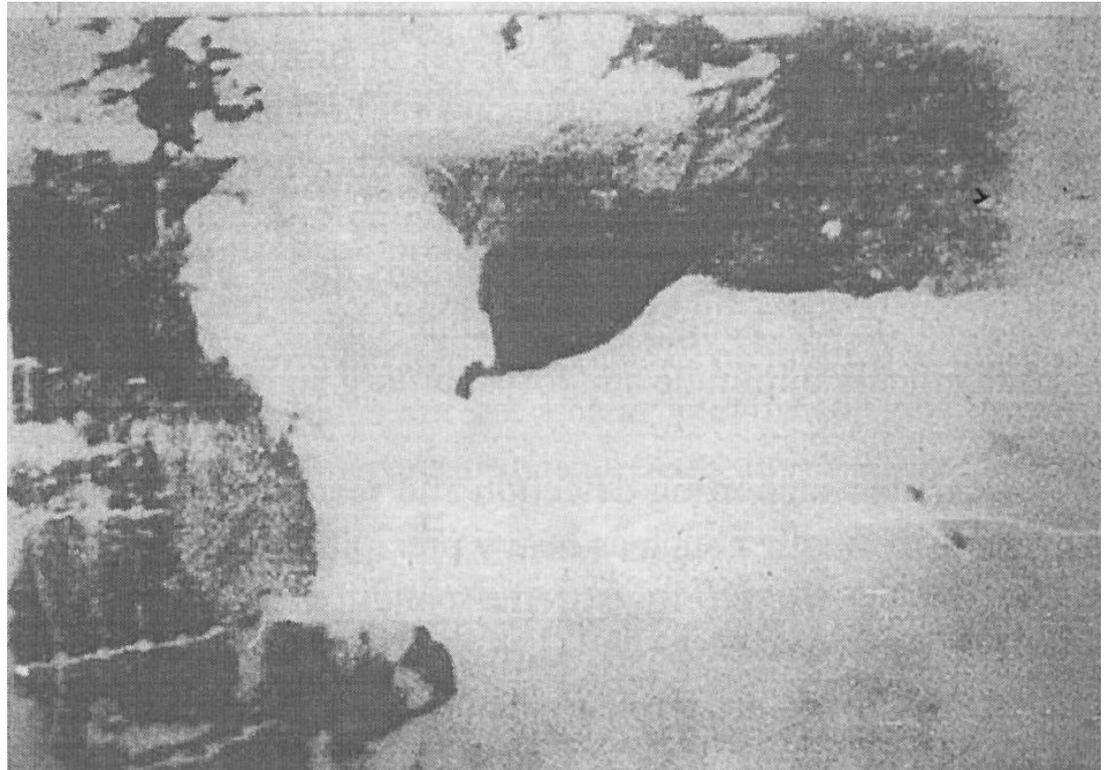
Applicazione alle strade



Pedoni e ciclisti



Ritorniamo all'esperimento



Approfondimenti e Riflessioni



William Thomson Lord Kelvin (1824 – 1907):

When you can measure what you are speaking about and express it in numbers you know something about it; but when you cannot measure it, when you cannot express it in numbers, your knowledge is of a meager and unsatisfactory kind.

.

