



Alla conquista delle strade del mondo

Avancorsa

Fonte: università degli studi di Padova

Vittore Cossalter, Roberto Lot

Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Università di Padova, Italia

La geometria del motociclo

L'avancorsa del motociclo

Variazioni dell'avancorsa normale in curva

La geometria del motociclo

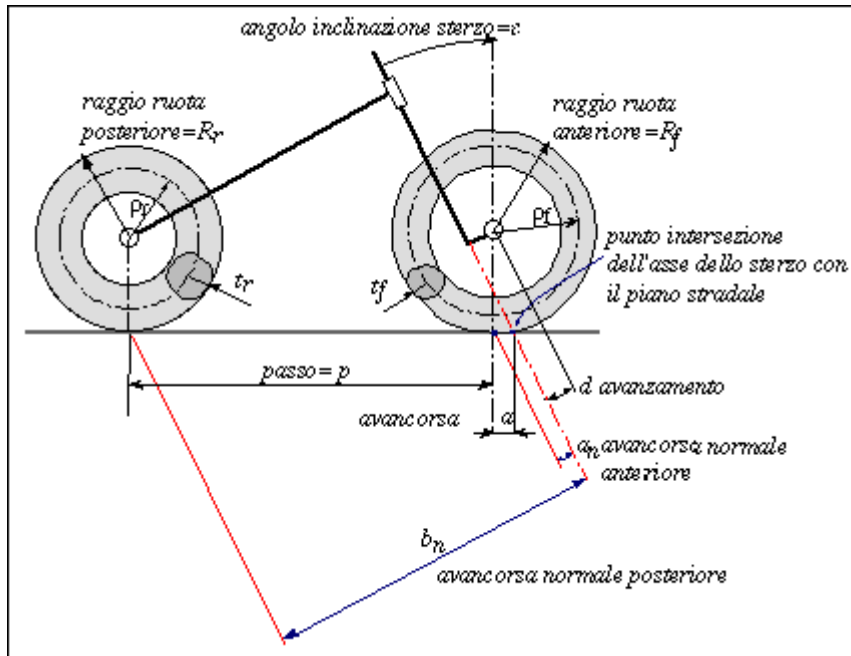
Comunemente quando si parla di geometria del motociclo ci si riferisce alle seguenti tre grandezze geometriche:

- il passo;*
- l'angolo di inclinazione dello sterzo;*
- l'avancorsa.*

Consideriamo il veicolo nella posizione verticale e con angolo di sterzata nullo (fig. 1).

Fig 1 Geometria del motociclo

Il passo è la distanza tra i punti di contatto dei pneumatici con il piano stradale; l'angolo di inclinazione dello sterzo è l'angolo compreso tra l'asse verticale e l'asse di rotazione dell'avantreno (cannotto dello sterzo); l'avancorsa è la distanza tra il punto di contatto della ruota anteriore con la strada e il punto intersezione dell'asse



dello sterzo sempre con il piano stradale.

Le grandezze geometriche indicate nella figura rappresentano:

- p = il passo;
- d = l'avanzamento ovvero la distanza tra l'asse dello sterzo ed il centro ruota anteriore;
- ε = l'inclinazione dell'asse di sterzo;
- R_r = il raggio della ruota posteriore;
- R_f = il raggio della ruota anteriore;
- t_r = il raggio del pneumatico posteriore;
- t_f = il raggio del pneumatico anteriore.
- $\rho_r = (R_r - t_r)$ = il raggio dell'asse del toro della ruota posteriore;
- $\rho_f = (R_f - t_f)$ = il raggio dell'asse del toro della ruota anteriore;

L'avancorsa e l'angolo di inclinazione dello sterzo sono particolarmente importanti in quanto definiscono le caratteristiche geometriche dello sterzo e quindi concorrono a definire la maneggevolezza e la stabilità direzionale del veicolo. Durante il moto la tenuta di strada è garantita dalle forze laterali di attrito che agiscono perpendicolarmente all'intersezione del piano delle ruote con il piano stradale. Le forze laterali giacciono nel piano stradale. Le forze laterali esplicano dei momenti attorno all'asse dello sterzo proporzionali alle distanze a_n e b_n ; distanze che sono legate al passo e all'avancorsa dalle relazioni:

$$a_n = \alpha \cos \varepsilon = R_f \sin(\varepsilon) - d$$

$$b_n = (p + \alpha) \cos \varepsilon$$

a_n rappresenta l'avancorsa normale ossia la distanza tra il punto di contatto della ruota anteriore e l'asse dello sterzo.

Questa semplice considerazione ci fa capire che il passo e l'avancorsa sono intimamente legate tra di loro e vanno quindi considerati assieme. E' quindi sbagliato parlare di avancorsa piccola o grande se non viene riferita al valore del passo del veicolo. E' da osservare che la distanza h_n può essere pensata come l'avancorsa normale della ruota posteriore. Uguali valori dell'avancorsa possono essere ottenuti con diverse soluzioni costruttive. Nella soluzione più semplice l'asse della forcella è sovrapposto all'asse dello sterzo. E' possibile anche utilizzare assi di sterzo e della forcella inclinati diversamente, questa possibilità non viene praticata, anche perché non presenta vantaggi apprezzabili.

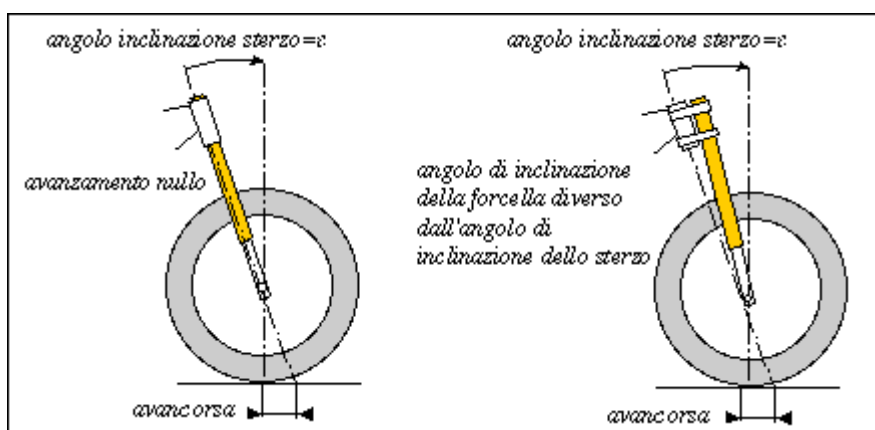


Fig 2 A avancorsa ottenuta con l'inclinazione della forcella. Inclinazione della forcella uguale (a sinistra) e diversa dall'angolo di inclinazione dello sterzo (a destra).

Nella maggioranza delle applicazioni l'avancorsa viene realizzata inclinando l'angolo dello sterzo (21-35%) e mediante l'avanzamento della forcella e/o della ruota rispetto al canotto di sterzo. Teoricamente sarebbe possibile anche una realizzazione con angolo di inclinazione dello sterzo nullo; questa soluzione presenta però degli svantaggi; la forcella infatti viene maggiormente sollecitata e inoltre affonda di più durante la frenata.

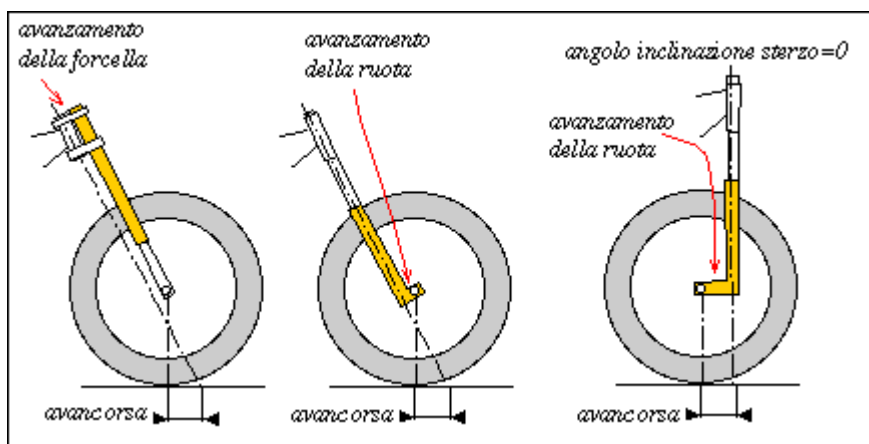


Fig 3 A avancorsa ottenuta con l'avanzamento della forcella e/o della ruota.

Facciamo ora alcune considerazioni sui valori delle grandezze geometriche normalmente utilizzati. La tabella seguente riporta i valori delle caratteristiche geometriche di un certo numero di veicoli.

(i valori sono stati debbiti da pubblicazioni non ufficiali e pertanto non si risponde della loro esattezza)

Motociclo	passo [mm]	ϵ [gradi]	a [mm]	an [mm]	carico% anteriore/ posteriore	Rn = an/bn %	Rp	tipo di motociclo
Kawasaki Muzzy - 95-	1395	24.5	100	91	54/46	6.69	7.85	S.B. corsa
Ducati 916 -95	1428	24.5	100	91	51.5/48.5	6.54	6.95	S.B. corsa
Aprilia RSV250-95	1340	21	76	71	53-47	5.37	6.05	corsa
Aprilia RSV400-95	1368	21.	76	72.5	54-46	5.26	6.17	corsa
Yamaha 250-90-	1328	22.5	82	75.7	55-45	5.82	7.11	corsa
Honda NSR 500	1400	23	95	87.4	53-47	6.35	7.16	corsa
Honda VTR1000F	1430	25	97	87.9	47.5-52.5	6.35	5.74	S. sportivo
Honda CBR 900 RR	1405	24	90	82.2	50.5-49.5	6.02	6.14	S. sportivo
SUZUKI TL1000S	1415	23.7	93.5	85.7	47.5-52.5	6.20	5.61	S. sportivo
Aprilia 1000rsv	1415	24.5	97	88.3	49.2-50.8	6.42	6.21	S. sportivo
Suzuki GSX-R 750	1395	24	96	87.7	50.4-49.6	6.44	6.54	S. sportivo
BMW R1100RT	1485	27.2	122	108.5	50.7-49.3	7.59	7.80	turismo
Triumph Speed Triple T509	1440	24	86	78.6	48-52	5.64	5.21	turismo
Moto Guzzi Centauro	1475	26	90	80.9	46-54	5.75	4.90	turismo
Harley Davidson 1200 Sport	1485	29.6	116.8	101.6	45-55	7.29	5.96	turismo
Laverda 750S	1375	26°	103	92.6	48.2-51.8	6.97	6.48	turismo
Yamaha TDM 850	1470	25	105	95.2	49-51	6.71	6.46	turismo
Buell S1 Lightning	1397	25	99	89.7	50.3-49.7	6.62	6.67	turismo
Ducati Monster 900	1430	23	104	95.7	45.2-54.8	6.78	5.59	turismo
Suzuki Vx800	1555	31	142	121.7	44-56	8.37	6.57	turismo

Aprilia Motò	1460	26	108	97	45.5-54.5	6.89	5.75	turismo
Yamaha XT600 E	1440	27.75	120	106.2	44.6-55.4	7.69	6.19	enduro
Honda XL600V Transalp	1505	28	108	95.4	47.4-52.6	6.70	6.03	enduro
Suzuki VS600 Intruder	1560	33.25	145	121.26	43.6-54.4	8.50	6.81	custom
Kawasaki VN800	1625	34	149	123.5	43-57	8.40	6.34	custom
Aprilia Classic 125	1553	32	100		45.5-54.5	60.5	50.5	custom
Moto Guzzi California	1470	28	88	77.7	46.4-53.6	5.65	4.89	cruiser
Bmw R1200c	1650	29.5	86	74.8	49-51	4.95	4.75	cruiser
Honda F6C 1500	1690	32.33	152	128.4	47-53	8.36	7.41	cruiser
Aprilia Gulliver 50	1255	25.5	55	49.6	42-58	4.2	3.04	scooter
MBK Flame 125	1220	27	78	37-63	37-63	6.0	3.52	scooter
Honda Foresight 250	1450	27.5	87	77.2	43.4-56.6	5.66	4.34	scooter

Come parametro di confronto delle diverse geometrie dei motocicli può essere assunto il rapporto tra le avancorse normali:

$$R_N = \frac{a_N}{b_N}$$

L'avancorsa normale anteriore risulta variabile nel campo 4-8% rispetto all'avancorsa posteriore. I veicoli da corsa hanno un valore del rapporto all'incirca pari al 6%; i veicoli sportivi e super-sportivi hanno valori dal 6 al 6.5%; i veicoli da turismo, più o meno sportivi, presentano valori variabili dal 6 al 8%.

I veicoli tipo cruiser (veicoli pesanti) sono caratterizzati da rapporti pari al 5-6%, hanno quindi avancorse modeste rispetto al passo. Questo probabilmente è dovuto alla necessità di rendere i veicoli maneggevoli alle basse velocità; poichè il carico sulle ruote anteriori risulta elevato a causa dell'elevato peso del veicolo, la scelta di una avancorsa piccola diminuisce il valore della coppia che il pilota deve applicare al manubrio per eseguire una determinata manovra. E' da osservare inoltre che il normale impiego di questi veicoli è a velocità non molto elevate e quindi non necessitano di avancorse elevate che garantiscono una elevata stabilità direzionale alle alte velocità. Il rapporto risulta piccolo anche per gli scooter; ciò è giustificato dal fatto che il campo di impiego è (o meglio dovrebbe essere) alle basse velocità e pertanto viene privilegiata la maneggevolezza sulla stabilità

direzionale

A rigore il rapporto dovrebbe tenere conto della ripartizione del carico sulle ruote; un veicolo avente un elevato carico sulla ruota anteriore necessita di una avancorsa di lunghezza minore. Infatti carichi maggiori sulla ruota anteriore generano forze di attrito laterali maggiori a parità di slip della ruota; pertanto per avere la stessa coppia di richiamo agente attorno all'asse dello sterzo è necessario diminuire la lunghezza dell'avancorsa normale.

Il rapporto corretto in base alla ripartizione del carico risulta:

$$F_{\varphi} = \frac{a_n}{b_n} \cdot \frac{N_{anteriore}}{N_{posteriore}}$$

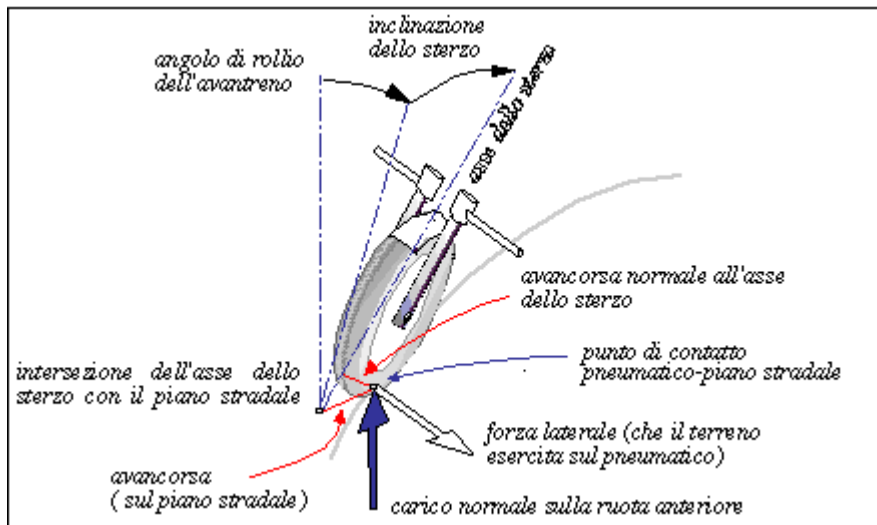


Fig 4 Carico verticale e forza laterale agenti sulla ruota anteriore

[Torna all'indice](#)

L'avancorsa e la stabilità direzionale del veicolo

Per approfondire questo concetto consideriamo un motoveicolo che avanza con moto rettilineo, dotato di una velocità costante e supponiamo che una perturbazione esterna (ad esempio una irregolarità del piano stradale oppure un colpo di vento laterale), provochi una leggera rotazione dello sterzo verso sinistra. Prescindiamo per ora dal fatto che il veicolo cominci a girare verso sinistra e che, a causa della forza centrifuga, inizi contemporaneamente ad inclinarsi verso destra e concentriamo invece la nostra attenzione sulla forza laterale di attrito F generata dal contatto del pneumatico con il terreno. Sul pneumatico anteriore agisce quindi una forza di attrito F avente la medesima direzione della velocità di strisciamento, ma verso opposto. Poiché l'avancorsa è positiva, la forza di attrito F genera un momento che tende a riportare lo sterzo nella posizione di equilibrio. La coppia raddrizzante risulta proporzionale al valore dell'avancorsa normale (figura 5). Maggiore è l'avancorsa normale maggiore è il momento di richiamo a parità di velocità di strisciamento.

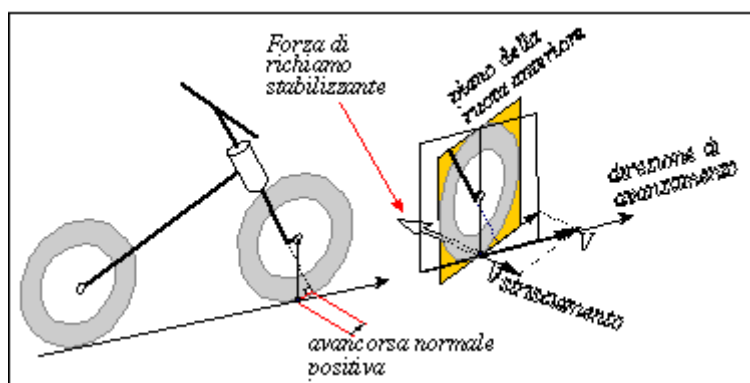


Fig 5 Azione stabilizzante dell'avancorsa normale positiva

Se il valore dell'avancorsa fosse negativo (punto di contatto tra ruota e terreno posto più avanti del punto di intersezione dell'asse dello sterzo con il piano stradale), la forza di attrito F , sempre opposta alla velocità di strisciamento, genererebbe una coppia attorno all'asse dello sterzo che tenderebbe ad aumentare la rotazione dello sterzo verso sinistra. La forza di attrito F amplificherebbe perciò l'effetto perturbativo, compromettendo gravemente l'equilibrio del motociclo (figura 6).

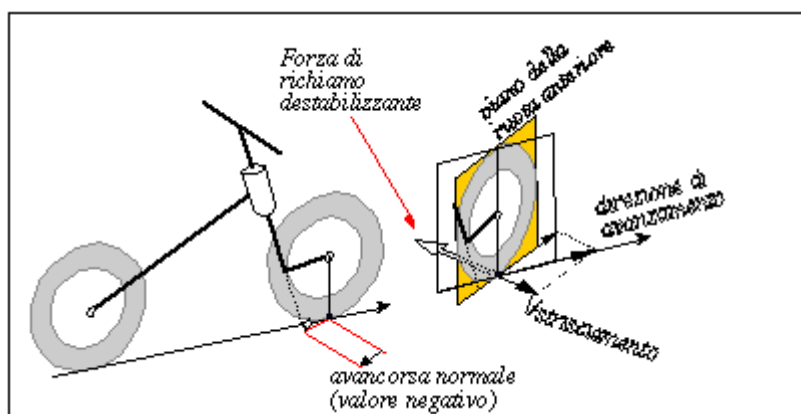


Fig 6 Azione destabilizzante dell'avancorsa negativa

Da osservare che l'avancorsa può diventare negativa a causa del profilo stradale ad esempio quando la ruota supera un gradino o un dosso. Questo avviene più frequentemente nell'utilizzo fuori-strada, per questo motivo i veicoli da cross e enduro hanno un valore dell'avancorsa normale maggiore di quello dei veicoli stradali.

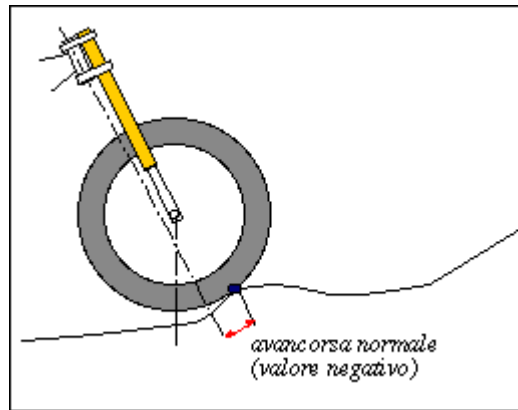


Fig 7 Valore negativo dell'avancorsa generato dall'asperità del piano stradale

Vediamo ora cosa succede se l'avancorsa è nulla. La forza laterale in questo caso non esercita nessun momento attorno all'asse dello sterzo; la stabilità direzionale viene compromessa.

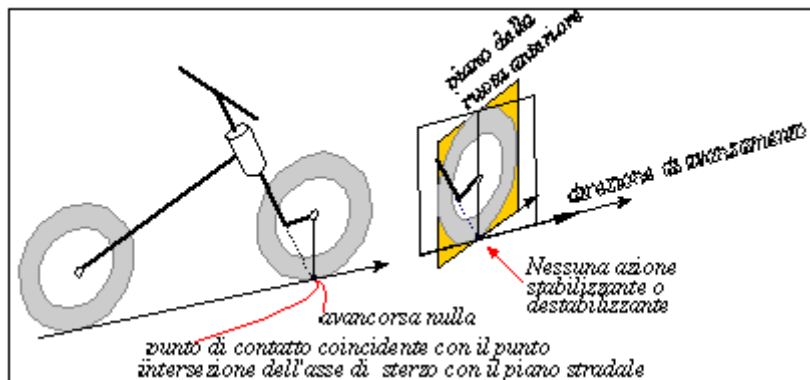


Fig 8 Valore nullo dell'avancorsa.

Concludendo possiamo dire che:

- valori piccoli dell'avancorsa generano momenti raddrizzanti piccoli; come conseguenza lo sterzo viene percepito molto leggero ma la stabilità direzionale risulta modesta. Piccole perturbazioni del piano stradale provocano facilmente la rotazione dello sterzo;
- valori elevati dell'avancorsa generano momenti raddrizzanti grandi; il veicolo viene percepito direzionalmente stabile ma necessita di coppie applicate al manubrio da parte del pilota più elevate, a parità di cambiamento di traiettoria.

[Torna all'indice](#)

Cambiamento dell'avancorsa normale in curva

Finora abbiamo fatto delle considerazioni sull'avancorsa normale misurata con il motociclo verticale e con angolo di sterzo nullo. L'importanza dell'avancorsa normale deriva dal fatto che il momento esercitato dalle forze reattive (carico verticale e forza laterale) attorno all'asse dello sterzo è proporzionale al valore dell'avancorsa.

Infatti le forze agenti sul pneumatico (figura 9) si possono scomporre in una forza parallela all'asse dello sterzo e in una forza normale. L'avancorsa rappresenta il braccio della componente normale.

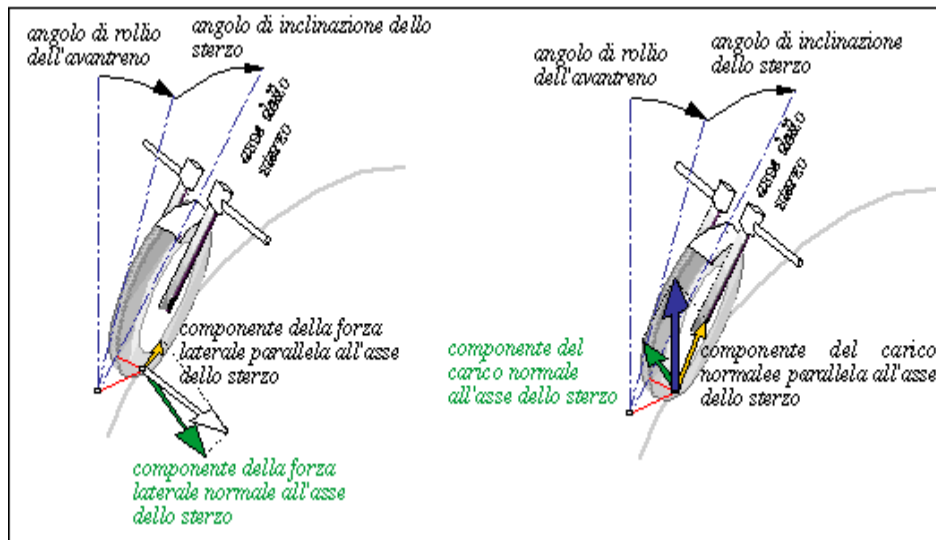


Fig 9 Forze reattive che generano un momento attorno allo sterzo

Ci chiediamo ora come varia l'avancorsa normale quando il veicolo sta percorrendo una curva. La figura 10 mostra l'andamento dell'avancorsa normale al variare dell'angolo di rollio e dell'angolo di sterzata. Si può notare come l'avancorsa normale diminuisce sia aumentando l'angolo di rollio e sia soprattutto aumentando l'angolo di sterzata. Se però consideriamo angoli di sterzata inferiori a 5° e variazioni dell'angolo di rollio inferiori a 40° si può osservare che le variazioni sono inferiori al 20%.

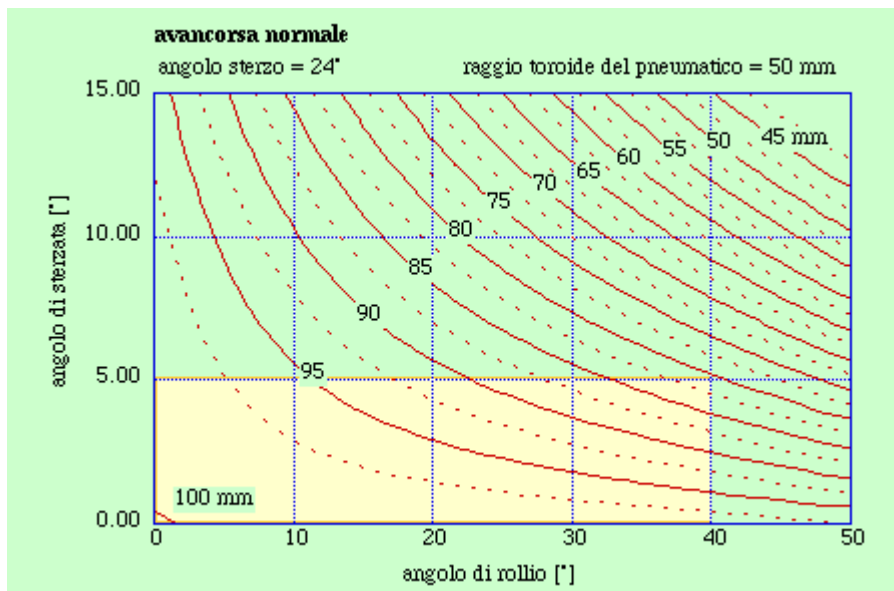


Fig 10 Avancorsa normale al variare dell'angolo di rollio e dell'angolo di sterzata.

La figura 11 mostra che l'aumento del raggio del toroide del pneumatico attenua queste variazioni, con un angolo di sterzata pari a 5° e un angolo di rollio uguale a 40° la variazione è pari al 10%. Ossia il cambiamento del tipo di pneumatico anteriore può comportare il cambiamento del raggio del toroide,

risulta quindi diverso il braccio delle forze reattive in curva. Poiché il pilota 'sente' il comportamento dell'avantreno attraverso la coppia esercitata sul manubrio risulta evidente che la variazione del raggio del toroide del pneumatico può cambiare la sensazione della guidabilità del veicolo.

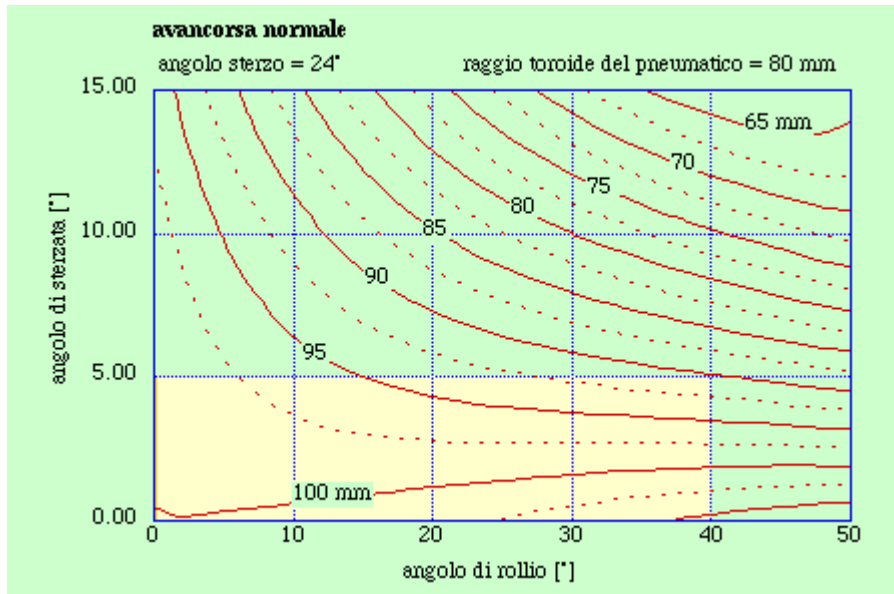
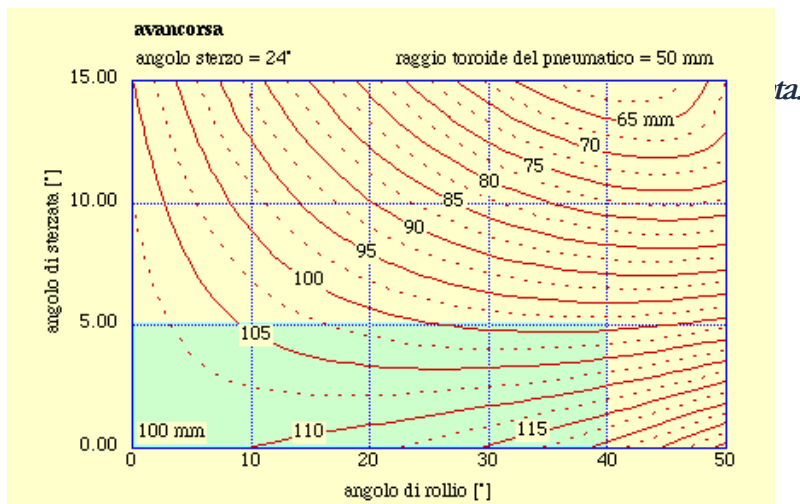


Fig 11 A vancorsa normale al variare dell'angolo di rollio e dell'angolo di sterzata.

Se a parità di avancorsa normale viene variato l'angolo di inclinazione dello sterzo si ottengono dei grafici molto simili, ossia l'andamento dell'avancorsa normale in curva è quasi insensibile all'angolo di inclinazione dello sterzo.

Come conclusione si può affermare che, nel paragonare veicoli con caratteristiche diverse, è preferibile riferirsi all'avancorsa normale (anziché all'avancorsa in pianta) poiché questa ha un preciso significato fisico.

A titolo di esempio nella figura 12 è rappresentata l'avancorsa tradizionale al variare dell'angolo di rollio e di sterzata. Si può osservare che, contrariamente a quanto succedeva con l'avancorsa normale all'aumentare dell'angolo di rollio, per piccoli valori dell'angolo di sterzata, l'avancorsa tradizionale aumenta.



ta.