

## ***1.4 Analisi statistica dei valori raccolti nelle schede tecniche***

Nelle pagine precedenti sono state riportate in modo generale le caratteristiche relative ai diversi motocicli, ma senza alcuna diversificazione che non fosse il raggruppamento per l'appartenenza ad una stessa casa costruttrice e l'ordinamento secondo l'anno di produzione.

Volendo però confrontare le motociclette in modo più efficace, i valori ricavati sono stati raccolti in diversi diagrammi, che riportano il valore medio della caratteristica considerata in funzione degli anni di produzione, permettendo così di evidenziare la variazione e quindi l'evoluzione che il parametro considerato ha subito nel tempo.

In questi grafici si sono esaminati soltanto i parametri più significativi per lo studio di tali caratteristiche, tra quelli riportati nelle precedenti schede.

Per meglio raffrontare le variazioni che tali grandezze hanno subito negli ultimi quindici anni, le motociclette sono state suddivise in quattro gruppi, relativi ad una determinata fascia di cilindrata. In questo modo si possono comparare più efficacemente mezzi che presentano caratteristiche analoghe.

La suddivisione in fasce di cilindrata che meglio permette il confronto tra i vari modelli è la seguente:

- Prima fascia: cilindrata compresa tra **600-700 cm<sup>3</sup>**.
- Seconda fascia: cilindrata compresa tra **700-800 cm<sup>3</sup>**.
- Terza fascia: cilindrata compresa tra **800-950 cm<sup>3</sup>**.
- Quarta fascia: cilindrata compresa tra **950-1000 cm<sup>3</sup>**.

Le moto esaminate sono di tipo stradale sportivo, ma questa definizione non è univoca: il concetto di moto sportiva, oltre ad essersi evoluto negli anni, viene infatti concepito con qualche sfumatura diversa dai diversi costruttori.

Per tale motivo, in questo filone motociclistico troviamo sia moto d'impostazione estrema (replica da corsa), sia più tranquille sportive ultra performanti, fino alle "pacifiche" sport touring.

Lo scopo degli istogrammi è quindi puramente indicativo, dal momento che i modelli riportati sono abbastanza eterogenei.

Trattandosi inoltre dei modelli più significativi della produzione mondiale degli ultimi quindici anni, sono pure presenti delle annate in cui per una o più categorie non sono stati proposti nuovi modelli.

Questo ha causato la presenza di alcuni "buchi" nell'asse degli anni di produzione dei seguenti diagrammi.

Dal momento che la stima viene fatta solo sui valori raccolti, quando sono presenti più modelli della stessa fascia di cilindrata, prodotti nel medesimo anno da case differenti, si è considerato il valore medio aritmetico della misura.

Si può comunque intuire che l'andamento della caratteristica non viene deviato di molto, anche perché i valori per gli anni mancanti si possono considerare uguali alla media tra quello che precede e quello che segue. Questo non modifica l'andamento della tendenza evolutiva del parametro considerato, come si può vedere anche dalle "linee di tendenza" riportate in ogni grafico.

Per tutti questi motivi, i valori ottenuti non sono perfettamente armonici e presentano delle variazioni di una certa entità, ma se si esclude qualche valore, l'andamento della misura del parametro considerato in funzione del tempo, esprime in modo efficace quale è stata l'evoluzione e quale sia la tendenza alla quale i costruttori sono indirizzati.

### 1.4.1 Diagrammi della variazione della misura dell'interasse in funzione dell'anno di produzione.

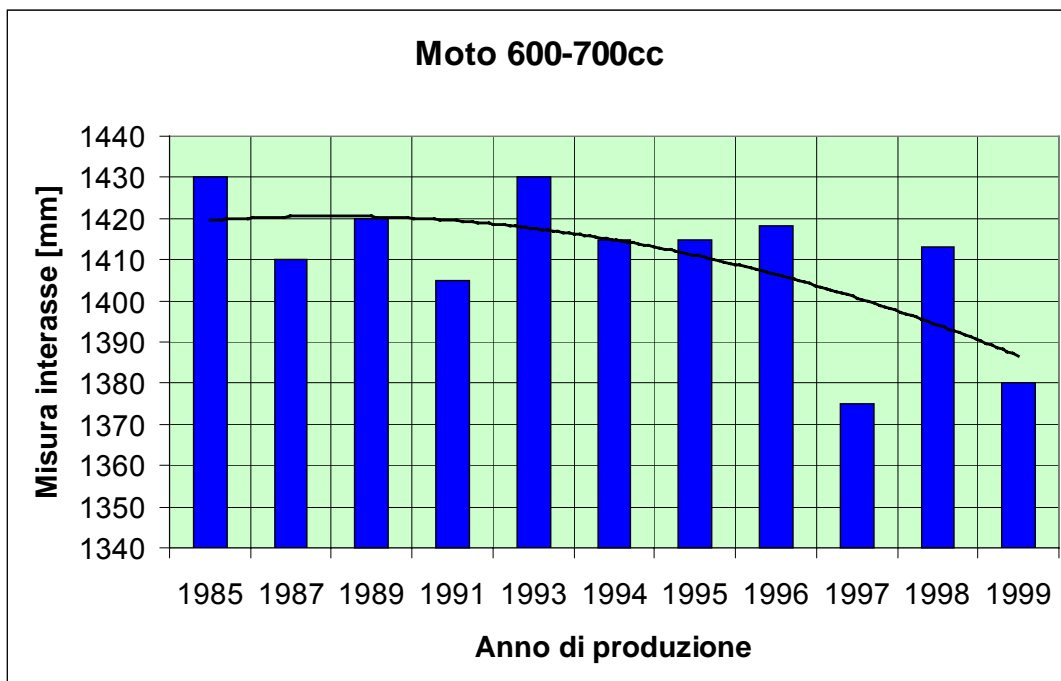


Fig. 1.4. Variazione della misura dell'interasse per moto di 600-700cc.

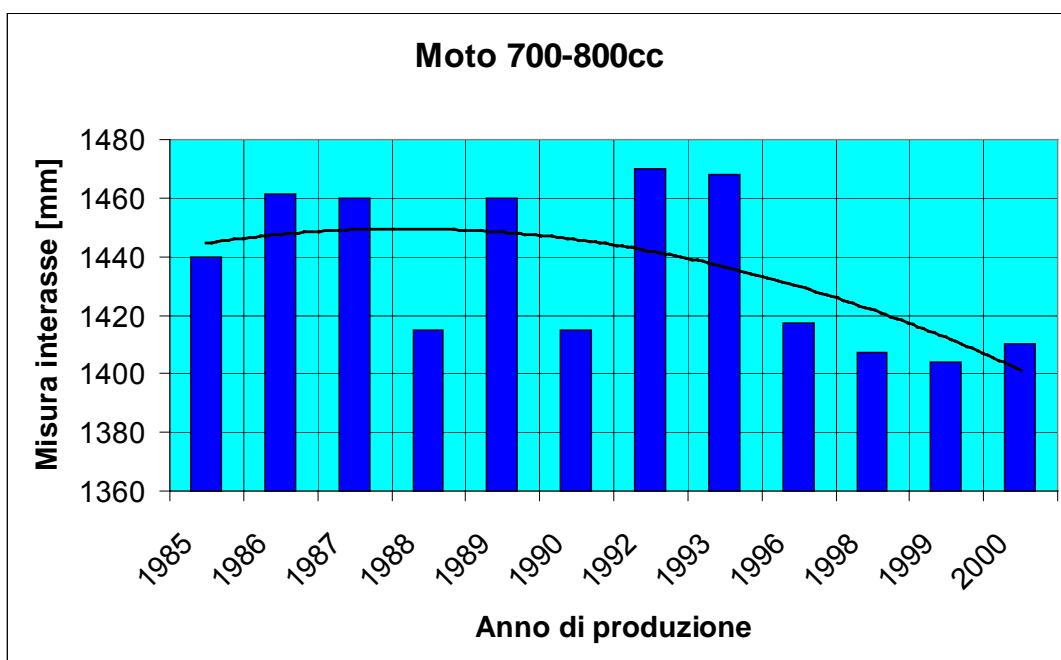


Fig. 1.5. Variazione della misura dell'interasse per moto di 700-800cc.

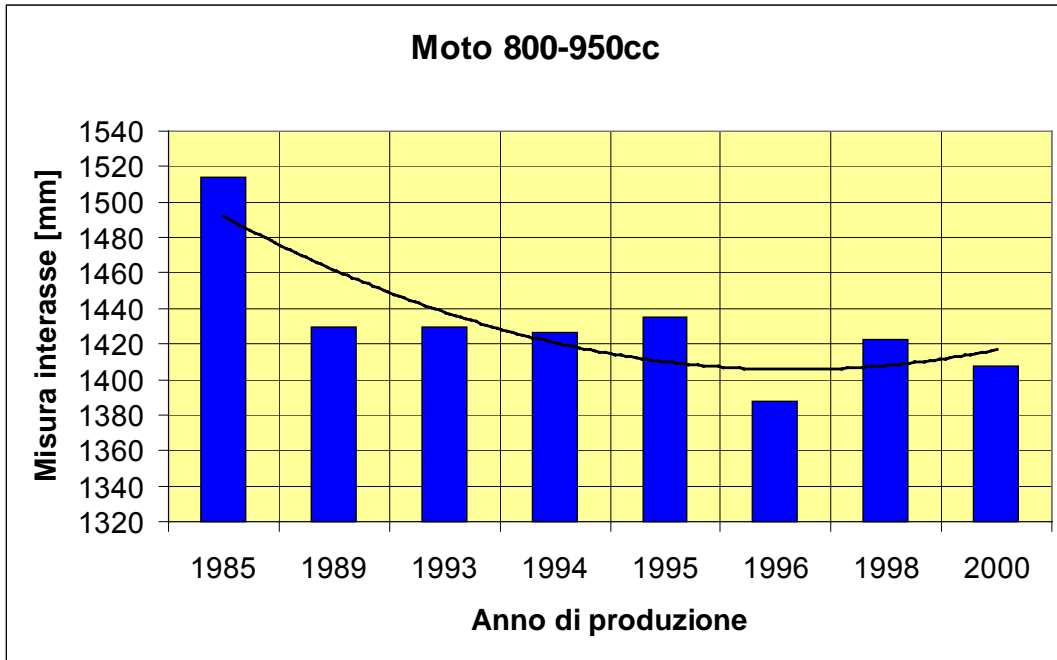


Fig. 1.6. Variazione della misura dell'interasse per moto di 800-950cc.

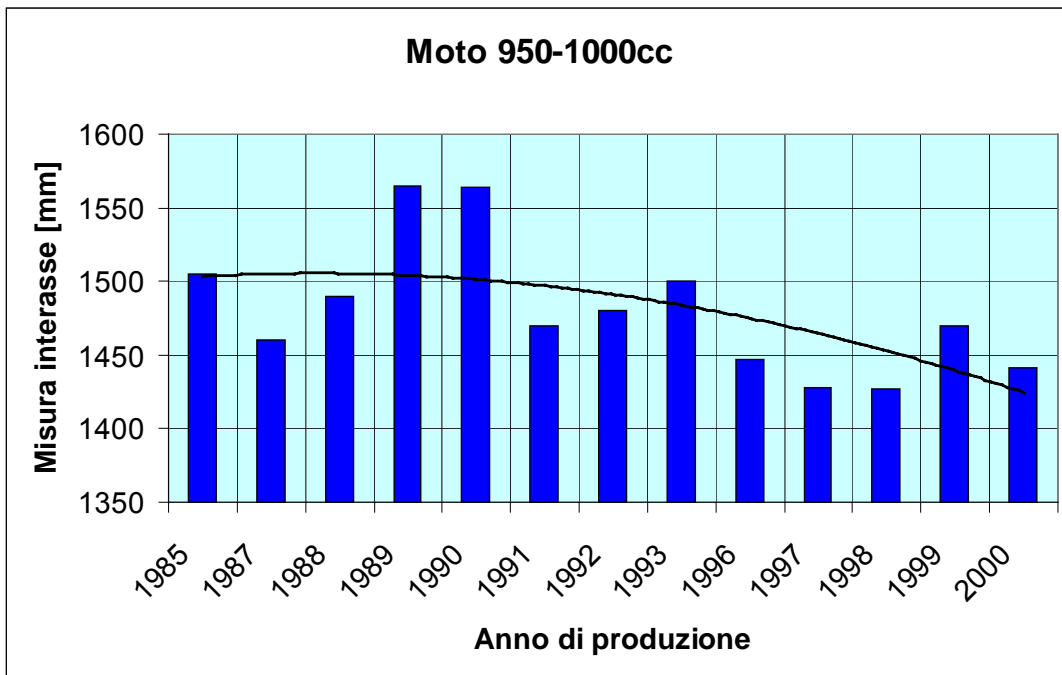


Fig. 1.7. Variazione della misura dell'interasse per moto di 950-1000cc.

Da una analisi anche solo superficiale, si vede chiaramente quale sia la tendenza della **variazione dell'interasse** per tutti i modelli. Tutte le motociclette nel corso degli anni hanno registrato una progressiva diminuzione nella misura di questo parametro.

Le variazioni più marcate riguardano i modelli appartenenti alle categorie di cilindrata compresa tra i 600-700 cm<sup>3</sup>, i 700-800 cm<sup>3</sup>, i 950-1000 cm<sup>3</sup>.

I modelli della terza fascia considerata (quella di 800-950 cm<sup>3</sup>), se si esclude il primo valore (quello relativo ad un modello del 1985), hanno presentato invece una variazione minore.

Il motivo di questa tendenza è sicuramente dovuto a diversi fattori. In primo luogo le moto analizzate sono in numero inferiore a quelle delle altre fasce di cilindrata e perciò è più facile che i valori siano fra di loro prossimi.

Secondariamente questi modelli sono per lo più di concezione super sportiva e quindi molto compatti per specifiche scelte progettuali.

Per quel che riguarda le altre tre categorie di 600-700, 700-800 e 950-1000 centimetri cubi, la riduzione è stata più significativa per la necessità di avere motocicli più maneggevoli e veloci negli inserimenti, unitamente a mezzi più leggeri come si vedrà in seguito, a scapito di una minore stabilità sul dritto e veloce.

Volendo quantificare la variazione, si vede come l'interasse delle moto di **600-700 cm<sup>3</sup>** (fig. 1.4) sia passato, salvo alcune eccezioni, da un valore di circa **1410-1420 mm** degli anni ottanta a valori dell'ordine dei **1370-1400 mm** per motociclette più recenti.

Per quelle di **700-800 cm<sup>3</sup>** (fig. 1.5) si è passati dai **1420-1450 mm** ai **1400-1410 mm** mentre per la fascia di **950-1000 cm<sup>3</sup>** (fig.1.6) tale valore si è ridotto dai **1460-1500 mm** agli attuali **1430-1450 mm**.

La rimanente categoria di **800-950 cm<sup>3</sup>** (fig.1.7) ha visto variare la misura dell'interasse in modo più contenuto, passando dai **1430-1440 mm** ai **1400-1420 mm**, ma seguendo una linea di tendenza con curvatura opposta.

La variazione percentuale si può identificare in **2-4 %** sul valore dell'interasse per tutte le motociclette esaminate, ad esclusione di quelle della fascia di cilindrata compresa tra **800-950 cm<sup>3</sup>**, che ha registrato una riduzione più contenuta e pari a circa **2%**.

### 1.4.2 Diagrammi della variazione della misura dell'angolo di inclinazione dello sterzo in funzione dell'anno di produzione.

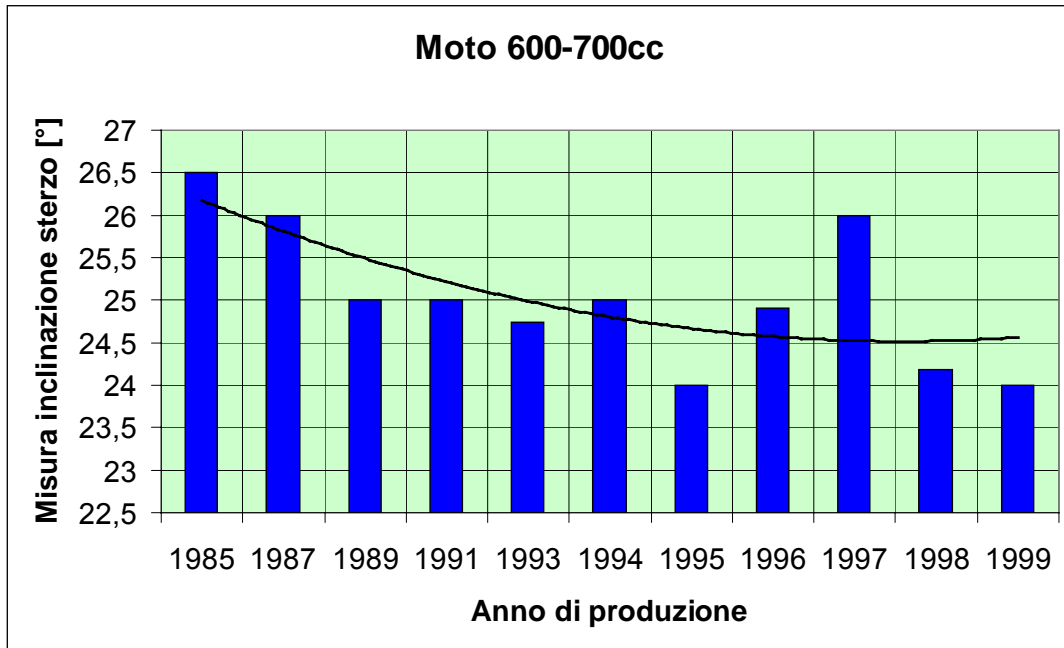


Fig. 1.8. Variazione dell'angolo di inclinazione dello sterzo per moto di 600-700cc

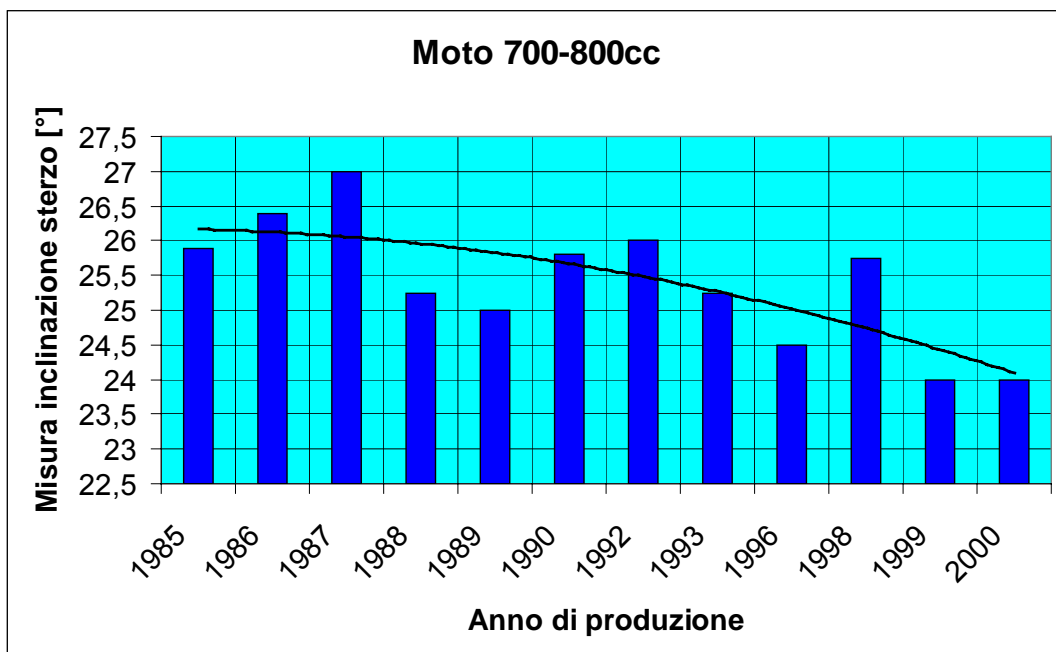


Fig. 1.9. Variazione dell'angolo di inclinazione dello sterzo per moto di 700-800cc

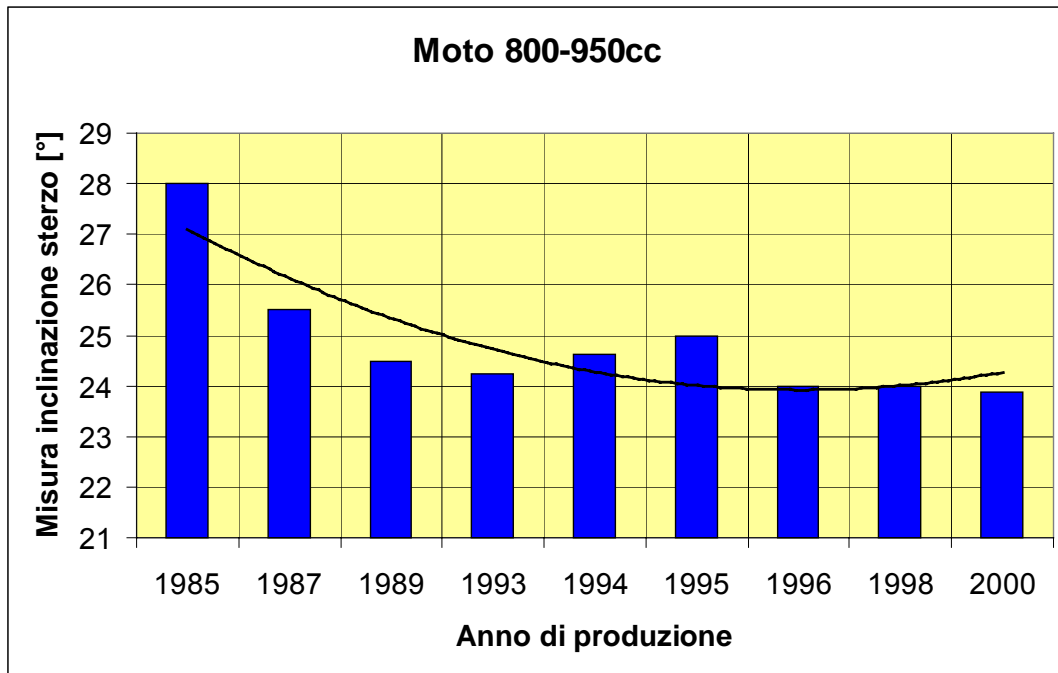


Fig.1.10. Variazione dell'angolo di inclinazione dello sterzo per moto di 800-950cc

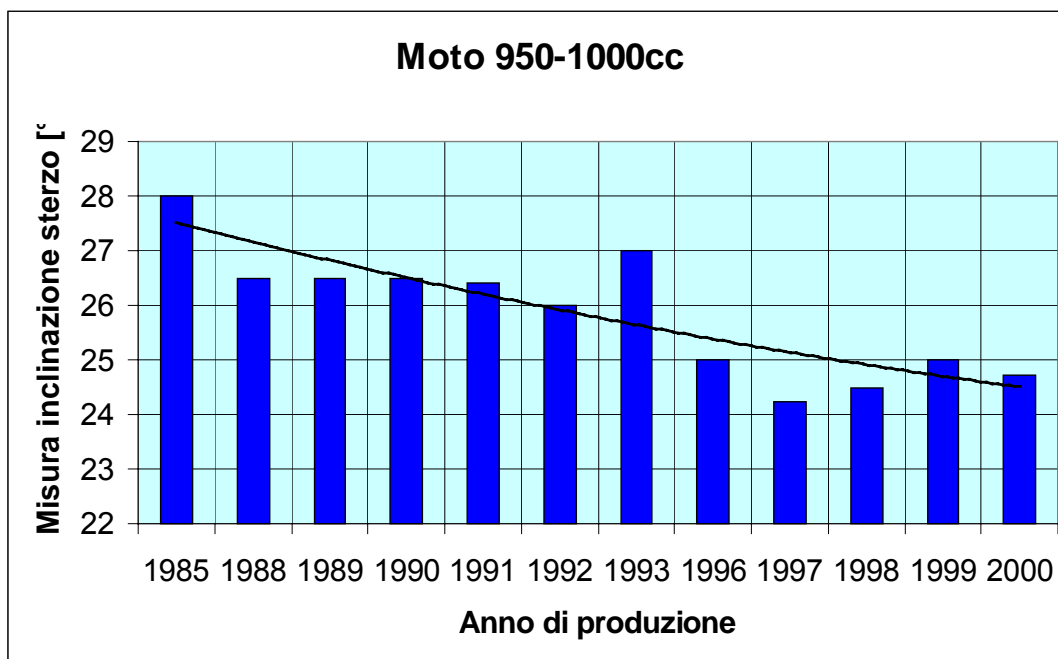


Fig.1.11. Variazione dell'angolo di inclinazione dello sterzo per moto di 950-1000cc

Analizzando questi diagrammi si nota come la situazione relativa alla variazione dell'interasse si ripresenti nello stesso modo anche nella stima dell'**angolo di inclinazione dello sterzo**.

Anche in questo caso si è rilevata una progressiva diminuzione di tale angolo col passare degli anni e anche in questo caso le categorie maggiormente interessate sono state quelle di 600-700 cm<sup>3</sup>, di 700-800 cm<sup>3</sup> e di 950-1000 cm<sup>3</sup>.

La classe di cilindrata comprese tra gli 800-950 cm<sup>3</sup> ha confermato la medesima tendenza espressa nel caso dell'interasse: se si esclude il primo valore, l'angolo di inclinazione dello sterzo è rimasto piuttosto stabile col passare degli anni, denunciando una lieve riduzione.

I motivi per i quali questo parametro ha subito questa variazione, sono sicuramente gli stessi già citati per la variazione di interasse e cioè la richiesta di moto più reattive ai comandi del pilota, più veloci negli inserimenti e nei cambi di direzione, a cui si somma anche un notevole alleggerimento del veicolo, che in pratica rende i motocicli odierni di una determinate cilindrata più vicini a motoveicoli di cilindrata inferiore di qualche anno fa.

Volendo riportare dei valori numerici possiamo dire che nella categoria **600-700 cm<sup>3</sup>** (fig.1.8.) l'inclinazione dello sterzo è passata da **25-26°** a **24-25°**, raggiungendo persino i **23.5°**.

Nella classe di cilindrata compresa tra **700-800 cm<sup>3</sup>** (fig.1.9) si è passati dai **25.5-26.5°** degli anni ottanta e primi novanta, agli attuali **24-24.5°**.

La fascia dei **950-1000 cm<sup>3</sup>** (fig.1.11) ha visto variare questo angolo dai **26-26.5°** ai più ridotti **24.5-25°**.

La rimanente categoria di **800-950 cm<sup>3</sup>** (fig.1.10) ha fatto registrare variazioni più modeste passando da **25-25.5°** a **24-24.5°**.

In percentuale, la variazione è compresa tra il **6** e l'**8%** per tutte le motociclette, escluse quelle di cilindrata compresa tra **800** e **950 cm<sup>3</sup>**.

Quest'ultima ha visto ridurre l'angolo di inclinazione sterzo di circa il **4-6%**.

### 1.4.3 Diagrammi della variazione della misura dell'avancorsa in funzione dell'anno di produzione.

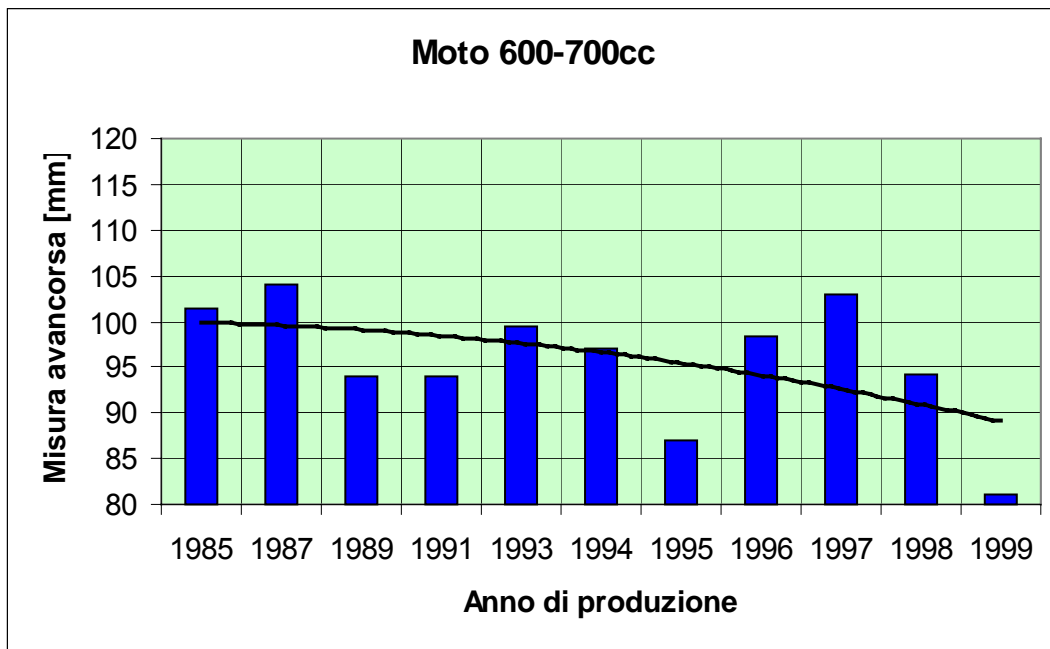


Fig.1.12. Variazione della misura dell'avancorsa per moto di 600-700cc.

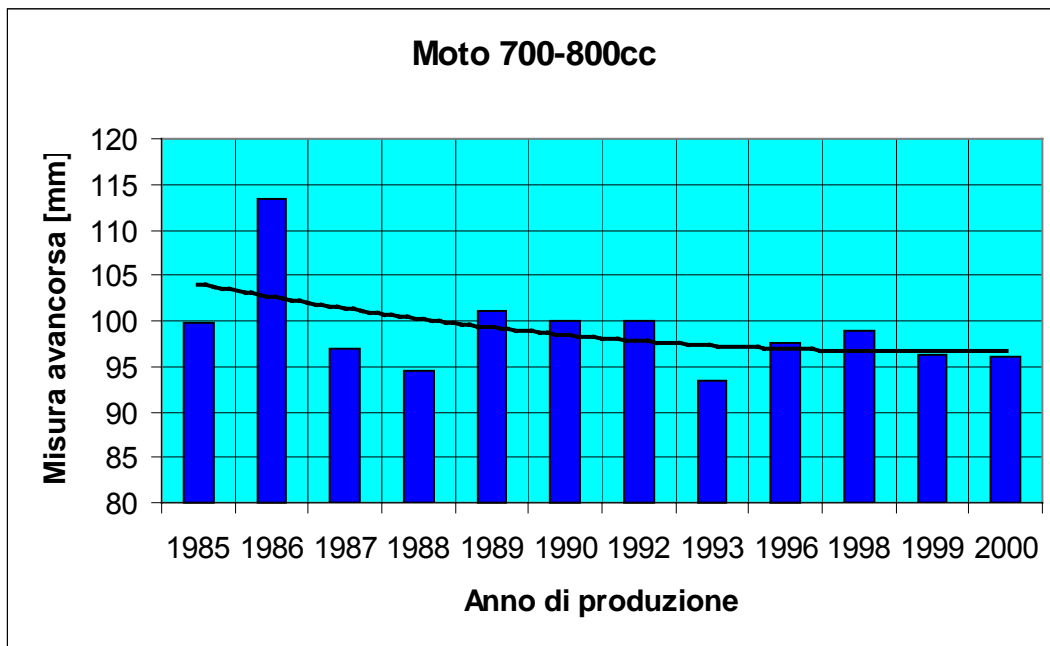


Fig.1.13. Variazione della misura dell'avancorsa per moto di 700-800cc.

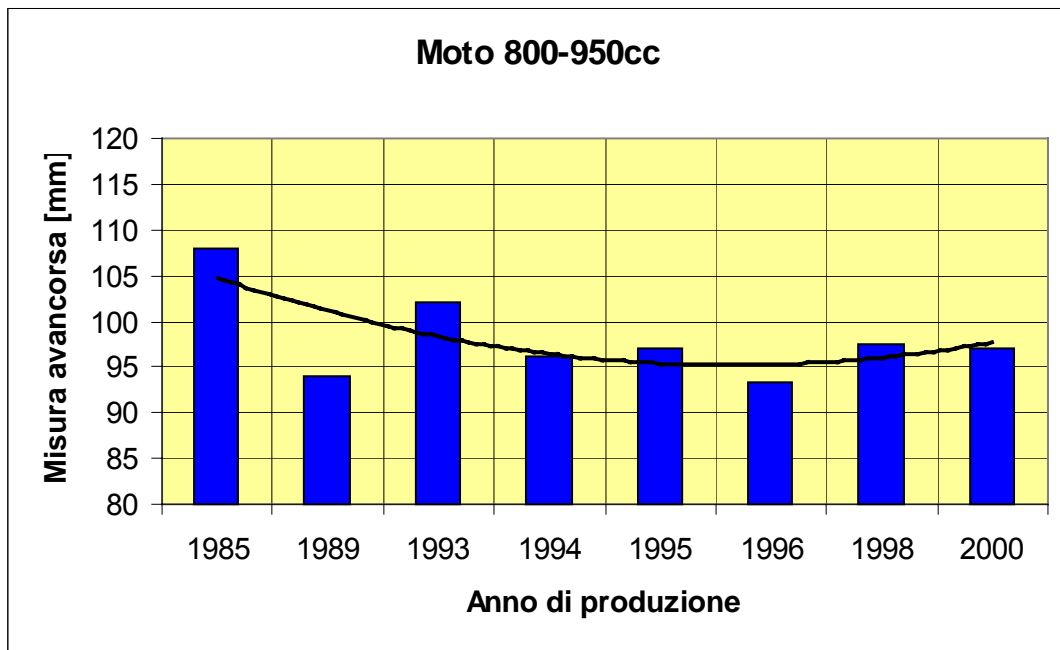


Fig.1.14. Variazione della misura dell'avancorsa per moto di 800-950cc.

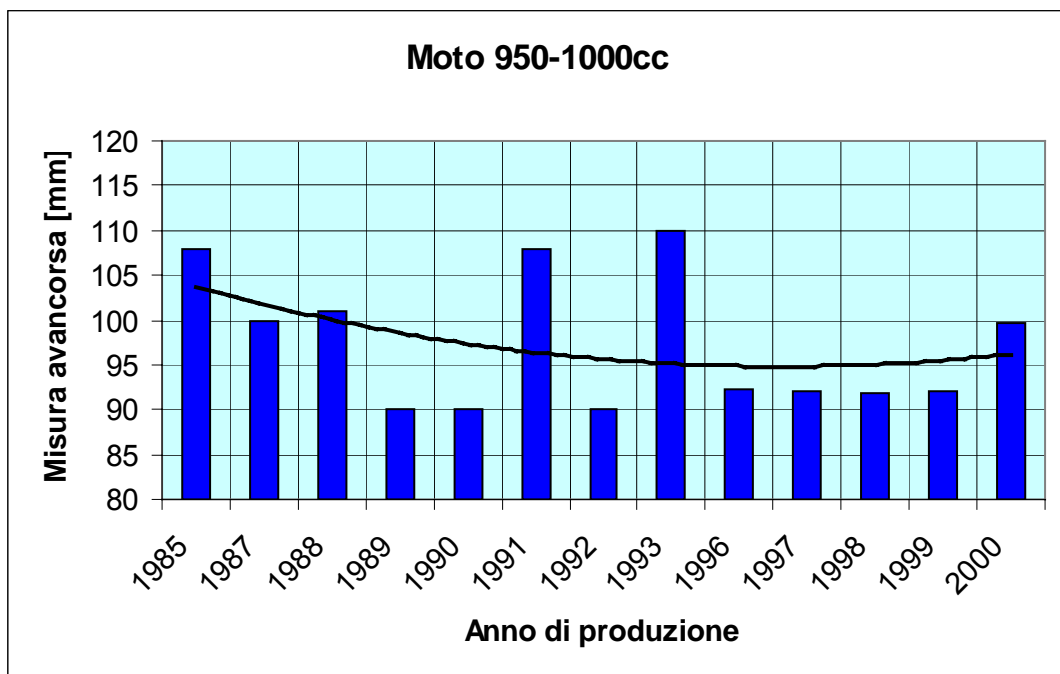


Fig.1.15. Variazione della misura dell'avancorsa per moto di 950-1000cc.

I diagrammi relativi alle misure dell'**avancorsa** hanno presentato per tutti i modelli una variazione, nel periodo considerato, abbastanza simile a quella degli altri parametri già esaminati. La variazione è coincisa con una diminuzione di tale lunghezza, ma il comportamento delle singole categorie è cambiato.

Per quantificare numericamente la variazione si può dire che:

Le motociclette di **600-700 cm<sup>3</sup>** (fig. 1.12) hanno ridotto l'avancorsa da circa **95-100 mm** a **88-92 mm**.

Quelle di **700-800 cm<sup>3</sup>** (fig. 1.13) hanno visto diminuire questa misura caratteristica in modo piuttosto contenuto, passando da **95-100 mm** a **95-98 mm**.

Anche i modelli di **950-1000 cm<sup>3</sup>** (fig. 1.15) non hanno presentato variazioni molto marcate, rimanendo in media intorno a valori dell'ordine dei **94-100 mm**, anche se con qualche eccezione durante tutto il periodo considerato.

Le rimanenti motociclette di **800-950 cm<sup>3</sup>** (fig. 1.14) hanno denunciato un andamento altalenante passando ripetutamente intorno ai **95-100 mm** in tutto il periodo preso in esame.

La variazione percentuale per la categoria che ha fatto registrare una ben definita tendenza, quella di **600-700 cm<sup>3</sup>** appunto, si attesta intorno al **4-10%**, per le altre invece la riduzione si attesta intorno **2-5%**.

### 1.4.4 Diagrammi della variazione della massa per i motocicli in funzione del tempo.

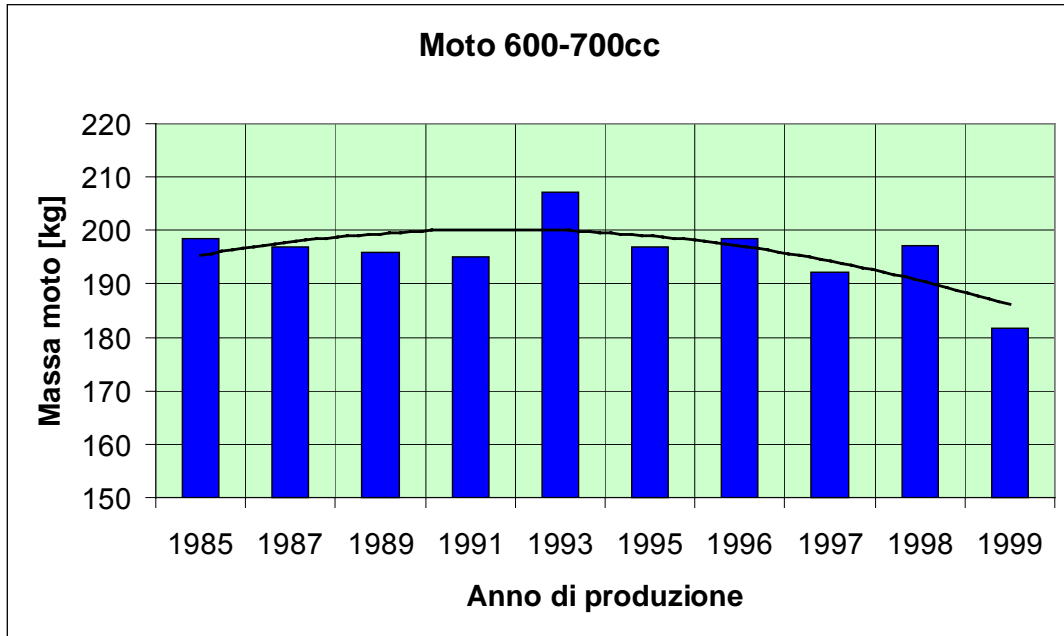


Fig. 1.16. Variazione della massa per moto di 600-700cc

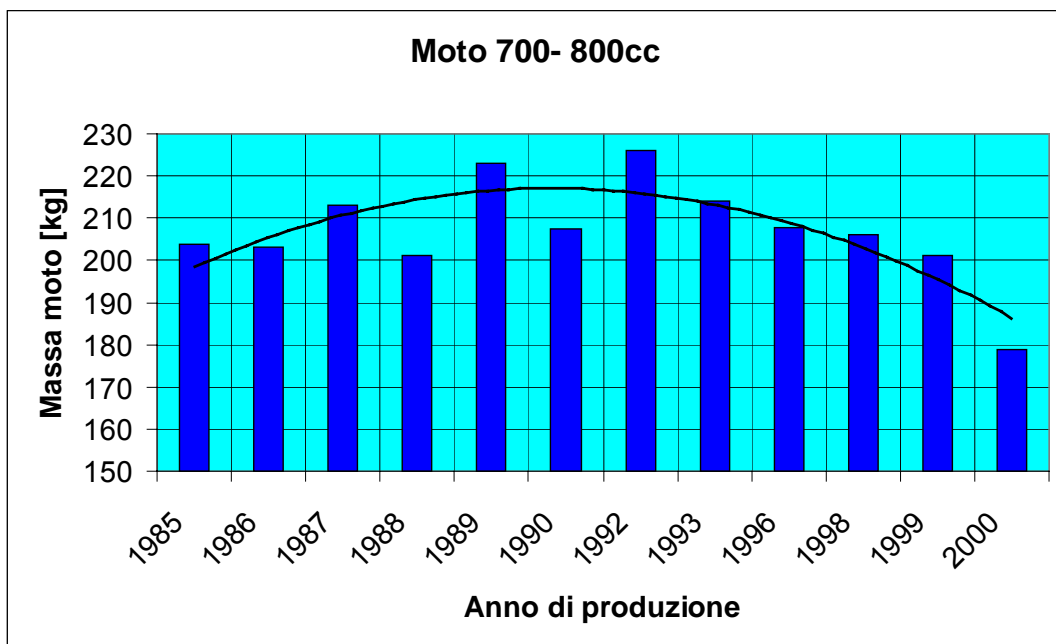


Fig. 1.17. Variazione della massa per moto di 700-800cc

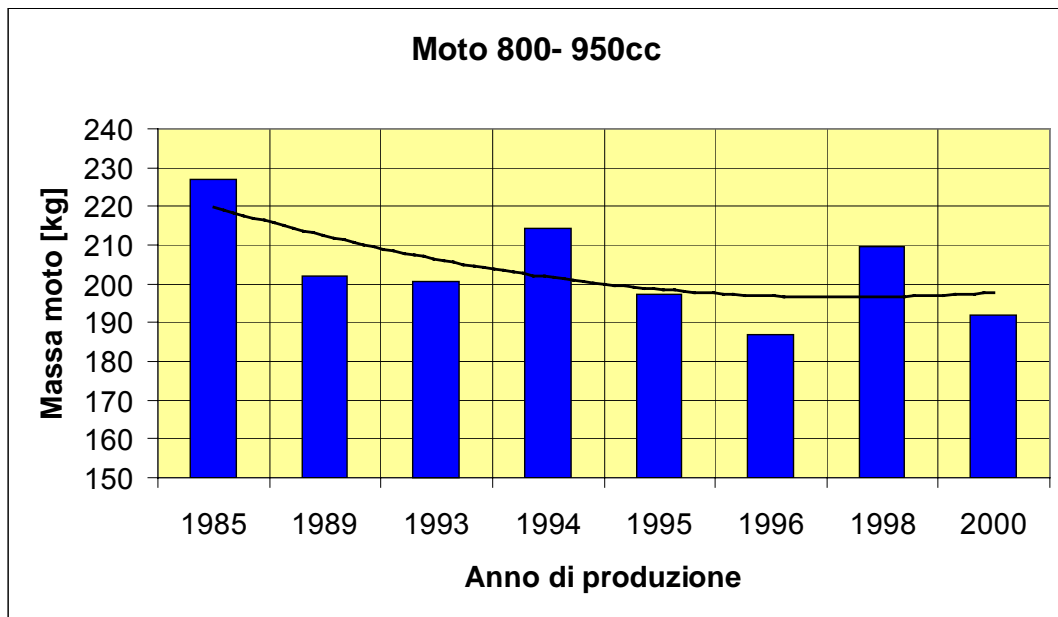


Fig. 1.18. Variazione della massa per moto di 800-950cc

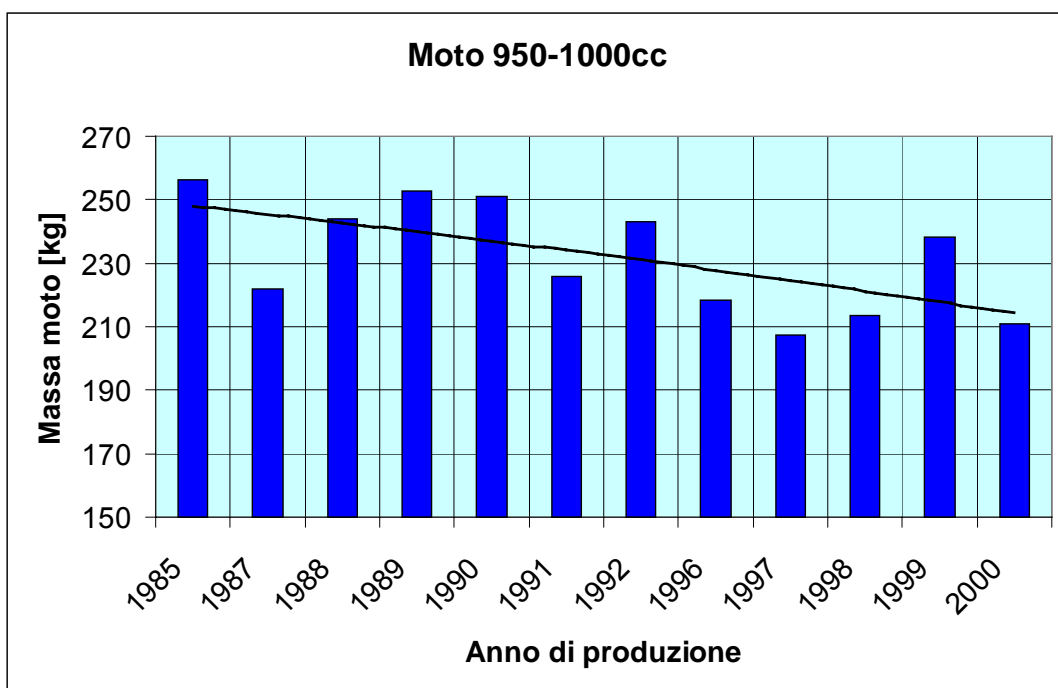


Fig.1.19. Variazione della massa per moto di 950-1000cc

Valutato l'andamento della variazione della **massa** negli 80 modelli considerati, anche in questo caso la tendenza è ben definita.

Escludendo alcuni casi particolari, per tutte le fasce di cilindrata si è registrata una progressiva diminuzione della massa col passare degli anni, anche se, nell'esame di questo parametro, si sono riscontrati effetti particolari.

Per le prime due fasce, si è rilevato prima un aumento e poi una diminuzione della massa del motoveicolo in funzione del tempo, mentre per le due rimanenti categorie di cilindrata, l'andamento è caratterizzato da una diminuzione progressiva, anche se lenta, della misura considerata.

Volendo quantificare, si vede come la massa sia passata da valori dell'ordine dei **192-195 kg** ai valori più contenuti di circa **183-186 kg** per le moto di **600-700 cm<sup>3</sup>** (fig.1.16).

Per quelle di **700-800 cm<sup>3</sup>** si è passati dai **200-205 kg** agli attuali **190-200 kg** (fig.1.17).

Le motociclette di **800-950 cm<sup>3</sup>** hanno fatto registrare una diminuzione di oltre 20 kg, passando dai **205-220 kg** agli odierni **195-200 kg** (fig.1.18), mentre quelle della fascia di **950-1000 cm<sup>3</sup>**, sono passate da **235-250 kg** a **215-225 kg** (fig.1.19).

In percentuale possiamo dire che la riduzione della massa, confrontando solo i valori più significativi e trascurando per esempio quelli delle annate intermedie per le fasce di **600-700** e **700-800 cm<sup>3</sup>**, si attesta intorno al **3-6%** per le moto di **600-700 cm<sup>3</sup>**; intorno al **2-5%** per quelle di cilindrata compresa tra i **700-800 cm<sup>3</sup>**.

I modelli di **800-950 cm<sup>3</sup>** insieme a quelli di **950-1000 cm<sup>3</sup>** sono quelli che hanno subito il maggior alleggerimento con riduzioni percentuali della propria massa pari a circa il **5-10 %**;

### 1.4.5 Diagrammi della variazione del rapporto (Avancorsa / Interasse) per i motocicli in funzione dell'anno di produzione.

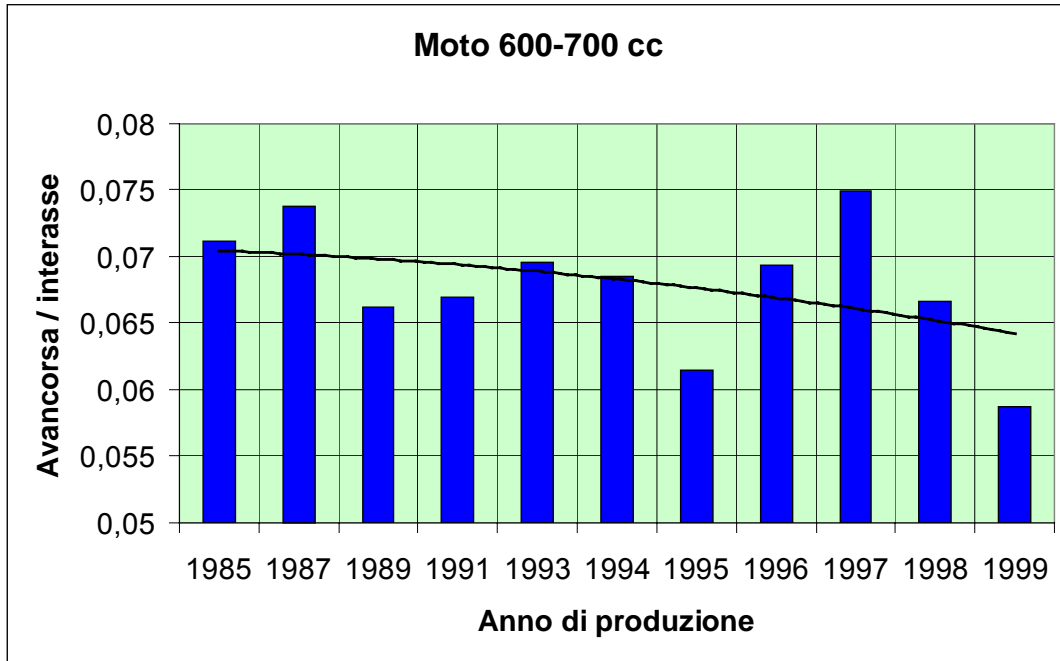


Fig. 1.20. Variazione del rapporto Avancorsa / Interasse per moto di 600-700cc.

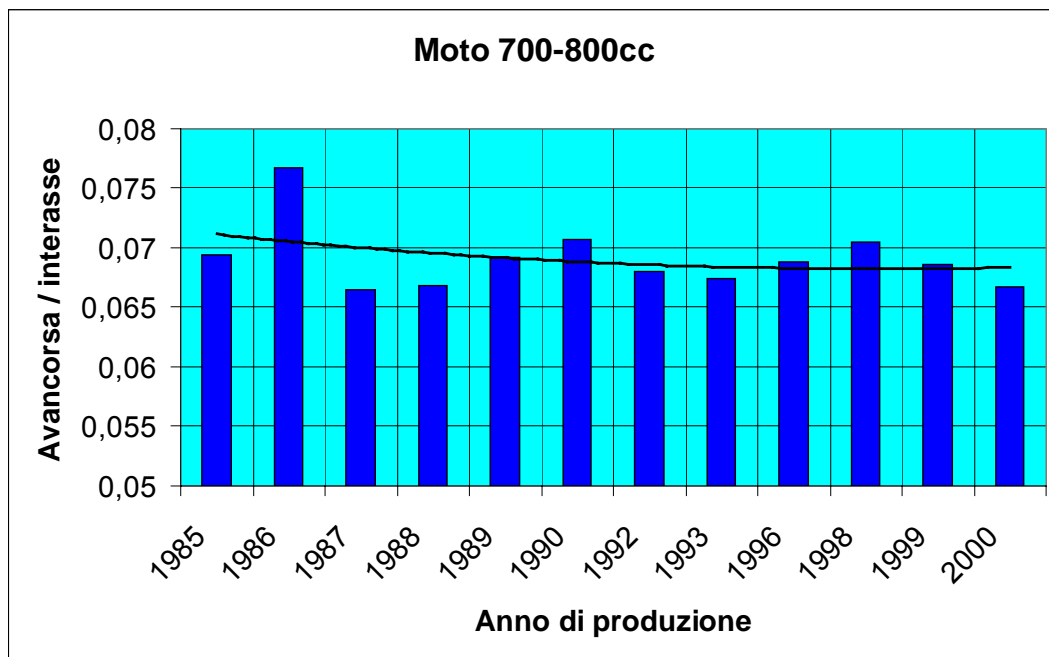


Fig. 1.21. Variazione del rapporto Avancorsa / Interasse per moto di 700-800cc.

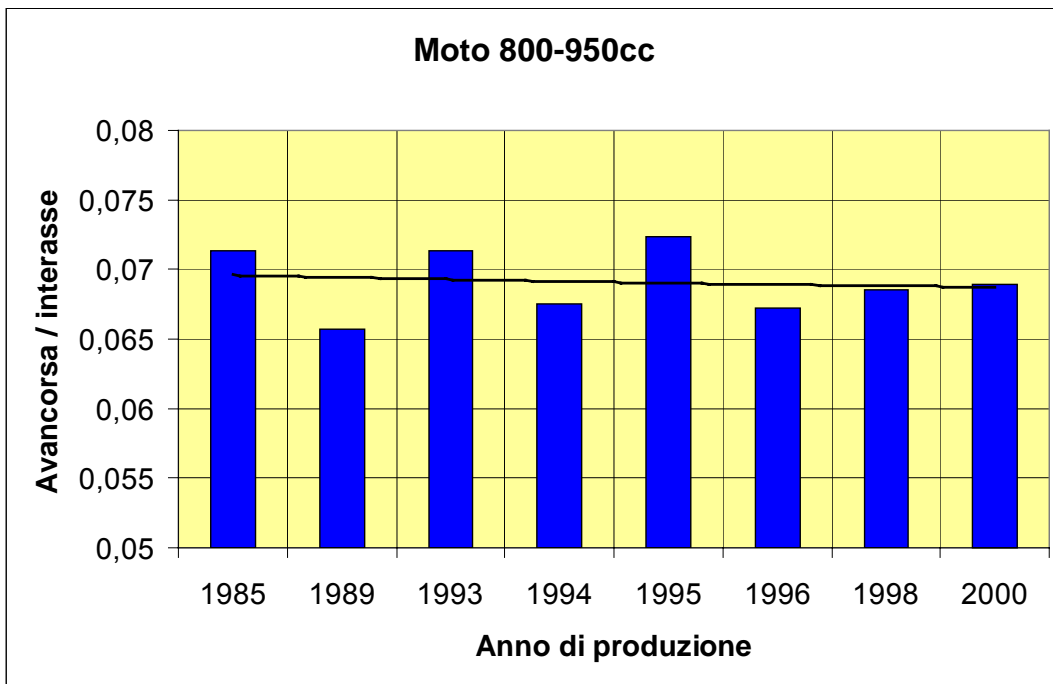


Fig. 1.22. Variazione del rapporto Avancorsa / Interasse per moto di 800-950cc.

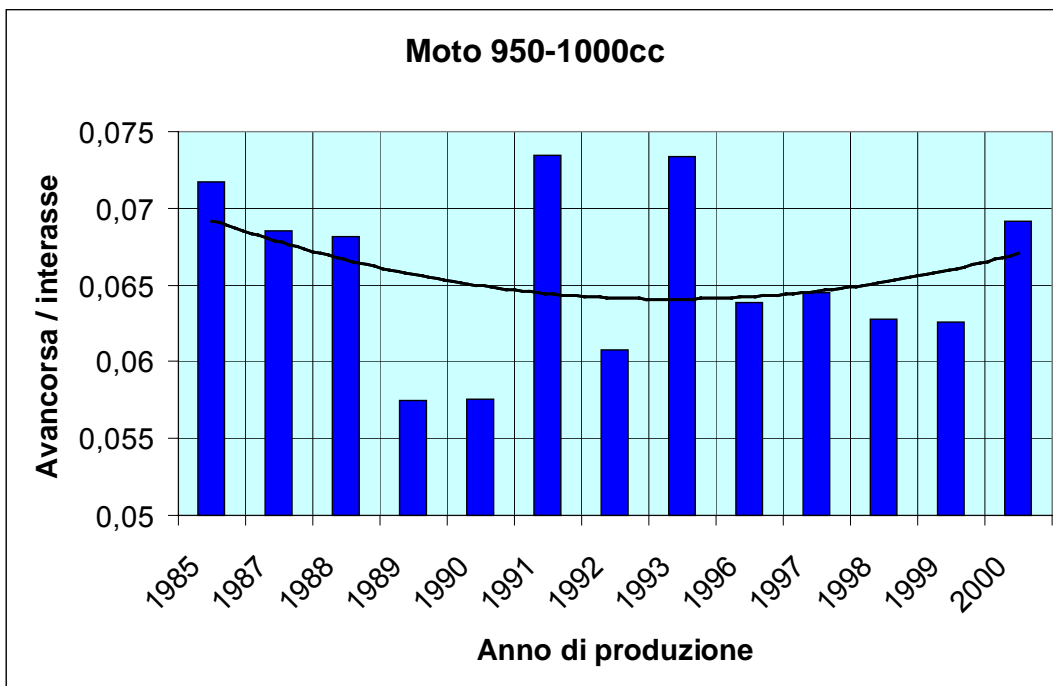


Fig. 1.23. Variazione del rapporto Avancorsa / Interasse per moto di 950-1000cc.

Gli istogrammi della pagina precedente (fig. da 1.20 a 1.23), riportano la variazione nel tempo della prima grandezza adimensionale considerata, il **rapporto tra avancorsa e interasse**.

La tendenza relativa a questo rapporto si presenta di difficile determinazione visto l'andamento altalenante dei valori, in modo particolare nelle due fasce superiori di cilindrata (800-950 cm<sup>3</sup> e 950-1000 cm<sup>3</sup>).

L'andamento viene meglio definito dalle linee di tendenza, che, inserite nei grafici, permettono il riscontro di un calo piuttosto impercettibile, ma abbastanza graduale della misura di tale rapporto. D'altra parte questo comportamento era prevedibile, visto che le due grandezze considerate, avancorsa e interasse, già analizzate separatamente in precedenza, avevano fatto registrare una diminuzione del proprio valore, più o meno accentuata, a seconda delle cilindrato.

Per le fasce di 800-950 cm<sup>3</sup> e 950-1000 cm<sup>3</sup>, si registra un andamento quasi anomalo, visto che la linea di tendenza prima denuncia un calo del valore e poi un aumento fino a tornare a valori circa uguali a quelli di partenza, tendenza questa più marcata per la classe 950-1000 cm<sup>3</sup>.

La categoria che meglio lascia comprendere la diminuzione (sempre con l'aiuto delle linee di tendenza) è quella di **600-700cm<sup>3</sup>**, dove si rileva un calo da circa **0.072-0.075** a **0.058-0.067**.

La fascia di **700-800 cm<sup>3</sup>** ha fatto registrare un calo contenuto, da **0.069-0.073** a **0.067-0.069** circa.

I rimanenti due gruppi di cilindrata hanno visto ridurre il rapporto in questione da **0.072** a **0.069** per le **800-950 cm<sup>3</sup>** e da **0.068-0.072** a **0.063-0.069** per i modelli da **950-1000 cm<sup>3</sup>**, escludendo chiaramente i valori più estremi.

### 1.4.6 Diagrammi della variazione del rapporto (Peso/Potenza) per i motocicli in funzione dell'anno di produzione.

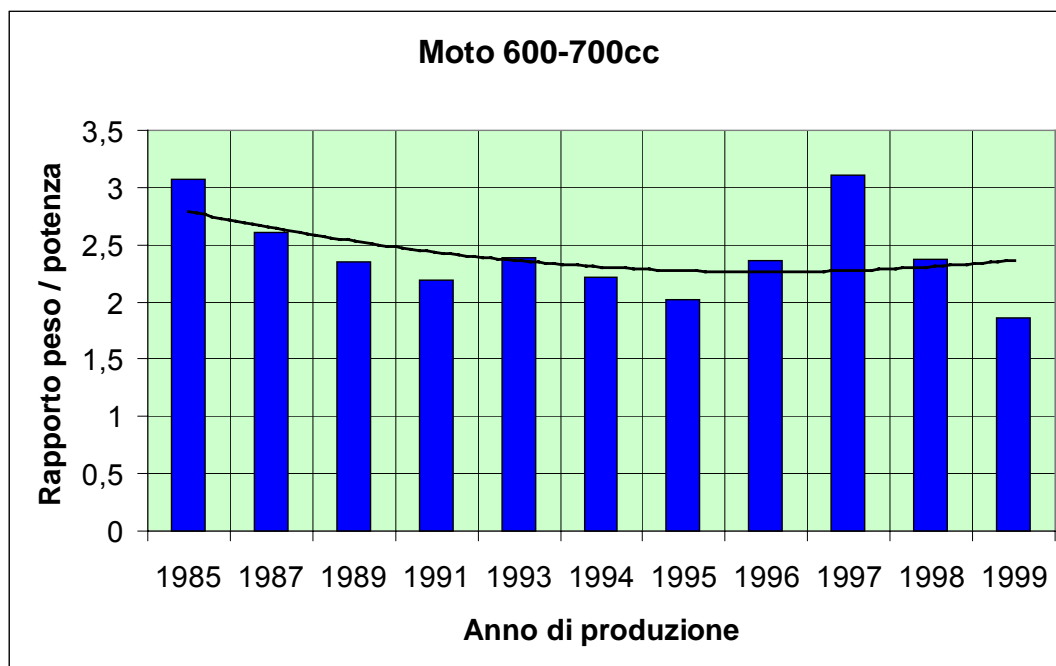


Fig. 1.24. Variazione del rapporto Peso / Potenza per moto di 600-700cc.

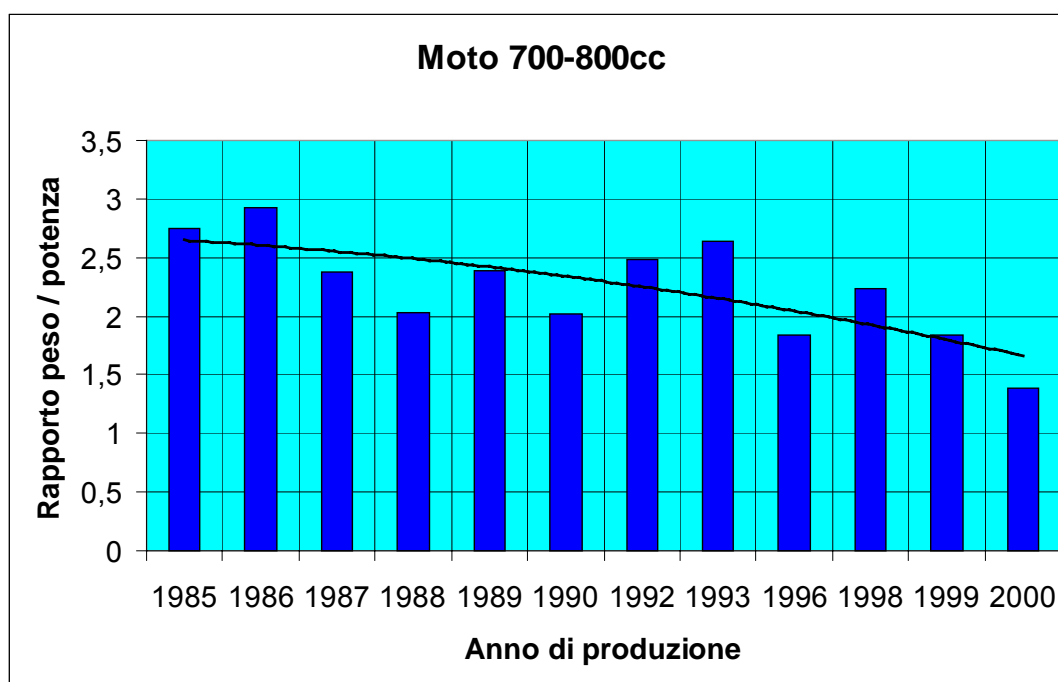


Fig. 1.25. Variazione del rapporto Peso / Potenza per moto di 700-800cc.



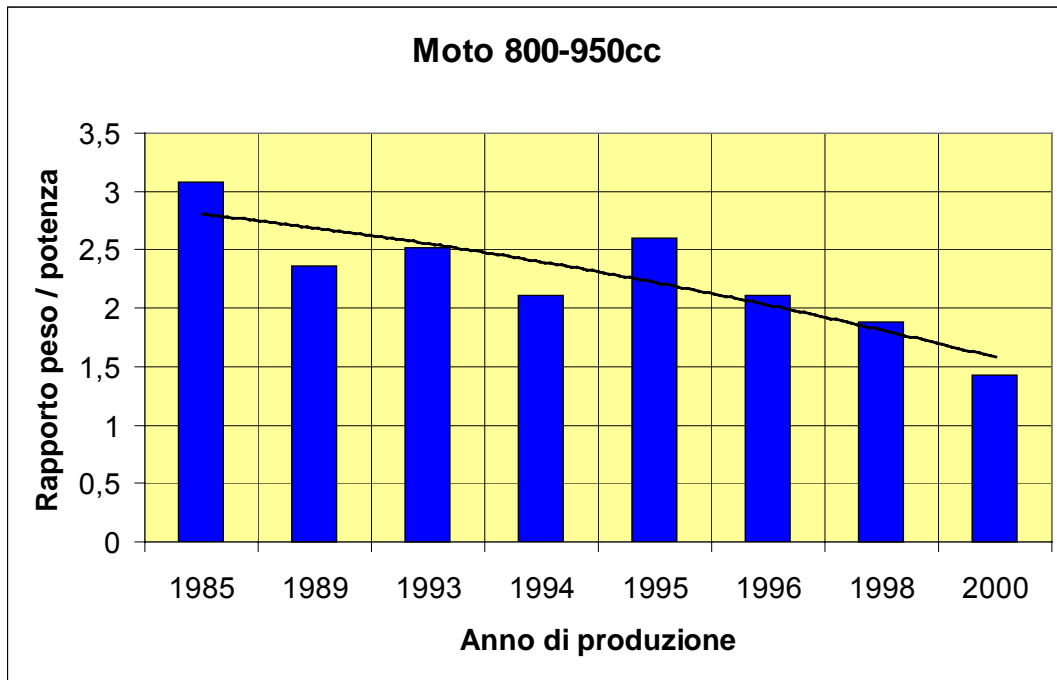


Fig. 1.26. Variazione del rapporto Peso / Potenza per moto di 800-950cc.

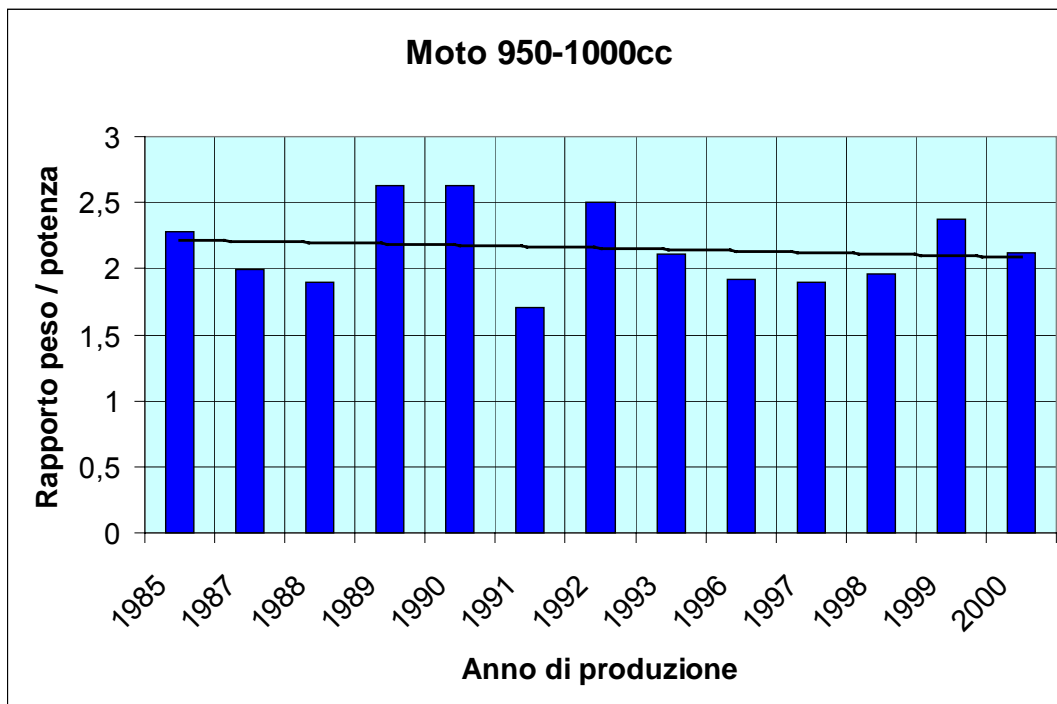


Fig. 1.27. Variazione del rapporto Peso / Potenza per moto di 950-1000cc.

Questi grafici riportano l'andamento del rapporto **peso / potenza**, (definibile anche come peso per unità di potenza) per i vari modelli analizzati, in funzione del tempo. Per una comprensione più immediata, si è ritenuto utile riportare la potenza in cavalli [CV], anziché in kilowatt [kW], che è l'unità di misura più corretta. Comunque, se si vuole ottenere il valore del rapporto in kilogrammi su kilowatt, è sufficiente moltiplicare il valore ottenuto per il coefficiente di conversione della potenza da kilowatt a cavalli che è pari a 1.356.

Si vede come questo rapporto sia diminuito per tutti i modelli, anche se non allo stesso modo, a testimonianza che i costruttori sono indirizzati alla realizzazione di veicoli sempre più leggeri e contemporaneamente più potenti.

L'analisi di questo rapporto non rientra nell'esame delle caratteristiche specificamente geometriche ed inerziali, bensì in una trattazione delle "prestazioni sportive o pure", come le abbiamo definite all'inizio del capitolo. Si è ritenuto utile riportarne l'andamento, oltre che per curiosità, anche per esaminare la bontà delle realizzazioni a livello ciclistico.

Col passare degli anni si è visto che la massa ha denunciato una diminuzione del proprio valore, per tutti i modelli considerati (fig. da 1.16 a 1.19), mentre le potenze sono aumentate di pari passo (anche se non è stato diagrammato il loro andamento).

Analizzando i grafici per categorie di cilindrata, si ricava che la fascia di **600-700cm<sup>3</sup>** ha conosciuto una variazione consistente intorno agli anni intermedi del periodo in esame, stabilizzandosi poi su quegli stessi valori.

Si vede infatti come si è passati da valori di circa **2.6-3.1 kg/CV** per gli anni ottanta, ai **2.2-2.5 kg/CV** della metà degli anni novanta, valore abbastanza vicino agli odierni **1.9-2.3 kg/CV**.

La fascia di **700-800cm<sup>3</sup>** ha fatto registrare variazioni più marcate passando da **2.4-2.8 kg/CV** a circa **1.5-1.9 kg/CV**.

Lo stesso vale per la fascia di **800-950cm<sup>3</sup>**, la cui massa per unità di potenza è passata da valori di **2.8-3.1 kg/CV** a valori di **1.4-1.8 kg/CV**.

La fascia comprendente le maggiori cilindrato, **950-1000cm<sup>3</sup>** ha denunciato una variazione molto contenuta passando dai **2-2.3 kg/CV** ai **2-2.2 kg/CV**.

In percentuale la riduzione di massa che deve essere mossa da un singolo cavallo di potenza è la seguente:

Dal **9 al 15%** circa se si comparano gli ultimi cinque, sei anni per la classe **600-700 cm<sup>3</sup>**. La differenza sale se si confrontano gli anni ottanta con gli ultimi novanta, ricavando variazioni del **16-30%**.

Per la classe di **700-800 cm<sup>3</sup>** la riduzione di massa per cavallo è compresa tra il **20** e il **40%** circa.

Le moto di **800-950cm<sup>3</sup>** hanno fatto registrare riduzioni dell'ordine del **35-55%**.

Le rimanenti **950-1000 cm<sup>3</sup>** si sono limitate ad una variazione più modesta: circa **5%**.

### 1.4.7 Diagrammi della variazione del rapporto (raggio del toroide / raggio ruota) per i motocicli in funzione dell'anno di produzione.

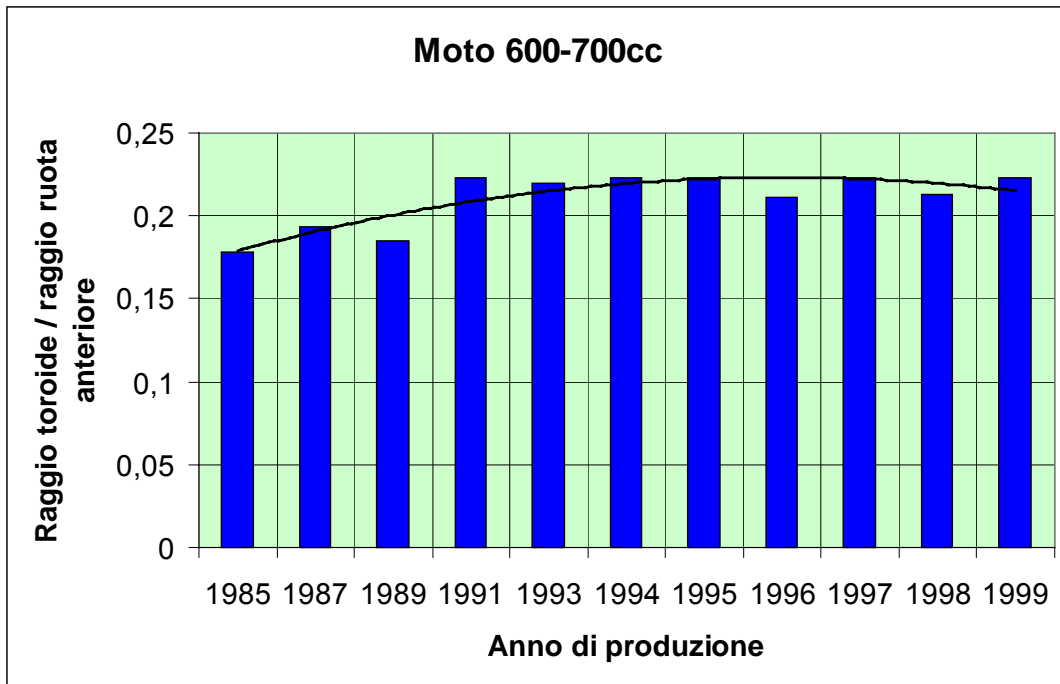


Fig. 1.28. Variazione del rapporto raggio toroide su raggio ruota anteriore.

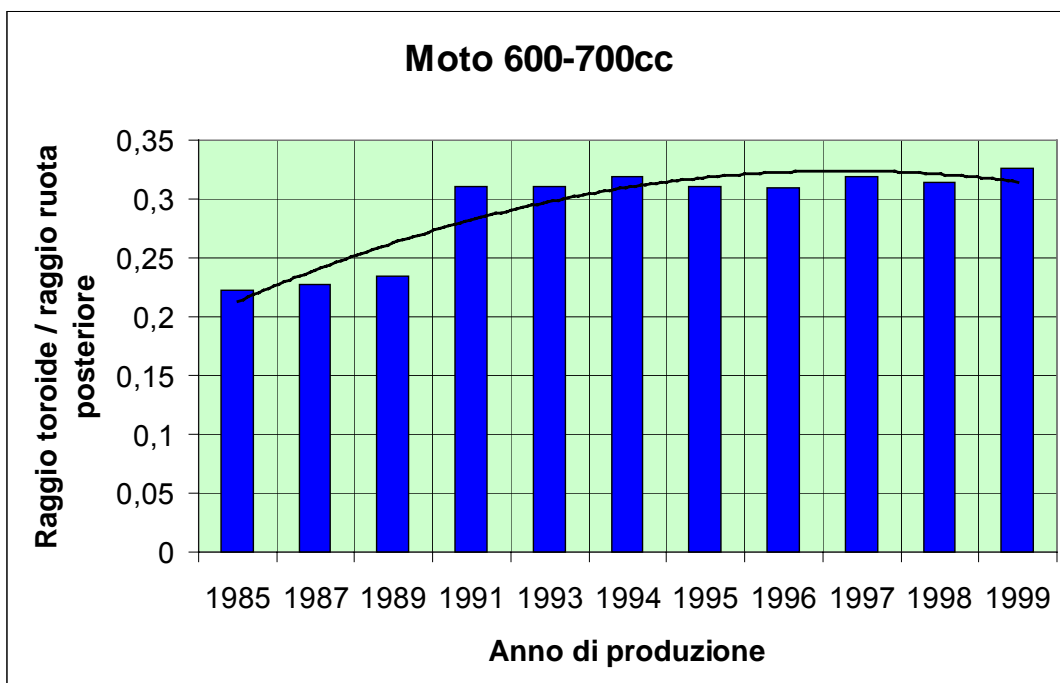


Fig. 1.29. Variazione del rapporto raggio toroide su raggio ruota posteriore.

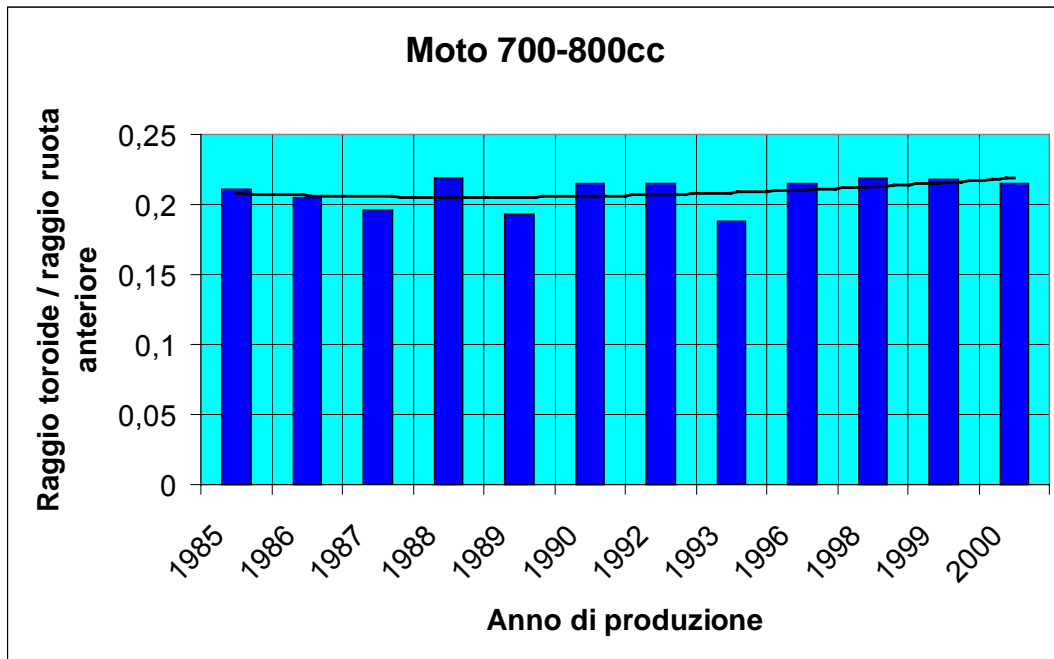


Fig. 1.30. Variazione del rapporto raggio toroide su raggio ruota anteriore.

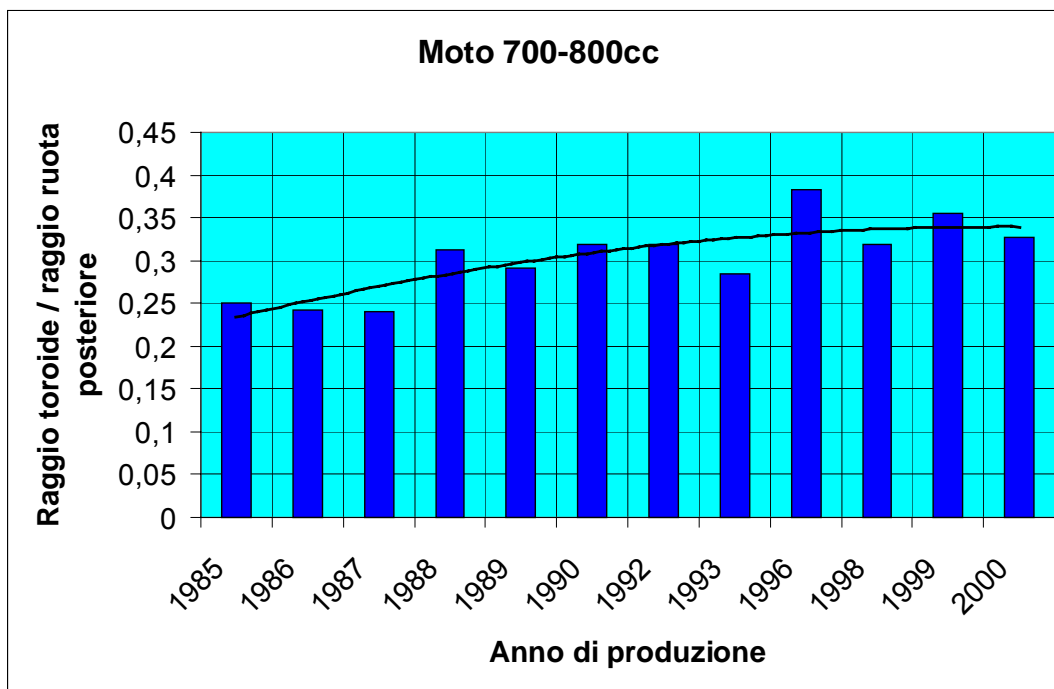


Fig. 1.31. Variazione del rapporto raggio toroide su raggio ruota posteriore.

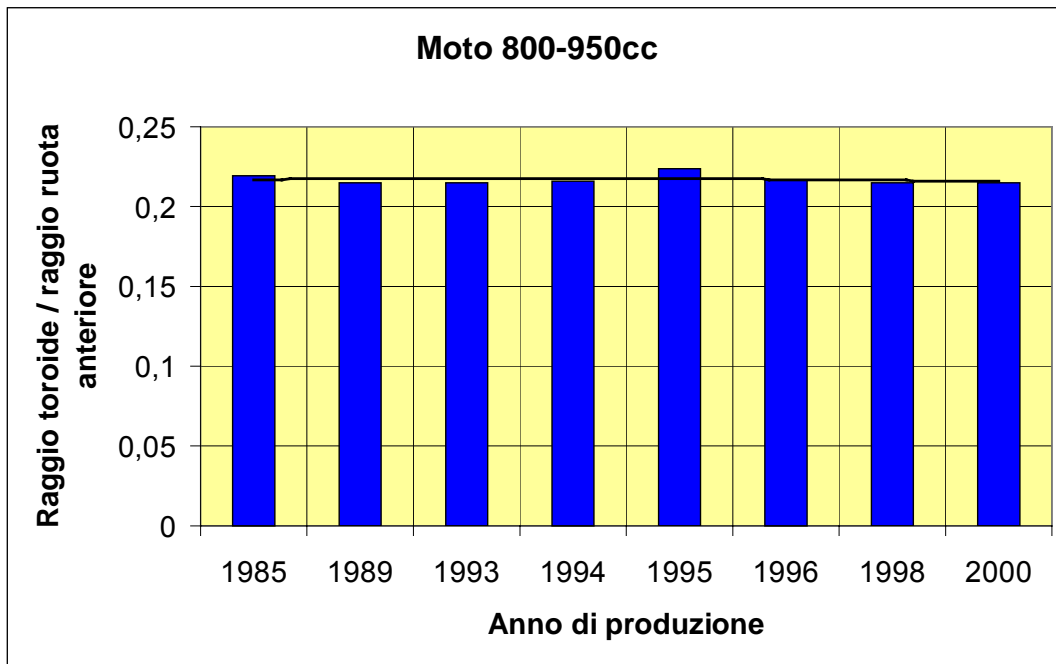


Fig. 1.32. Variazione del rapporto raggio toroide su raggio ruota anteriore.

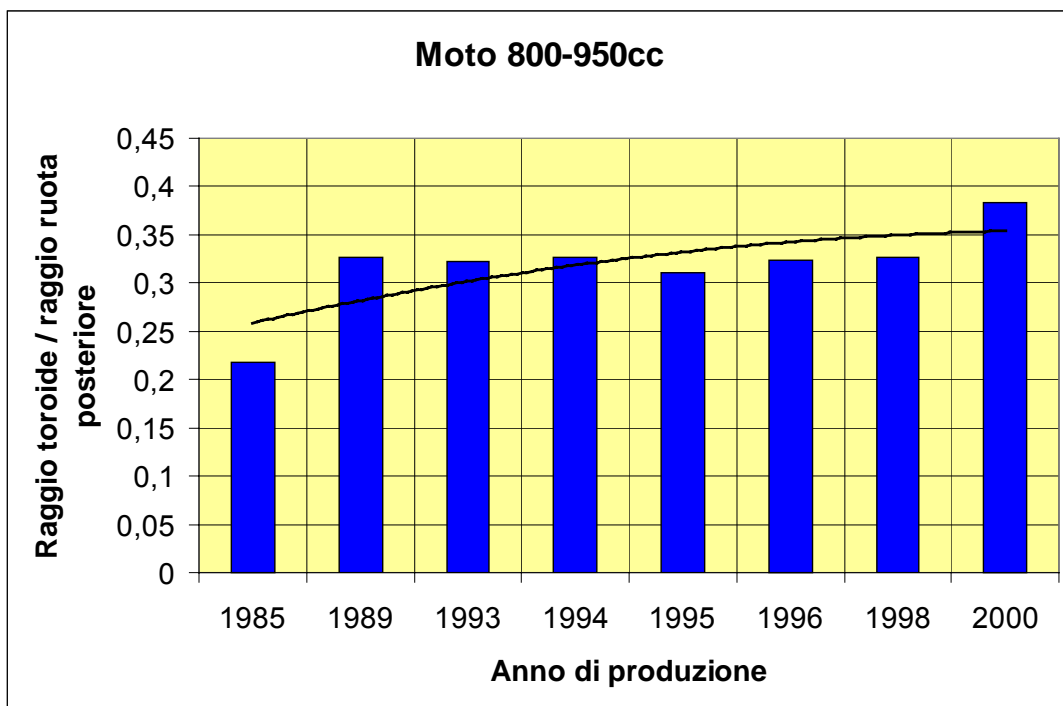


Fig. 1.33. Variazione del rapporto raggio toroide su raggio ruota posteriore.

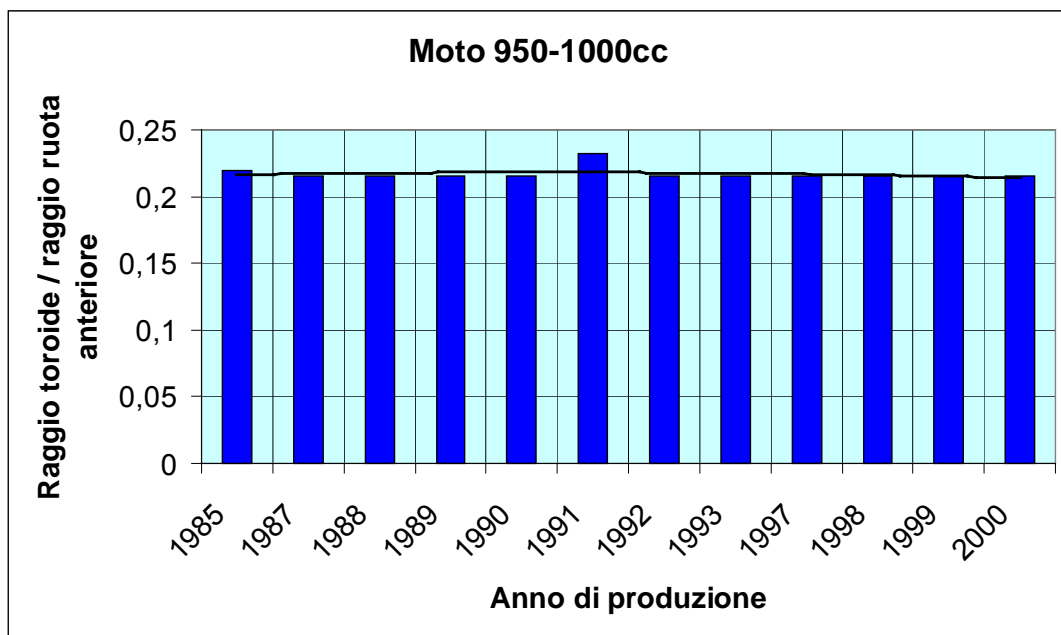


Fig. 1.34. Variazione del rapporto raggio toroide su raggio ruota anteriore.

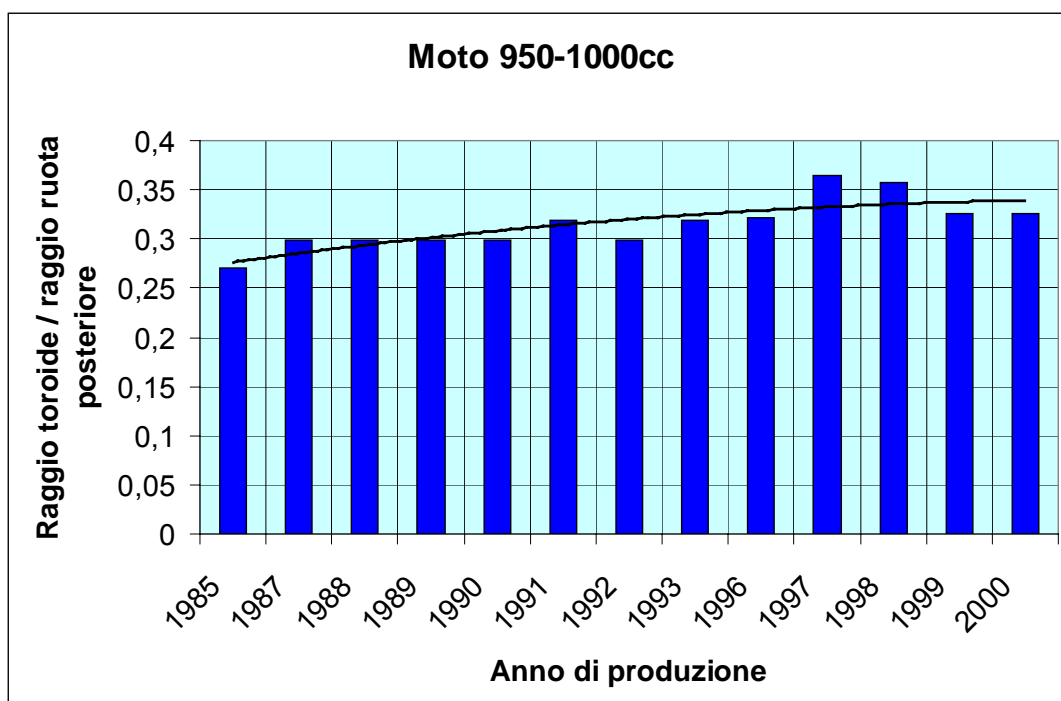


Fig. 1.35. Variazione del rapporto raggio toroide su raggio ruota posteriore.

Il rapporto tra la misura del raggio del toroide e quello del raggio della ruota corrispondente, permette di analizzare come sia variata nel tempo la dimensione del pneumatico, in relazione alla misura di tutta la ruota, sul cui cerchio esso è montato. In questa parte dell'analisi, dal momento che la totalità delle motociclette esaminate è equipaggiata con ruote e pneumatici diversi tra anteriore e posteriore, sia per larghezza che, alcune volte, per diametro, abbiamo ricavato due istogrammi per ogni fascia di cilindrata considerata.

L'andamento della tendenza è diverso tra le due ruote. Infatti, mentre il rapporto relativo alla ruota anteriore ha fatto registrare variazioni quasi nulle, quello relativo alla ruota posteriore ha denotato un cospicuo aumento per tutte le categorie analizzate.

Questo comportamento fa comprendere che, mentre la misura del raggio dei cerchi delle ruote posteriori è rimasto costante (o addirittura diminuito nei casi in cui si è passati dai 18 ai 17 pollici), la larghezza dei pneumatici (espressa dalla misura del raggio del toroide) è progressivamente aumentata.

Il motivo di questa crescita è da ricercarsi nella necessità di poter contare su una superficie maggiore di pneumatico per scaricare al suolo potenze sempre maggiori.

Chiaramente questo non vale per la gomma anteriore, che non ha potuto crescere in proporzione, perché, essendo delegata a fornire maneggevolezza e reattività al veicolo nelle varie manovre, non può andare oltre determinate dimensioni massime.

Esaminando, infatti, i valori precedentemente riportati, si vede che le gomme anteriori non sono andate oltre la misura di 130 mm di larghezza, e in ogni caso si è trattato di un pneumatico fortemente ribassato (60 - 70%) per ridurre gli effetti di deformazione in curva (di deriva in particolare). Attualmente la produzione si è orientata nell'adozione di pneumatici della misura 120/70 per la quasi totalità dei modelli, montati su cerchi da 17 pollici.

Per ottenere comunque un veicolo efficiente in curva e in frenata, senza penalizzare la tenuta di strada e l'aderenza, i costruttori di pneumatici hanno battuto la strada dell'ottimizzazione della mescola e del profilo.

Riguardo ai risultati ottenuti, si vede che le due fasce di cilindrata di **600-700 cm<sup>3</sup>** e di **700-800 cm<sup>3</sup>** hanno registrato variazioni apprezzabili per entrambe le ruote. I rapporti dei raggi considerati, sono passati, per l'**anteriore**, rispettivamente da circa **0.18** a **0.22** e da **0.22** a circa **0.23**.

I rapporti relativi alle ruote **posteriori**, sono passati da **0.21-0.23** a **0.31-0.33** per le moto di **600-700 cm<sup>3</sup>** e da **0.24-0.25** a **0.32-0.34**.

Le classi di **800-950** e **950-1000 cm<sup>3</sup>** non hanno fatto rilevare variazioni particolari per la ruota anteriore, attestandosi su valori di circa **0.22** (0.21516 per la precisione, dato da un pneumatico della misura 120/70 montato su un cerchio da 17 pollici).

Al posteriore, i rapporti sono passanti da **0.27-0.32** a **0.32-0.36** per moto di **800-950 cm<sup>3</sup>** e da **0.27-0.30** a valori di **0.31-0.34** per veicoli di **950-1000 cm<sup>3</sup>**.

### 1.4.8 Analisi riassuntiva dei rapporti fondamentali

Dopo aver analizzato i vari parametri in funzione delle fasce di cilindrata, di particolare interesse per la definizione della tendenza evolutiva dei motocicli, risulta l'esame di alcuni grafici riassuntivi dei parametri precedentemente esaminati, ma in questo caso senza la differenziazione per cilindrata. Si riportano quindi di seguito i diagrammi dei rapporti **avancorsa su interasse**, **peso su potenza** e **raggio del toroide delle ruote sul raggio delle ruote stesse**.

#### *Rapporto avancorsa su interasse*

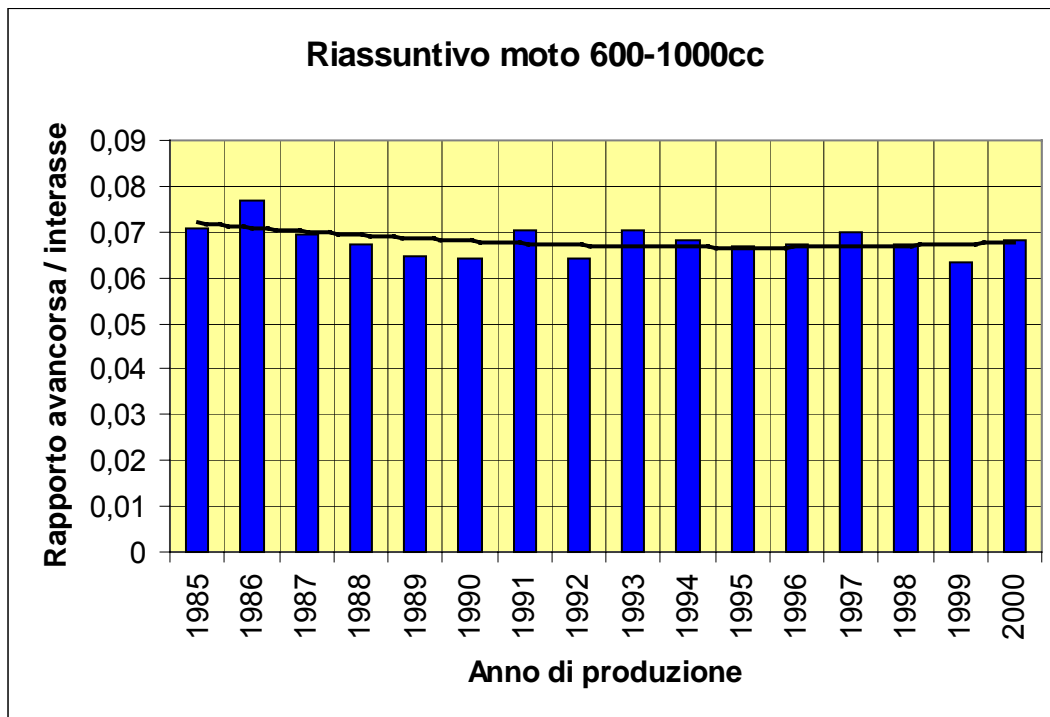


Fig. 1.36. Grafico riassuntivo del rapporto avancorsa / interasse per tutti i modelli.

### *Rapporto peso su potenza*

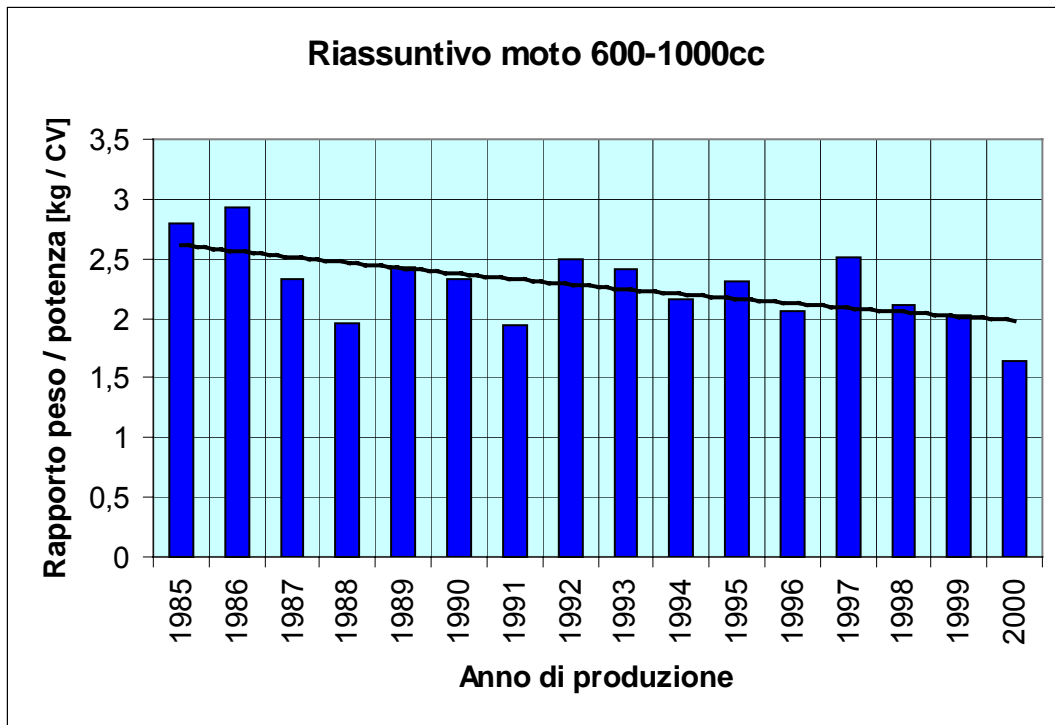
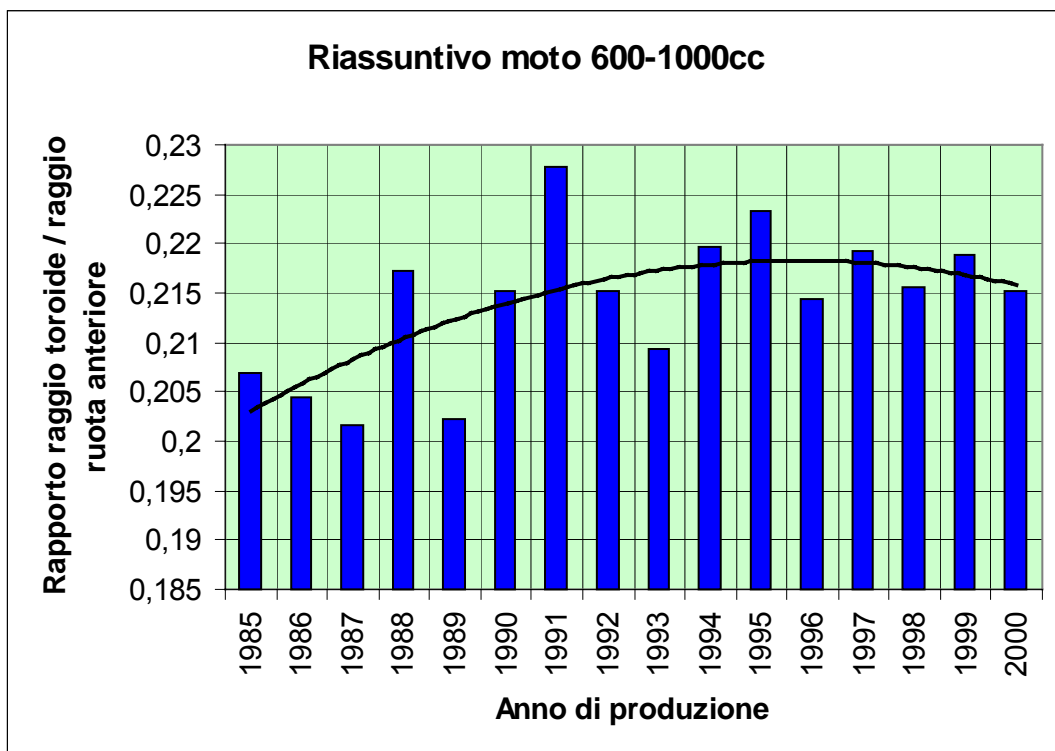
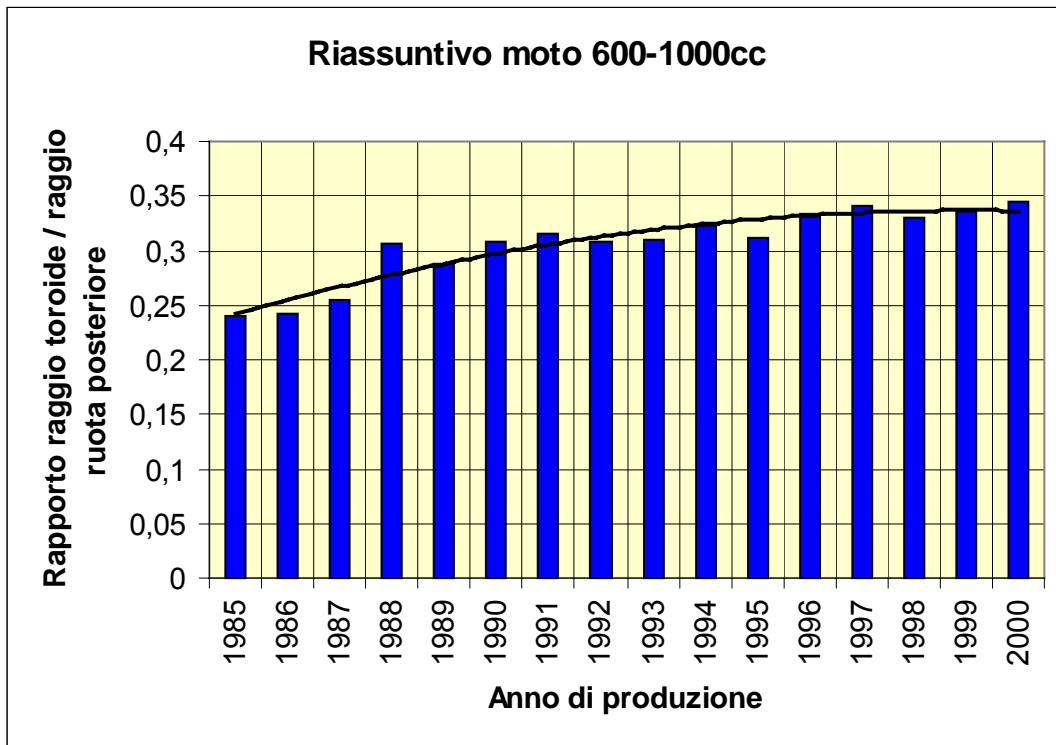


Fig. 1.37. Grafico riassuntivo del rapporto peso / potenza per tutti i modelli.

### *Rapporto raggio toroide su raggio ruota anteriore*



### *Rapporto raggio toroide su raggio ruota posteriore*



**Fig. 1.39 . Grafico riassuntivo del rapporto raggio toroide / raggio ruota posteriore per tutti i modelli**

Dai grafici precedenti risulta confermata la tendenza che era stata evidenziata nei diagrammi relativi alle singole fasce di cilindrata, visti nelle figure da 1.20 a 1.35, e cioè che col passare degli anni tutti i rapporti considerati hanno denunciato un calo o un aumento del loro valore, in accordo con quanto già riscontrato.

In questi ultimi quattro diagrammi abbiamo potuto rilevare la tendenza di tutti i motocicli analizzati, dal momento che si tratta di rapporti e perciò sono direttamente confrontabili tra loro, senza la divisione per fasce di cilindrata.

Il primo rapporto, avancorsa su interasse, ha confermato un lieve, ma costante calo, passando da circa **0.071** a **0.068**.

Nel secondo diagramma la tendenza rilevata per tutti i modelli è il calo del peso in rapporto alla potenza massima erogata dal motore, passando da valori di **2.6-2.8 kg/CV** ai più contenuti **1.7-2.1 kg/CV**, indice che tutte le motociclette hanno visto crescere la potenza e ridurre il proprio peso.

Per quel che riguarda i rapporti dei raggi toroide su raggi ruota, si nota come la variazione più marcata sia concentrata nei primi otto-dieci anni del periodo considerato, mentre successivamente si registra una variazione quasi nulla, segno del raggiungimento di misure limite o quasi per l'optimum tra maneggevolezza e motricità.

Infatti per l'anteriore si rileva una crescita del rapporto da **0.2 - 0.205** a **0.215 - 0.220**, mentre per il posteriore la crescita è maggiore, passando da **0.24 - 0.26** a **0.32 - 0.34**.



## Capitolo 2

### ***ANALISI SPECIFICA DELLE CARATTERISTICHE DI MOTOCICLI BICILINDRICI SUPER SPORTIVI DI ULTIMA GENERAZIONE.***

#### ***Premessa***

Costruire una buona motocicletta sotto l'aspetto qualitativo, al giorno d'oggi è cosa abbastanza semplice. Gli standard dei materiali usati, degli accoppiamenti per le sovrastrutture a vista (come le parti di carrozzeria), delle saldature, delle lavorazioni meccaniche, ecc., sono ormai giunti a livelli elevatissimi di qualità e a prezzi alla portata se non di tutti almeno di molti, e ciò vale sia per i costruttori che, di conseguenza, per i clienti. Ciò che invece è piuttosto complesso, è realizzare un mezzo efficace, sicuro ed equilibrato nell'utilizzo sportivo e agonistico.

Per una realizzazione adatta a soddisfare ogni condizione di guida è necessario rispettare determinate quote ciclistiche e geometriche, come abbiamo visto nel capitolo precedente. Se questa è ormai prassi acquisita, non è però cosa sufficiente per lo scopo. E' altresì necessario progettare il motoveicolo secondo determinate caratteristiche inerziali.

Il mezzo meccanico, infatti, deve potersi guidare in sicurezza in ogni condizione d'uso stradale, ma deve, allo stesso tempo, regalare anche forti emozioni di maneggevolezza, stabilità e velocità di reazione ai comandi.

In questo capitolo verranno esaminati cinque modelli di motociclo bicilindrico di ultima generazione, di impostazione super sportiva, al fine di evidenziare la maggior parte di questi parametri geometrici e inerziali, che fanno variare il loro comportamento dinamico.

Queste caratteristiche sono proprie di ogni motoveicolo e generalmente non vengono considerate o riportate dalle riviste del settore. Inoltre, dal momento che si tratta di uno studio piuttosto recente relativo alla dinamica del motociclo, è ancora un argomento un po' sconosciuto.

Le cinque motociclette in questione, sono già state analizzate tra gli 80 modelli considerati in precedenza.

Si tratta infatti dei seguenti modelli di moto:

**Aprilia RSV 1000** ( foto.1.1)

**Aprilia SL 1000 Falco** ( foto.1.2)

**Ducati 996 SPS** (foto.1.19)

**Honda VTR 1000 Firestorm** ( foto. 1.31)

**Suzuki TL 1000 S** (foto.1.59)

*omissis.....*

## 2.1 Introduzione alla procedura adottata per lo studio delle motociclette

Questo studio ha avuto un doppio scopo: principalmente rilevare le caratteristiche inerziali proprie di ogni motociclo, per poi confrontare sotto quest'ottica i cinque modelli analizzati.

Secondariamente raccogliere le misure geometriche, per confrontarle con quelle dichiarate nelle schede tecniche dalle case costruttrici.

Tutti i motocicli sono stati esaminati secondo la seguente procedura che ha richiesto una attenzione specifica per ogni veicolo:

1) Inizialmente si è provveduto a svuotare il serbatoio del carburante. In questo modo, il motociclo non presenta dei liquidi aventi una massa in grado di modificare la propria posizione durante i vari movimenti a cui viene sottoposto nell'analisi. In questo modo si riducono anche le masse disposte "lontano" dal baricentro. Dal momento che i rispettivi serbatoi sono disposti vicino al motore, non si è ritenuto necessario lo svuotamento del circuito di raffreddamento, né di quello di lubrificazione del motore, operazione per altro piuttosto complessa e che avrebbe influito in modo minimo sui risultati. Inoltre i rispettivi serbatoi, (dell'olio e dell'acqua) per le dimensioni contenute non permettono spostamenti del fluido di entità tale da creare effetti significativi.

2) La determinazione della posizione del baricentro

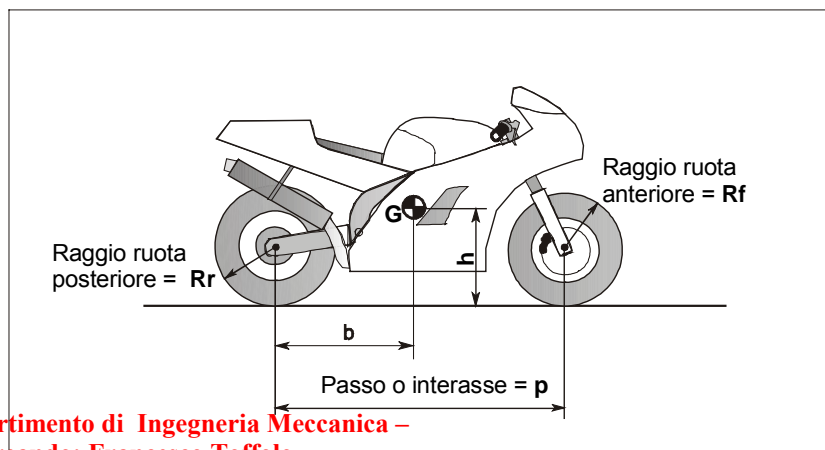


Fig. 2.1. Schema geometrico della motocicletta

rispetto agli assi delle ruote, o in altre parole della distanza  $b$  (fig. 2.1.), si è ottenuta, una volta misurato il passo  $p$  (fig.2.1), pesando il motociclo in posizione verticale con le ruote sullo stesso piano orizzontale (pesata orizzontale) e rile-vando il carico per ogni asse.

3) Le sospensioni della moto, poi, sono state bloccate per mezzo di staffe, appositamente realizzate o adattate per ogni singolo modello (foto 2.1). Tale dispositivo ha evitato eventuali affondamenti o estensioni indesiderate della forcella anteriore e del mono ammortizzatore posteriore, durante le misure svolte (in particolare nel movimento di beccheggio e nella pesata in posizione inclinata).

Questo fenomeno avrebbe compromesso la precisione della misura.

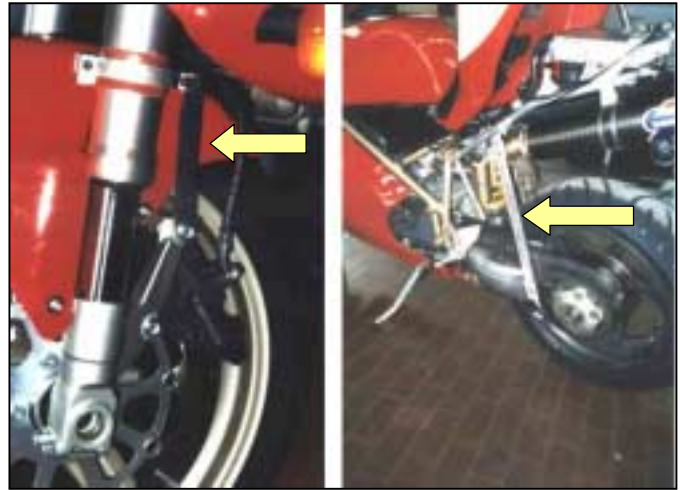


Foto 2.1. Particolari dei sistemi di bloccaggio delle sospensioni della motocicletta

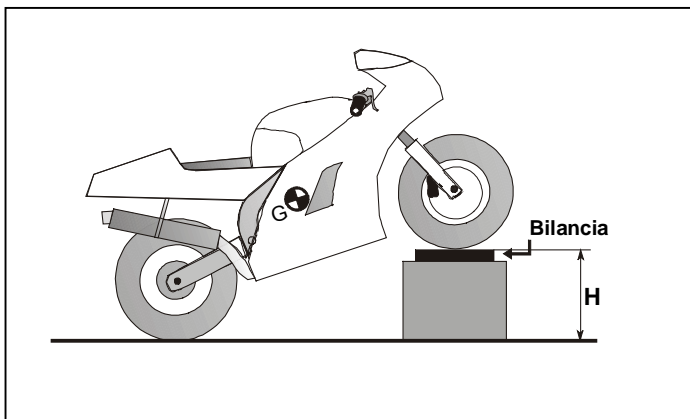


Fig. 2.2. Pesata inclinata del motociclo

4) La motocicletta è stata quindi pesata in posizione inclinata, secondo il metodo che da ciò prende il nome, alzando sia l'avantreno che il retrotreno (fig. 2.2.), al fine di determinare con le due pesate, l'altezza  $h$  cui si trova il baricentro rispetto al piano stradale (fig. 2.1). L'aver pesato la moto in due modi ha fornito misure di maggiore esattezza. Tale procedura verrà trattata in modo esauriente nel capitolo 3 (apparatì sperimentali).

*omissis.....*

## 2.2 Presentazione dei dati ricavati relativi al tensore d'inerzia

*omissis.....*

## 2.4 Analisi delle caratteristiche inerziali dell'avantreno

Lo studio cui ogni motocicletta è stata sottoposta, ha contemplato anche una analisi dettagliata del comportamento inerziale dell'avantreno nella sua rotazione attorno all'asse di sterzo. Perciò, a ciascuno dei cinque modelli, (precedentemente esaminati nella loro globalità, al fine di determinarne il tensore di inerzia) è stato smontato l'avantreno completo ed è stato misurato il valore del suo momento di inerzia. Lo studio ha permesso di valutare il contributo dei singoli elementi che lo compongono, all'inerzia globale dell'avantreno in esame. Quest'ultimo infatti è stato misurato dapprima composto dalla sola forcella con le piastre di attacco e il perno ruota, successivamente si sono aggiunti i singoli componenti in modo progressivo, valutandone la massa e il momento di inerzia derivante dalla sua aggiunta.

Per tutti i modelli si è seguita la medesima procedura, ma per problemi tecnici legati all'impossibilità di smontare completamente alcuni componenti di alcuni modelli, non si è potuto ottenere un quantitativo equivalente di misure per tutti i motocicli considerati.

Il caso più critico si è rivelato quello relativo alla Suzuki TL 1000 S, per la quale non è stato possibile smontare i componenti fissati ai semimanubri, come leve di freno e frizione, comandi elettrici, manopole, ecc., poiché le masse situate alle estremità del manubrio, e che fungono da smorzatori dinamici, erano fissate in modo talmente rigido (probabilmente con del frena-filetti extra resistente), che lo scollegamento avrebbe significato la rottura del componente.

Per i rimanenti modelli, le diversità dei componenti analizzati, per la maggior parte dipendono da una differente configurazione dell'avantreno o dalla mancanza del componente nel campione esaminato, come nel caso della Ducati 996 SPS, il cui avantreno è stato fornito a parte, privo di clacson, dopo lo smontaggio da parte di tecnici professionisti della ditta Aprilia.

Passiamo ora a descrivere brevemente la procedura seguita per la misurazione:

- L'avantreno completo è stato rimosso dal motociclo ed è stato smontato nei singoli componenti (foto 2.8 e 2.9), anche per semplificare le operazioni di pesatura dato l'ingombro del medesimo e la ridotta superficie della bilancia.
- Si è provveduto a pesarlo nel suo insieme (vedi foto 2.10).
- La forcella nella configurazione presa in esame, è stata fissata ad una macchina di misurazione, che potremo definire "banco per misure inerziali dell'avantreno" (vedi foto 2.11 e capitolo 3).

- Dopo aver misurato la distanza tra i due centri degli steli, si è provveduto a calcolare la costante elastica torsionale  $K\phi$  delle molle di richiamo (vedi descrizione apparati sperimentali, capitolo 3).

- L'avantreno è stato misurato, partendo dalla configurazione definita "forcella nuda", dove con tale termine, si intende l'insieme di steli forcella, piastre e perno ruota.

- I singoli componenti smontati sono stati pesati con una bilancia di precisione.

- Partendo dalla configurazione di "forcella nuda", sono stati aggiunti, uno dopo l'altro, tutti i singoli componenti prima tolti, fino a raggiungere la configurazione di "forcella completa", rilevando di volta in volta il valore della frequenza di oscillazione tramite l'analizzatore FFT "Ono Sokki".

- Con semplici calcoli (che vedremo nella parte degli apparati sperimentali), si è ricavato il valore del momento di inerzia relativo alle varie configurazioni.



Foto. 2.8. L'avantreno completo viene smontato dalla motocicletta



Foto. 2.9. Avantreno smontato nei singoli componenti



Foto. 2.10. Pesata dell'avantreno smontato

I valori raccolti, sono presentati nelle seguenti schede, disposte con lo stesso ordine adottato per l'analisi dei tensori di inerzia della motocicletta nel suo insieme. In esse si riportano le masse dei singoli componenti che è stato possibile smontare dall'avantreno, le frequenze di oscillazione e il valore calcolato del momento di inerzia. Inoltre sono descritte anche alcune caratteristiche della forcella in esame, come la tipologia di funzionamento (tradizionale o rovesciata), il tipo di cerchio adottato, il pneumatico montato con specificazioni sulla misura e sulla marca, il diametro dei dischi freno, le misure caratteristiche geometriche, come interasse, diametro e offset (o avanzamento) degli steli. Questi ultimi dati sono per lo più descrittivi e sono citati con lo scopo di fornire una visione più completa della forcella presa in esame.



**Foto 2.11. Esempio di misurazione dell'inerzia dell'avantreno tramite "il banco di misura inerziale". Si nota anche l'analizzatore FFT Ono Sokki in primo piano, con relativo amplificatore.**

*Omissis.....*

## 2.6 Analisi inerziale delle ruote delle motociclette

Particolare importanza è stata data al contributo inerziale fornito dalle ruote. Per tale motivo, durante l'esame delle cinque motociclette, si è rilevato il momento d'inerzia, oltre che della ruota anteriore, anche di quella posteriore.

Per ogni modello di motocicletta, le ruote smontate sono state pesate (se non lo si era fatto in precedenza, come per le ruote anteriori) e poi misurate, rilevandone il momento d'inerzia rispetto sia all'asse polare che a quello diametrale.

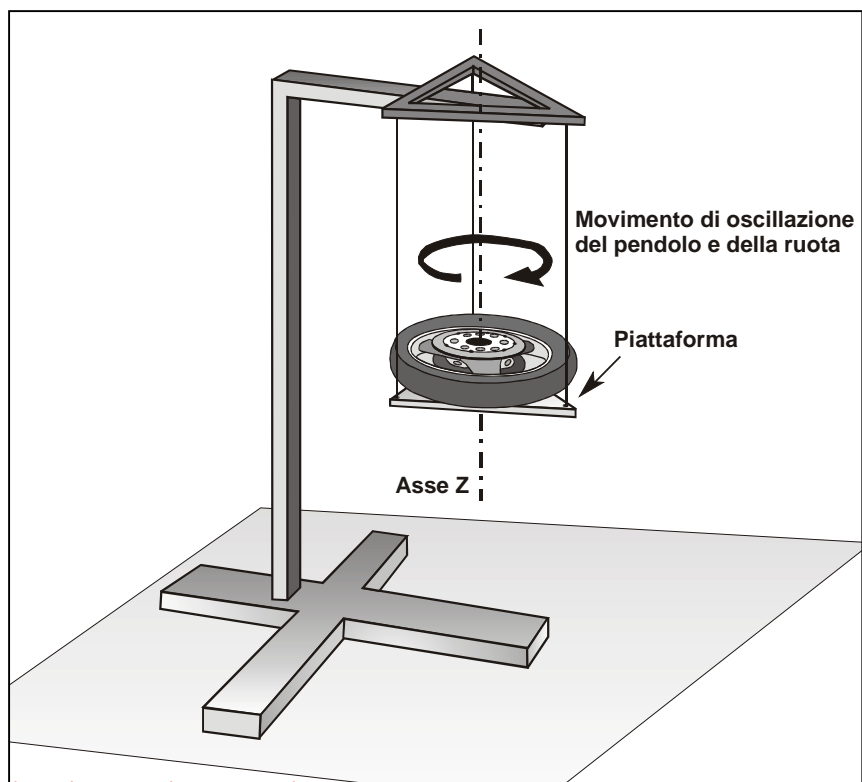
Il momento d'inerzia di **asse polare** è quello relativo al movimento della ruota attorno all'asse Z del toroide da essa costituito (in altre parole il momento d'inerzia generato dalla rotazione della ruota nello spostamento del veicolo durante la marcia rettilinea).

Quello di **asse diametrale**, invece è il momento ottenuto dalla rotazione della ruota attorno ad un suo diametro qualunque.

La misura del momento di inerzia di asse polare, o assiale, è stato ottenuta tramite uno speciale **pendolo**, detto **trifilare o pendolo torsionale a tre fili** (fig.2.4), per la struttura a tre fili che lo compone e per il movimento che si deve provocare per avere il valore cercato.

La ruota in esame è stata appoggiata al centro della piattaforma del pendolo, alla quale si è collegato l'accelerometro magnetico connesso con l'analizzatore FFT "Ono Sokki".

La piattaforma del pendolo è stata fatta ruotare attorno all'asse ad essa perpendicolare (parallelo ai fili di sostegno) e si è rilevata la frequenza di oscillazione. Con semplici calcoli si è ottenuto il momento d'inerzia del-



l'insieme ruota + piastra-forma del pendolo.

La stessa procedura è stata poi ripetuta con il pendolo scarico, facendo oscillare solo la piattaforma e ricavandone il momento di inerzia (nota la massa della piattaforma e il suo raggio). Sottraendo il valore ottenuto per la piattaforma al valore dell'insieme ruota + piattaforma, si è ottenuto il momento di inerzia della sola ruota.

Come controprova il momento di inerzia è stato misurato anche facendo oscillare la ruota in posizione verticale attorno ad un sostegno fisso. Collegata la ruota a questo telaio fisso, l'oscillazione è stata provocata intorno al suo asse di rotazione. Poiché il collegamento al telaio fisso non è stato realizzato per il centro della ruota (stimato come suo baricentro), si sono dovute fare delle correzioni, misurando di volta in volta, per le varie ruote, la distanza dal centro ruota al polo di oscillazione e applicando il teorema di Steiner (momento d'inerzia totale = momento di inerzia baricentrico + massa del corpo per il quadrato della distanza del baricentro dal punto di oscillazione).

Sullo stesso telaio e con lo stesso metodo è stato misurato anche il momento di inerzia diametrale (fig.2.5), facendo però oscillare la ruota rispetto all'attacco fisso, per poi ricavarne il momento rispetto all'asse diametrale segnato in figura.

La parte dei calcoli matematici per i valori ottenuti è stata svolta con un algoritmo di calcolo scritto col programma "MathView", che riporteremo nel capitolo seguente relativo alle metodologie di calcolo e agli apparati sperimentali usati.

Oltre ai valori ricavati fino ad ora, prima di rendere le motociclette al fornitore, sono stati raccolti alcuni dati relativi ad altre quote ciclistiche e caratteristiche costruttive dei motocicli, utili a completare questa panoramica sulle caratteristiche geometriche e inerziali.

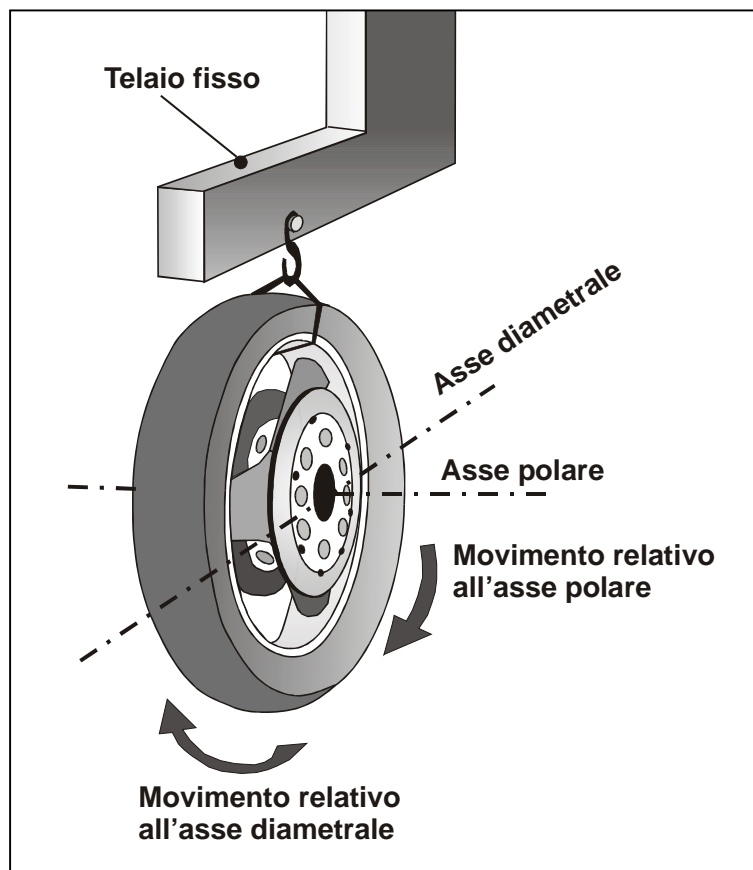


Fig. 2.5. Schema di misurazione dei momenti di inerzia polare e diametrale

Sono state misurate la distanza tra i cuscinetti di sterzo, la lunghezza dei forcelloni, l'altezza del perno del forcellone e del centro pignone dal suolo a moto verticale, sono stati contati i denti di corona e pignone e misurati i rispettivi raggi.

Tramite il raggio del pneumatico e il valore dei toroidi ricavato, si è ottenuta anche la misura del raggio primitivo del toroide di ogni ruota, cioè della distanza tra il centro ruota e il centro della generatrice del toroide stesso (una circonferenza perfetta nel nostro caso).

In questa sede riporteremo inoltre i valori dei **raggi giratori** per i momenti di inerzia principali  $\rho_x$ ,  $\rho_y$ ,  $\rho_z$ , cioè secondo gli assi X, Y, Z, ottenuti per i singoli modelli.

Per definire questi raggi dobbiamo immaginare la massa **m** del motociclo concentrata in un unico punto: il baricentro.

I momenti di inerzia relativi  $I_x$ ,  $I_y$ ,  $I_z$  sono appunto baricentrici, perciò in formule possiamo scrivere i raggi giratori come:

$$\rho_x = \sqrt{\frac{I_x}{m}} \qquad \rho_y = \sqrt{\frac{I_y}{m}} \qquad \rho_z = \sqrt{\frac{I_z}{m}}$$

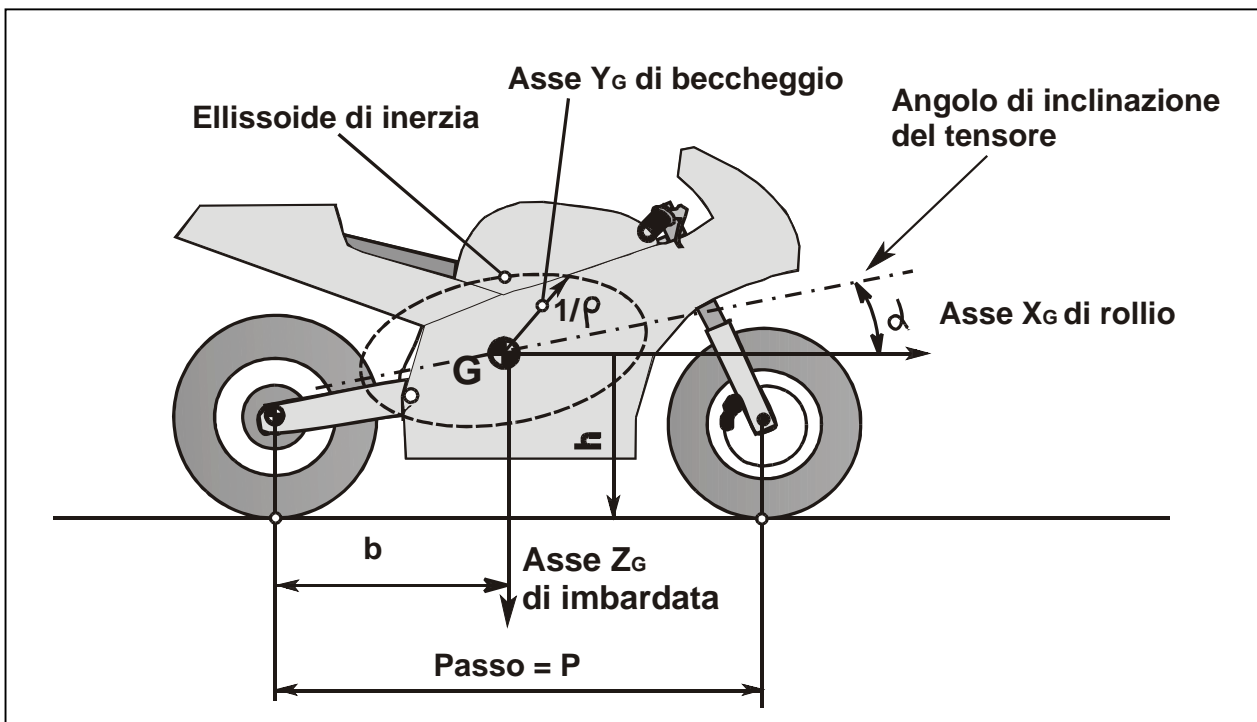
Si riportano anche i valori dei rapporti ( **$\rho$  /  $\rho$** ) tra i **raggi giratori** e l'**interasse** del veicolo, rapporto che dà anche una stima di quanto un motociclo è "compatto", nel senso di quanto sia raccolto attorno al suo baricentro.

Le schede che seguono riassumono brevemente i valori dei parametri più significativi tra quelli raccolti in questo studio, compresi questi ultimi appena citati.

Anche in questo caso l'ordine con cui verranno esposti i valori sarà lo stesso che è stato seguito per l'analisi del tensore di inerzia globale della motocicletta e per la misurazione del momento di inerzia dell'avantreno.

## 2.7 Schede riassuntive delle principali caratteristiche delle motociclette bicilindriche supersportive

*Omissis.....*



*Omissis.....*

*Omissis.....*

## Capitolo 3

### APPARATI SPERIMENTALI E METODOLOGIA DI MISURA

Le misurazioni eseguite hanno richiesto l'utilizzo di particolari strutture e apparati strumentali, alcuni dei quali appositamente costruiti per la misura da compiere, altri realizzati in precedenza per misure analoghe, altri ancora adattati secondo necessità. In questo capitolo si tenterà di dare una visione più semplice e completa possibile di tutte le procedure adottate nelle varie misure e del funzionamento dei vari strumenti utilizzati.

### ***3.1 Pesatura e baricentro***

Dal momento che in quasi tutti i rilevamenti eseguiti era necessario ricavare il valore della massa del motociclo o del singolo componente esaminato, questa misurazione è stata ripetuta più volte in condizioni diverse e con strumenti diversi.

Per la determinazione della massa del veicolo, si è utilizzata una bilancia di tipo commerciale della ditta BERKEL, con intervallo di lettura peso di 0.05 kg e fondo scala di 180 kg.

La bilancia usata è fornita di un piatto di pesata di dimensione piuttosto ridotte e quindi inadatta a pesare l'intera motocicletta in un'unica azione, perciò si è optato per una misurazione in due fasi: pesata dell'anteriore e poi del posteriore, avendo cura che le ruote, durante la misura, fossero sul medesimo piano parallelo al suolo.

Ottenuti i due valori, la massa totale è stata desunta dalla loro somma. Allo stesso tempo questo sistema ha fornito anche la massa che grava sull'asse anteriore e su quello posteriore in condizione di motocicletta verticale con ruote su un piano orizzontale.

Nei casi in cui la motocicletta in esame ha fatto registrare una massa, per ogni singolo asse, inferiore ai 100 kg, la misura è stata ripetuta con una bilancia elettronica di precisione della ditta NOAL (sensibilità pari a 0.050 kg e fondo scala a 100 kg, appunto) i cui risultati, confrontati con quelli ottenuti con la bilancia meccanica precedentemente citata, hanno dato buona rispondenza.

Riguardo la pesatura dei componenti dell'avantreno nella rilevazione delle sue caratteristiche inerziali, si è utilizzata una bilancia elettronica di precisione della ditta Mettler Toledo (mod. PG 5002-S), con fondo scala di 5100 grammi e sensibilità pari a 0.01 grammi.

La bilancia elettronica NOAL è stata usata per tutti le motociclette nella determinazione dell'altezza del suo baricentro dal piano stradale, dal momento che, in posizione inclinata, il carico per asse varia, diminuendo sull'asse che viene sollevato all'altezza H e aumentando su quello che si trova al suolo, (è chiaro che la massa totale del veicolo rimane comunque quella di partenza), permettendo così di pesare massa sempre inferiori ai 100 kg di portata massima.

Descriviamo ora la metodologia di misurazione del baricentro.

#### ***3.1.1 Determinazione della posizione del baricentro***

Il baricentro è individuato nello spazio attraverso le sue tre coordinate rispetto ad un sistema di riferimento opportunamente scelto. Nel piano longitudinale della moto però ne bastano due: lungo l'asse X e lungo l'asse Y, ossia secondo la lunghezza e l'altezza. La determinazione del baricentro del veicolo va fatta con una determinata configurazione e assetto come abbiamo già visto.

La coordinata longitudinale, noti i valori dell'interasse, del carico sul retrotreno e di quello complessivo della moto, si ottiene dalle seguenti relazioni:

$$X_G = \text{INTERASSE} \times \frac{P_{\text{post.}}}{P_{\text{tot.}}}$$

dove:

$X_G$  = distanza del baricentro dall'asse anteriore;

$P_{\text{post.}}$  = peso rilevato sull'asse posteriore;

$P_{\text{tot.}}$  = peso totale del motociclo

Per determinare l'altezza  $Y_G$  del baricentro si deve disporre il mezzo su un piano inclinato (vedi fig. 3.2) e seguire il procedimento qui riportato.

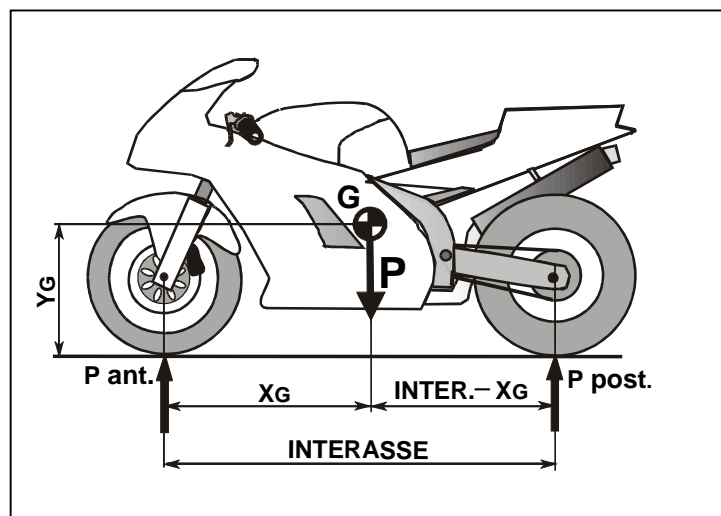


Fig. 3.1. Schema della posizione longitudinale del baricentro e distribuzione dei carichi

- 1- Dopo aver determinato il valore  $X_G$  della posizione orizzontale si passa alla pesatura della moto sollevandone la ruota posteriore ad una altezza nota (0.563 m nel nostro caso).
- 2- Si calcola la proiezione del passo della moto sull'orizzontale.
- 3- Si ricava la posizione (sempre orizzontale del baricentro  $X_{G2}$ ) con i nuovi carichi a moto inclinata.
- 4- Si ottiene l'altezza  $Y_G$  del baricentro con una soluzione grafica o per mezzo delle formule riportate in seguito

Vediamo ora in dettaglio il metodo.

Solleviamo la ruota posteriore sulla pedana ( $H=0.563$  m) e ripetiamo le pesate, rilevando un carico  $P_{\text{ant.2}}$  maggiore sull'asse anteriore e un carico  $P_{\text{post.2}}$  minore su quello posteriore rispetto a quelli registrati col mezzo orizzontale.

Se ora calcoliamo la posizione del baricentro in questa configurazione, lo troveremo spostato verso la ruota anteriore.

La proiezione dell'Interasse<sub>1</sub> sul piano orizzontale è:

$$\text{Interasse}_2 = \sqrt{(\text{Interasse}_1)^2 - H^2}$$

dove:

**Interasse<sub>2</sub>** = interasse ottenuto a moto inclinata (proiezione sull'orizzontale che sarà minore dell'interasse<sub>1</sub>);

**Interasse<sub>1</sub>** = interasse a moto orizzontale;

**H** = altezza a cui è sollevata la ruota della moto;

Con lo stesso procedimento adottato a moto orizzontale, si calcola la nuova distanza del baricentro dall'asse anteriore:

$$X_{G_2} = \text{INTERASSE}_2 \times \frac{P_{\text{post.2}}}{P_{\text{tot.}}}$$

A questo punto possiamo usare il metodo grafico, segnando in scala le posizioni dei due baricentri  $X_{G_1}$  e  $X_{G_2}$ , il primo sulla linea del piano inclinato e l'altro sul piano orizzontale. Si tracciano due rette, perpendicolari ai rispettivi piani e passanti per  $X_{G_1}$  (quella relativa al piano inclinato) e per  $X_{G_2}$  (quella relativa al piano orizzontale).

L'intersezione delle due rette individua la posizione cercata del baricentro nel piano verticale mediano della moto (vedi fig.3.2).

Il metodo per la determinazione dell'altezza del baricentro appena esposto è sicuramente il più comodo e facile da applicare, ma non è l'unico. Vale la pena di fare una parentesi e citarne un altro, più complesso da eseguire, ma meno artificioso da un punto di vista matematico, anche se applicabile solo a motociclette piuttosto leggere.

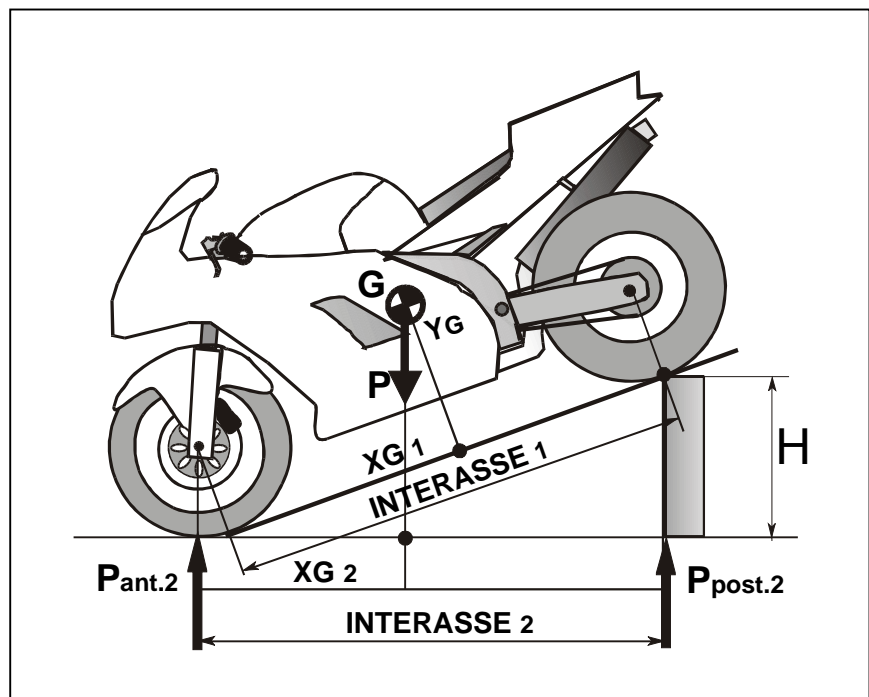


Fig. 3.2. Schema grafico della determinazione dell'altezza del baricentro  $Y_G$

Innanzitutto si deve determinare la posizione della verticale passante per il baricentro, calcolando la distanza  $X_G$  del baricentro dalla ruota anteriore, oppure il valore di  $b = \text{interasse meno } X_G$ .

Determinata la retta verticale passante per  $X_G$  (fig. 3.3) si segna la sua posizione sulla moto posta in verticale, con le ruote sullo stesso piano orizzontale, con una striscia di nastro adesivo (sulle motociclette sportive questa operazione è facilitata dalla presenza della carenatura che offre una superficie quasi piana per l'applicazione del nastro adesivo).

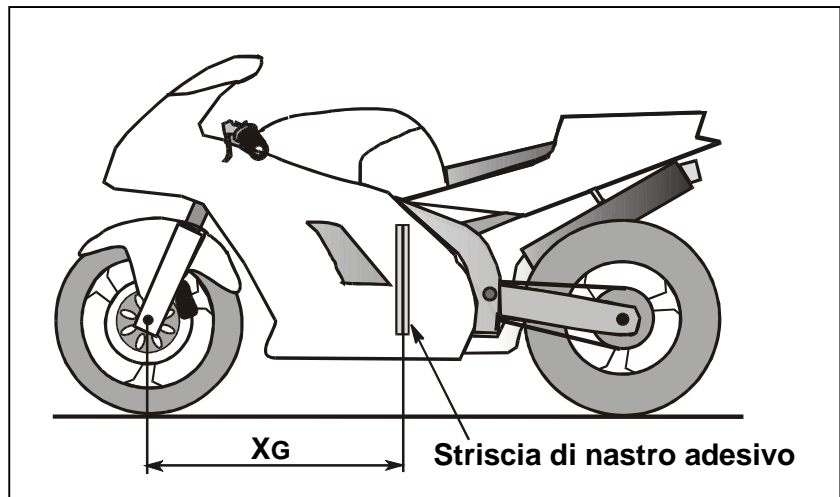


Fig. 3.3. Posizionamento del riferimento in nastro adesivo

Successivamente il motociclo viene appeso per il cerchione posteriore ad un gancio sottile posto ad un'altezza maggiore della lunghezza complessiva del veicolo.

Nel punto di aggancio si collega un filo con un pendolo di piombo all'estremità (filo a piombo) e una volta che il sistema si trova in quiete, l'intersezione del filo con la linea di nastro adesivo, precedentemente tracciata, fornisce il punto in cui si trova il baricentro (fig. 3.4).

A questo punto è sufficiente riportare il motociclo in posizione orizzontale e misurare la distanza  $Y_G$  del punto determinato dal suolo.

Chiaramente l'applicabilità del metodo è condizionata dalla possibilità di alzare la motocicletta (con un elevatore per esempio) e dal peso della stessa, dal momento che la sua massa deve essere sostenuta dal cerchio posteriore.

### 3.2 *Tensore di inerzia*

Si definisce **momento di inerzia**  $I$  di un qualunque sistema di particelle rispetto ad una retta  $r$ , la somma dei prodotti delle masse per i quadrati delle distanze dei loro punti di applicazione dalla retta.

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Meccanica –  
Relatore: Prof. Vittore Cossalter Laureando: Francesco Toffolo

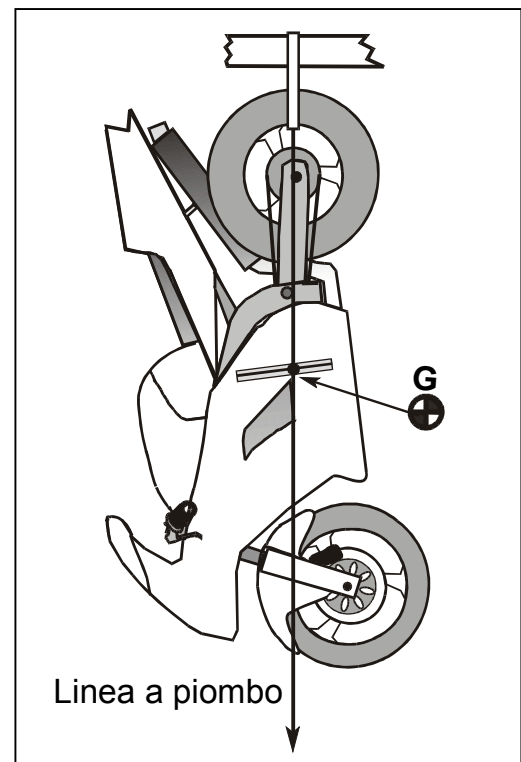


Fig. 3.4. Determinazione dell'intersezione dei due riferimenti per determinare il baricentro

In formule, detta  $m_i$  la massa del generico punto  $P_i$  del sistema e  $\delta_i$  la sua distanza dalla retta  $r$ , si ha:

$$I = \sum^n m_i \delta_i^2$$

Nel caso si tratti di un sistema continuo  $C$ , di densità  $\mu$  il momento di inerzia rispetto alla retta  $r$  è dato da:

$$I = \int_C \mu \delta^2 dC$$

Se immaginiamo di concentrare la massa totale  $m$  in un punto, per qualunque sistema otteniamo **il raggio giratore**:

$$\rho = (I/m)^{1/2}$$

Si vede chiaramente che il momento d'inerzia è esprimibile come:

$$I = m \rho^2$$

con le dimensioni di una massa per una lunghezza al quadrato [ $\text{kg} \times \text{m}^2$ ].

Se la retta  $r$  varia di direzione nello spazio, pur passando sempre per un punto fisso  $O$ , la sua posizione può essere determinata dai suoi coseni direttori  $\alpha, \beta, \gamma$  rispetto alla terna di riferimento di origine  $O$  (vedi figura sotto). La proiezione su  $r$  di un punto  $P_i$  del sistema supposto particellare è  $Q_i$ .

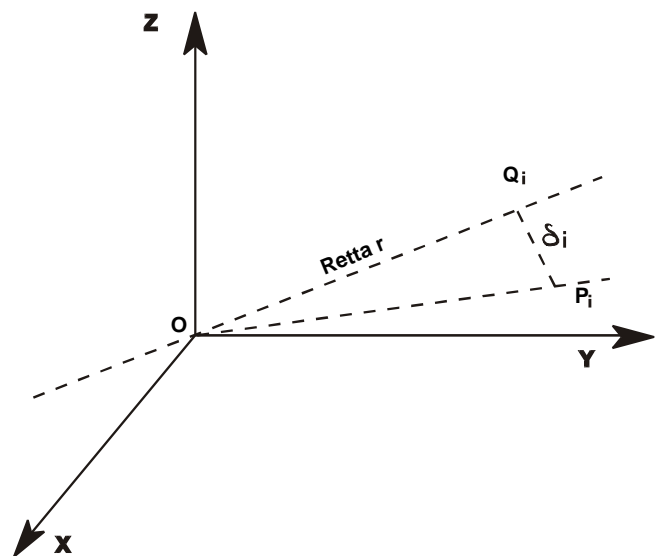
La distanza (vettoriale) tra  $P_i$  e  $Q_i$  è:

$$\delta_i^2 = |OP_i|^2 - |OQ_i|^2$$

Dato che  $|OQ_i|$  è uguale al modulo della componente del vettore  $OP_i$  (di componenti  $x_i, y_i, z_i$ ) secondo la retta  $r$ , si ha:

$$|OQ_i| = |\alpha x_i + \beta y_i + \gamma z_i|$$

$$|OP_i|^2 = x_i^2 + y_i^2 + z_i^2$$



Dalle due relazioni precedenti si ottiene:

$$\delta_i^2 = x_i^2 + y_i^2 + z_i^2 - (\alpha x_i + \beta y_i + \gamma z_i)^2$$

Sviluppando il quadrato e raccogliendo i termini simili:

$$\delta_i^2 = (y_i^2 + z_i^2) \alpha^2 + (x_i^2 + z_i^2) \beta^2 + (x_i^2 + y_i^2) \gamma^2 - 2 x_i y_i \alpha \beta - 2 x_i z_i \alpha \gamma - 2 y_i z_i \beta \gamma$$

Per ottenere l'espressione del momento di inerzia  $I$  in funzione di  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  occorre introdurre l'equazione appena ricavata in  $I = \sum^n m_i \delta_i^2$ .

Ponendo:

$$A = \sum^n m_i (y_i^2 + z_i^2) \quad B = \sum^n m_i (x_i^2 + z_i^2) \quad C = \sum^n m_i (x_i^2 + y_i^2)$$

$$A' = \sum^n m_i y_i z_i \quad B' = \sum^n m_i x_i z_i \quad C' = \sum^n m_i x_i y_i$$

si ottiene:

$$I = A\alpha^2 + B\beta^2 + C\gamma^2 - 2A' \beta \gamma - 2B' \alpha \gamma - 2C' \alpha \beta$$

Se ci si riferisce ad un sistema continuo, l'espressione di  $I$  resta valida: i precedenti valori vanno però modificati con le seguenti posizioni:

$$A = \int_c \mu (y^2 + z^2) dC \quad B = \int_c \mu (x^2 + z^2) dC \quad C = \int_c \mu (x^2 + y^2) dC$$

$$A' = \int_c \mu yz dC \quad B' = \int_c \mu xz dC \quad C' = \int_c \mu xy dC$$

Le quantità  $A$ ,  $B$ ,  $C$  coincidono con i momenti di inerzia del sistema rispetto agli assi  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Le quantità  $A'$ ,  $B'$ ,  $C'$  sono i momenti centrifughi o prodotti misti.

L'insieme delle quantità  $A$ ,  $B$ ,  $C$  e  $A'$ ,  $B'$ ,  $C'$  si può rappresentare con un operatore matriciale simmetrico, detto operatore oppure tensore di inerzia  $\sigma$ :

$$|\sigma| = \begin{vmatrix} +A & -C' & -B' \\ -C' & +B & -A' \\ -B' & -A' & +C \end{vmatrix}$$

Dopo questa premessa puramente matematica sul momento e sul tensore d'inerzia di un corpo continuo, passiamo ad analizzare l'apparecchiatura che ne ha permesso l'analisi per i vari modelli di motociclo esaminati.

### 3.2.1 Misure del momento di inerzia

Spesso ci si trova di fronte alla necessità di calcolare il momento di inerzia di oggetti dalle forme più svariate e questo può apparire un problema di difficile

soluzione. Per esempio consideriamo un corpo complesso come un telaio di autovettura. Se vogliamo trovarne il momento di inerzia relativo alla sua rotazione, rispetto al suo asse verticale baricentrico, possiamo ricondurre il suo comportamento dinamico a quello di un moto rotazionale noto.

Data la loro forma, per molti corpi come bielle e manovelle, si può pensare che tutta la massa sia disposta su un unico piano (il corpo si approssima a bidimensionale). Una volta pesato e dopo averne determinato le coordinate del baricentro, il corpo in questione viene sospeso come un pendolo e fatto oscillare. A questo punto il momento di inerzia proprio dell'oggetto esaminato può essere desunto dalla rilevazione del suo periodo di oscillazione o dalla frequenza (che è il suo reciproco). Per ottenere i migliori risultati sperimentali, il componente da esaminare deve essere sospeso per mezzo di un perno situato in prossimità del baricentro, ma non coincidente con esso.

Quando il corpo viene spostato di un angolo pari a  $\theta$  (vedi fig. 5.3), la forza di gravità  $\mathbf{mg}$  agisce nel punto  $G$  (che non è il baricentro). Dalla somma dei momenti di inerzia per il polo di oscillazione  $O$  si ottiene:

$$\sum \mathbf{M}_O = -\mathbf{mg}(r_G \sin \theta) - I_0 \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = 0$$

Il pendolo viene spostato di piccoli angoli e perciò si può sostituire il seno dall'angolo col suo valore  $\theta$ . L'equazione differenziale può essere scritta come:

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} + \frac{(\mathbf{m}g r_G)}{I_0} \theta = 0$$

Questa equazione ha per soluzione:

$$\theta = c_1 \sin \sqrt{\frac{\mathbf{m}g r_G}{I_0}} t + c_2 \cos \sqrt{\frac{\mathbf{m}g r_G}{I_0}} t$$

ove  $c_1$  e  $c_2$  sono le costanti di integrazione.

Spostando il pendolo di un piccolo angolo  $\theta_0$  e rilasciandolo senza imporre velocità iniziale, si ottiene che per  $t = 0$ ,  $\theta = \theta_0$  e  $(\partial \theta / \partial t) = 0$ .

Sostituendo le condizioni al contorno nella precedente equazione e nella sua derivata prima, otteniamo  $c_1 = 0$  e  $c_2 = \theta_0$ .

La soluzione dunque risulta:

$$\theta = \theta_0 \cos \sqrt{\frac{\mathbf{m}g r_G}{I_0}} t$$

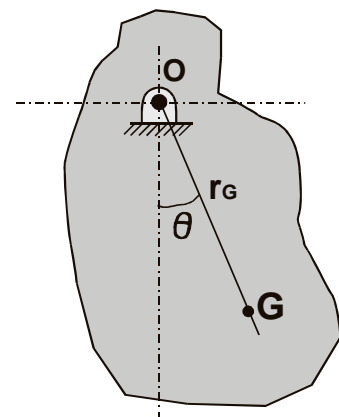


Fig. 3.5. Pendolo semplice

Dal momento che la funzione coseno ripete se stessa ogni  $360^\circ$  o  $2\pi$  radianti, il periodo di oscillazione è:

$$\tau = 2\pi \sqrt{\frac{I_0}{mgr_G}}$$

Si ottiene così il momento di inerzia cercato:

$$I_0 = mgr_G \left( \frac{\tau}{2\pi} \right)^2$$

Per applicare questa equazione è necessario pesare il corpo in esame (per ricavare  $mg$ ), misurare la lunghezza  $r_G$  e, quando il pendolo è in movimento, si deve rilevare il periodo  $\tau$  o la frequenza  $\nu$ . Applicando quest'ultima relazione posso trovare il momento di inerzia  $I_0$  per il polo  $O$ . Se invece si vuole il momento di inerzia relativo al baricentro basta correggere il risultato con l'applicazione del teorema di Huygens – Steiner, già citato in precedenza (pag. 141).

Il momento di inerzia può essere determinato anche senza conoscere la massa del corpo in esame. Infatti, se colleghiamo al baricentro dello stesso una biella sottile oppure un cavo, ricaviamo che la **rigidezza torsionale**  $k_t$  della biella o del cavo (vedi fig. 6.3), è definita come la forza di torsione necessaria a far ruotare questo sostegno di un angolo unitario. In questo caso, se il corpo viene ruotato di tale angolo unitario  $\theta$  e poi rilasciato, l'equazione del moto sarà:

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} + \frac{k_t}{I_G} \theta = 0$$

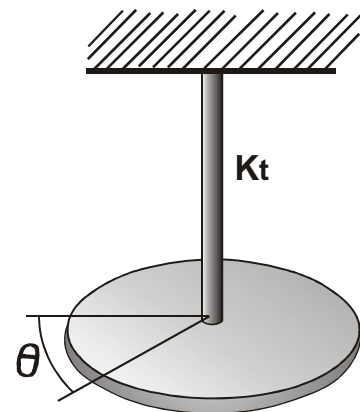


Fig. 3.6. Pendolo torsionale

Questa equazione è molto simile a quella vista in precedenza e, con le stesse condizioni al contorno, fornisce la soluzione:

$$\theta = \theta_0 \cos \sqrt{\frac{k_t}{I_G}} t$$

Il periodo di oscillazione risulta quindi:

$$\tau = 2\pi \sqrt{\frac{I_G}{k_t}}$$

Il momento d'inerzia che ne deriva sarà:

$$I_G = k_t \left( \frac{\tau}{2\pi} \right)^2$$

La rigidezza torsionale solitamente è nota, oppure si desume dalla lunghezza, diametro e materiale di cui è composta la biella o il cavo. Chiaramente si può ottenere il valore della rigidezza torsionale una volta noto il momento di inerzia.

Tra gli apparati di misura usati, che sfruttano i metodi appena esposti per la determinazione del momento d'inerzia relativo all'asse verticale passante per il baricentro, troviamo **il pendolo trifilare o pendolo torsionale a tre fili, la pedana per misure di inerzia e il banco per misure di inerzia dell'avantreno.**

### 3.2.2 Pendolo trifilare

Di questo apparato di misura abbiamo già discusso nel capitolo 2, nella parte relativa alla misurazione del momento di inerzia di asse polare. In questa trattazione del pendolo trifilare, vedremo le equazioni e le implicazioni matematiche che descrivono la sua applicazione.

Questo apparecchio, che permette misure del momento di inerzia piuttosto accurate, è composto da una piattaforma leggera sostenuta da tre fili sottili di ugual misura ed ugualmente distanti rispetto al suo centro.

Al centro della piattaforma, rotonda o triangolare, viene posto il corpo che si deve misurare, in modo che il suo baricentro coincida con il centro della piattaforma stessa. Quest'ultima viene poi fatta oscillare intorno al suo asse verticale (vedi figura 3.7, in cui è riportato sia lo spostamento angolare dei fili  $\Phi$ , che quello della piattaforma).

La somma dei momenti di inerzia rispetto all'asse Z risulta:

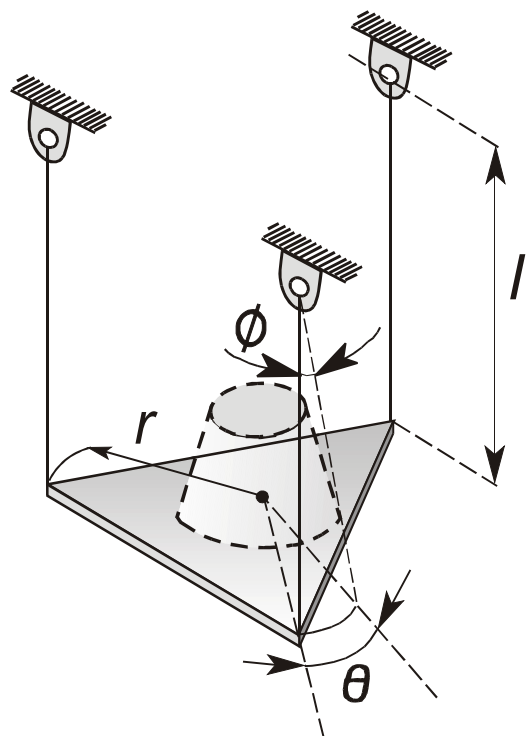


Fig. 3.7. Schema del pendolo trifilare

$$\sum M^Z = -r(m + m_p)g \sin \Phi - (I_G + I_p) \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = 0$$

dove:

$m$  = massa del corpo da misurare

$m_p$  = massa della piattaforma

$I_G$  = momento d'inerzia del componente

$I_p$  = momento d'inerzia della piattaforma

$r$  = raggio della piattaforma

$\theta$  = spostamento angolare della piattaforma

$l$  = lunghezza dei fili

$\Phi$  = spostamento angolare dei fili

$Z$  = asse verticale passante per il centro della piattaforma

Approssimando il valore del seno con quello dell'angolo, visto che imponiamo piccole oscillazioni, otteniamo:

$$\Phi = \frac{r}{l} \theta$$

L'equazione dei momenti diventa allora:

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} + \frac{(m + m_p)gr^2}{(I_G + I_p)l} \theta = 0$$

La soluzione ottenuta è:

$$I_G + I_p = \frac{(m + m_p)r^2 g}{l} \left( \frac{\tau}{2\pi} \right)^2$$

Non è superfluo ricordare che prima si devono misurare la lunghezza dei fili, il raggio della piattaforma e il momento di inerzia di quest'ultima scarica, poi, con questi valori, applicando la formula precedente, si ricava il valore del momento di inerzia per il corpo in esame.

### 3.2.3 Pedana per misure di inerzia

*Omissis.....*

### 3.2.4 Banco per misure inerziali dell'avantreno

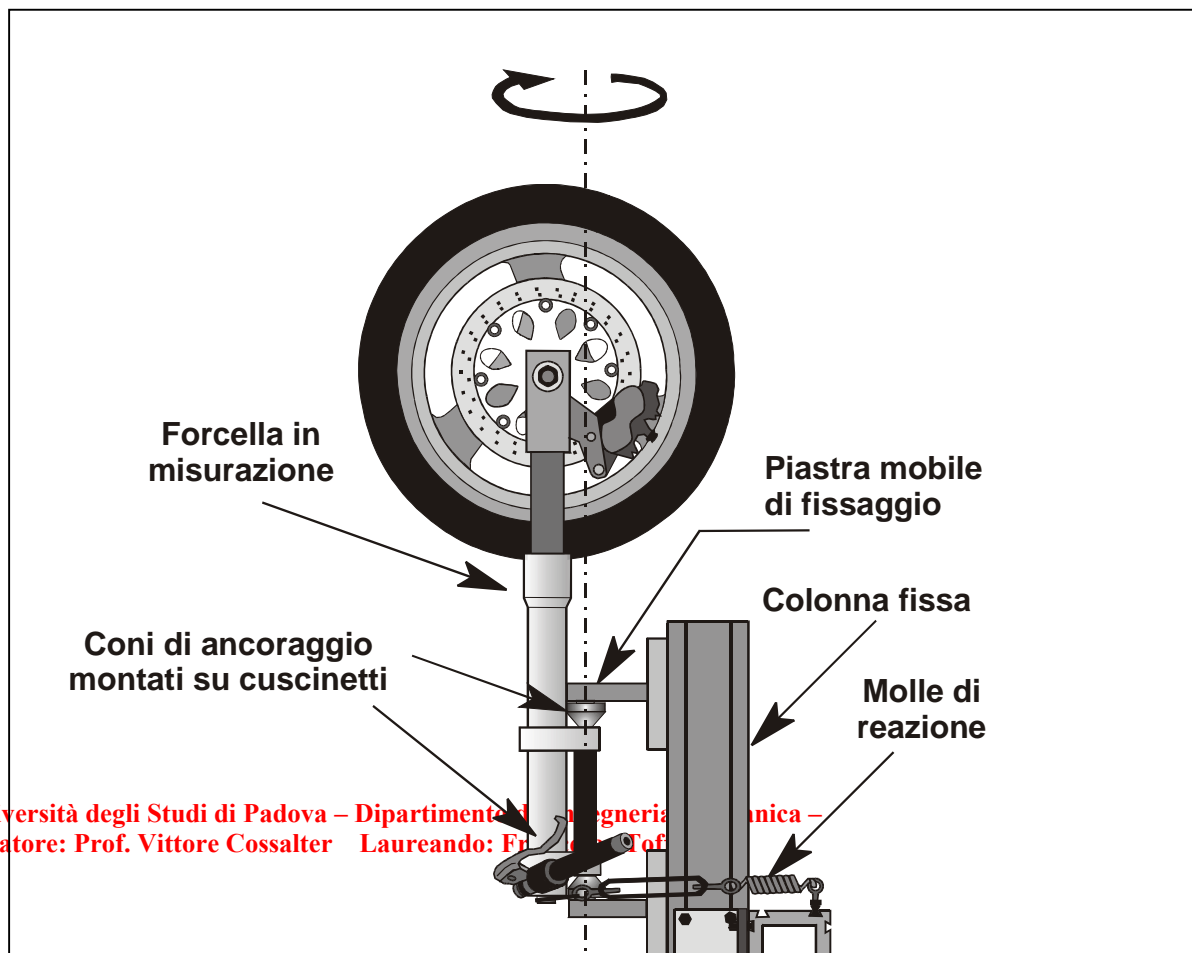
Tra le apparecchiature utilizzate nelle misurazioni, merita un posto di primo piano la macchina che abbiamo definito “banco per misure inerziali dell'avantreno” (fig. 3.9). Questa apparecchiatura, come abbiamo già specificato in precedenza, permette di misurare il momento di inerzia dell'avantreno delle motociclette rispetto all'asse di sterzo.

Essa consta infatti di un telaio fisso formato da una colonna verticale e da una colonna orizzontale, ad essa collegata, regolabile in altezza tramite bulloni.

Sulla parte anteriore troviamo due piastre munite di cono e contro cono, montati su cuscinetti atti a farli ruotare, delegati al fissaggio della forcella durante la misurazione. Quest'ultima viene fissata, oltre che con i coni, anche con dei ganci collegati a due molle di reazione che servono per smorzare il movimento impresso al sistema.

La rilevazione della frequenza di oscillazione ottenuta viene ottenuta tramite il solito analizzatore FFT “Ono Sokki”. Note la frequenza di oscillazione  $\nu$  e la costante di rigidità torsionale delle molle di richiamo  $k_\varphi$ , il valore del momento di inerzia  $I$  si ricava con la relazione:

$$I = \frac{k_\varphi}{(2\pi\nu)^2}$$



### 3.2.5 Misurazione del momento di inerzia delle ruote

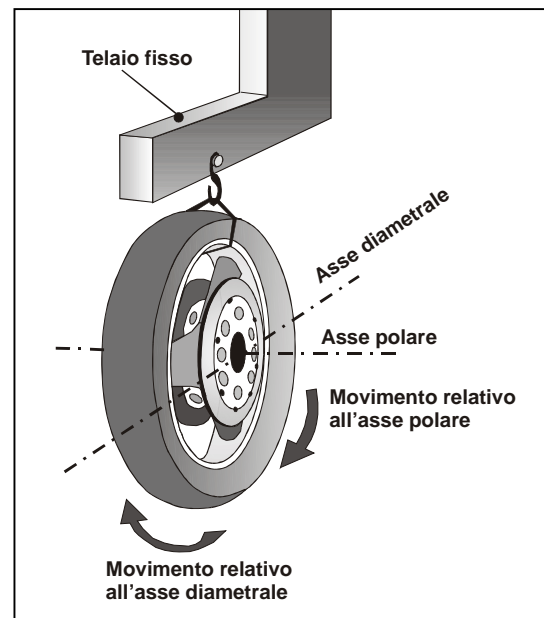
La misura del momento di inerzia delle ruote, oltre che tramite il pendolo trifilare che abbiamo già illustrato, è stata ottenuta anche facendole oscillare appese ad un telaio fisso, misurando la frequenza di oscillazione e calcolando poi il momento derivante.

Per realizzare questa misura ci siamo serviti della struttura descritta nel paragrafo precedente, utilizzando la colonna e il supporto molle di reazione come telaio fisso, su cui appendere le ruote per permettere la loro oscillazione (vedi fig.3.10).

Il fissaggio è stato realizzato ad una estremità del cerchione, con del filo sottile.

Essendo il centro ruota (baricentro) non coincidente con il punto di ancoraggio della ruota col telaio fisso, sono state necessarie delle correzioni. Per tale motivo, di volta in volta, si è misurata la distanza del perno dal punto estremo del pneumatico e questa, sommata al raggio ruota, ha permesso di ricavare il valore del momento cercato.

Anche in questo caso, si è utilizzato un semplice algoritmo di calcolo, realizzato col programma “MathView” che riportiamo di seguito per la ruota posteriore dell’Aprilia SL 1000.



**Fig. 3.10. Determinazione dei momenti di asse polare e diametrale delle ruote**

☰ Inerzia asse polare

$\omega = 2\pi f$

$f = 0.7375$

$m = 16.2$

$l = 0.317 + 0.02$

$g = 9.806$

$\omega = \sqrt{\frac{m g l}{I_G + m l^2}}$

$\triangle I_G = \frac{g l m}{\omega^2} - l^2 m$  Isolate

$\triangle I_G = 0.65336$  Calculate

☰ Inerzia asse diametrale

$\omega = 2\pi f$

$f = 0.79$

$m = 16.2$

$l = 0.317 + 0.02$

$g = 9.806$

$\omega = \sqrt{\frac{m g l}{I_G + m l^2}}$

$\triangle I_G = \frac{g l m}{\omega^2} - l^2 m$  Isolate

$\triangle I_G = 0.333$  Calculate

Dove:  $\omega$  = velocità angolare del moto periodico,  $f$  = frequenza rilevata,  $m$  = massa della ruota,  $l$  = somma della lunghezza del raggio più la distanza dal polo di oscillazione,  $g$  = accelerazione di gravità,  $I_G$  = momento d'inerzia cercato.

## Conclusioni

Come era già stato anticipato, questo studio ha avuto un duplice scopo: il primo è stato quello di evidenziare quale sia la tendenza costruttiva delle motociclette degli ultimi quindici anni, per quanto riguarda le caratteristiche geometriche ed inerziali. Il secondo, invece, è stato quello di analizzare dettagliatamente alcuni motocicli sportivi, al fine di confrontarli tra loro e comparare le caratteristiche rilevate con quelle dichiarate dalle case costruttrici.

L'analisi degli ottanta modelli ha evidenziato come le caratteristiche relative a motociclette diverse, sebbene accomunate dall'impiego stradale, si siano evolute in modo da privilegiare la guida sportiva.

Per ciò che riguarda le prestazioni che abbiamo definito "pure", si è infatti registrata una diminuzione globale del peso, che è andata di pari passo con l'aumento della potenza massima erogata dal motore. Allo stesso modo, si è vista crescere la velocità massima raggiungibile, tanto che, per esempio, i 250-260 km/h raggiungibili dalle motociclette sportive di cilindrata superiore degli anni ottanta, sono ora alla portata di motociclette di soli 600 cm<sup>3</sup>. Naturalmente questo incremento prestazionale è dovuto anche all'adozione di carenature di dimensioni più ridotte e aerodinamiche, che sicuramente hanno penalizzato la protezione del pilota, a favore di una maggior penetrazione dell'aria da parte del veicolo.

Le caratteristiche geometriche si sono evolute allo stesso modo, sacrificando relativamente il comfort di guida e la stabilità sul veloce, a favore di una maggior reattività e prontezza nei cambi di direzione.

Le misure di avancorsa, passo e angolo di inclinazione dello sterzo sono infatti diminuite, confermando tra l'altro la tendenza a costruire veicoli più compatti e maneggevoli.

Contemporaneamente si è evidenziata la crescita delle misure dei toroidi dei pneumatici, chiaramente in modo più significativo per quello posteriore, a riprova che, oltre ad incrementare la potenza, si è reso necessario poterla scaricare a terra in maniera efficace.

Le gomme infatti sono cresciute in larghezza, ma sono diminuite proporzionalmente nell'altezza laterale (come abbiamo già precisato, sono più ribassate).

Questa soluzione è sicuramente stata resa possibile, dal notevole sviluppo di cui ha beneficiato la ricerca e la tecnologia costruttiva dei pneumatici, chiamati a sopportare sollecitazioni sempre maggiori date le prestazioni in gioco dei motocicli e le esigenze non solo dei piloti, ma anche dei motociclisti di ogni giorno. L'aver ridotto l'altezza laterale del pneumatico, aumentandone contemporaneamente la larghezza, ha permesso l'adozione di pneumatici caratterizzati da una maggiore rigidità, fondamentale in curva per evitare spiacevoli flessioni. Inoltre le superfici di contatto col suolo sono maggiori e i diametri restano contenuti. Il diametro esterno dei pneumatici, è infatti di grande importanza, come abbiamo visto, poichè contribuisce

in maniera primaria al momento di inerzia delle ruote, anche perché, si ricorda, la maggior parte della massa della ruota è localizzata nella sua parte più esterna. Si è evidenziato, inoltre, come la tendenza costruttiva si sia orientata su diverse misure del diametro di calettamento. Nei primi anni ottanta le misure più comuni erano di 18 pollici per entrambe le ruote. Successivamente si è passati ad una soluzione mista, con misure di 16 pollici per l'anteriore e 18 al posteriore, compromesso, non troppo riuscito, di stabilità e maneggevolezza. Attualmente si adottano cerchi di 17 pollici, come migliore soluzione, ma, dal momento che le realizzazioni stradali rispecchiano le scelte delle competizioni, si può presumere che entro breve la misura più comune sarà quella di 16.5 pollici, già diffusa sia nel Motomondiale che nel campionato Superbike.

Nella seconda parte dell'analisi svolta, lo studio dei motocicli bicilindrici ha evidenziato una buona corrispondenza con i valori dichiarati dalle case costruttrici. Le piccole differenze tra alcuni valori, possono imputarsi a diverse tarature delle sospensioni, le quali possono determinare variazioni nell'interasse e dell'avancorsa; oppure variazioni del peso, dovute alla presenza di una minor quantità di olio motore, di liquido della batteria (come nel caso della Honda VTR la cui batteria non era ancora stata riempita col relativo acido).

I modelli sottoposti all'analisi inerziale, si sono dimostrati piuttosto uniformi per quel che riguarda i loro momenti di inerzia rispetto al baricentro, mantenendosi su valori piuttosto contenuti, che fanno comprendere come tutti e cinque i motocicli siano altamente maneggevoli. Spicca fra questi, anche se di poco, la Suzuki TL 1000, che presenta valori dei momenti minori rispetto agli altri, mostrando anche una maggior compattezza, confermata dai rapporti tra la misura dei raggi giratori quella del passo. Discorso opposto per l'Aprilia RSV 1000, che presenta invece i valori dei momenti d'inerzia più alti tra quelli rilevati, ma come abbiamo già detto, per avere un riscontro più preciso e attendibile, si sarebbe dovuto riportare le moto alle condizioni standard. Per questo motivo, il posto di moto meno maneggevole spetta alla Honda VTR 1000. La situazione del tensore globale, non rispecchia perfettamente quella delle forcelle, dove la meno dotata di inerzia è risultata quella che equipaggia la Ducati 996.

Molto proficuo è stato anche il confronto tra le due forcelle, standard e sperimentale ad inerzia ridotta: si è infatti evidenziato come, con semplici accorgimenti, sia effettivamente possibile ridurre il momento di inerzia, senza variare la massa. Il metodo si può considerare valido, anche se non è sicuramente la strada ideale per ottenere i risultati più consistenti.

A questo punto, alla luce dell'analisi svolta, possiamo dire che il motociclo stradale si sta rivelando una macchina sempre più sportiva e divertente, efficace e veloce, e, forse, sempre più indirizzata ad un utilizzo "da solo" piuttosto che in coppia, come d'altra parte, si nota già da un esame visivo della forma e delle dimensioni esteriori molto compatte di una motocicletta sportiva attuale.

## Bibliografia

- [1] Vittore Cossalter  
“Cinematica e dinamica della motocicletta”  
Edizioni Progetto, 1999 Padova
  
- [2] John Bradley  
“The Racing Motorcycle. A technical guide for constructors”  
Broadland Leisure Publications, 1996, York-England
  
- [3] Giuseppe Grioli  
“Lezioni di meccanica razionale”  
Edizioni libreria Cortina, 1988 Padova
  
- [4] Joseph Edward Shigley / John Joseph Uicker, Jr.  
“Theory of machines and mechanisms” second edition  
Mc Graw-Hill, Inc. New York
  
- [5] Gabriele Piaggio  
“Misure importanti. Gli effetti del baricentro e interasse”  
Dalla rivista mensile “IN MOTO” numero 8-9 anno 2000
  
- [6] Beniamino Pontiggia  
“Tecnica e quote ciclistiche. Equilibrio magico”  
Dalla rivista mensile “Motociclismo” numero 5 anno 1992
  
- [7] Mario Colombo  
“Due cilindri in pose varie”  
Dalla rivista mensile “Motociclismo” numero 9 anno 1992
  
- [8] Gabriele Serpilli  
“Il baricentro, quel punto invisibile”  
Dalla rivista mensile “Mototecnica” numero 1 anno 1997
  
- [9] Vanni Spinoni  
“Superba Superbike. Aprilia RSV Mille SBK”  
Dalla rivista mensile “In Moto” numero 10 anno 2000

Annate della rivista mensile “Motociclismo” dal 1985 al 2000

**Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Meccanica –  
Relatore: Prof. Vittore Cossalter – Laureando: Francesco Toffolo**

Annate della rivista settimanale “Motosprint” dal 1992 al 2000

Annate della rivista mensile “In Moto” dal 1992 al 2000

Immagini da Internet dei modelli di motocicletta riportati



# Indice

<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
<b>I.1</b> Cinematica della motocicletta	<b>2</b>
<b>I.2</b> Geometria della motocicletta	<b>3</b>
<b>I.2.1</b> L'importanza dell'avancorsa	<b>4</b>
<b>I.2.2</b> Ancora sull'angolo di inclinazione dello sterzo	<b>10</b>
<b>I.3</b> Il baricentro	<b>10</b>
<b>I.4</b> Movimenti di beccheggio, rollio e imbardata	<b>14</b>
<b>Capitolo 1 - Analisi generale delle caratteristiche delle motociclette sportive prodotte dal 1985 fino al 2000</b>	<b>17</b>
<b>1.1</b> Breve introduzione all'evoluzione delle caratteristiche dei motocicli	<b>17</b>
<b>1.2</b> Analisi generale delle caratteristiche dei motocicli	<b>20</b>
<b>1.3</b> Schede tecniche delle motociclette analizzate	<b>25</b>
<b>1.3.1</b> Precisazioni sulle unità di misura riportate nelle schede tecniche	<b>25</b>
<b>1.4</b> Analisi statistica dei valori raccolti nelle schede tecniche	<b>58</b>
<b>1.4.1</b> Diagrammi della variazione della misura dell'interasse in funzione dell'anno di produzione	<b>60</b>
<b>1.4.2</b> Diagrammi della variazione della misura dell'angolo di inclinazione dello sterzo in funzione dell'anno di produzione	<b>63</b>
<b>1.4.3</b> Diagrammi della variazione della misura dell'avancorsa in funzione dell'anno di produzione	<b>66</b>
<b>1.4.4</b> Diagrammi della variazione della massa per i motocicli in funzione dell'anno di produzione	<b>69</b>
<b>1.4.5</b> Diagrammi della variazione del rapporto (Avancorsa / Interasse) per i motocicli in funzione dell'anno di produzione	<b>72</b>
<b>1.4.6</b> Diagrammi della variazione del rapporto (Peso/Potenza) per i motocicli in funzione dell'anno di produzione	<b>75</b>
<b>1.4.7</b> Diagrammi della variazione del rapporto (raggio del toroide / raggio ruota) per i motocicli in funzione dell'anno di produzione	<b>78</b>
<b>1.4.8</b> Analisi riassuntiva dei rapporti fondamentali	<b>83</b>

<b>Capitolo 2 - Analisi specifica delle caratteristiche di motocicli bicilindrici super sportivi di ultima generazione</b>	<b>86</b>
Premessa	86
2.1 Introduzione alla procedura adottata per lo studio delle motociclette	87
2.2 Presentazione dei dati ricavati relativi al tensore d'inerzia	91
Motocicletta Ducati 996 SPS	91
Motocicletta Aprilia SL 1000 Falco	97
Motocicletta Honda VTR 1000 Firestorm	101
Motocicletta Suzuki TL 1000 S	105
Motocicletta Aprilia RSV 1000	110
2.3 Tensore di inerzia della motocicletta "Aprilia RSV 1000 SBK"	115
2.3.1 Confronto tecnico tra il modello standard e il modello SBK	115
Motocicletta Aprilia RSV 1000 Superbike	117
2.4 Analisi delle caratteristiche inerziali dell'avantreno	121
Motocicletta Ducati 996 SPS	124
Motocicletta Aprilia SL 1000 Falco	125
Motocicletta Honda VTR 1000 Firestorm	127
Motocicletta Aprilia RSV 1000	128
Motocicletta Suzuki TL 1000 S	129
2.4.1 Considerazioni sui valori ottenuti dalla misurazione delle forcelle	130
2.5 Confronto inerziale tra un avantreno standard e un prototipo a inerzia ridotta per la motocicletta APRILIA RSV 1000	131
2.5.1 Caratteristiche inerziali dell'avantreno con forcella Öhlins e piastre standard	132
2.5.2 Misure inerziali attorno all'asse di sterzo	133
2.5.3 Caratteristiche inerziali dell'avantreno con forcella Öhlins prototipo con piastre e semimanubri modificati	134
2.5.4 Misure inerziali attorno all'asse di sterzo	135
2.5.5 Risultati del confronto tra le due forcelle	136
2.6 Analisi inerziale delle ruote delle motociclette	137
2.7 Schede riassuntive delle principali caratteristiche delle motociclette bicilindriche supersportive	140
Motocicletta Ducati 996 SPS	140
Motocicletta Aprilia SL 1000 Falco	144
Motocicletta Honda VTR 1000 Firestorm	148
Motocicletta Suzuki TL 1000 S	152
Motocicletta Aprilia RSV 1000	156

---

<b>Capitolo 3 - Apparat</b>	<b>160</b>
<b>3.1</b>	<b>160</b>
<b>3.1.1</b>	<b>161</b>
<b>3.2</b>	<b>164</b>
<b>3.2.1</b>	<b>166</b>
<b>3.2.2</b>	<b>168</b>
<b>3.2.3</b>	<b>170</b>
<b>3.2.4</b>	<b>171</b>
<b>3.2.5</b>	<b>173</b>
<b>Conclusioni</b>	<b>177</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>179</b>