

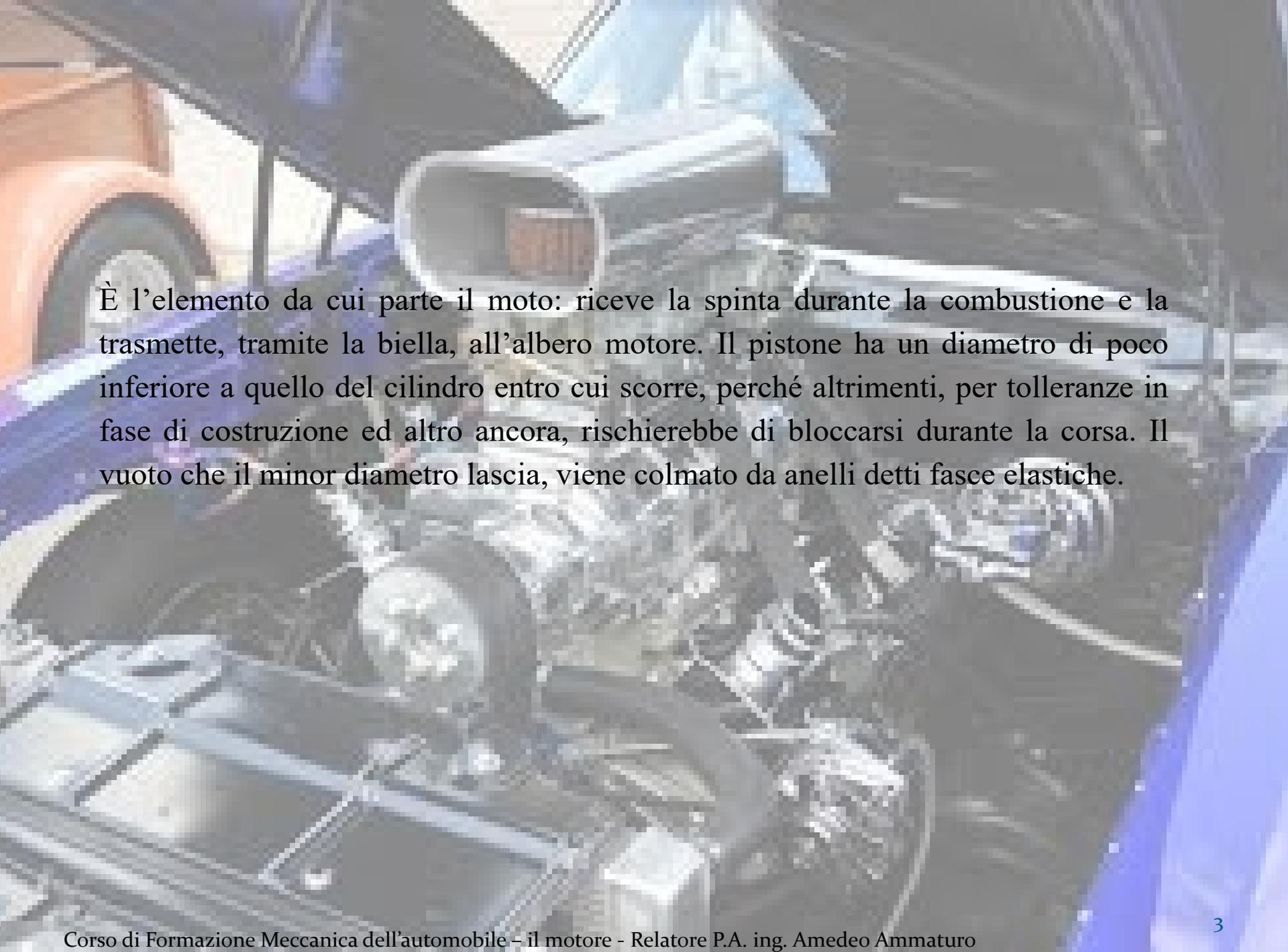


Corso di Formazione

MECCANICA DELL'AUTOMOBILE – IL MOTORE



Pistone



È l'elemento da cui parte il moto: riceve la spinta durante la combustione e la trasmette, tramite la biella, all'albero motore. Il pistone ha un diametro di poco inferiore a quello del cilindro entro cui scorre, perché altrimenti, per tolleranze in fase di costruzione ed altro ancora, rischierebbe di bloccarsi durante la corsa. Il vuoto che il minor diametro lascia, viene colmato da anelli detti fasce elastiche.

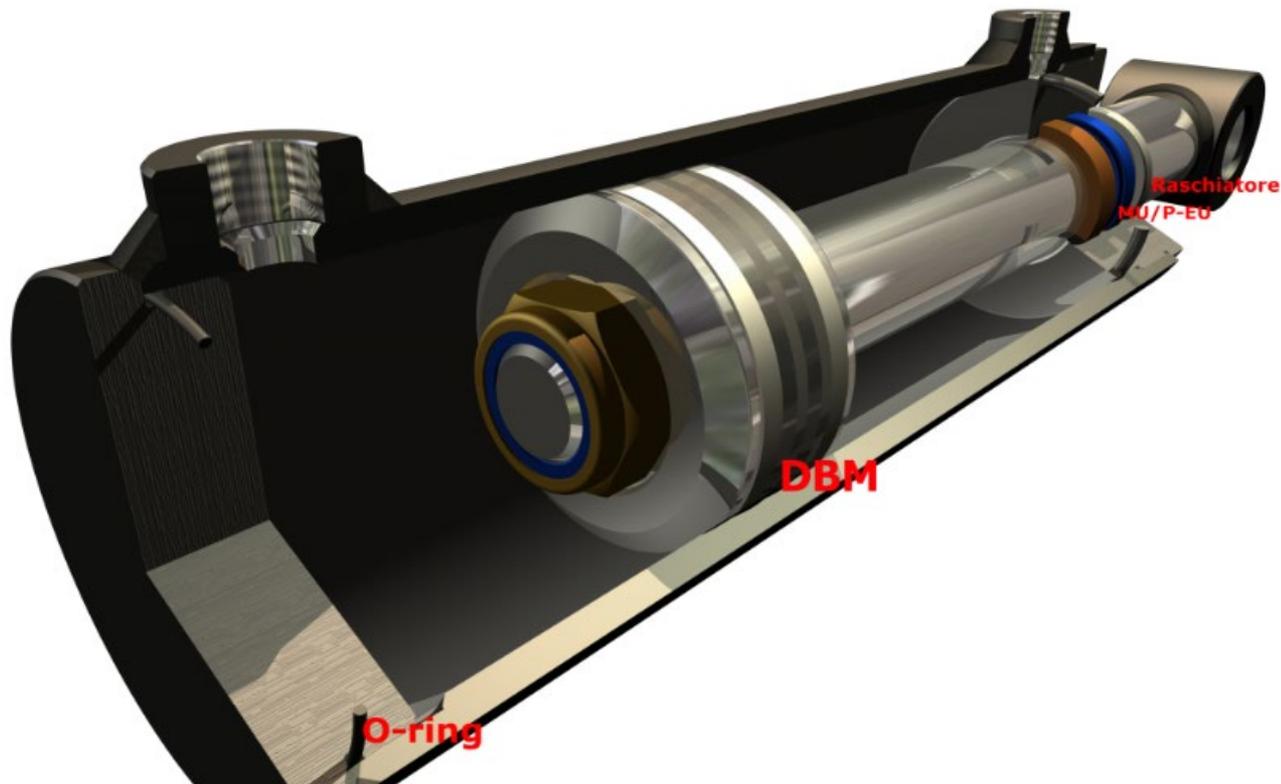


Figura 2.19 - Tipi di pistone: 1. a cielo piatto; 2. con camera di combustione a cuspide; 3. con incavi per le valvole; 4. con camera di combustione emisferica; 5. con gobba e cave per le valvole; 6. con camera di combustione cilindrica e cave per le valvole.

Attiva

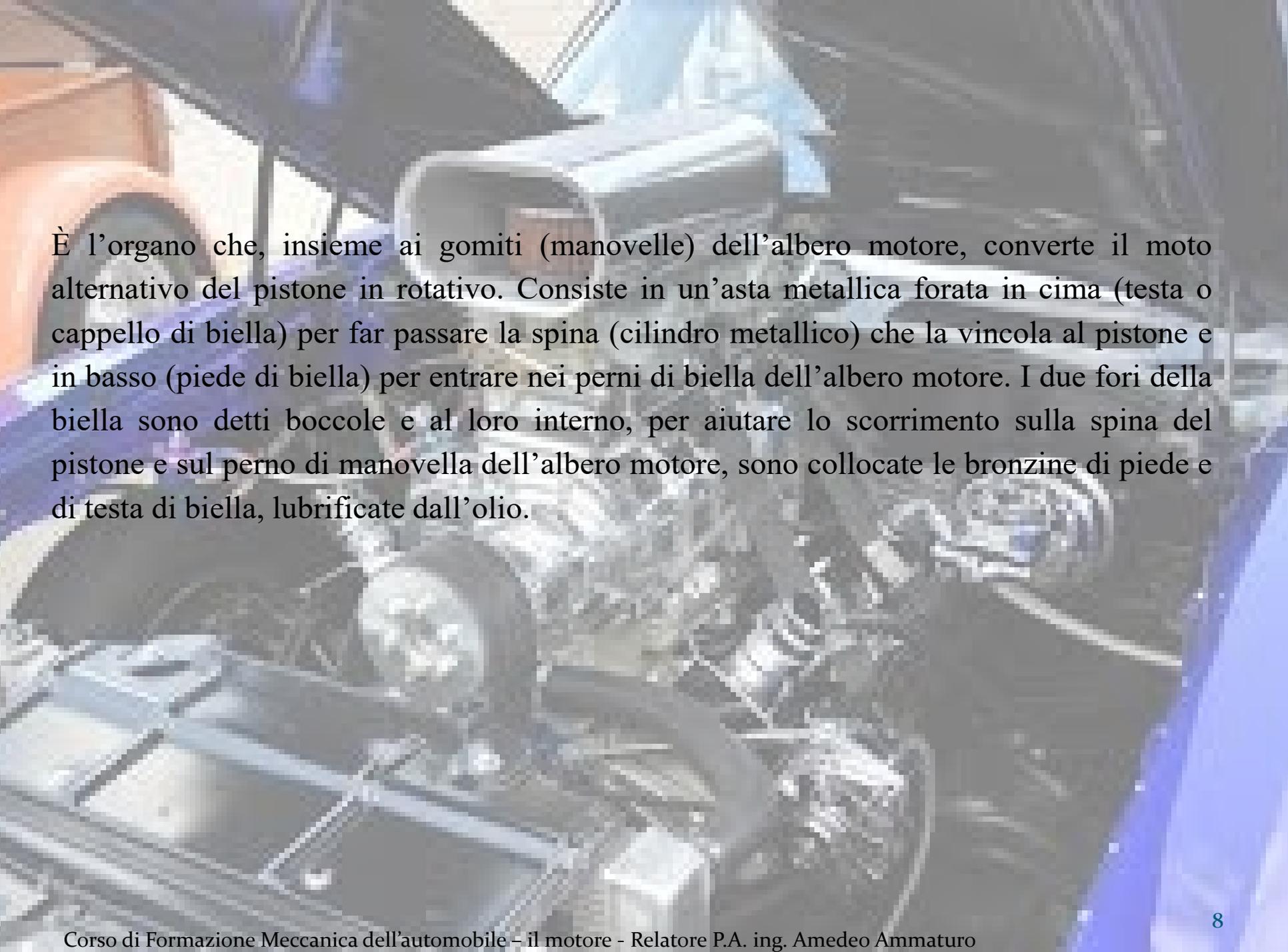


I pistoni sono una parte essenziale del motore a combustione interna: sono la chiave per convertire il combustibile in energia per far muovere la macchina.



A photograph of a car engine, likely a V6, with the word "Biella" overlaid in the center. The engine is covered in a blue protective sheet. A silver cylindrical component is visible at the top. The background shows a red car wheel and a blue structure.

Biella



È l'organo che, insieme ai gomiti (manovelle) dell'albero motore, converte il moto alternativo del pistone in rotativo. Consiste in un'asta metallica forata in cima (testa o cappello di biella) per far passare la spina (cilindro metallico) che la vincola al pistone e in basso (piede di biella) per entrare nei perni di biella dell'albero motore. I due fori della biella sono detti boccole e al loro interno, per aiutare lo scorrimento sulla spina del pistone e sul perno di manovella dell'albero motore, sono collocate le bronzine di piede e di testa di biella, lubrificate dall'olio.

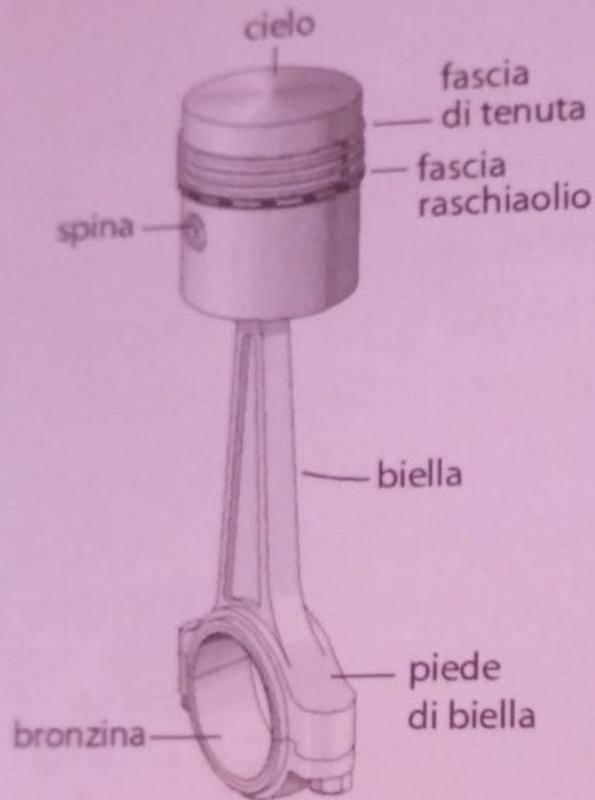
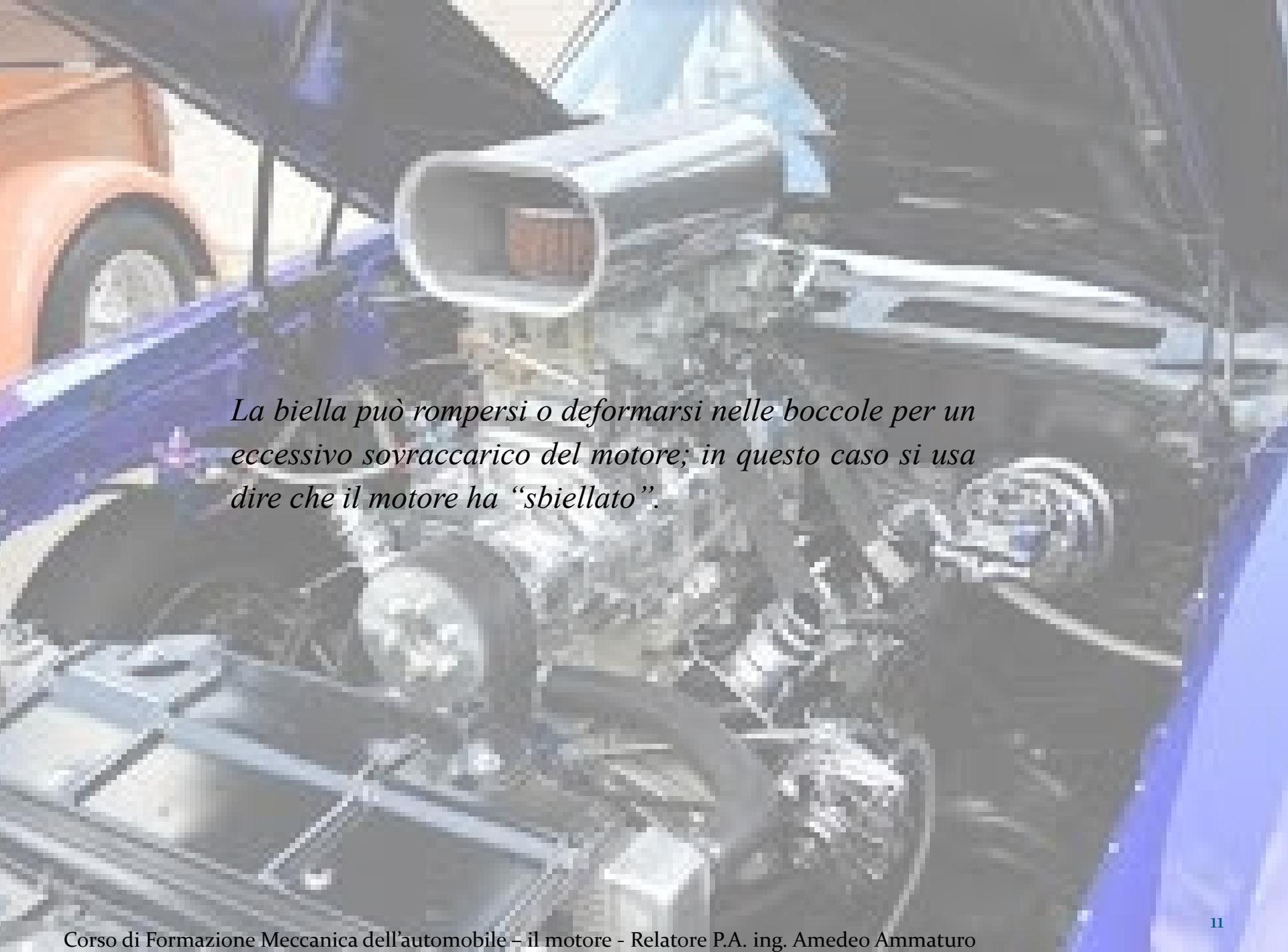


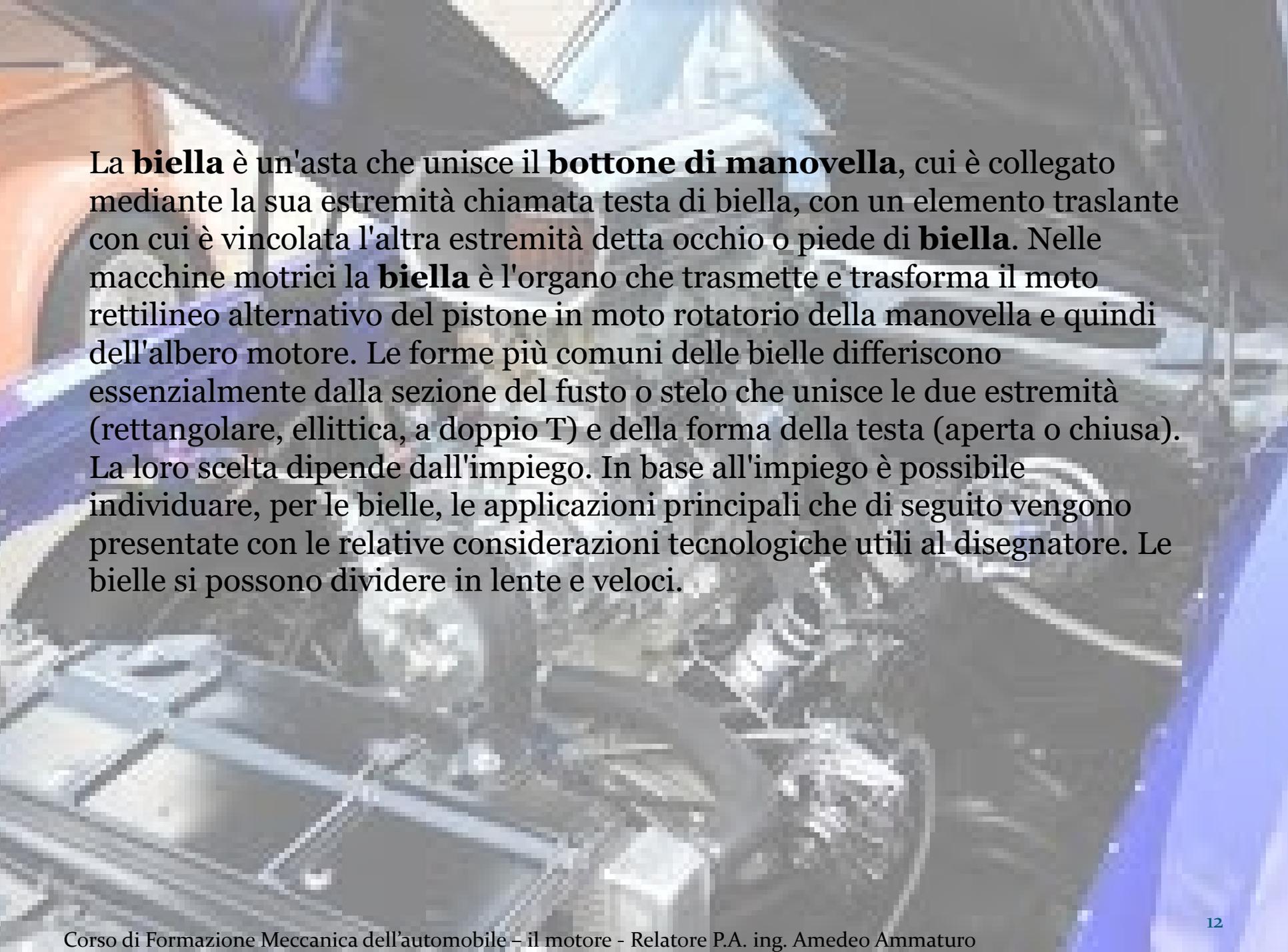
Figura 2.21 - Gruppo pistone-biella: il piede di biella è diviso in due parti per consentire il montaggio sull'albero motore.



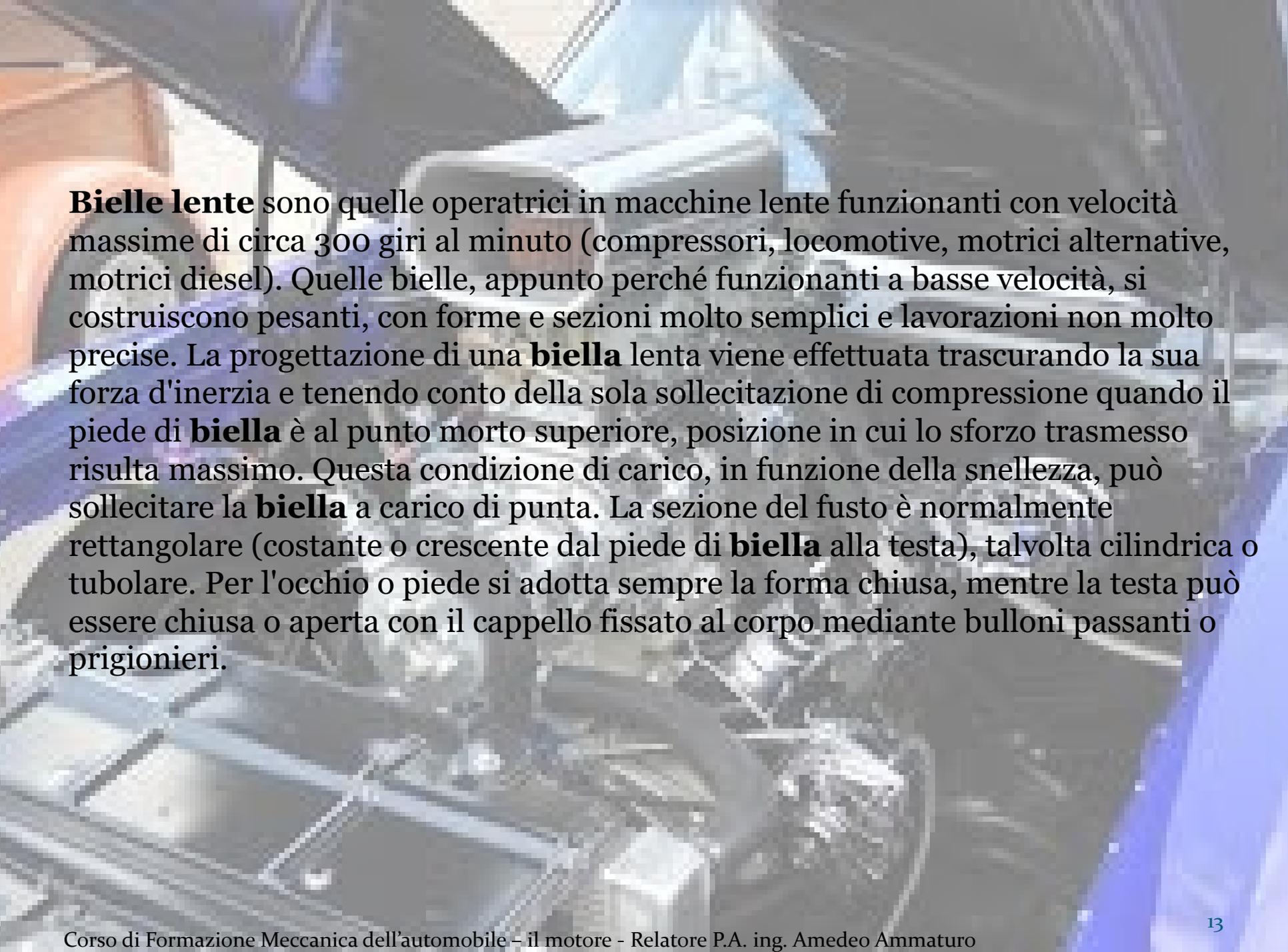
Figura 2.22 - Parti della biella.



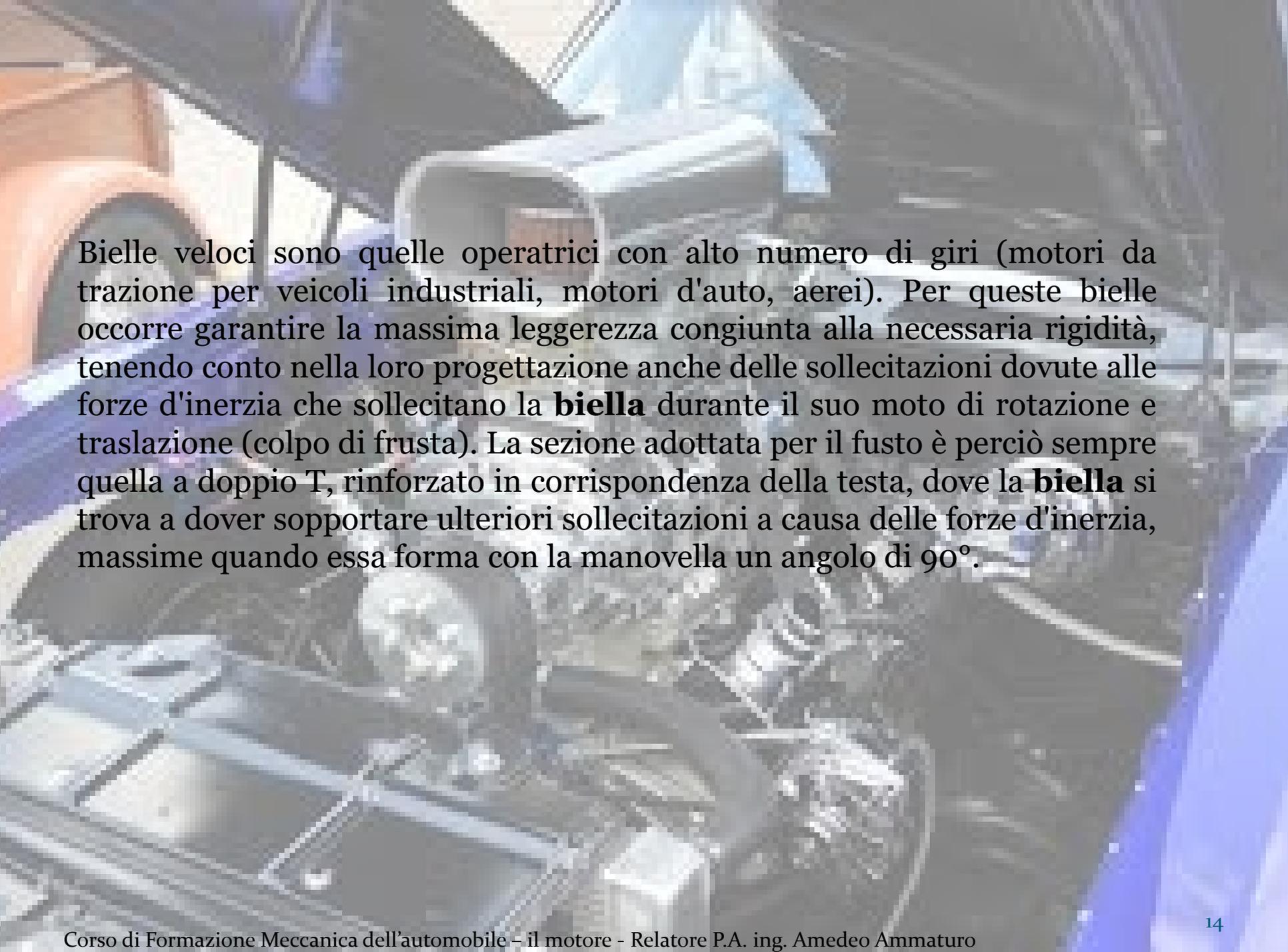
La biella può rompersi o deformarsi nelle boccole per un eccessivo sovraccarico del motore; in questo caso si usa dire che il motore ha “sbiellato”.



La **biella** è un'asta che unisce il **bottone di manovella**, cui è collegato mediante la sua estremità chiamata testa di biella, con un elemento traslante con cui è vincolata l'altra estremità detta occhio o piede di **biella**. Nelle macchine motrici la **biella** è l'organo che trasmette e trasforma il moto rettilineo alternativo del pistone in moto rotatorio della manovella e quindi dell'albero motore. Le forme più comuni delle bielle differiscono essenzialmente dalla sezione del fusto o stelo che unisce le due estremità (rettangolare, ellittica, a doppio T) e della forma della testa (aperta o chiusa). La loro scelta dipende dall'impiego. In base all'impiego è possibile individuare, per le bielle, le applicazioni principali che di seguito vengono presentate con le relative considerazioni tecnologiche utili al disegnatore. Le bielle si possono dividere in lente e veloci.



Bielle lente sono quelle operatrici in macchine lente funzionanti con velocità massime di circa 300 giri al minuto (compressori, locomotive, motrici alternative, motrici diesel). Quelle bielle, appunto perché funzionanti a basse velocità, si costruiscono pesanti, con forme e sezioni molto semplici e lavorazioni non molto precise. La progettazione di una **biella** lenta viene effettuata trascurando la sua forza d'inerzia e tenendo conto della sola sollecitazione di compressione quando il piede di **biella** è al punto morto superiore, posizione in cui lo sforzo trasmesso risulta massimo. Questa condizione di carico, in funzione della snellezza, può sollecitare la **biella** a carico di punta. La sezione del fusto è normalmente rettangolare (costante o crescente dal piede di **biella** alla testa), talvolta cilindrica o tubolare. Per l'occhio o piede si adotta sempre la forma chiusa, mentre la testa può essere chiusa o aperta con il cappello fissato al corpo mediante bulloni passanti o prigionieri.



Bielle veloci sono quelle operatrici con alto numero di giri (motori da trazione per veicoli industriali, motori d'auto, aerei). Per queste bielle occorre garantire la massima leggerezza congiunta alla necessaria rigidità, tenendo conto nella loro progettazione anche delle sollecitazioni dovute alle forze d'inerzia che sollecitano la **biella** durante il suo moto di rotazione e traslazione (colpo di frusta). La sezione adottata per il fusto è perciò sempre quella a doppio T, rinforzato in corrispondenza della testa, dove la **biella** si trova a dover sopportare ulteriori sollecitazioni a causa delle forze d'inerzia, massime quando essa forma con la manovella un angolo di 90° .



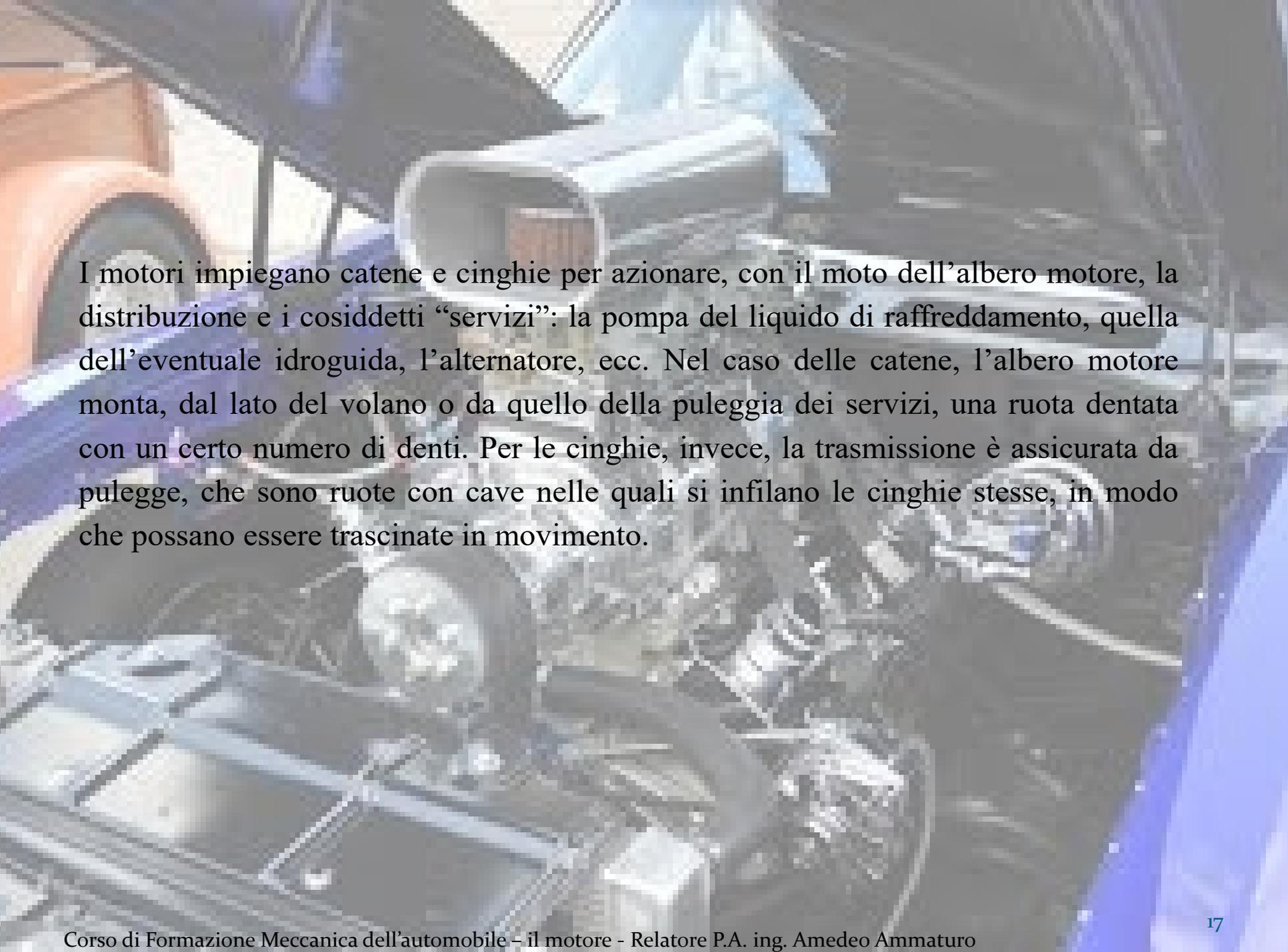
All'interno dell'occhio (o piede) di **biella** è sempre montata con interferenza una boccia di bronzo o di materiale sinterizzato autolubrificante per migliorare l'articolazione con lo spinotto di collegamento dell'elemento traslante. Si realizzano così i seguenti obiettivi:

- diminuzione dell'attrito;
- miglioramento della lubrificazione;
- possibilità di sostituzione.

Un eventuale intaglio sul piede di **biella**, eseguito dopo il montaggio della boccia, consente un miglior accesso dell'olio di lubrificazione all'interno dell'accoppiamento con lo spinotto. La testa delle bielle veloci è di regola costruita in due parti con il cappello unito al corpo mediante bulloni a gambo calibrato.

The image shows the engine compartment of a car with the hood open. The engine is covered in a layer of dust and grime. A silver cylindrical component, possibly a filter or part of the cooling system, is visible at the top. The text 'Cinghie e pulegge' is overlaid in the center in a bold, black, serif font with a horizontal line underneath. The background shows a blue car body and a red car wheel on the left.

Cinghie e pulegge



I motori impiegano catene e cinghie per azionare, con il moto dell'albero motore, la distribuzione e i cosiddetti “servizi”: la pompa del liquido di raffreddamento, quella dell'eventuale idroguida, l'alternatore, ecc. Nel caso delle catene, l'albero motore monta, dal lato del volano o da quello della puleggia dei servizi, una ruota dentata con un certo numero di denti. Per le cinghie, invece, la trasmissione è assicurata da pulegge, che sono ruote con cave nelle quali si infilano le cinghie stesse, in modo che possano essere trascinate in movimento.

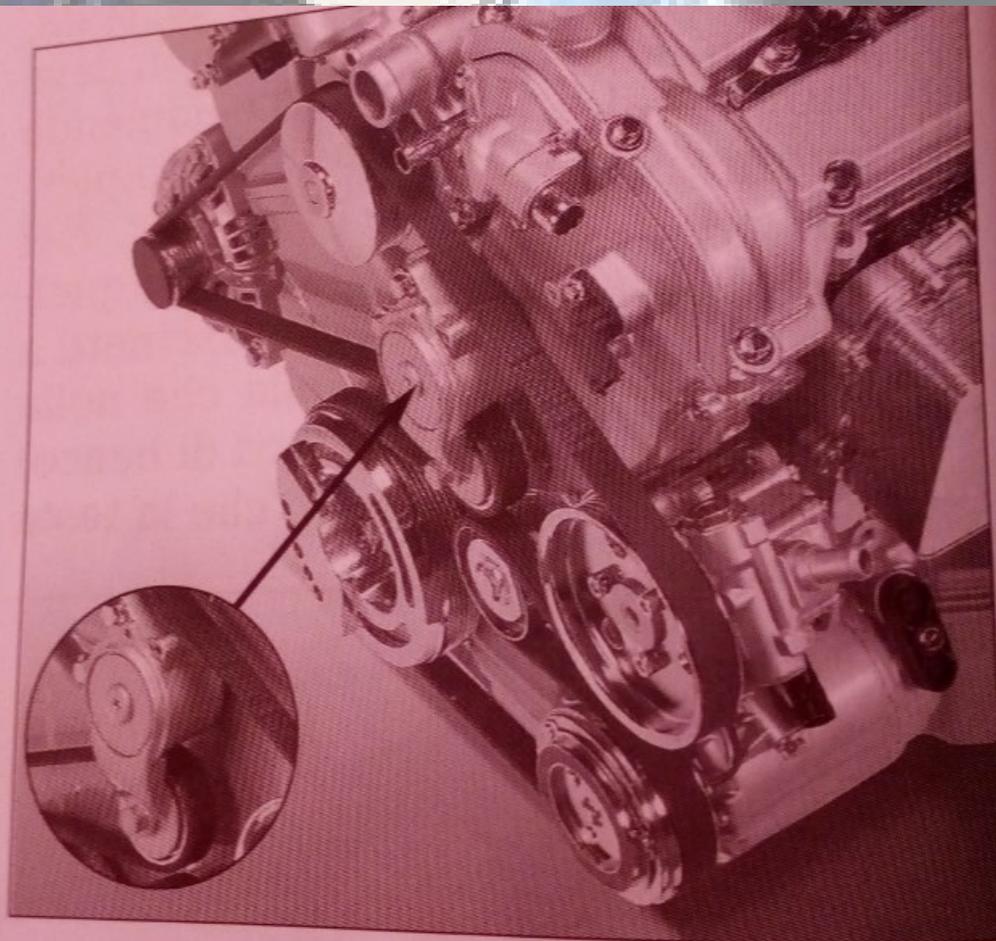


Figura 2.25 - Motore (GM) con unica cinghia dei servizi: si notano il tenditore a molla (nel cerchio a sinistra) e i numerosi rulli-guida per avvolgere la cinghia attorno alle pulegge.



Le cinghie delle auto sono realizzate in gomma molto robusta, sovente constano di più strati e internamente hanno un'anima di tela sintetica, che conferisce maggiore resistenza; infatti se fossero di sola gomma, le screpolature prodotte nel tempo dagli sbalzi termici e dallo sforzo finirebbero col farle strappare. Allo scopo, la cinghia deve essere fatta passare sopra numerosi rulli (galoppini) che la avvolgono attorno alle singole pulegge, in special modo a quelle del compressore del condizionatore e del generatore (alternatore) che richiedono maggiore forza. La necessità di tenderla fortemente, riduce la durata della cinghia dei servizi, in quanto ogni scatto o riattacco della frizione quando si è in scalata (basso rapporto del cambio e velocità dell'auto relativamente elevata) determina strappi che a lunga andare possono sfilacciarne la trama in tela.



Figura 2.26
Un altro sistema con unica cinghia dei servizi: in evidenza, i rulli guida (o galoppini) che qui sono di plastica e girano su cuscinetti (tipicamente a sfere o a rulli cilindrici).



Figura 2.27
A sinistra, pulegge
dentate e
multigole; a destra,
cinghia dentata
(distribuzione).

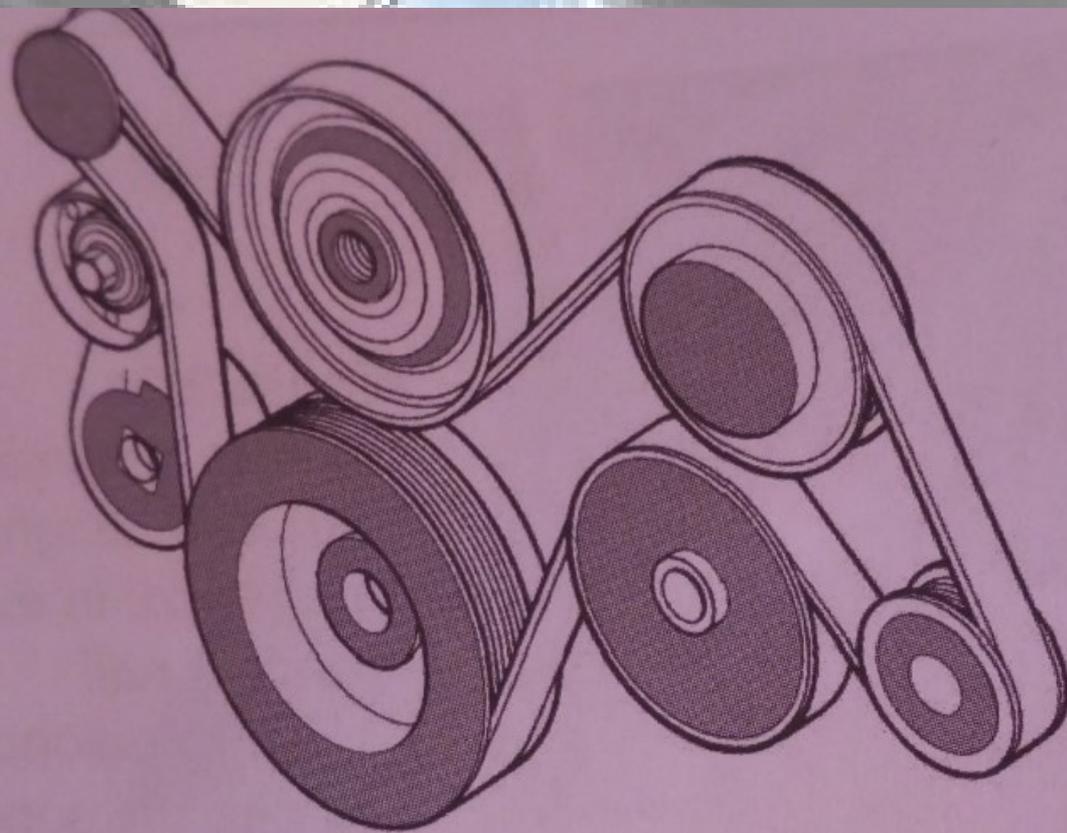
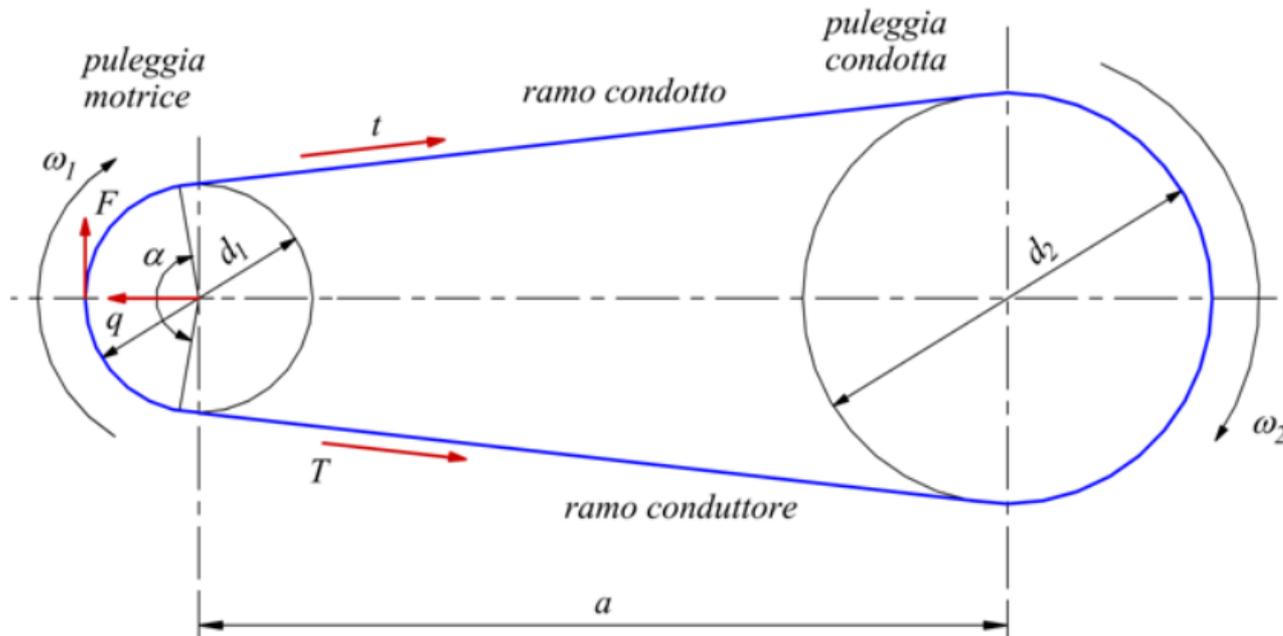


Figura 2.28 - *I galoppini servono a far passare la cinghia sulla maggior superficie possibile delle pulegge, in modo da meglio trasferire la forza ed evitare lo slittamento.*

TRASMISSIONE A CINGHIA

La trasmissione a cinghia si usa per trasmettere il moto tra due alberi distanti fra loro. La trasmissione è possibile solo se fra puleggia e cinghia esiste una aderenza tale da impedire lo slittamento. La trasmissione del moto, avviene dunque, per attrito della cinghia sulla periferia della puleggia.



Si nota l'angolo di avvolgimento α formato dall'arco di cinghia a contatto con la puleggia; esso è funzione del diametro della puleggia. Per un buon rendimento vengono raccomandate le condizioni $\alpha \geq 140^\circ$, con il rapporto di trasmissione

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{d_2}{d_1} < 5$$

Durante il moto il tratto conduttore si allunga sotto l'effetto della tensione T che risulta essere $T > t$, chiamando t la tensione a cui è soggetto il tratto condotto.

Se chiamiamo F la forza periferica trasmessa, l'equazione del momento rispetto al centro della puleggia motrice è:

$$F \cdot \left(\frac{d_l}{2}\right) + t \cdot \left(\frac{d_l}{2}\right) - T \cdot \left(\frac{d_l}{2}\right) = 0 \longrightarrow F = T - t$$

sempre per assicurare un buon rendimento si assume un tiro sull'albero $q=4F$. Questa è la reazione vincolare che contrasta T e t : $q=T+t$

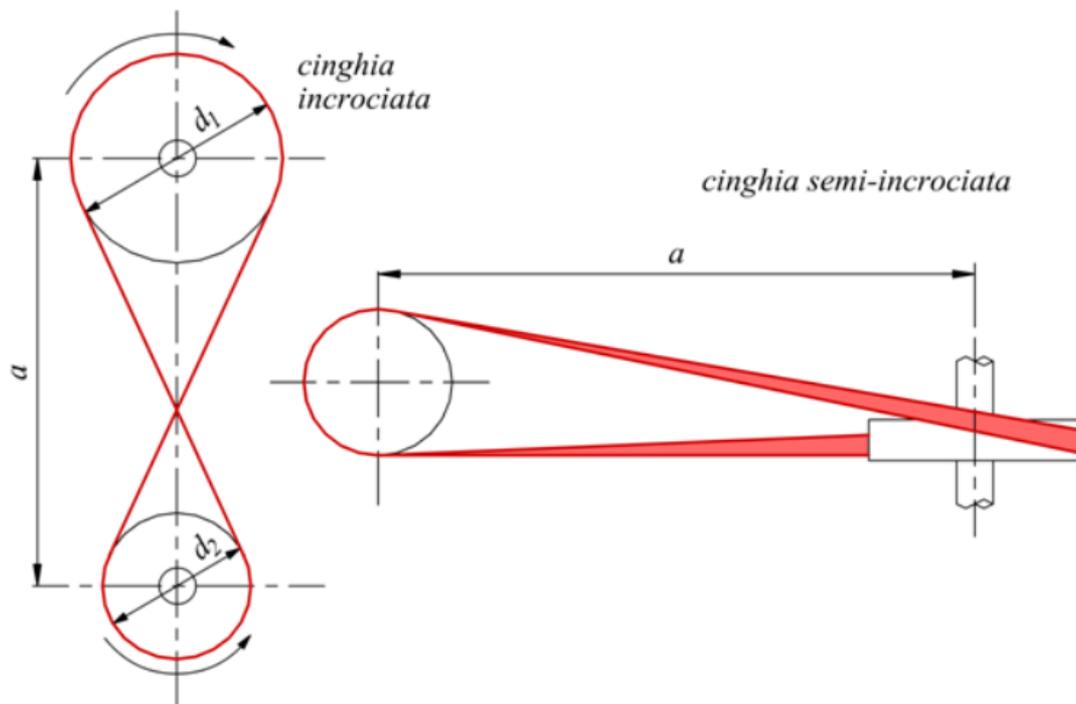
$$\begin{cases} F = T - t \\ q = T + t \end{cases} \quad \begin{cases} t = T - F \\ 4F = T + t \end{cases} \quad \begin{cases} t = T - F \\ 4F = T + (T - F) \end{cases} \longrightarrow 5F = 2T \longrightarrow T = 2,5F$$

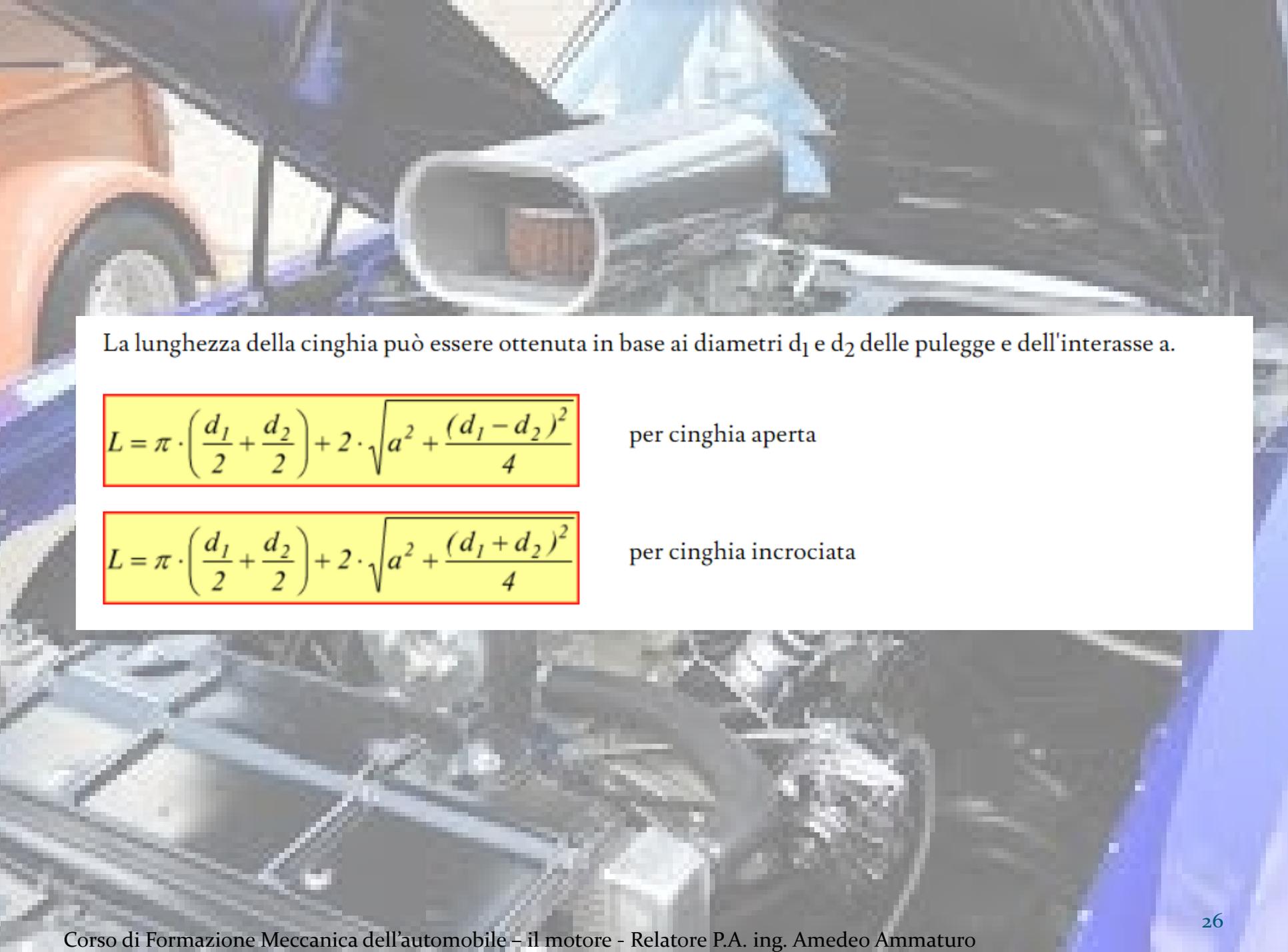
$$t = 2,5F - F = 1,5F$$

valgono dunque le relazioni

$$\begin{cases} T = 2,5 \cdot F \\ t = 1,5 \cdot F \end{cases}$$

Sempre fra alberi paralleli, sono possibili collegamenti a cinghia incrociata che permettono agli alberi di ruotare in senso contrario; oppure sono possibili collegamenti a cinghia semi-incrociata fra alberi perpendicolari.





La lunghezza della cinghia può essere ottenuta in base ai diametri d_1 e d_2 delle pulegge e dell'interasse a .

$$L = \pi \cdot \left(\frac{d_1}{2} + \frac{d_2}{2} \right) + 2 \cdot \sqrt{a^2 + \frac{(d_1 - d_2)^2}{4}}$$

per cinghia aperta

$$L = \pi \cdot \left(\frac{d_1}{2} + \frac{d_2}{2} \right) + 2 \cdot \sqrt{a^2 + \frac{(d_1 + d_2)^2}{4}}$$

per cinghia incrociata



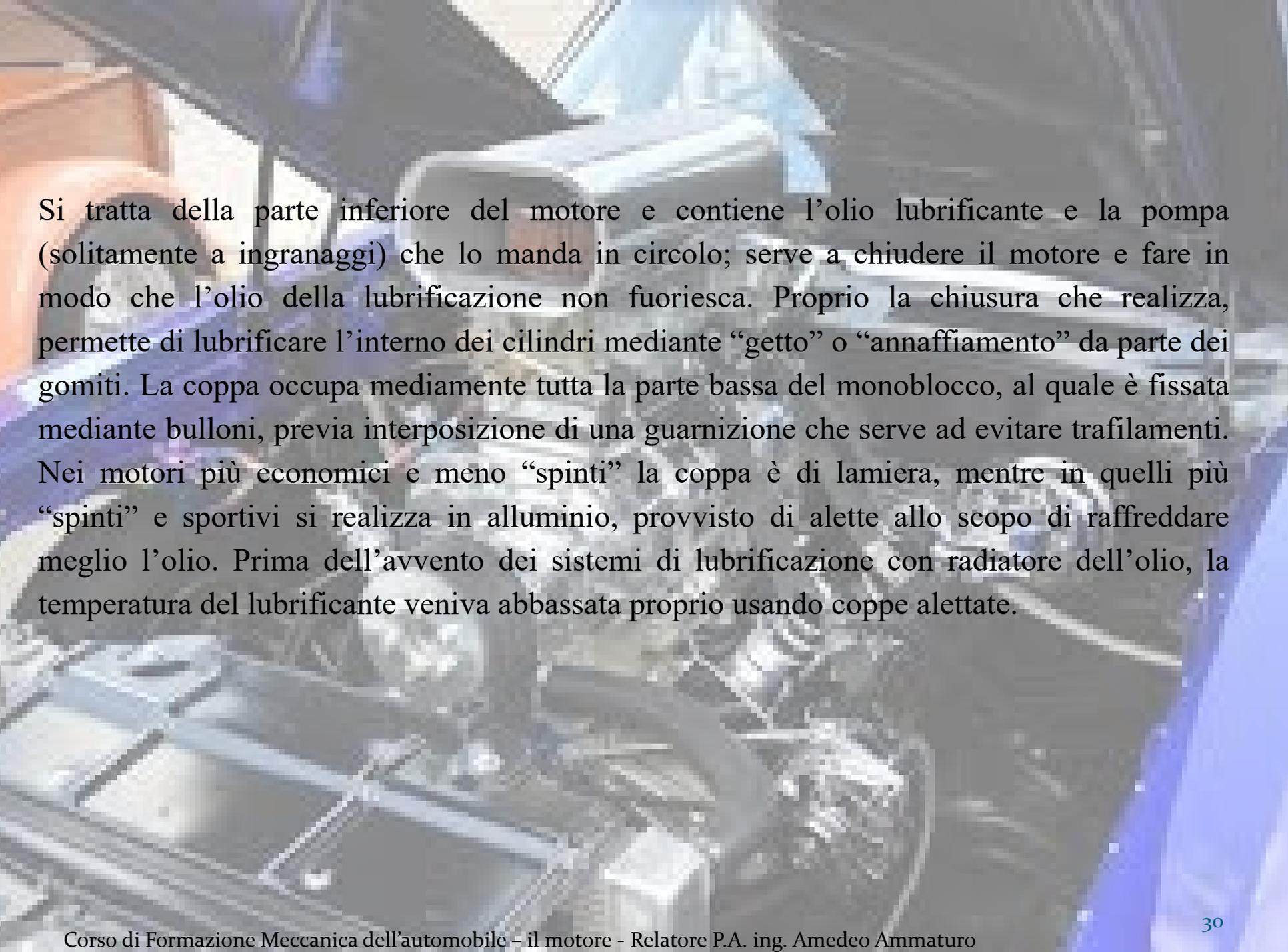
Galoppini



Il galoppino è un rullo libero di scorrere su un perno, con cuscinetto a sfera, fissato al motore. I galoppini (o rulli guida) vengono utilizzati per stabilizzare lunghi tratti di cinghia, ma anche per aumentare la parte di circonferenza delle pulegge in contatto con la cinghia stessa. I galoppini sono realizzati con cuscinetti a sfere di elevata precisione, dotati di corona con volume maggiorato di riserva di grasso. A seconda delle esigenze, i cuscinetti vengono dotati di ralle di scorrimento in plastica o in acciaio. I galoppini devono soddisfare gli stessi requisiti dei tendicinghia per quanto riguarda la durata e lo sviluppo di rumore.



Coppa dell'olio



Si tratta della parte inferiore del motore e contiene l'olio lubrificante e la pompa (solitamente a ingranaggi) che lo manda in circolo; serve a chiudere il motore e fare in modo che l'olio della lubrificazione non fuoriesca. Proprio la chiusura che realizza, permette di lubrificare l'interno dei cilindri mediante "getto" o "annaffiamento" da parte dei gomiti. La coppa occupa mediamente tutta la parte bassa del monoblocco, al quale è fissata mediante bulloni, previa interposizione di una guarnizione che serve ad evitare trafileamenti. Nei motori più economici e meno "spinti" la coppa è di lamiera, mentre in quelli più "spinti" e sportivi si realizza in alluminio, provvisto di alette allo scopo di raffreddare meglio l'olio. Prima dell'avvento dei sistemi di lubrificazione con radiatore dell'olio, la temperatura del lubrificante veniva abbassata proprio usando coppe alettate.

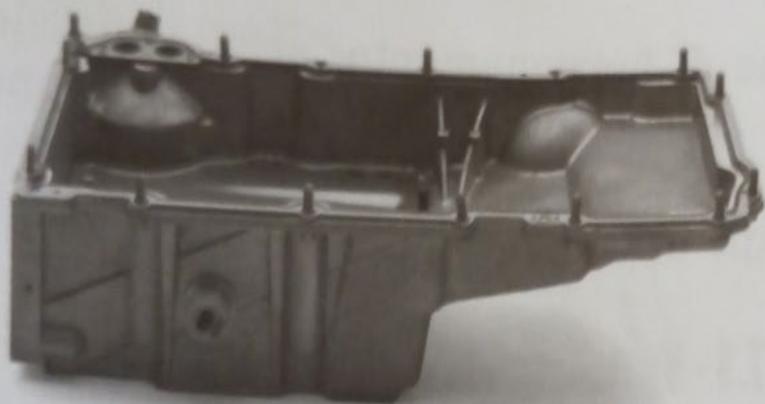
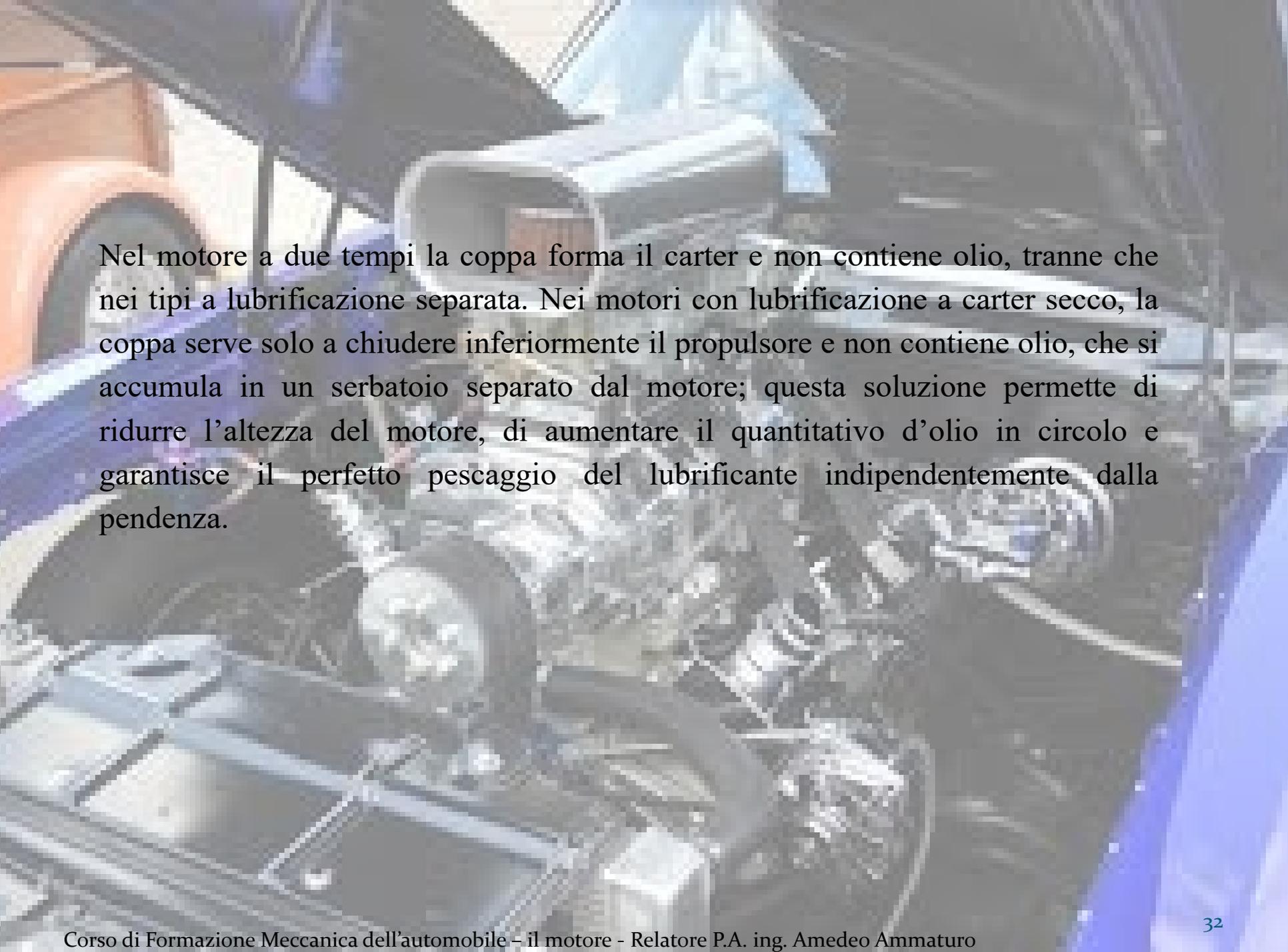
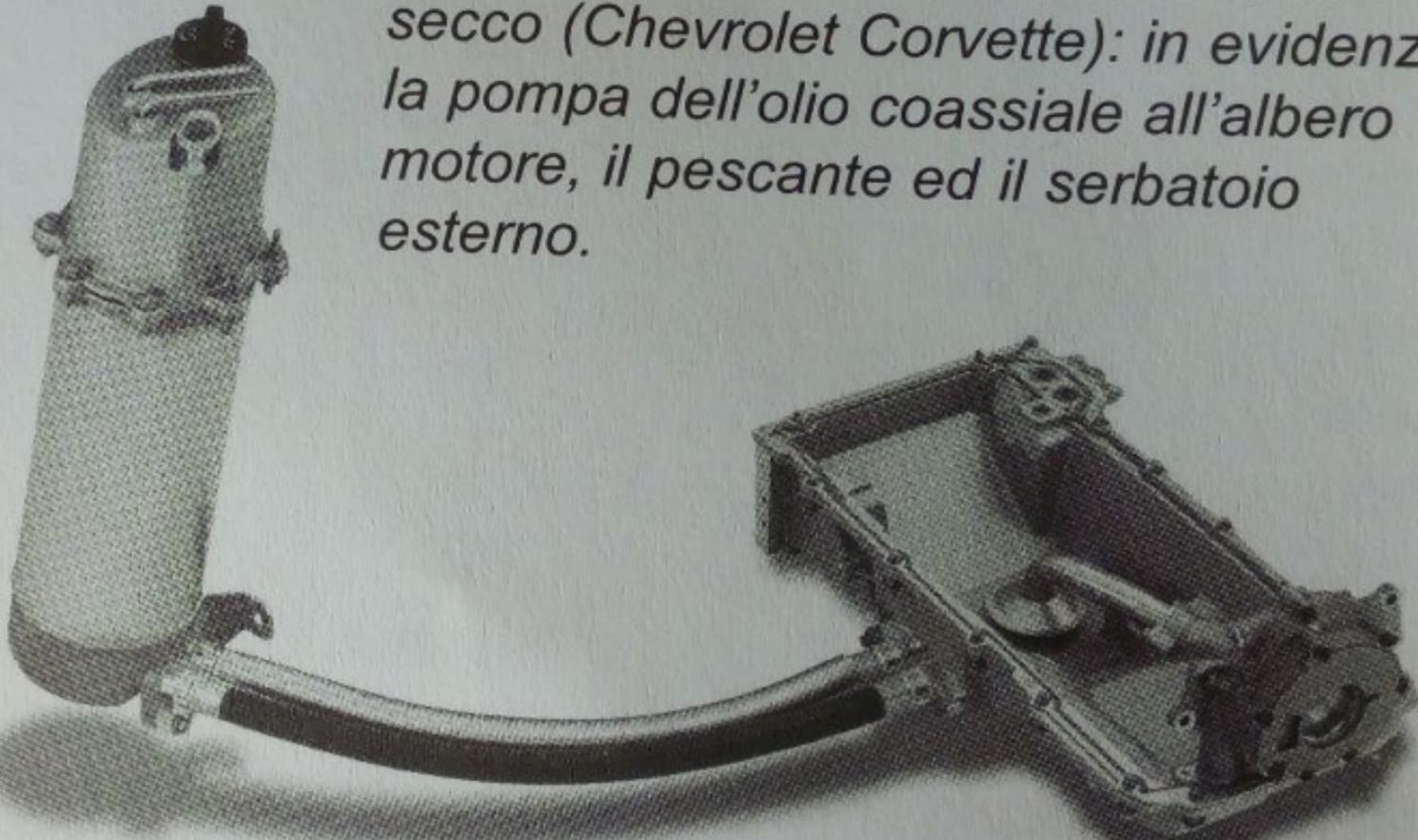


Figura 2.33 - Coppa del motore in resina sintetica, completa di guarnizione (sinistra) e in lamiera (destra) dove si notano i fori di scarico dell'olio e quelli per i bulloni di fissaggio.



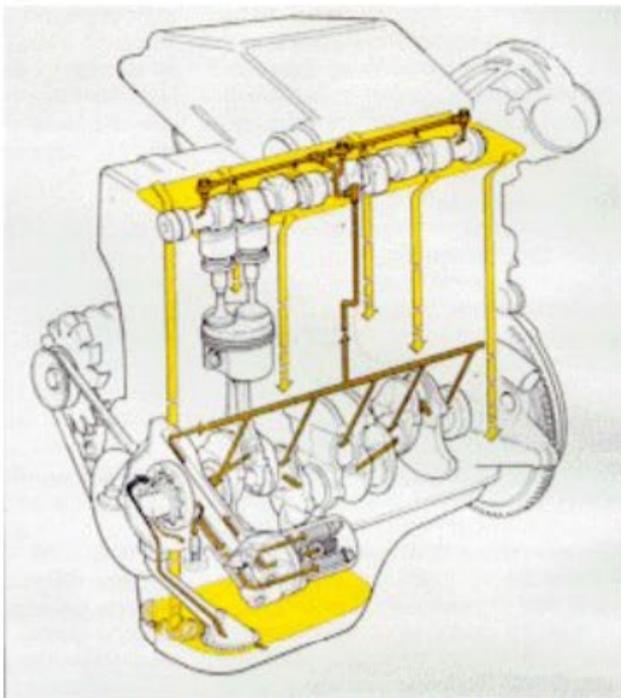
Nel motore a due tempi la coppa forma il carter e non contiene olio, tranne che nei tipi a lubrificazione separata. Nei motori con lubrificazione a carter secco, la coppa serve solo a chiudere inferiormente il propulsore e non contiene olio, che si accumula in un serbatoio separato dal motore; questa soluzione permette di ridurre l'altezza del motore, di aumentare il quantitativo d'olio in circolo e garantisce il perfetto pescaggio del lubrificante indipendentemente dalla pendenza.

Figura 2.34 - Lubrificazione a carter secco (Chevrolet Corvette): in evidenza la pompa dell'olio coassiale all'albero motore, il pescante ed il serbatoio esterno.



Sistema di lubrificazione motore

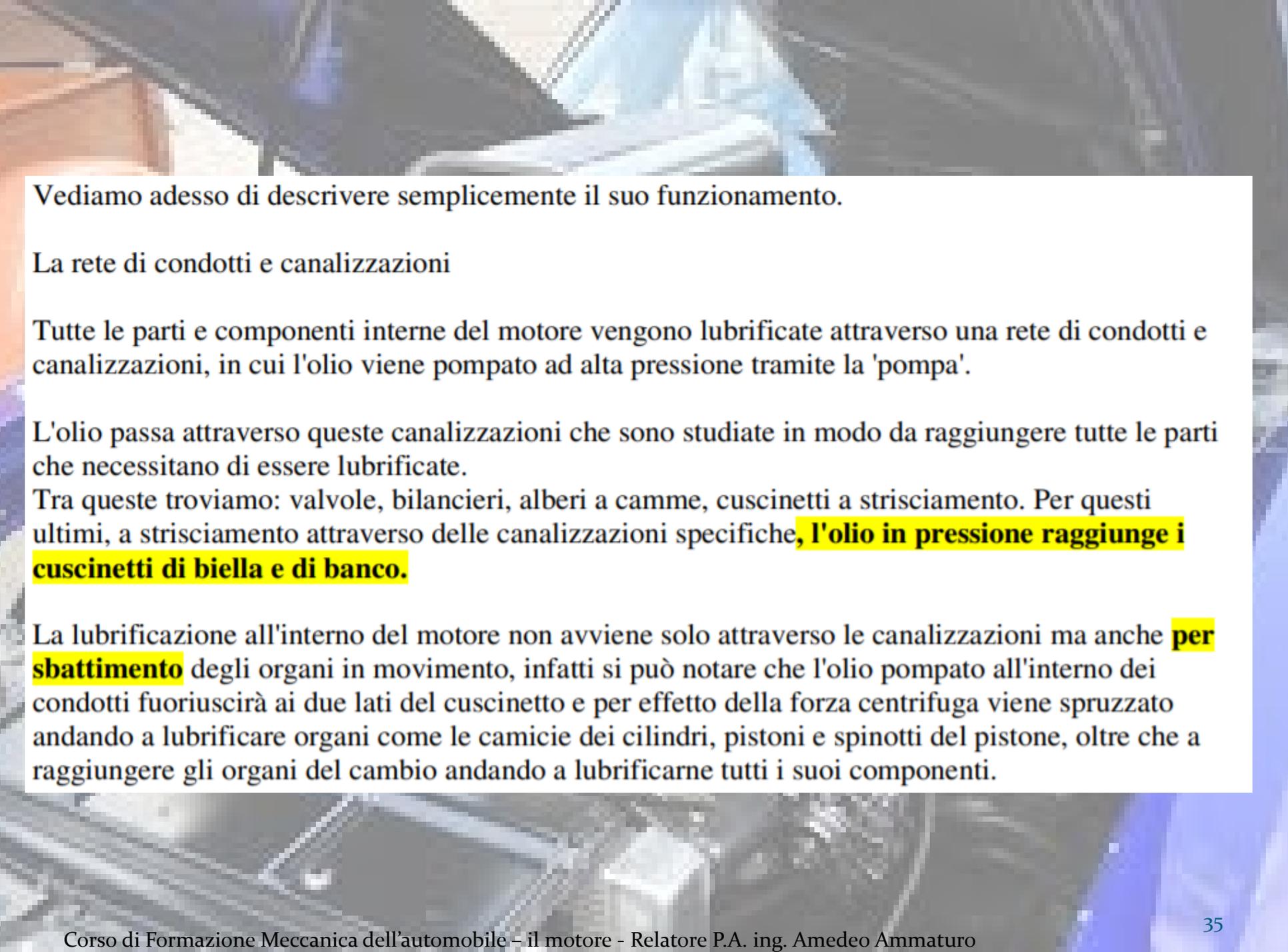
Descrizione del funzionamento e mansioni svolte dai vari componenti nel circuito di lubrificazione per i motori 4T



La lubrificazione di un motore è una funzione di fondamentale importanza nei motori a combustione interna, da cui ne deriva la longevità di tutte le componenti interne e le parti in movimento di un motore.

Tale compito viene affidato alla progettazione di veri e propri sistemi di lubrificazione che garantiscono oltre che alla lubrificazione, anche il raffreddamento delle parti soggette a forti stress termici (pistoni, cilindri, cuscinetti a strisciamento e bielle), descrivendo sinteticamente le sue caratteristiche di funzionamento e le sue parti.

Nei motori a 4 tempi, il sistema di lubrificazione è composto da una vera e propria rete di condotti e canalizzazioni, da una pompa, da un filtro, da una valvola limitatrice di pressione, e da un contenitore dove l'olio è raccolto nella parte più bassa del basamento da cui prende proprio il nome di coppa dell'olio.



Vediamo adesso di descrivere semplicemente il suo funzionamento.

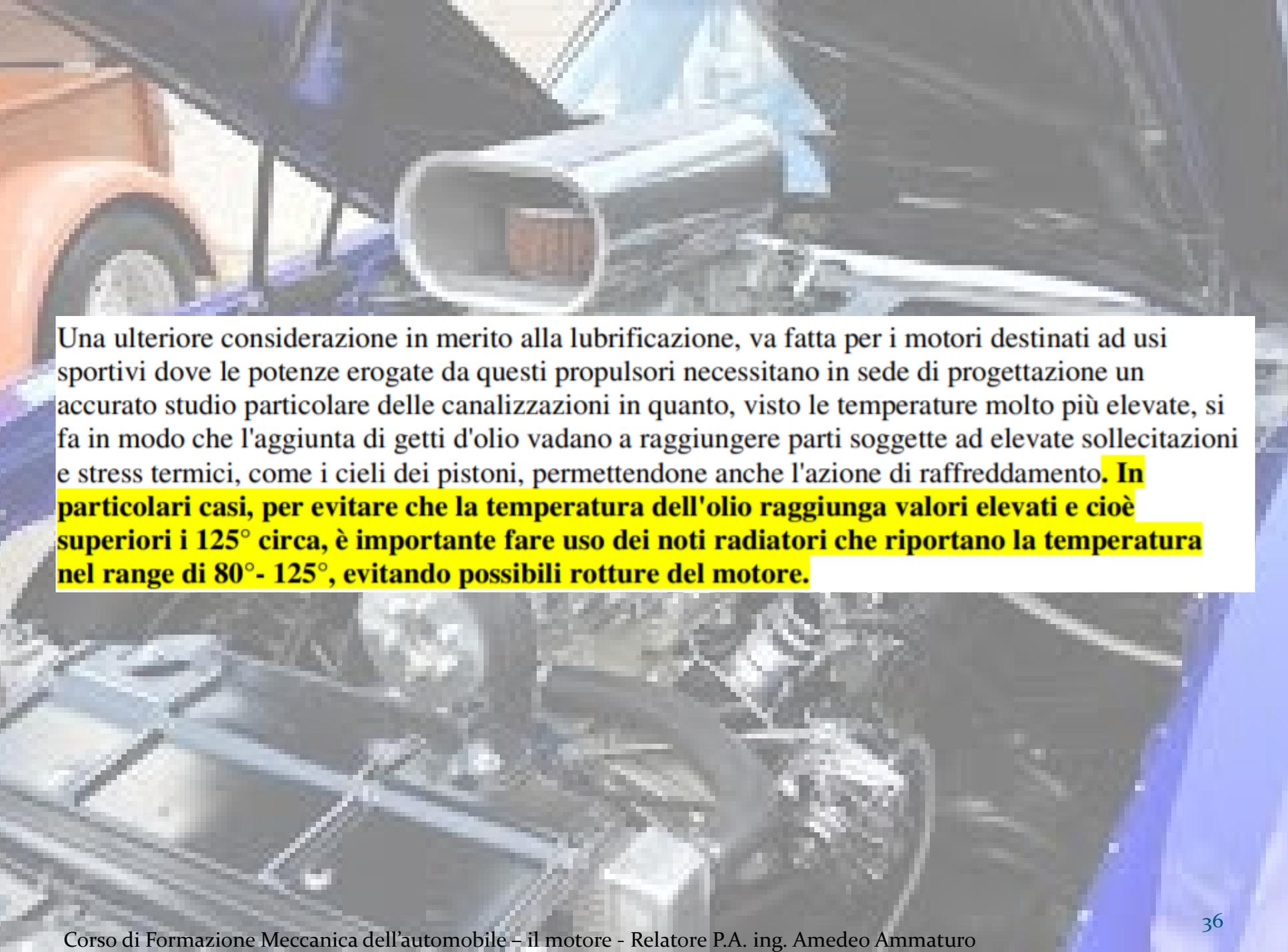
La rete di condotti e canalizzazioni

Tutte le parti e componenti interne del motore vengono lubrificate attraverso una rete di condotti e canalizzazioni, in cui l'olio viene pompato ad alta pressione tramite la 'pompa'.

L'olio passa attraverso queste canalizzazioni che sono studiate in modo da raggiungere tutte le parti che necessitano di essere lubrificate.

Tra queste troviamo: valvole, bilancieri, alberi a camme, cuscinetti a strisciamento. Per questi ultimi, a strisciamento attraverso delle canalizzazioni specifiche, **l'olio in pressione raggiunge i cuscinetti di biella e di banco.**

La lubrificazione all'interno del motore non avviene solo attraverso le canalizzazioni ma anche **per sbattimento** degli organi in movimento, infatti si può notare che l'olio pompato all'interno dei condotti fuoriuscirà ai due lati del cuscinetto e per effetto della forza centrifuga viene spruzzato andando a lubrificare organi come le camicie dei cilindri, pistoni e spinotti del pistone, oltre che a raggiungere gli organi del cambio andando a lubrificarne tutti i suoi componenti.



Una ulteriore considerazione in merito alla lubrificazione, va fatta per i motori destinati ad usi sportivi dove le potenze erogate da questi propulsori necessitano in sede di progettazione un accurato studio particolare delle canalizzazioni in quanto, visto le temperature molto più elevate, si fa in modo che l'aggiunta di getti d'olio vadano a raggiungere parti soggette ad elevate sollecitazioni e stress termici, come i cieli dei pistoni, permettendone anche l'azione di raffreddamento. **In particolari casi, per evitare che la temperatura dell'olio raggiunga valori elevati e cioè superiori i 125° circa, è importante fare uso dei noti radiatori che riportano la temperatura nel range di 80°- 125°, evitando possibili rotture del motore.**

La Pompa

Questo componente di fondamentale importanza permette la circolazione dell'olio. La pompa preleva l'olio dalla "coppa dell'olio" e quest'ultima è dotata di un filtro a maglia metallica posto a monte, filtro che preserva l'eventuale aspirazione di corpi estranei presenti nell'olio al suo interno che potrebbero causare il danneggiamento della pompa.

Inoltre la coppa dell'olio, che funge da serbatoio, permette all'olio di raffreddarsi, infatti in alcune coppe dell'olio sono presenti delle alettature che permettono appunto la dissipazione del calore accumulato. Tra le pompe più comuni che hanno un largo impiego abbiamo quelle ad ingranaggi, o le pompe a lobi (Trocoïdali), il cui comando è affidato tramite la connessione ad un alberino, che a sua volta è connesso attraverso una serie di ingranaggi all'albero motore.

Il Filtro

Per quanto riguarda il filtraggio dell'olio, i motori moderni prevedono un secondo filtro costituito da un elemento filtrante in carta trattata chimicamente, questi filtri possono essere alloggiati sia internamente al basamento (solo elemento filtrante) o esternamente (cartuccia), o in alcuni motori addirittura sono dotati di filtro di tipo centrifugo.

La valvola limitatrice

Come in ogni circuito idraulico, è possibile che a seconda delle condizioni di funzionamento si possono verificare delle pressioni talmente elevate, che possono portare alla rottura o cedimenti delle componenti del circuito di lubrificazione. A questo possibile inconveniente si pone rimedio con la 'Valvola limitatrice': essa è alloggiata all'interno del motore ed è costituita da un corpo che alloggia una sfera metallica, questa sfera è tenuta da una molla tarata ad una certa pressione che sta a contatto con un foro di sfogo ostruendolo, pertanto non appena la pressione supera il valore di taratura spinge la sfera aprendo il condotto di sfogo, impedendo alla pressione in eccesso di sovraccaricare il circuito di lubrificazione. Per cominciare però, vediamo innanzitutto perchè l'olio deve essere filtrato

L'olio, come sappiamo, serve principalmente a lubrificare ma, in parte, anche a raffreddare e pulire il nostro motore (approfondiremo l'olio motore a parte).

Durante la sua attività infatti il motore produce piccole particelle metalliche a causa della normale usura e dello sfregamento delle parti meccaniche. Alcuni residui inoltre, possono derivare anche dalla combustione e, specie se l'auto è nuova, dalla fabbricazione del motore stesso.

L'olio quindi, durante la lubrificazione, raccoglie questi materiali e li deposita nella relativa coppa.

Questi materiali, pur se di piccolissime dimensioni se non addirittura microscopici, possono, col passare del tempo, compromettere la durata e il rendimento del nostro motore.

Il filtro ha quindi la funzione di trattenere le impurità presenti nell'olio dopo che quest'ultimo è stato pescato nella coppa dall'apposita pompa e prima che arrivi al motore.

Ma quali sono i tipi di filtro olio più usati?

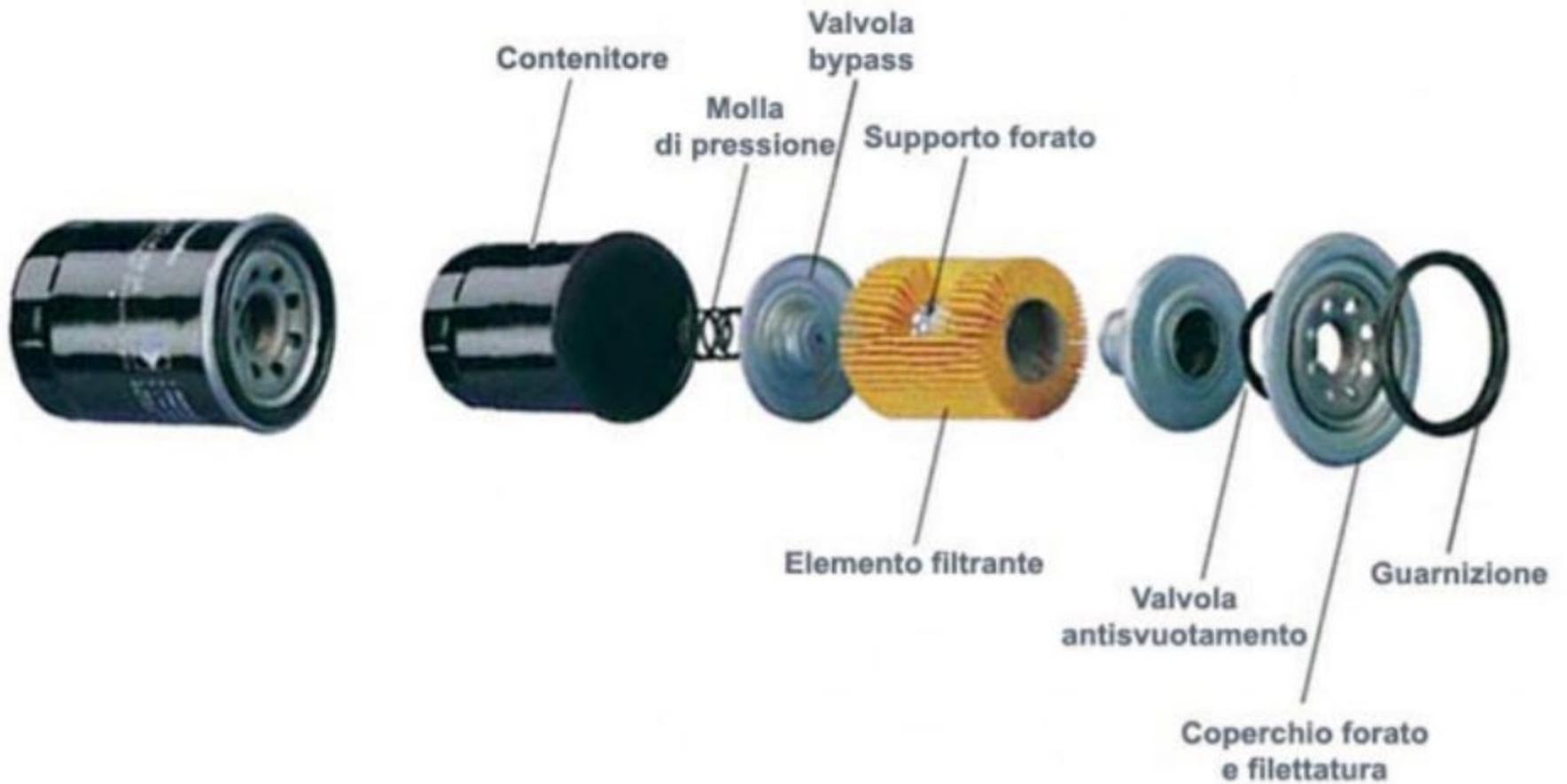
Il tipo di filtro olio più utilizzato è senza dubbio quello meccanico, ne esistono anche di altri tipi (magnetico, a sedimentazione, a centrifuga..) ma li lasceremo da parte in quanto poco utilizzati se non addirittura abbandonati.

Il filtro meccanico è quindi presente nella maggior parte dei veicoli, pulisce l'olio grazie a uno speciale tipo di carta che trattiene tutte le impurità e i residui metallici presenti al suo interno. Questo tipo si divide ancora in due tipologie, la prima è composta da una semplice cartuccia di carta, a immersione, mentre la seconda è composta da una serie di parti inserite in un involucro di metallo.



Il filtro a “immersione” è molto semplice, è composto solamente dalla parte filtrante sorretta da una struttura apposita e viene inserito in un alloggiamento a forma di bicchiere, fissato sul blocco motore. Questo filtro viene venduto solitamente con una guarnizione ad anello da sostituire a quella vecchia.

Diverso è il discorso per il filtro “metallico” invece. Quest’ultimo è composto da una serie di parti, come vediamo nell’immagine, racchiuse dentro un contenitore di acciaio che viene direttamente avvitato sul blocco motore.



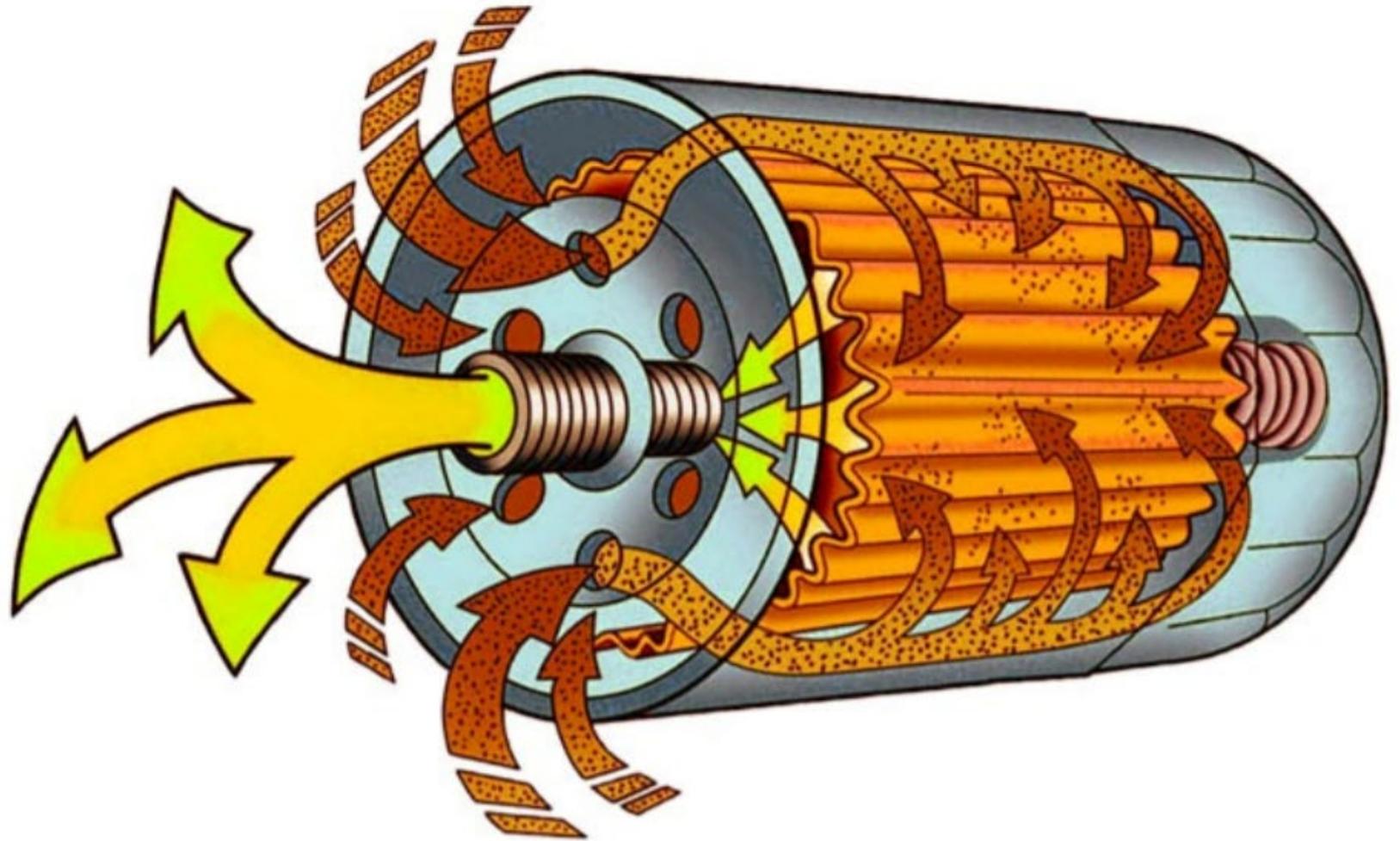
A close-up photograph of an engine oil filter, which is a cylindrical metal component with a central opening. It is mounted on a dark, metallic engine part. The background is slightly blurred, showing other engine components and a blue surface.

Vediamo ora, in modo molto semplificato, come funziona un filtro olio motore

Come abbiamo accennato precedentemente, l'olio viene pescato dalla coppa tramite la relativa pompa e viene incanalato e spinto verso il nostro filtro.

A questo punto, tramite appositi forellini, entra all'interno del contenitore che ospita il filtro, passa attraverso la membrana filtrante che trattiene le impurità ed esce, pulito, da un foro centrale più grande che lo direziona verso il motore.

In questa immagine potete vederne graficamente il meccanismo:



A photograph of an engine compartment with the hood open. A prominent feature is a large, cylindrical air intake filter mounted on a bracket above the engine. The engine itself is partially visible, showing various components like the alternator and belts. The background shows a blurred outdoor setting with a building and a vehicle wheel.

Impianto di aspirazione dell'aria



Tutti i motori endotermici devono aspirare aria per bruciare il combustibile; indipendentemente da come quest'aria venga trattata, entra sempre da un bocchettone o presa d'aria collocata usualmente nella parte alta del vano motore o a metà altezza e comunque ben riparata dall'acqua che potrebbe schizzare dalla sede stradale durante la marcia. L'altezza deve essere sempre tale da evitare che marciando su profonde pozzanghere il bocchettone non “peschi” l'acqua, condizione molto pericolosa perché nella migliore delle ipotesi fa spegnere il motore, mentre nella peggiore lo danneggia irrimediabilmente, in special modo se entra nelle camere di combustione quando sono calde. Tra bocchettone e motore viene sempre interposto un filtro, che ha lo scopo di trattenere tutto quel che c'è in sospensione nell'aria: polvere e sabbia, pezzi di foglie o d'erba e quant'altro.



Il filtro dell'aria viene collocato in un cassoncino di plastica o metalli provvisto di una sede per fermarlo ed evitare che si sposti, oltre che di due condotti: uno di entrata, cui si collega il bocchettone della presa d'aria, ed uno di uscita, cui si attacca il manicotto che porta al collettore d'aspirazione nei motori diesel aspirati e in quelli a benzina ad iniezione, ovvero al carburatore o al compressore, nei motori sovralimentati. Il cassoncino è diviso in due camere: una d'entrata, dove affluisce l'aria in arrivo dal bocchettone; una d'uscita, da dove il manicotto porta all'aspirazione del motore al compressore. Le camere sono isolate una dall'altra mediante una guarnizione in gomma, usualmente formata dal lembo di contorno del filtro dell'aria. Il filtro è composto da una cartuccia realizzata con un foglio di fibra di cellulosa ripiegato più volte a fisarmonica, in modo da aumentare la superficie di fissaggio dell'aria a parità di sezione occupata.

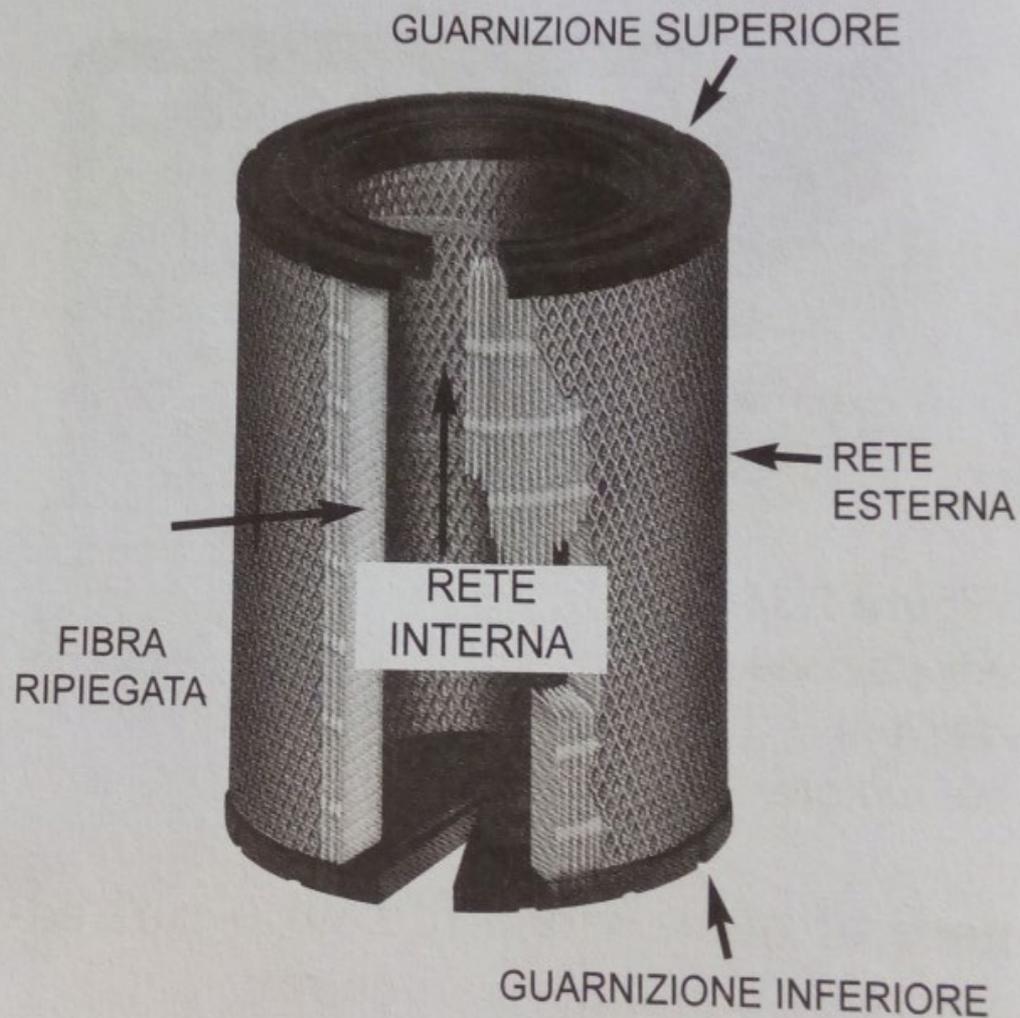


Figura 2.37 - Sezione di un filtro dell'aria a ciambella con rete esterna di rinforzo.

GUARNIZIONE



Figura 2.36 - Tipi di filtro dell'aria: a ciambella rinforzata con rete metallica (a sinistra) a cilindro (in mezzo) e piano (a destra).



Figura 2.38 - Filtro dell'aria a cono e suo cassonetto; sotto, flusso dell'aria nel filtro.



Figura 2.39 - A sinistra, direzione dell'aria nel filtro a ciambella. A destra, cassoncino per filtro a ciambella e piano.