



Corso di Formazione

MECCANICA DELL'AUTOMOBILE – IL MOTORE

A photograph of an internal combustion engine, likely a V-engine, with its hood open. A large, thick plume of white smoke or steam is rising from the engine compartment, partially obscuring the components. The engine is mounted in a blue frame, and a red vehicle is visible in the background.

Il motore a ciclo Otto

A photograph of a car engine, likely a V-engine, with various components like the alternator, belts, and hoses visible. A large red arrow with a blue outline points downwards from the text above to the date below.

... un pò di storia ...

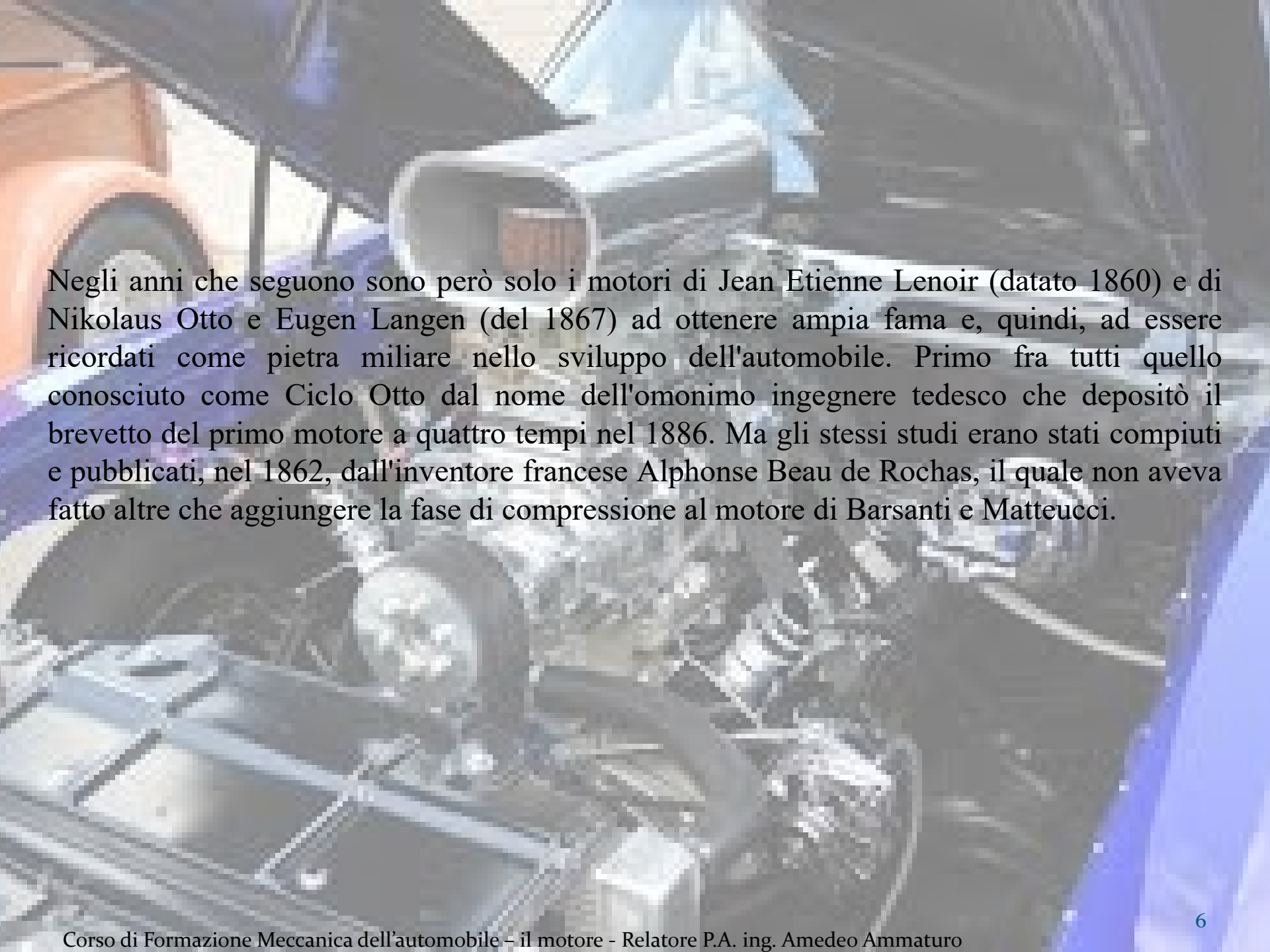
06 Giugno 1853



Se oggi ci muoviamo a bordo di auto dotate del cosiddetto motore a scoppio, quello che ha portato 133 anni fa alla nascita della prima vettura della storia, il triciclo di Benz, lo si deve ad una coppia di 'inventori' italiani, entrambi toscani: a Padre Eugenio Barsanti, un insegnante di fisica nato a Pietrasanta, e all'ingegnere Felice Matteucci di Lucca. Contrariamente a quanto si crede, infatti, la creazione del primo motore a quattro tempi - quello di Nikolaus Otto che, associandosi a Karl Benz, portò alla nascita del Benz Velociped datata 1886 - è successiva di 14 anni alla scoperta realizzata da Barsanti, e successivamente sviluppata assieme Matteucci. E' infatti il 6 giugno 1853 - ben prima rispetto al brevetto del tedesco Nikolaus Otto - quando Barsanti e Matteucci depositano all'Accademia dei Georgofili di Firenze (non esisteva ancora un ufficio brevetti) un documento con la descrizione dell'invenzione del primo motore a scoppio della storia.



L'avventura 'motoristica' della coppia di inventori toscani era iniziata 10 anni prima di questa ufficializzazione: Barsanti aveva scoperto - durante un esperimento nella sua aula del collegio San Michele di Volterra - la possibilità di trasformare uno scoppio (in quel caso infiammando del gas) in forza meccanica. Dalla collaborazione con Matteucci venne sviluppata una 'macchina' capace di ripetere ciclicamente questa trasformazione ed ottenere così una costante erogazione di forza meccanica. Il motore, frutto dello sviluppo del progetto, nell'intento dei due inventori toscani avrebbe dovuto servire da propulsore del battello 'Il veloce' della Compagnia di navigazione Lariana di Como.



Negli anni che seguono sono però solo i motori di Jean Etienne Lenoir (datato 1860) e di Nikolaus Otto e Eugen Langen (del 1867) ad ottenere ampia fama e, quindi, ad essere ricordati come pietra miliare nello sviluppo dell'automobile. Primo fra tutti quello conosciuto come Ciclo Otto dal nome dell'omonimo ingegnere tedesco che depositò il brevetto del primo motore a quattro tempi nel 1886. Ma gli stessi studi erano stati compiuti e pubblicati, nel 1862, dall'inventore francese Alphonse Beau de Rochas, il quale non aveva fatto altre che aggiungere la fase di compressione al motore di Barsanti e Matteucci.



P. EUGENIO BARSANTI DELLE SCUOLE PIE
1821 - 1864



FELICE MATTEUCCI
1808 - 1887

Eugenio Barsanti e Felice Matteucci

Motore a combustione interna Barsanti - Matteucci

Barsanti Eugenio; Matteucci Felice



Ciclo di
funzionamento a
tre tempi



OGGETTO

OGGETTO

Definizione: motore

Tipologia: a combustione interna Barsanti - Matteucci

Denominazione: motore Barsanti-Matteucci

Disponibilità del bene: reale

CATEGORIA

Categoria principale: Industria, manifattura, artigianato

Altra categoria: Macchine e dispositivi per la produzione di energia

Parole chiave: Motori Primi

LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICO-AMMINISTRATIVA

LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICO-AMMINISTRATIVA ATTUALE

Stato: Italia

Regione: Lombardia

Provincia: MI

Nome provincia: Milano

Codice ISTAT comune: 015146

Comune: Milano

COLLOCAZIONE SPECIFICA

Tipologia: monastero

Denominazione: Monastero di S. Vittore (ex)

Denominazione spazio viabilistico: Via San Vittore, 21

Denominazione struttura conservativa - livello 1: Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia "Leonardo da Vinci"

Tipologia struttura conservativa: museo

RAPPORTO

RAPPORTO BENE FINALE/ORIGINALE

Stadio bene in esame: riproduzione

Bene finale/originale: motore a scoppio Barsanti-Matteucci

Autore bene finale/originale: Fonderia Benini - Firenze

Datazione bene finale/originale: 1856

Collocazione precedente: Officine staz. ferroviaria Maria Antonia - Firenze

Specifiche rapporto

Riproduzione conforme al motore descritto nella certificazione inglese n. 1072 del 12 giugno 1854, rilasciata ai due inventori dall'Ufficio Brevetti di Londra. Le misure di questa riproduzione potrebbero corrispondere a quelle adottate dalla riproduzione realizzata nel 1858 dalla Fonderia del Pignone di Firenze.



DATI TECNICI

Materia e tecnica: ferro

Materia e tecnica: ottone

MISURE

Unità: cm

Altezza: 90

Profondità: 50

Lunghezza: 42



DATI ANALITICI

DESCRIZIONE

Oggetto

Il dispositivo è costituito da due cilindri nei quali scorrono in modo interdipendente due pistoni. Le aste dei due pistoni sono munite, lateralmente e sul retro, di cremagliera. Ciascuna delle due cremagliere, sul retro delle aste, ingrana una ruota dentata; le due ruote dentate sono innestate su un medesimo asse che muove un volano posto lateralmente al dispositivo. Le due cremagliere, poste lateralmente alle aste, ingranano una terza ruota dentata che fa da bilanciere rendendo solidali i due pistoni.

Lateralmente alle aste dei pistoni, sul lato opposto alle cremagliere e in corrispondenza del primo dente di queste, due piolini, uno per ciascuna asta, comandano alternativamente l'apertura e chiusura delle valvole delle camere di espansione, tramite i due sistemi forchetta-asta-spina che scorrono sul fronte di ciascun cilindro.

Le camere di espansione sono poste sul fondo dei cilindri e tra le rispettive valvole è situato un semicilindro tronco conico con tre aperture che distribuisce la miscela combustibile.

Il dispositivo è montato su una massiccia struttura che fa da base; in questa sono fissati i due cilindri e da questa partono due montanti che sostengono l'asse con le due ruote dentate e il volano. I cavallotti dei montanti, superiormente, presentano due vasi metallici con funzione di oliatori.

Funzione: produzione di energia meccanica



Notizie storico-critiche

Il Barsanti-Matteucci proposto in questa riproduzione è un motore a scoppio bicilindrico, di tipo gravioatmosferico, ad azione differita alla corsa di ritorno del pistone, con movimento in controfase degli stantuffi.

E' alimentato a miscela d'idrogeno e aria, con accensione mediante scintilla elettrica e carburazione all'atto della carica. Il ciclo di funzionamento è a tre tempi (aspirazione, scoppio e scarico).

In questo tipo di motore l'azione motrice, sull'albero, non è data direttamente dall'impulso dell'espansione (che provoca la salita del pistone nella corsa di andata), ma dall'azione combinata della pressione atmosferica e del peso del pistone (che provocano la discesa del pistone nella corsa di ritorno).

Questa soluzione dell'azione differita, consentendo un elevato rapporto di espansione, garantiva all'epoca un rendimento termico superiore rispetto ai motori ad azione diretta, come il motore Lenoir.

Il "nuovo motore" di Barsanti e Matteucci è la prima concreta risposta all'esigenza di sostituire i motori a vapore con dispositivi più efficienti, economici e snelli, affidabili e adatti a diverse applicazioni.

Dal 1851 un sodalizio umano e intellettuale unisce Padre Eugenio Barsanti, religioso dell'ordine degli Scolopi, e



l'ingegner Felice Matteucci. I due inventori lavorano intorno all'idea di un dispositivo che sfrutti lo scoppio di una miscela gassosa per ottenere movimento.

In due anni, con i contributi teorici di Barsanti e le competenze meccaniche di Matteucci, realizzano il primo motore a scoppio. Per tutelare la priorità sull'invenzione depositano una memoria all'Accademia dei Georgofili, già custode di documenti sulle innovazioni tecnico-scientifiche in assenza di un Ufficio Brevetti nazionale.

Nel 1854 i due inventori ottengono una prima certificazione a Londra, a cui seguiranno brevetti in diverse nazioni europee. Intanto il loro motore trova le prime concrete applicazioni: un esemplare, realizzato alla Fonderia Benini di Firenze, viene impiegato nel 1856 presso le Officine della Stazione ferroviaria Maria Antonia, dove aziona una forbice e un trapano. E' il primo motore a combustione interna applicato al movimento di macchine utensili.

Negli anni successivi Barsanti e Matteucci continueranno a perfezionare il loro motore sviluppando vari modelli e ottenendo nuovi brevetti.

Nel 1861 fonderanno la Società del Nuovo Motore e faranno realizzare i loro dispositivi dalla Escher Wiss di Zurigo, dalla Bauer di Milano, dalle Officine John Cockerill in Belgio.

La Società, gravata da difficoltà imprenditoriali, durerà solo pochi anni. Determinanti, nella sorte dell'impresa, risulteranno i problemi di salute di Matteucci, la morte prematura di Barsanti, e, in generale, l'afflizione dei due inventori per la mancata affermazione del loro motore.

Nonostante i documenti attestanti la priorità dell'invenzione, la comprovata superiorità tecnica e il riconoscimento tributato dagli ambienti specializzati, l'invenzione di Barsanti e Matteucci sarà offuscata -presso i contemporanei e nella storia della motoristica- dalla fama di altri dispositivi: il motore Lenoir (1860) di rendimento inferiore ma reso popolare da un'ottima intuizione pubblicitaria, e il motore Otto e Langen (1867), iridato all'Esposizione Universale di Parigi del 1867, identico nell'essenza al motore Barsanti e Matteucci.

Il contributo pionieristico di Barsanti e Matteucci nella genesi del motore a scoppio è oggi riconosciuto a livello internazionale.

Rispetto alle fonti indicate in bibliografia si segnala il seguente punto d'attenzione: nel 1861, a Firenze, alla Prima Esposizione Italiana di Arti e Manifatture, il motore Barsanti e Matteucci è atteso. Alcune fonti testimoniano la sua presenza, altre invece sono discordi su questo punto.



Ad ogni buon conto il motore a ciclo Otto è quello conosciuto come motore a benzina o a gas. In esso l'accensione viene comandata da una scintilla fatta scoccare nella camera di combustione al momento giusto, ossia quando il cilindro è stato già riempito di miscela carburata e il pistone ha compresso il tutto portandosi al punto morto superiore. Fino a pochissimi anni fa, era fatto in modo che dal condotto di aspirazione entrasse l'aria mischiata al combustibile (l'aria è necessaria in ogni processo di combustione, altrimenti nessun motore termico funziona) ma di recente, con la comparsa dell'iniezione diretta di benzina, questa caratteristica, che una volta distingueva il motore a scoppio dal diesel, è venuta meno.



Ad ogni modo, nel motore tradizionale il condotto di aspirazione porta aria e benzina, ossia una miscela carburata; la carburazione è la miscelazione di aria e di una quantità ben calcolata di benzina o gas (metano/gpl) in modo da garantire una combustione ottimale. Nel caso della benzina, la carburazione si ottiene perché pur essendo liquida evapora facilmente e ben si mischia all'aria. Nel caso del gas, la miscela si crea da sola. Il motore a ciclo otto, che sia a due o quattro tempi, è provvisto di:

- un impianto di accensione, che serve a innescare la combustione;
- un impianto di carburazione.

L'impianto di accensione è formato da una candela d'accensione

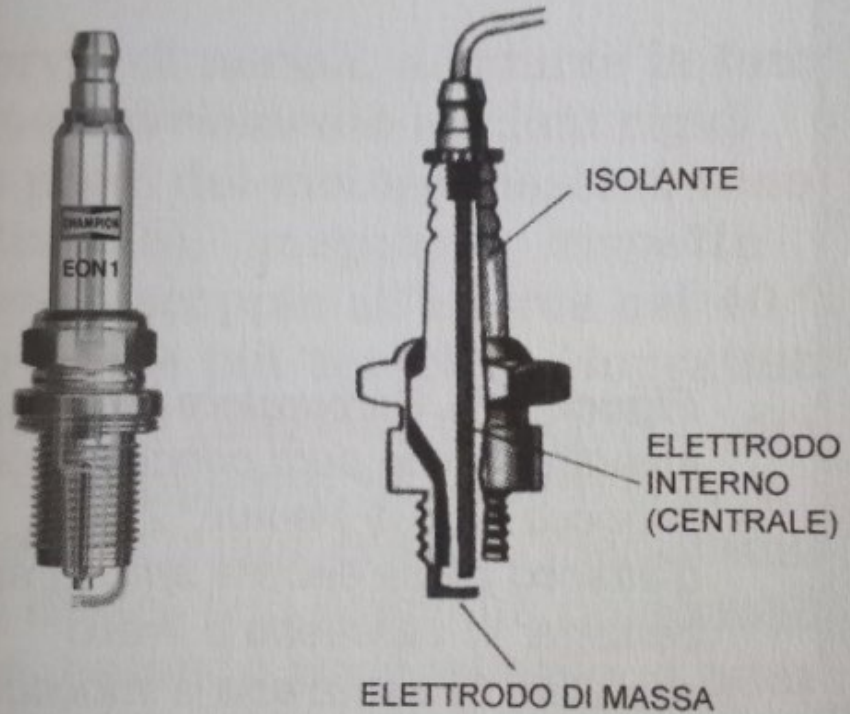


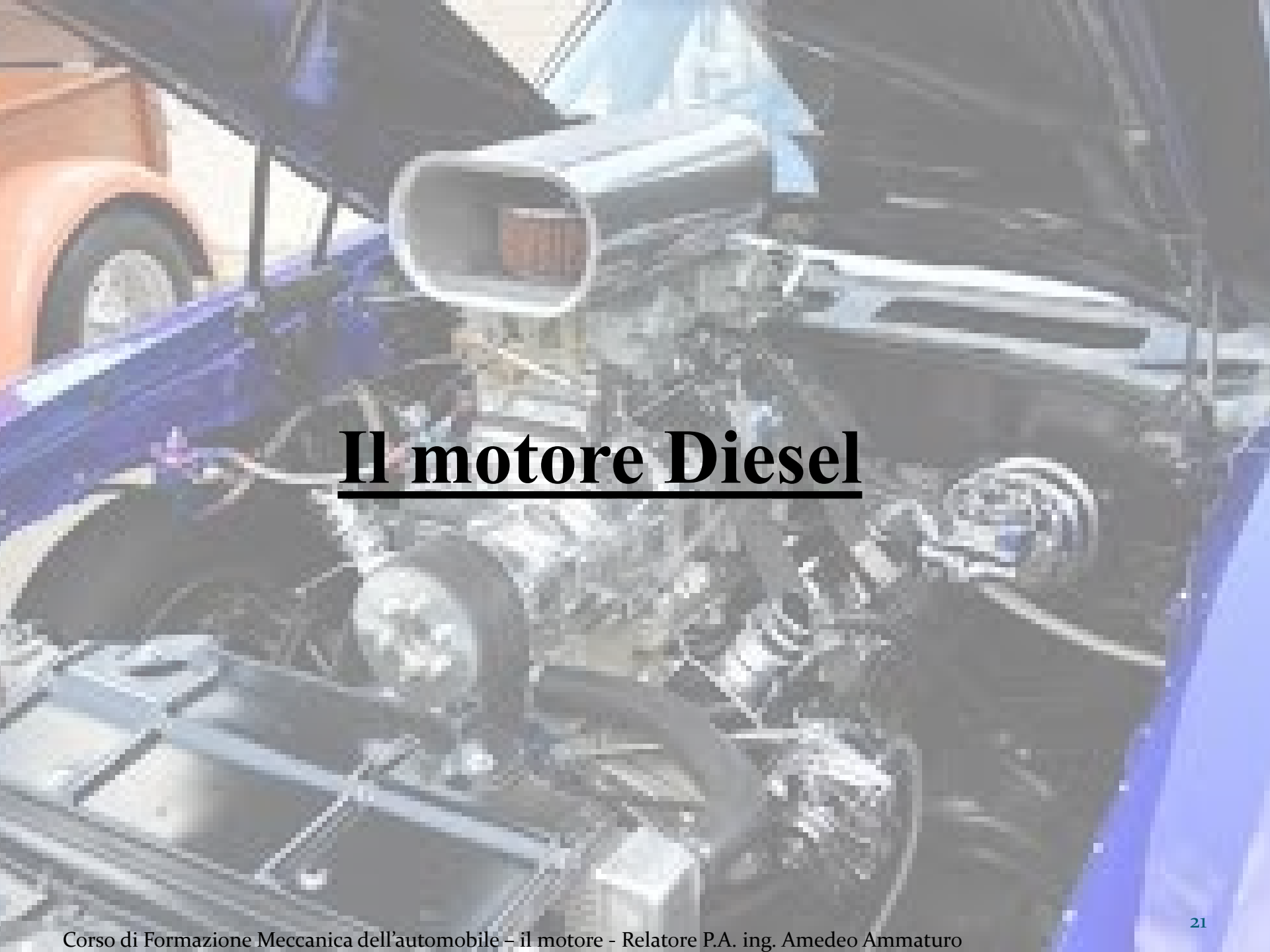
Figura 1.6 - Candela vista dall'esterno e in sezione.



e da un generatore d'alta tensione più un distributore meccanico o allo stato solido che serve a portarle l'alimentazione elettrica. La candela ha due elettrodi distanziati in modo da innescare una scintilla che dia l'energia necessaria a incendiare la miscela e far avvenire lo scoppio. L'impianto che alimenta la candela è un generatore d'alta tensione basato sulla proprietà delle bobine di reagire all'interruzione della corrente generando tensioni di valore molto più alto di quella ricevuta dalla batteria.



Nei motori monocilindrici basta questo, ma in quelli a più cilindri occorre un distributore in grado di portare l'alta tensione sempre alla candela giusta. Questo distributore è incorporato nel sistema ruttore/distributore, meglio noto come *spinterogeno*. Quanto all'impianto di carburazione, nei primi motori veniva realizzato mediante il *carburatore*, una sorta di tubo dove passa l'aria dell'aspirazione e nel quale un getto introduce benzina in una certa quantità. Nei moderni motori si usa l'iniezione di benzina, che è stata in un primo momento meccanica e poi elettronica. Scopo dell'iniezione è decidere il momento esatto in cui miscelare aria e benzina, migliorando la combustione e risolvendo i problemi causati dall'inclinazione del carburatore.



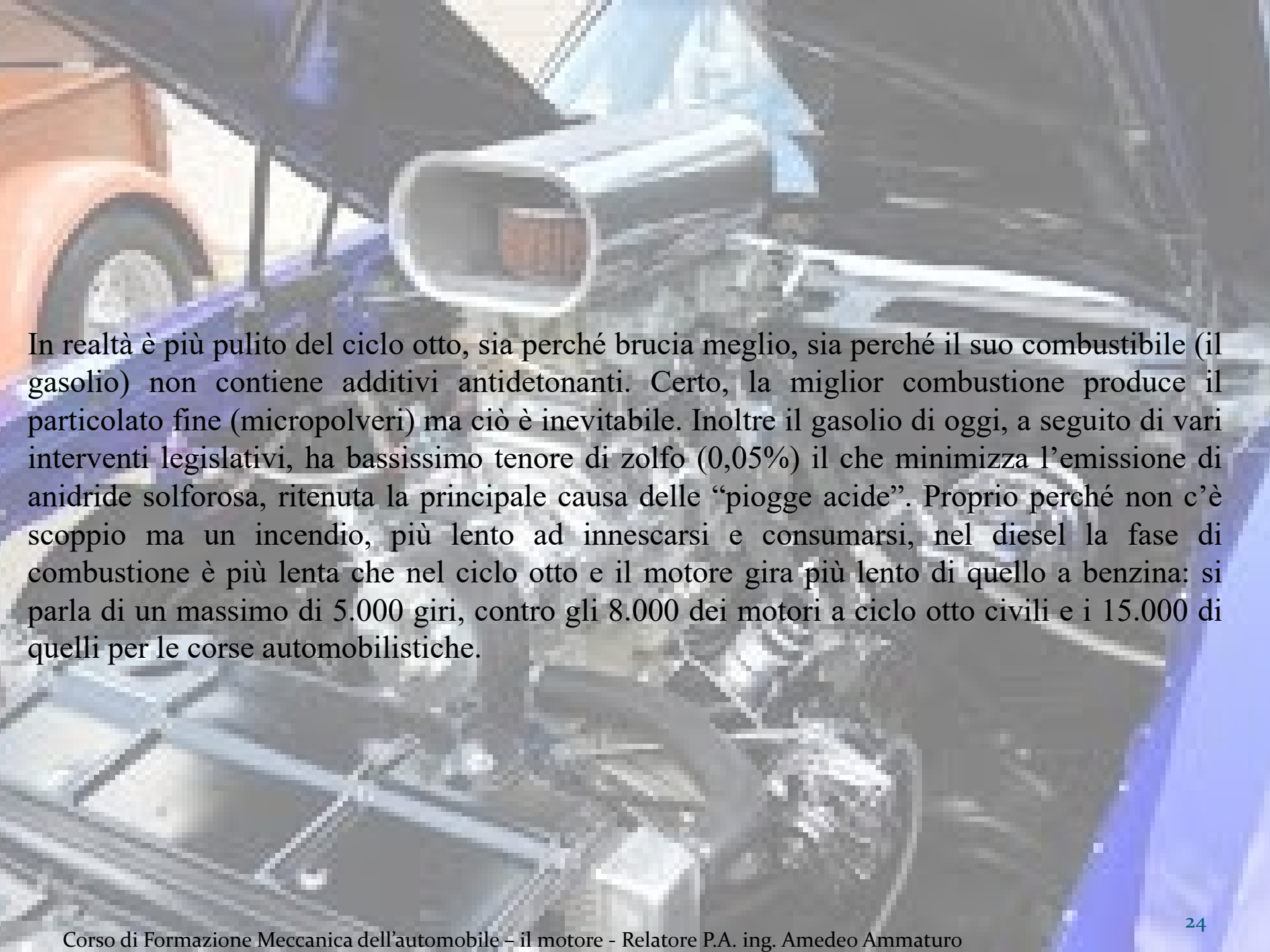
Il motore Diesel



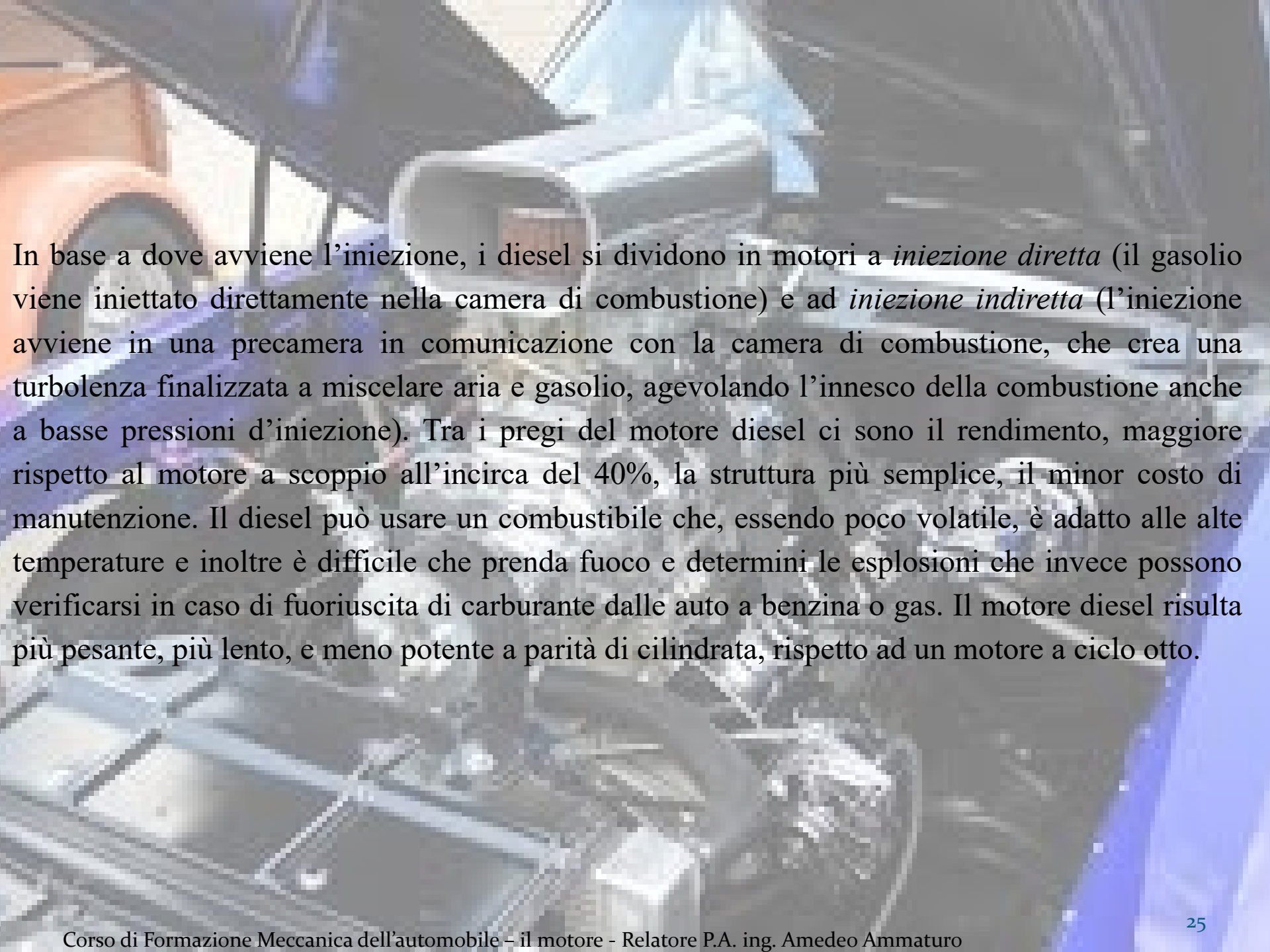
Ideato dal tedesco Rudolf Diesel nel 1897, si distingue dal motore Otto essenzialmente perché in esso il combustibile non scoppia ma brucia e per il fatto che la combustione si innesca spontaneamente a causa della temperatura raggiunta dall'aria, fortemente compressa dal pistone nella sua corsa fino al punto morto superiore. L'alta pressione raggiunta e la migliore combustione dovuta alla maggior quantità d'aria aspirata, rendono il diesel più efficiente del motore a benzina. L'uso di un combustibile più grezzo (e quindi meno caro) come la nafta o il meno raffinato gasolio, rende il motore diesel nettamente più economico di quello a scoppio.



Questo combustibile costa quasi come la benzina a causa della speculazione e dell'aumento delle tasse che gravano su di esso. Nato come alternativa al motore a ciclo Otto, soprattutto per contenere i costi nei grossi mezzi di trasporto, il motore diesel è diventato il protagonista della trazione del terzo millennio. Infatti è quello che ha subito la maggiore evoluzione tecnica e che ha avuto su di sé le attenzioni delle case automobilistiche, sebbene l'ignoranza della gente da un lato e la furbizia della politica (che diventò il superbollo) dall'altro, lo abbiamo sempre incolpato dell'inquinamento atmosferico.



In realtà è più pulito del ciclo otto, sia perché brucia meglio, sia perché il suo combustibile (il gasolio) non contiene additivi antidetonanti. Certo, la miglior combustione produce il particolato fine (micropolveri) ma ciò è inevitabile. Inoltre il gasolio di oggi, a seguito di vari interventi legislativi, ha bassissimo tenore di zolfo (0,05%) il che minimizza l'emissione di anidride solforosa, ritenuta la principale causa delle “piogge acide”. Proprio perché non c'è scoppio ma un incendio, più lento ad innescarsi e consumarsi, nel diesel la fase di combustione è più lenta che nel ciclo otto e il motore gira più lento di quello a benzina: si parla di un massimo di 5.000 giri, contro gli 8.000 dei motori a ciclo otto civili e i 15.000 di quelli per le corse automobilistiche.

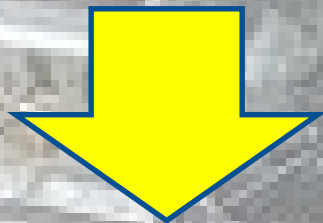


In base a dove avviene l'iniezione, i diesel si dividono in motori a *iniezione diretta* (il gasolio viene iniettato direttamente nella camera di combustione) e ad *iniezione indiretta* (l'iniezione avviene in una precamera in comunicazione con la camera di combustione, che crea una turbolenza finalizzata a miscelare aria e gasolio, agevolando l'innesco della combustione anche a basse pressioni d'iniezione). Tra i pregi del motore diesel ci sono il rendimento, maggiore rispetto al motore a scoppio all'incirca del 40%, la struttura più semplice, il minor costo di manutenzione. Il diesel può usare un combustibile che, essendo poco volatile, è adatto alle alte temperature e inoltre è difficile che prenda fuoco e determini le esplosioni che invece possono verificarsi in caso di fuoriuscita di carburante dalle auto a benzina o gas. Il motore diesel risulta più pesante, più lento, e meno potente a parità di cilindrata, rispetto ad un motore a ciclo otto.



In Italia nel 2017 erano state immatricolate più di **1,1** milioni di auto diesel; l'anno dopo, **978mila**, a causa delle tante restrizioni che le amministrazioni locali hanno posto alla circolazione dei veicoli a gasolio. La percentuale sul parco autovetture era passata dal **56,5%** al **51,2%**, con un calo del **12,1%**. Il gasolio era caduto in disgrazia agli occhi delle amministrazioni di mezzo mondo già dai tempi dello scandalo Dieselgate, che in realtà non riguardava le emissioni di ossido di azoto del diesel, ma un software per la manipolazione illegale dei dati relativi a queste in vista dei test di omologazione delle auto in Usa.

Dal 2017, infatti, l'Europa ha chiesto ai produttori del comparto di certificare le emissioni di ossido di azoto durante test drive "reali", in movimento e non in laboratorio, su diversi tipi di percorsi, ovvero quelli cittadini, extraurbani e autostradali. In questo modo si può capire quale sia la vera potenza inquinante delle automobili. E non mancano le sorprese.



Le emissioni di Co2 dei veicoli diesel sono circa il **15%** inferiori rispetto a quelle di veicoli a benzina comparabili. Inoltre, dopo un decennio di progressivi cali, come richiesto dalle normative europee, il 2018 ha visto un'inversione di tendenza con una crescita della Co2 media ponderata a **114,7 g/km**. Ciò a causa del calo delle vendite delle alimentazioni diesel che, rispetto ad altre motorizzazioni, emettono meno Co2. Il trend continua nel 2019: la media gennaio-maggio, infatti, è **120 g/km**, a causa dell'inasprirsi delle leggi restrittive sul gasolio e l'annuncio che altre città, dopo Milano, limiteranno sensibilmente l'accesso dei diesel all'interno delle zone centrali e semi-centrali.



Cilindrata, potenza e coppia motrice

Tre dei più importanti parametri che caratterizzano un motore alternativo sono la cilindrata, la coppia motrice e la potenza sviluppata e misurabile sull'albero motore.

Cilindrata

Coppia motrice

Potenza



Cilindrata

è il volume del cilindro e si calcola con la formula:

$$V = s \times l$$



Dove s è l'area della sezione orizzontale del cilindro ed l la corsa, ossia la distanza tra i punti morti superiore e inferiore. A sua volta, s si calcola con la formula dell'area del cerchio:

$$s = (\pi \times A^2)/4$$

dove A è l'alesaggio (diametro interno del cilindro).



Ad esempio, un motore che ha un alesaggio di 100 mm presenta una superficie di sezione del cilindro di 78,5 cm². In un motore con alesaggio del cilindro di 80 mm e corsa di 90 mm, l'area vale:

$$s = (3,14 \times 8^2)/4 = 50,24 \text{ cm}^2$$



La cilindrata risultante sarà pari a:

$$V = 50,24 \text{ cm}^2 \times 9 \text{ cm} = 452,16 \text{ cm}^3$$

Se il motore ha più cilindri, la cilindrata complessiva è pari alla somma di quelle dei singoli cilindri.

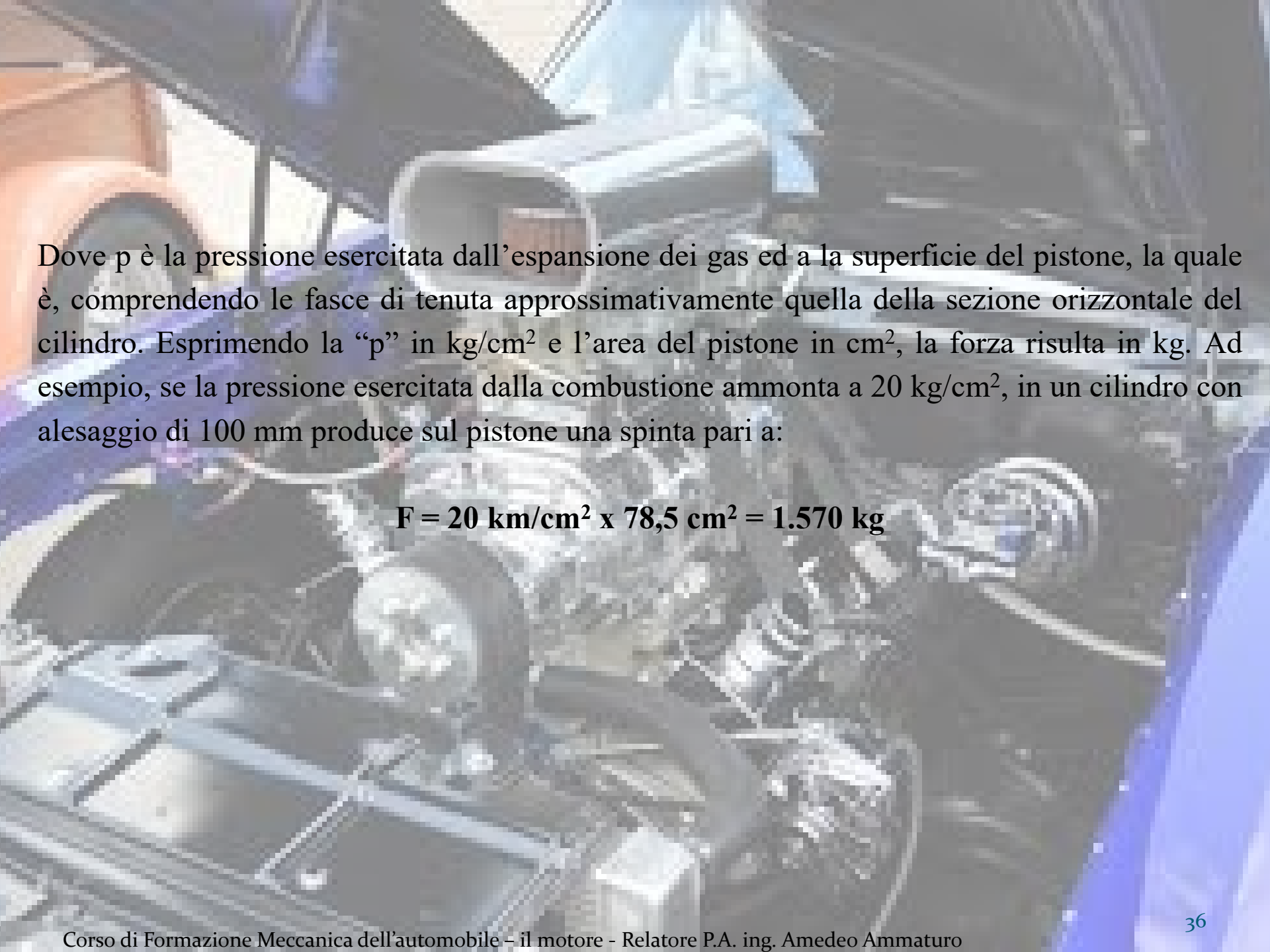


La coppia motrice, anche detta momento del sistema biella-manovella, è pari alla forza esercitata dalla combustione sul pistone, moltiplicata per il braccio, ossia la lunghezza della manovella, quest'ultima uguale a metà corsa del pistone.



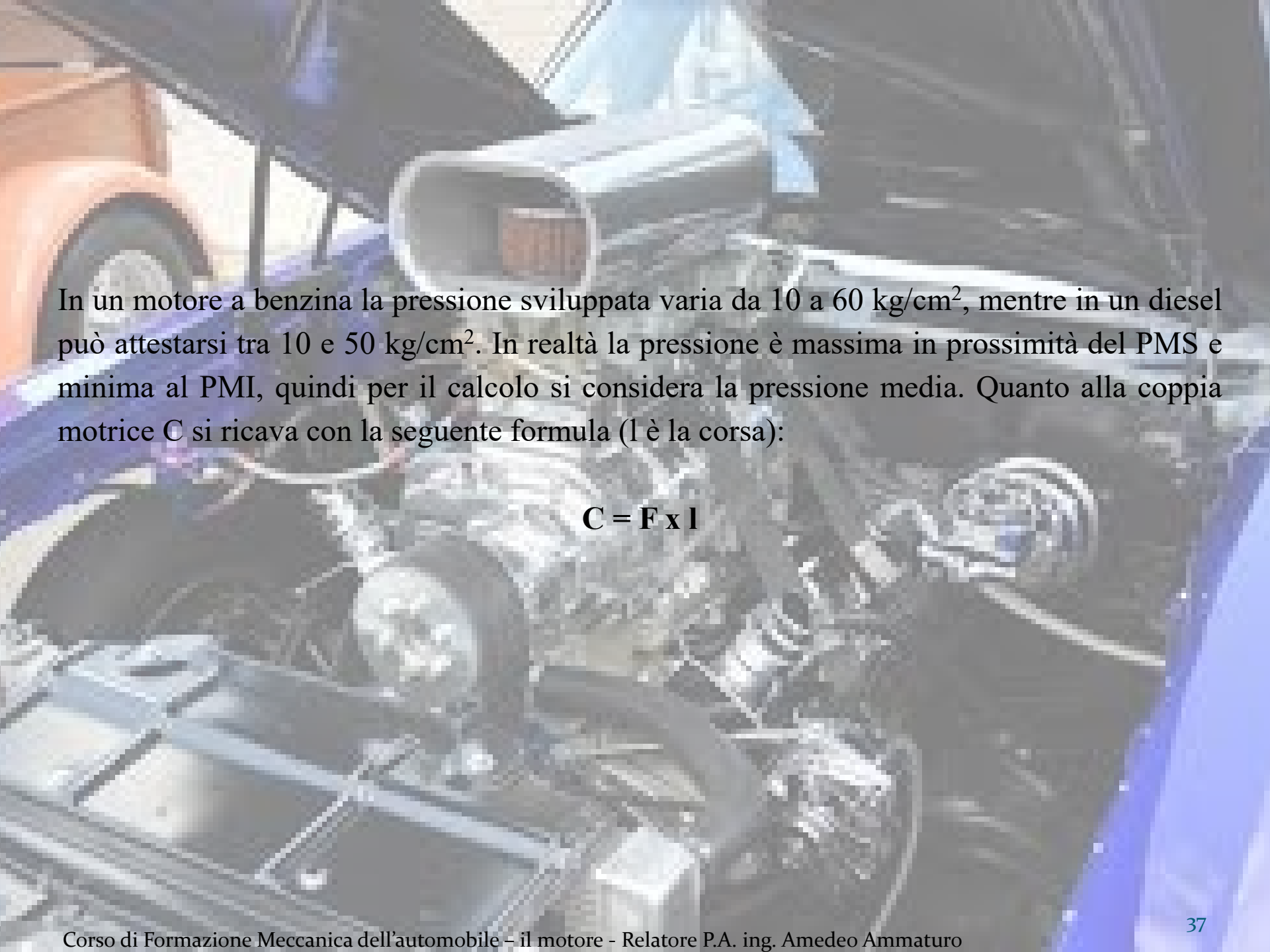
Ammettendo che la forza esercitata, ossia la pressione dovuta all'espansione dei gas di combustione, sia costante per tutta la corsa, si può calcolare la forza (F) che spinge il pistone:

$$F = p \times a$$



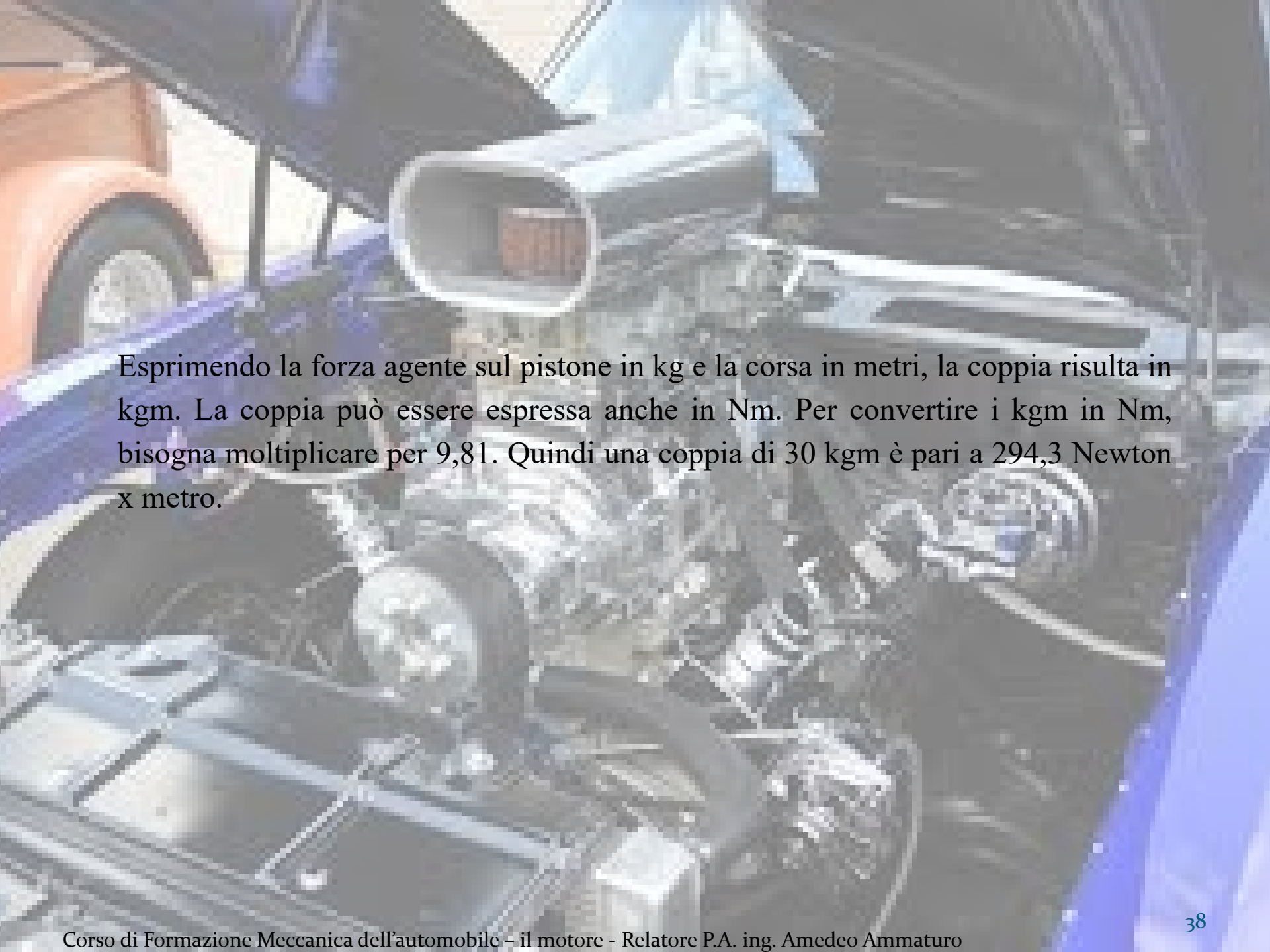
Dove p è la pressione esercitata dall'espansione dei gas ed a la superficie del pistone, la quale è, comprendendo le fasce di tenuta approssimativamente quella della sezione orizzontale del cilindro. Esprimendo la “ p ” in kg/cm^2 e l'area del pistone in cm^2 , la forza risulta in kg. Ad esempio, se la pressione esercitata dalla combustione ammonta a $20 \text{ kg}/\text{cm}^2$, in un cilindro con alesaggio di 100 mm produce sul pistone una spinta pari a:

$$F = 20 \text{ kg}/\text{cm}^2 \times 78,5 \text{ cm}^2 = 1.570 \text{ kg}$$

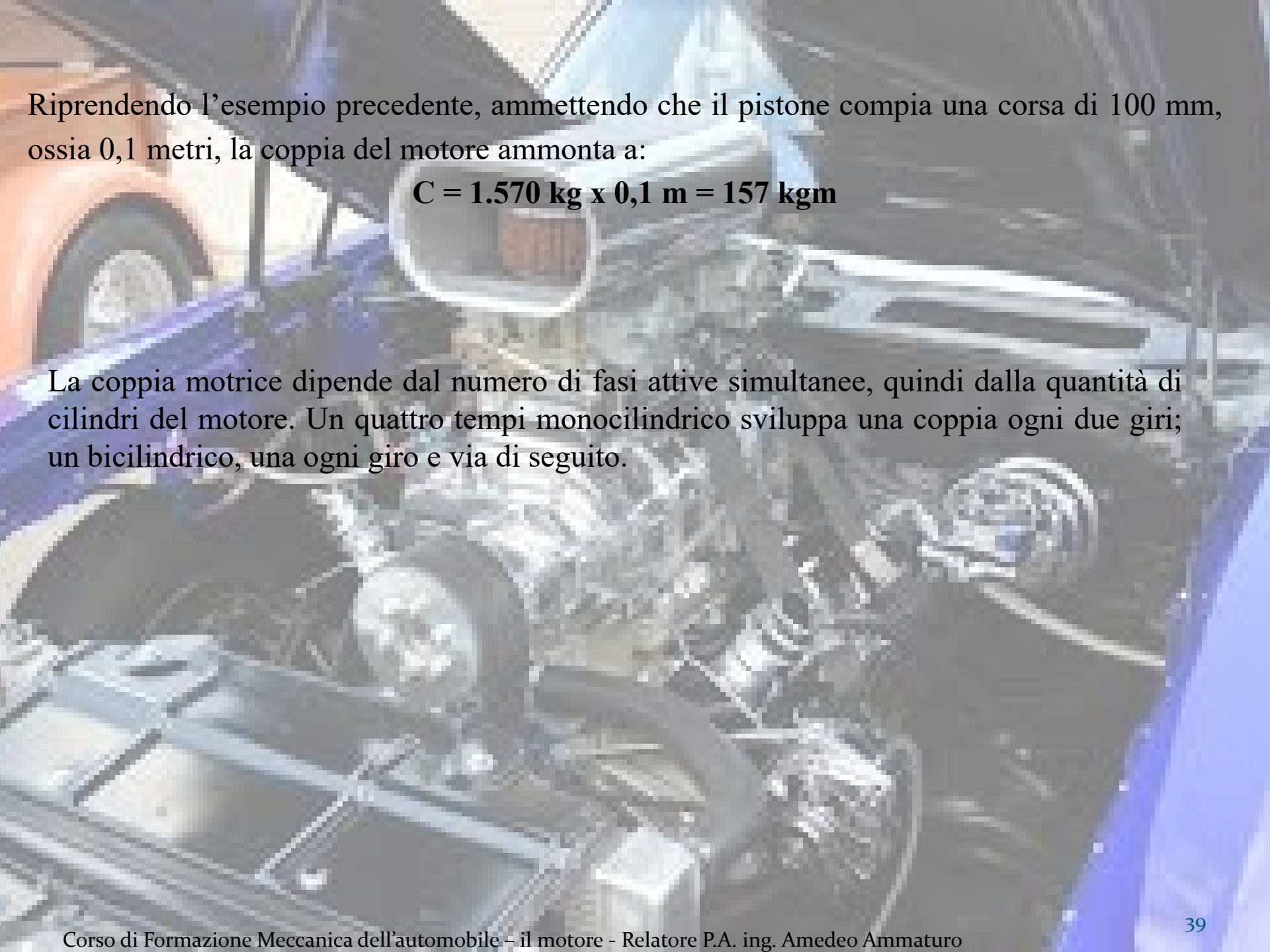


In un motore a benzina la pressione sviluppata varia da 10 a 60 kg/cm², mentre in un diesel può attestarsi tra 10 e 50 kg/cm². In realtà la pressione è massima in prossimità del PMS e minima al PMI, quindi per il calcolo si considera la pressione media. Quanto alla coppia motrice C si ricava con la seguente formula (l è la corsa):

$$C = F \times l$$

A close-up photograph of a car engine, likely a V6, with a digital display on the front showing the number '30.00'. The engine is mounted on a blue frame, and a red car wheel is visible in the background. The text is overlaid on the image.

Esprimendo la forza agente sul pistone in kg e la corsa in metri, la coppia risulta in kgm. La coppia può essere espressa anche in Nm. Per convertire i kgm in Nm, bisogna moltiplicare per 9,81. Quindi una coppia di 30 kgm è pari a 294,3 Newton x metro.



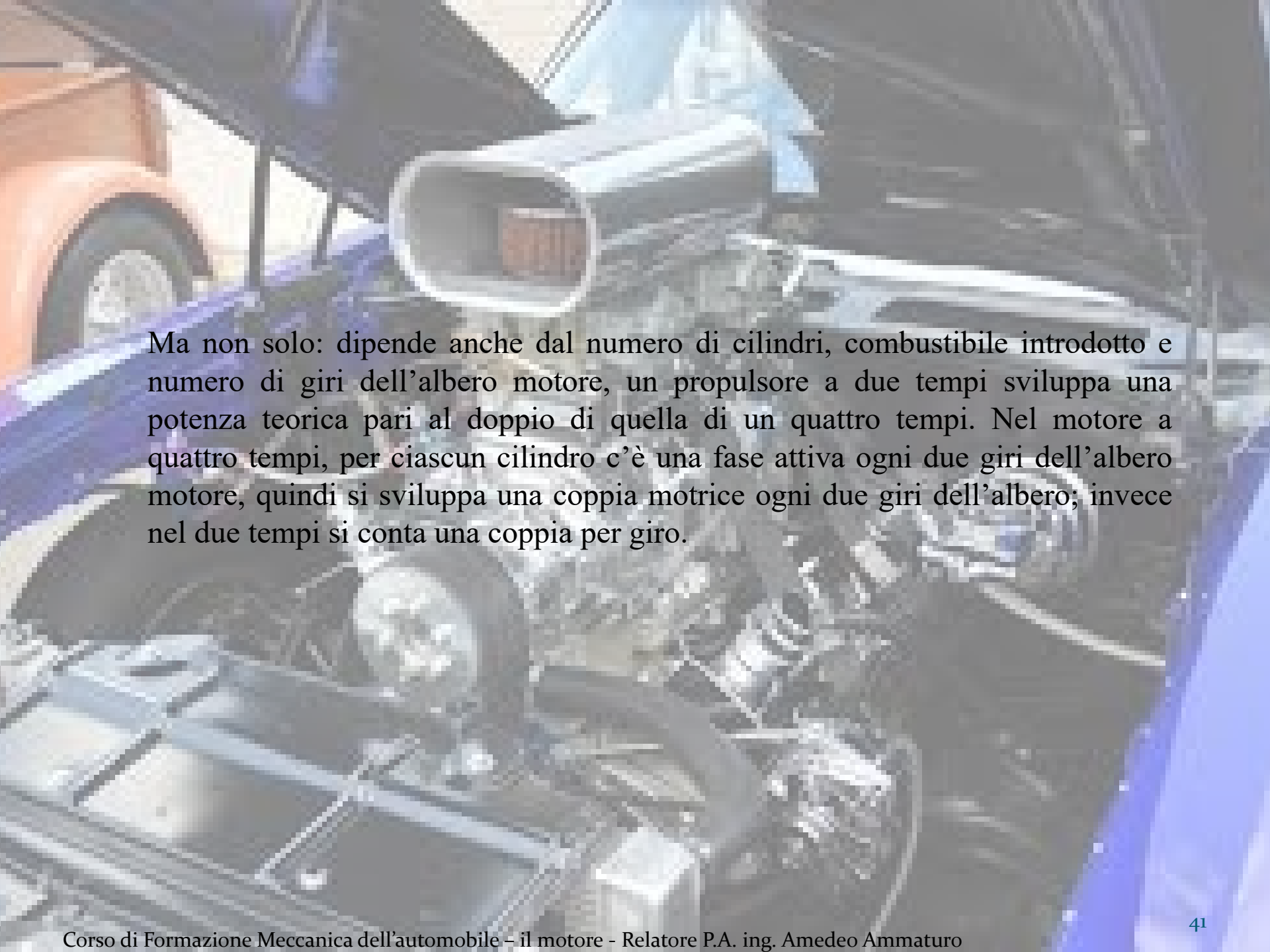
Riprendendo l'esempio precedente, ammettendo che il pistone compia una corsa di 100 mm, ossia 0,1 metri, la coppia del motore ammonta a:

$$C = 1.570 \text{ kg} \times 0,1 \text{ m} = 157 \text{ kgm}$$

La coppia motrice dipende dal numero di fasi attive simultanee, quindi dalla quantità di cilindri del motore. Un quattro tempi monocilindrico sviluppa una coppia ogni due giri; un bicilindrico, una ogni giro e via di seguito.



Dalla coppia si ricava la potenza del motore, che è pari al numero di coppie sviluppate nell'arco di un secondo. Da ciò si deduce che essendo le coppie originate dalla combustione dipendenti dalla velocità di lavoro del motore, la potenza è strettamente correlata con il numero di giri del motore.



Ma non solo: dipende anche dal numero di cilindri, combustibile introdotto e numero di giri dell'albero motore, un propulsore a due tempi sviluppa una potenza teorica pari al doppio di quella di un quattro tempi. Nel motore a quattro tempi, per ciascun cilindro c'è una fase attiva ogni due giri dell'albero motore, quindi si sviluppa una coppia motrice ogni due giri dell'albero; invece nel due tempi si conta una coppia per giro.

The background of the slide is a photograph of a car engine, specifically a V-engine, with various components like the cylinder head, intake manifold, and timing belt visible. The image is slightly blurred and has a blue tint.

La potenza (PM) di un motore alternativo si calcola con la seguente formula, dove n è il numero di cilindri, g il regime (numero) di giri al secondo e T è una costante che vale 0,5 per il motore a quattro tempi e 1 per quello a due tempi:

$$PM = C \times g \times n \times T$$

Ciò significa che se il motore preso ad esempio è un quattro tempi e gira a 7.200 giri al minuto, pari a 120 giri al secondo dell'albero motore, sviluppandosi 60 coppie motrici di potenza dovuta a ciascun cilindro è pari a:

$$PM = 157 \text{ kgm} \times 120 \text{ giri/s} \times 1 \times 0,5 = 9.420 \text{ kgm/s}$$

Cavallo e chilowatt

La potenza dei motori è definita in chilowatt ($1 \text{ Kw} = 1.000 \text{ watt}$) sebbene in passato venisse usato il CV (Cavallo Vapore); quest'ultima è un'unità di misura empirica, dovuta, pare, a un esperimento durante cui si legò alla testa di un cavallo un peso e valutando quanti kg potesse sollevare di un metro da terra, in un secondo di tempo. Risultò che mediamente l'equino sollevava 75 kg. L'unità di misura così ottenuta fu battezzata Cavallo Vapore con l'avvento della macchina a vapore, quando si tentò di confrontare la potenza di questa con quella del cavallo. In realtà, siccome 1 kgm/s vale 9,81 W, 1 CV vale 0,736 Kw.

A photograph of the engine compartment of a blue car. The engine is visible, along with various components like the air filter housing and battery. The title 'STRUTTURA DEL MOTORE' is overlaid in large, bold, black letters with a white outline and a black underline.

STRUTTURA DEL MOTORE



A photograph of a car engine mounted on a test bench. A large, silver, cylindrical dynamometer is connected to the engine's output shaft. Various hoses and wires are connected to the engine. The engine is a V-type, and the test bench is blue. The background shows a red car wheel.

Testata

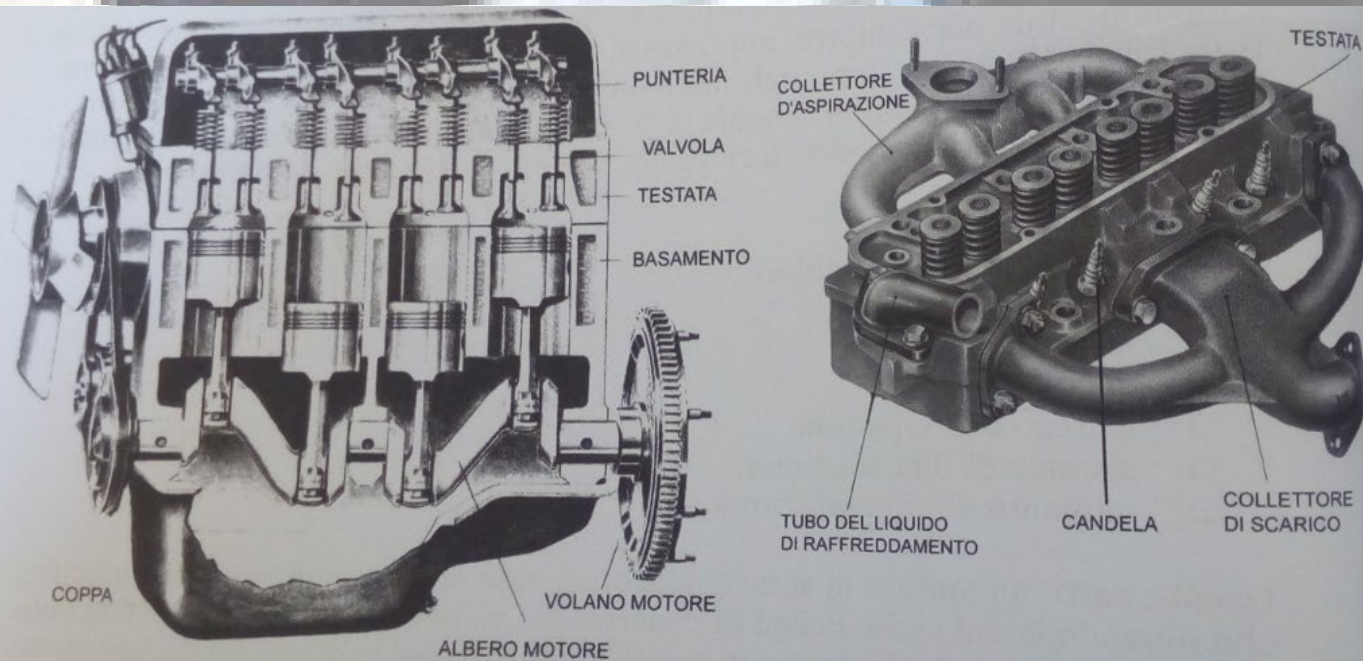


Figura 2.1 - Nella figura a sinistra, le parti basilari che compongono il motore delle automobili. A destra, il complesso della testata, con le punterie, i collettori di aspirazione e scarico e la tubazione che porta il liquido di raffreddamento.

A close-up photograph of an engine's cylinder head, showing a large, circular intake port. The metal is dark and polished, with various bolts and components visible. The background is slightly blurred, showing other parts of the engine and a blue structure.

È la parte del motore più vicina al punto morto superiore; contiene le camere di combustione ed è fatta in modo diverso a seconda che il motore sia diesel o a scoppio, a due o a quattro tempi, raffreddato ad aria o ad acqua. Le camere di combustione, almeno nel motore a quattro tempi, sboccano ognuna su almeno una valvola di entrata dell'aria o miscela (valvola di aspirazione) e su almeno una di uscita (valvola di scarico). Dalle valvole partono i condotti di aspirazione e scarico, che sfociano tipicamente sui lati della testata, dove si attaccano i collettori di aspirazione e di scarico.

A close-up photograph of an engine's cylinder head, showing various mechanical components and a temperature sensor mounted on a threaded port. The image is slightly blurred, focusing on the sensor and the surrounding metal parts.

Solitamente la testata è costruita in lega leggera di alluminio, magnesio ed altro ancora (in passato, anche in ghisa); le leghe di alluminio presentano robustezza meccanica unita a una caratteristica molto importante per il corretto raffreddamento: un'ottima conducibilità termica. Ciò permette di asportare rapidamente il calore prodotto, che nella testata, sede della combustione, è più intenso rispetto ad ogni altra parte del motore. Nel motore raffreddato ad aria è provvista di ampie alette per smaltire il calore prodotto, mentre in quello (più frequente) raffreddato ad acqua, internamente ha delle camere (intercapedini) tutte collegate fra loro, in cui viene fatto scorrere il fluido dell'impianto di raffreddamento e solitamente riporta un foro filettato dove avvitare il sensore di temperatura per il termometro (utilizzato, nelle moderne autovetture, per informare la centralina della temperatura del motore).

Oltre alle intercapedini e ai tubi che portano in giro il liquido di raffreddamento, il motore ha nella testata almeno un condotto d'andata e uno di ritorno dell'olio usato per la lubrificazione delle *guide valvola*: queste ultime sono i fori dove scorre lo stelo di ciascuna valvola quando si muove per aprire e chiudere.

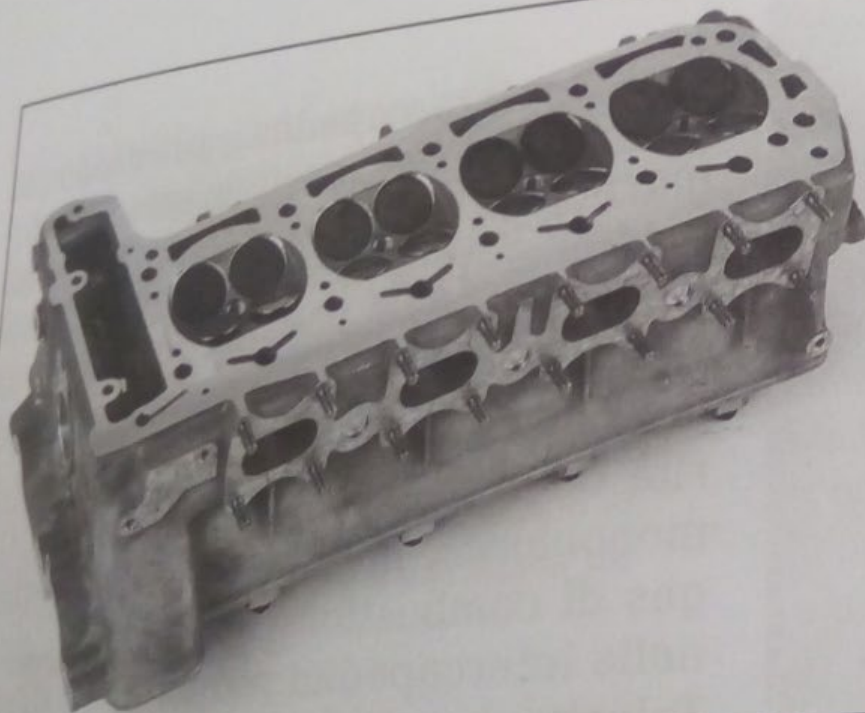
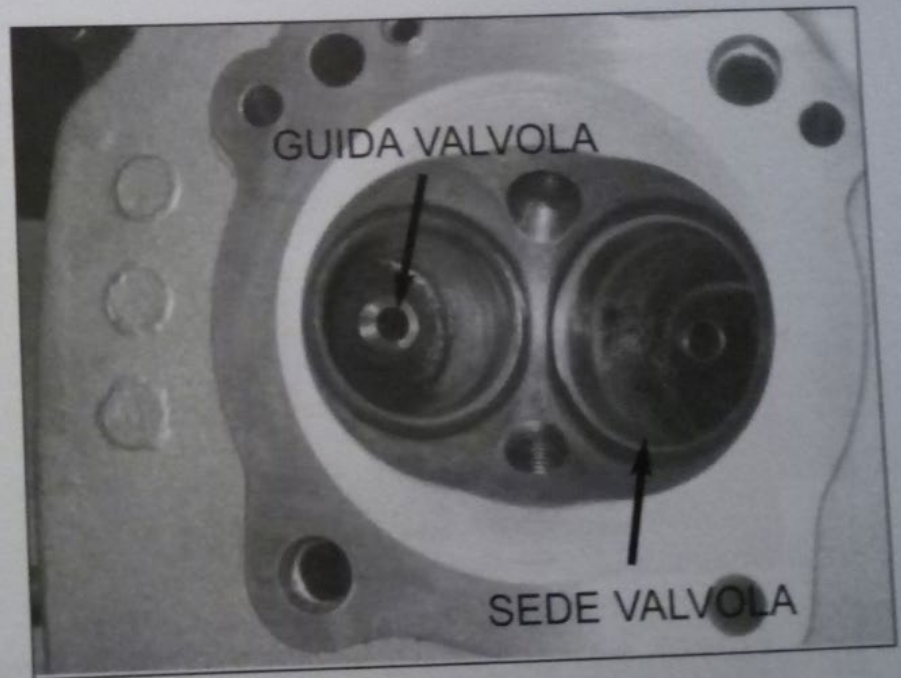
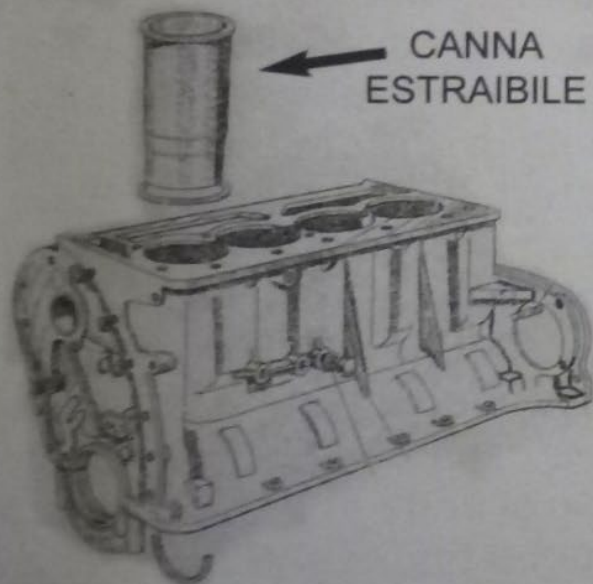


Figura 2.2 - Testata di motore Mercedes a quattro cilindri in linea, quattro tempi, plurivalvole, vista dalle camere di combustione (parte inferiore): nelle camere si notano le aperture delle valvole di aspirazione (due) e scarico (due) e intorno le intercapedini dove fluisce il liquido di raffreddamento. Frontalmente, i condotti di aspirazione che confluiranno nel collettore d'aspirazione.

Figura 2.6 - Vista interna di una testata dal lato della camera di combustione, dalla quale sono state smontate le valvole: le frecce indicano la guida valvola e la sede valvola. La sede della valvola è tipicamente a profilo conico o esponenziale; la guida sovente è una canna in lega di bronzo riportata in un apposito foro e opportunamente incastrata affinché non si muova. Ogni guida valvola è lubrificata da condotti che portano olio.





CILINDRO INTEGRATO

SUPPORTO
ALBERO
MOTORE

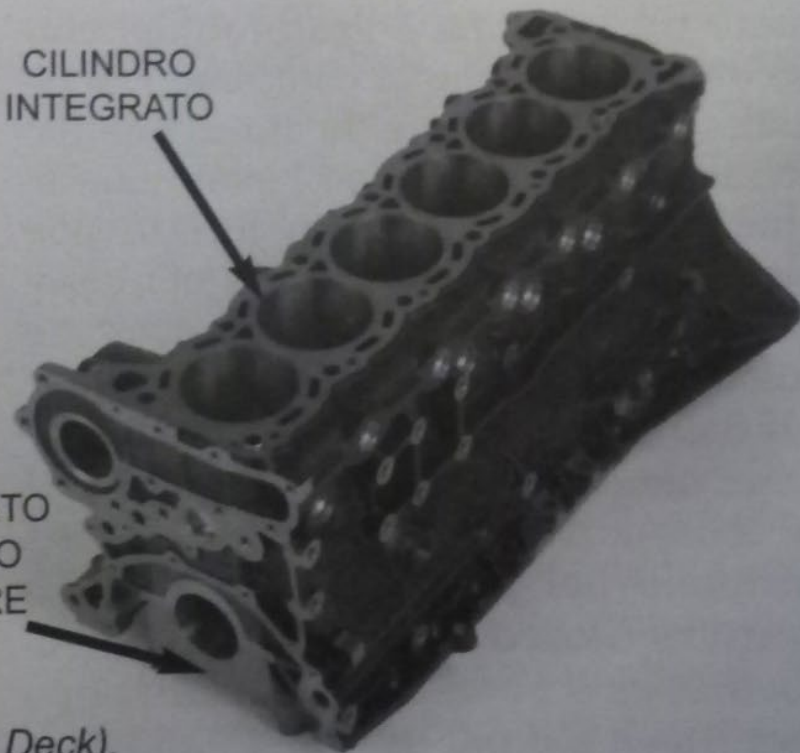


Figura 2.11- A sinistra, un monoblocco con cilindri riportati; a destra, monoblocco a cilindri integrati (Closed Deck).

A detailed close-up photograph of an internal combustion engine's cylinder head. The image shows the complex arrangement of the valve train, including the intake and exhaust valves, their stems, and the associated rocker arms and pushrods. The metal surfaces are polished and show signs of wear. The lighting highlights the intricate mechanical details and the precision engineering of the components.

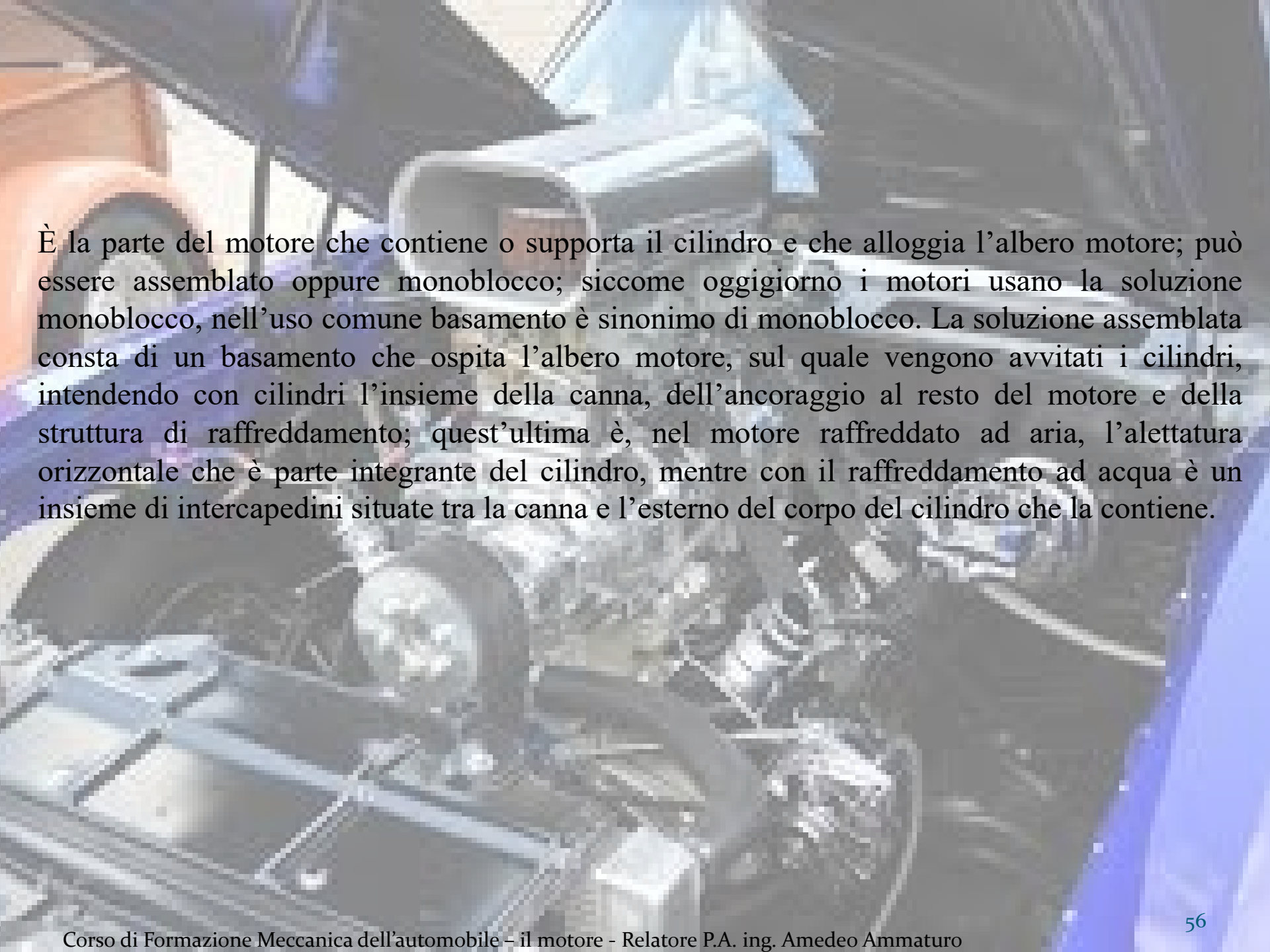
Dal lato della testata opposto a quello dove sono ricavate le camere di combustione (ossia nella parte alta) sono fissate le punterie, le quali, a seconda del tipo di distribuzione adottato, possono essere i bilancieri o i bicchieri spingi-valvola e gli alberi a camme. Nel caso di distribuzione ad aste e bilancieri, ogni bilanciante oscilla su un albero opportunamente lubrificato e fissato, mediante collari e bulloni, alla parte superiore della testata. Se invece la distribuzione è ad alberi a camme in testa, alla testata sono fissati gli alberi a camme, mediante bronzine poste ai lati della testata ed altre fissate in punti intermedi (solitamente c'è una bronzina ogni due camme, così da assicurare un fissaggio stabile e ridurre la flessione degli alberi causata dalla resistenza delle molle che tengono chiuse le valvole) tramite collari.



A coprire la parte alta della testata, ossia le punterie, viene messo il coperchio delle punterie, la cui funzione è proteggere i bilancieri o l'albero a camme e i bicchieri delle valvole dalla polvere, ma anche evitare che l'olio di lubrificazione, a causa del movimento delle punterie, venga schizzato in giro per il vano motore. Il coperchio delle punterie può assumere varie forme e tipicamente viene realizzato in materiale metallico, come alluminio e sue leghe, acciaio, ma può essere anche in plastica. Sotto le punterie ci sono le guide valvola, ossia fori cilindrici attraverso cui si infilano le valvole, che vengono sempre montate dalla camera di combustione. Ogni guida valvola è ricavata direttamente nel metallo della testata o realizzata a parte e incastrata. Le camere di combustione sono la parte più calda della testata (non sempre si trovano in essa: in alcuni motori diesel sono incorporate nel cielo del pistone).



Basamento



È la parte del motore che contiene o supporta il cilindro e che alloggia l'albero motore; può essere assemblato oppure monoblocco; siccome oggi i motori usano la soluzione monoblocco, nell'uso comune basamento è sinonimo di monoblocco. La soluzione assemblata consta di un basamento che ospita l'albero motore, sul quale vengono avvitati i cilindri, intendendo con cilindri l'insieme della canna, dell'ancoraggio al resto del motore e della struttura di raffreddamento; quest'ultima è, nel motore raffreddato ad aria, l'alettatura orizzontale che è parte integrante del cilindro, mentre con il raffreddamento ad acqua è un insieme di intercapedini situate tra la canna e l'esterno del corpo del cilindro che la contiene.



Comunque sia fatto il motore, la sommità di ogni canna coincide normalmente con il PMS, mentre la sua parte più bassa contiene il pistone (o almeno la parte che ospita le fasce elastiche) quanto esso scende al PMI. Alla parte superiore del cilindro si fissa, mediante bulloni e dopo interposizione dell'apposita guarnizione, la testata. Nella parte bassa del basamento si monta l'albero motore, situato lateralmente e internamente da cave a semicerchio chiamate supporti di banco entro cui sono applicate le bronzine; queste ultime sono lamine a semicerchio che servono a far scorrere l'albero motore con il minimo attrito. Le bronzine sono cuscinetti a strisciamento di spessore sottile. Il loro nome nasce dal fatto che un tempo erano fatte di bronzo; ora sono di acciaio rivestite di materiale a basso coefficiente di frizione, come leghe di alluminio o altro.

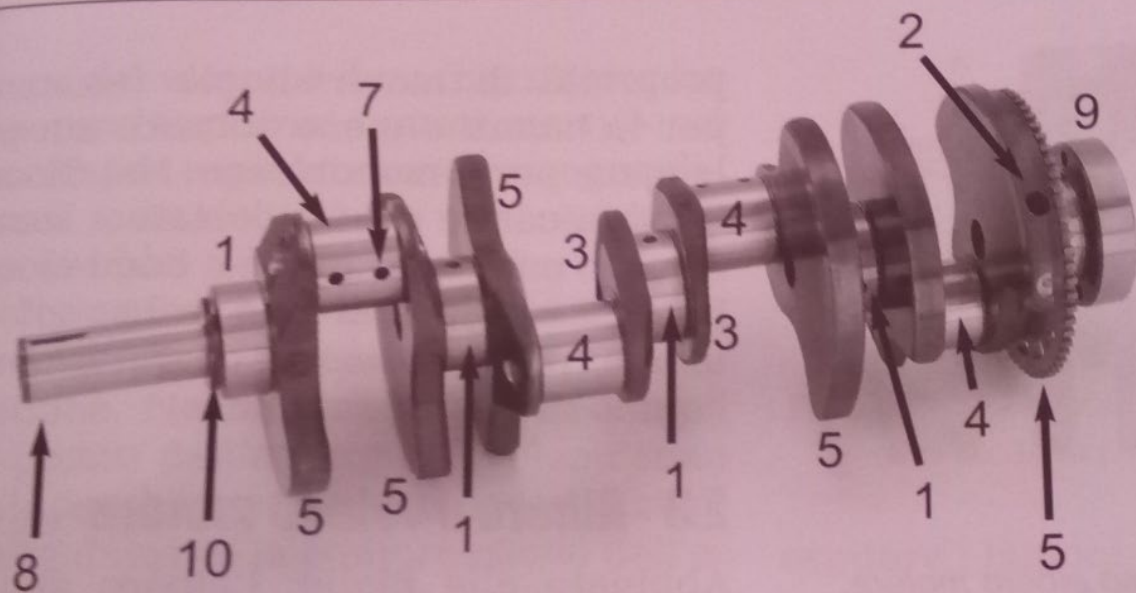


Figura 2.13
Parti dell'albero motore.

1. Perno di banco.
2. Foro di bilanciatura.
3. Manovelle (colli d'oca).
4. Perno di biella o perno di manovella.
5. Contrappesi.

6. Corona catena distribuzione.
7. Fori di uscita dell'olio di lubrificazione.
8. Asse puleggia.
9. Flangia fissaggio volano.
10. Ripiano anteriore.

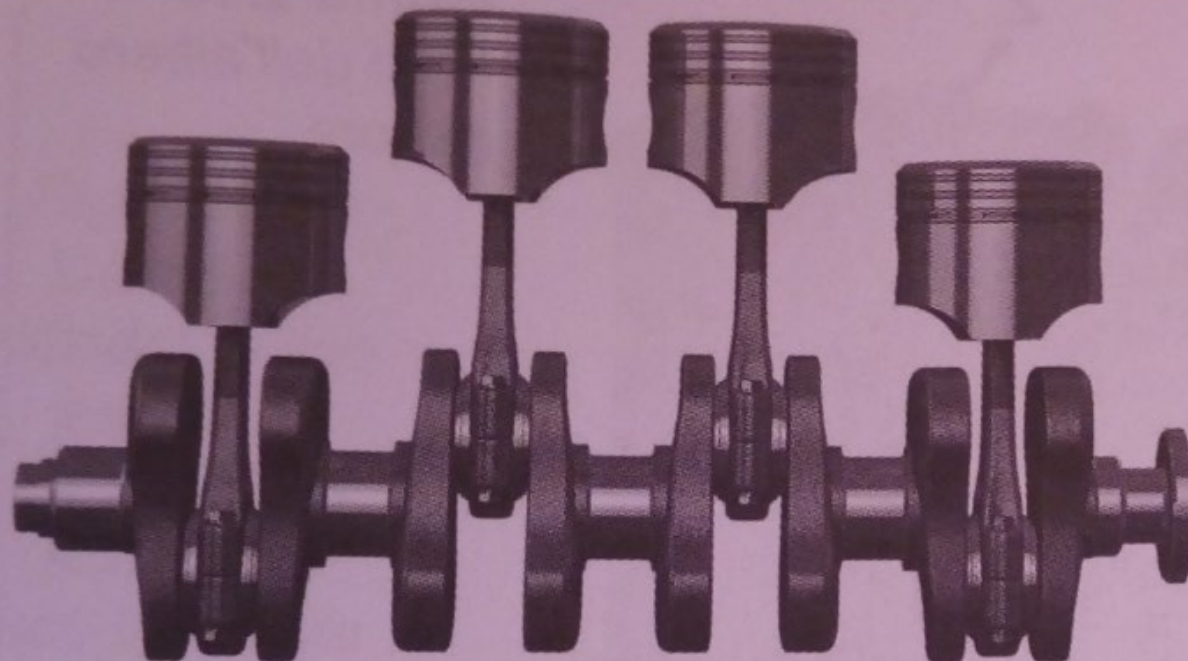


***Figura 2.14 - Complesso albero motore,
pistoni e bielle.***

A photograph of a car engine, likely a V6, with the title 'Albero e volano motore' overlaid in a large, bold, black font. The engine is shown from a front-three-quarter view, with various components like the intake manifold, timing belt, and pulleys visible. The background is slightly blurred, showing a blue car body and a red wheel.

Albero e volano motore



Abbinato alle bielle, l'albero motore trasforma il movimento alternativo del pistone in rotativo; è formato da gomiti (manovelle) e su ciascun gomito imbraccia una biella. L'albero motore è realizzato in acciaio trattato per essere indurito mediante tempra o nitrurazione; non serve che regga alte temperature come la testata, ma basta che abbia basso attrito e notevole resistenza all'usura. Ad un'estremità dell'albero si fissa la puleggia dell'albero motore, che servirà ad azionare, mediante cinghie, i servizi (pompa dell'acqua, pompa del servosterzo, compressore del condizionatore d'aria, alternatore); dall'altra si monta il volano motore. Quest'ultimo è un pesante disco d'acciaio che serve, in combinazione con le masse poste nei gomiti dell'albero, a trascinare in rotazione l'albero motore nelle fasi passive dei cilindri. Lo scopo del volano è dare inerzia per far superare ai pistoni i punti morti e nel contempo regolarizzare, omogeneizzare il motore dell'albero motore, che di suo sarebbe a scatti, visto che il motore alternativo è mosso dalle spinte che si registrano nei cilindri ad ogni combustione.