

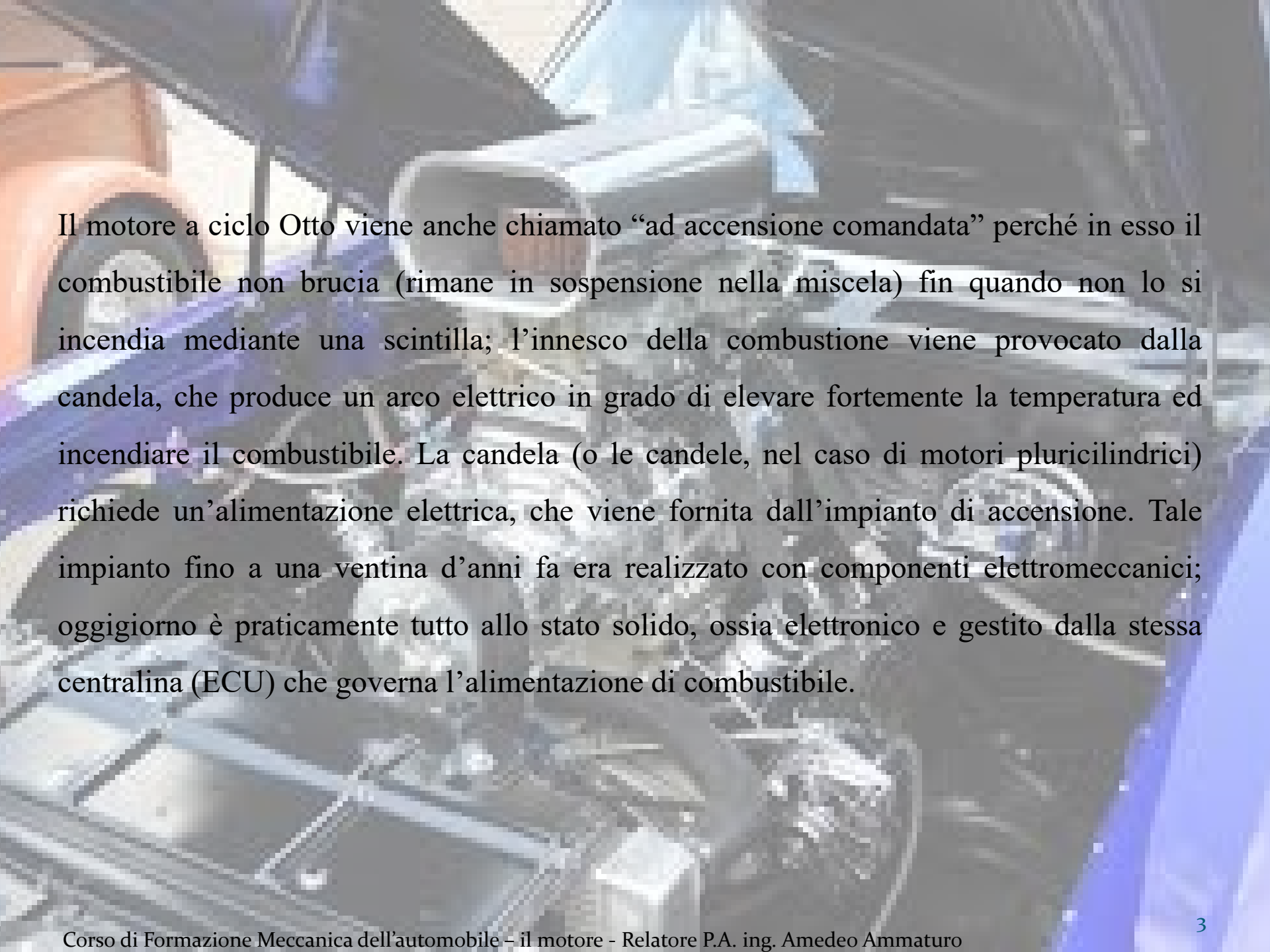


Corso di Formazione

MECCANICA DELL'AUTOMOBILE – IL MOTORE



L'ACCENSIONE DEL MOTORE A SCOPPIO



Il motore a ciclo Otto viene anche chiamato “ad accensione comandata” perché in esso il combustibile non brucia (rimane in sospensione nella miscela) fin quando non lo si incendia mediante una scintilla; l’innesco della combustione viene provocato dalla candela, che produce un arco elettrico in grado di elevare fortemente la temperatura ed incendiare il combustibile. La candela (o le candele, nel caso di motori pluricilindrici) richiede un’alimentazione elettrica, che viene fornita dall’impianto di accensione. Tale impianto fino a una ventina d’anni fa era realizzato con componenti elettromeccanici; oggi è praticamente tutto allo stato solido, ossia elettronico e gestito dalla stessa centralina (ECU) che governa l’alimentazione di combustibile.



L'impianto di accensione di un motore a scoppio basilare è costituito almeno dai seguenti elementi:

- uno spinterogeno (ruttore + distributore);
- una bobina elettrica;
- una o più candele;
- cavi elettrici per portare la tensione alle candele e dallo spinterogeno alla bobina.

Da sottolineare che lo spinterogeno è l'elemento chiave dell'accensione tradizionale, il quale provvede ad eccitare il circuito d'alta tensione, e a distribuire quest'ultima alle candele secondo l'ordine d'accensione e in sincronia con la distribuzione.

Descrizione

E' uno spaccato che riproduce un motore monocilindrico azionato da una manovella. Il cilindro ed il carter sono in alluminio, la base è in legno. Una lampadina ad incandescenza simula l'accensione della candela. Firmato Officine Galileo risale presumibilmente agli anni '50.

Cenni storici

Il ciclo del motore a scoppio a quattro tempi fu ideato da Alfonso Beau De Rochas, ingegnere francese nato a Digne (1815 – 1893).

Funzionamento

Ruotando la manovella in senso orario il motore percorre i quattro tempi del ciclo Otto:

1 aspirazione: il cilindro scende e richiama la miscela combustibile attraverso a valvola di aspirazione che è aperta.

2 compressione, inizio combustione: il pistone risale e, a valvole chiuse, comprime la miscela nello spazio morto, si accende la candela ed inizia la combustione.

3 espansione : il cilindro scende e trasmette potenza al sistema biella manovella.

4 scarico: si apre la valvola di scarico, il pistone sale ed espelle i gas combusti.

L'alimentazione della lampadina è 4 Vac.



x = 30 cm y = 20 cm z = 37 cm m = 3200 g

Il Motore a Combustione Interna

rappresenta la più diffusa macchina termica mai realizzata dall'uomo, ed oggi il suo impiego trova infinite applicazioni. La ragione di una tale capacità di soddisfare le più disparate necessità deve essere ricercata nella facilità di regolazione e di adattamento proprie di questa macchina.

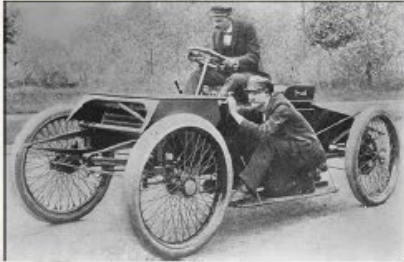
Il Motore a scoppio si è adattato velocemente ai bisogni civili ed industriali dell'uomo, consentendo la realizzazione dell'automobile, della motocicletta, di velivoli e della produzione di energia laddove era impossibile con altri mezzi.

Ha accorciato le distanze, rendendo possibile viaggiare a velocità sempre maggiori, ed ha migliorato le comunicazioni, il trasporto delle merci e gli scambi culturali.

Inoltre ha permesso lo sviluppo delle corse automobilistiche e motociclistiche, che rappresentano uno dei migliori esempi di integrazione tra macchina ed essere umano, nell'infinita ricerca dell'uomo di superare sé stesso e i limiti naturali.

Mappa concettuale

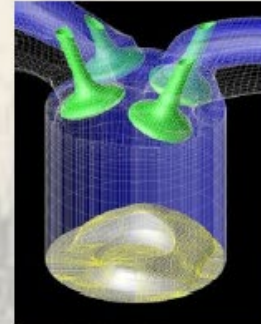
Storia del motore



Il motore a scoppio



Termodinamica



Henry Ford



Petrolio e derivati



Cos'è e come funziona il motore a scoppio

Un motore è una macchina il cui funzionamento prevede l'assorbimento di energia da una sorgente e la sua trasformazione in lavoro meccanico.

Il motore a combustione interna (endotermico) è chiamato così perché, a differenza delle macchine che lo hanno preceduto (come la macchina a vapore di Watt), la combustione avviene internamente. Il motore endotermico è la macchina termica più diffusa e versatile mai creata dall'uomo.

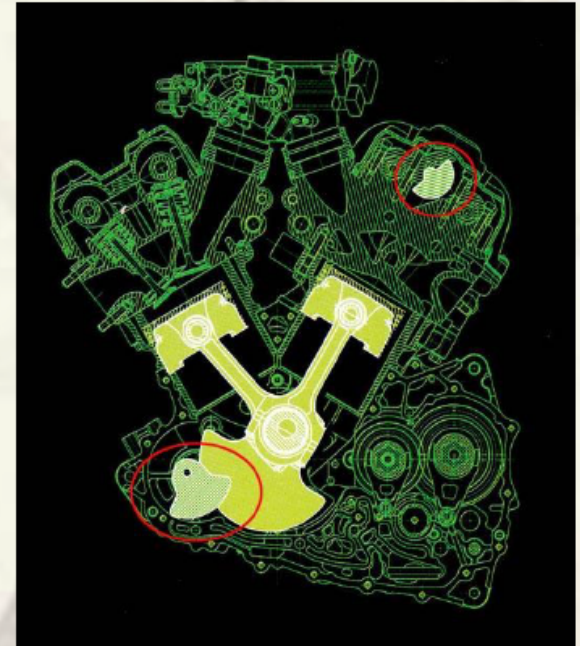
Il motore endotermico è alimentato da una miscela di aria e benzina, che viene trasformata in lavoro meccanico mediante il processo di combustione, che produce calore e pressione. Esistono molteplici tipologie di motori a combustione interna, che si differenziano per alimentazione, funzionamento o architettura.

Una prima classificazione può essere fatta in base al movimento dell'organo principale, il responsabile della trasmissione del moto. Si possono quindi avere:

- Motori di tipo rotativo (detti anche motori a fluido);
- Motori di tipo alternativo (motori a scoppio).

Il motore a scoppio è sicuramente il motore più largamente utilizzato, oggi.

È un motore di tipo alternativo quindi può essere definito anche volumetrico, poiché il ciclo termodinamico avviene in un volume definito, chiamato *cilindrata*.



Struttura e funzionamento dei diversi motori

Una ulteriore, importante, classificazione viene fatta in base ai movimenti (chiamati *corse*) del pistone necessari a chiudere un *ciclo di funzionamento*: esistono dunque motori a *due* o a *quattro tempi*:

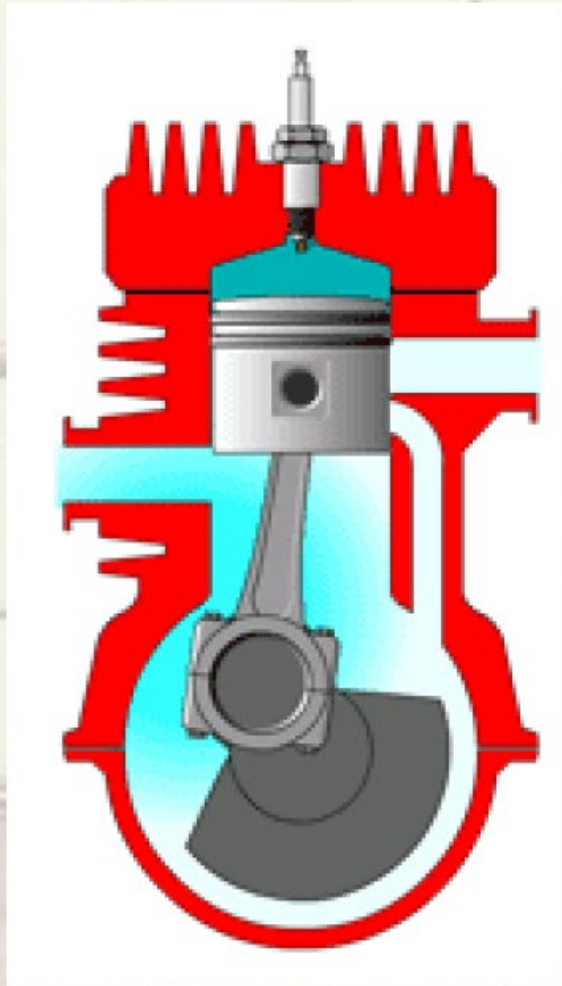
➤ *Motore a quattro tempi*: il ciclo completo di lavoro si compie in quattro corse del pistone e in due giri dell'albero motore. La combustione è provocata dalla scintilla che scocca fra le punte della candela; l'entrata del combustibile nel cilindro e l'uscita del gas combusto sono assicurate da due luci (aperture) sulla testata, che si aprono e si chiudono mediante valvole;

➤ *Motore a due tempi*: il ciclo completo di lavoro si compie in due corse del pistone e in un solo giro dell'albero motore; a differenza del quattro tempi qui mancano gli organi di distribuzione e di lubrificazione e non esistono valvole.

La lubrificazione è assicurata dall'olio introdotto nel carburante per formare la miscela, oppure da un miscelatore automatico che provvede ad inserire la quantità d'olio necessaria ad una buona lubrificazione direttamente nella camera di scoppio.

I motori a combustione interna vengono classificati in base alla cilindrata e alla potenza fornita, misurata in cavalli-vapore.

I disegni evidenziano le differenze strutturali tra un motore a due tempi ed un motore a quattro tempi:

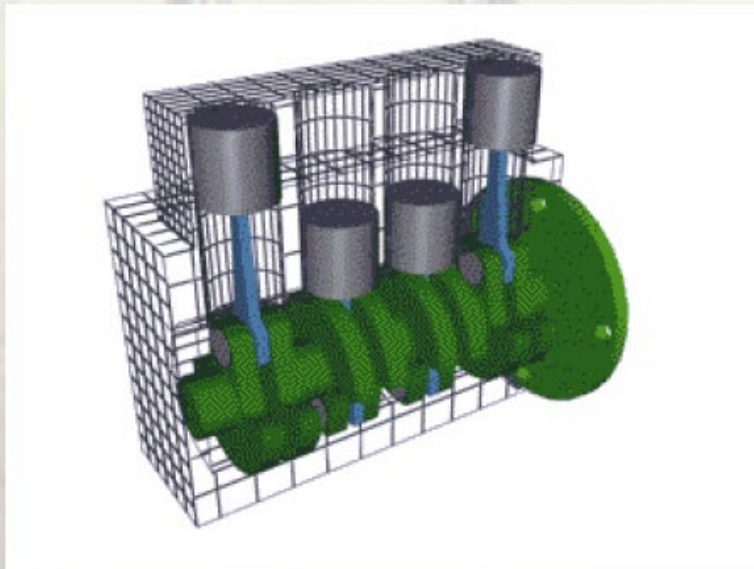


Disegno di un motore a due tempi

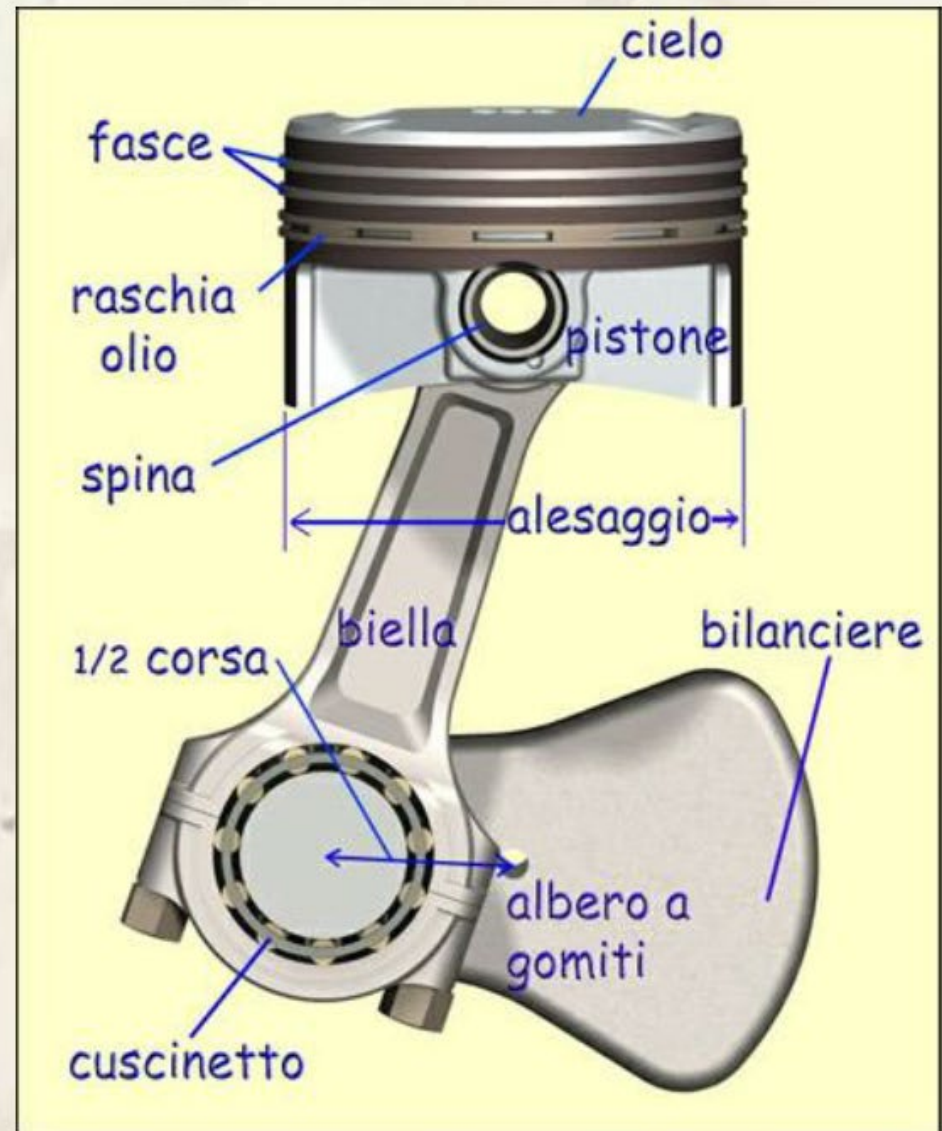


Disegno di un motore a quattro tempi

Il motore, nel suo insieme, è essenzialmente costituito da un cilindro entro cui scorre uno stantuffo (pistone) al quale sono collegati biella ed albero motore, incaricati di trasformare il moto alternato in moto circolare da trasmettere alle ruote motrici.



Qui sopra è riportato il cinematismo del funzionamento di un motore a scoppio, composto da quattro cilindri in linea (quadrilocilindrico). Sono evidenziate in azzurro le bielle e in verde l'albero motore, i bilancieri e il volano.



L'animazione a lato mostra dettagliatamente come si compie un ciclo in un motore a quattro tempi, che avviene mediante quattro corse del pistone (due ascendenti e due discendenti) necessarie a svolgere le sei fasi che compongono il ciclo stesso.

Il filmato evidenzia il movimento degli *alberi a camme* posti alle estremità superiori, il cui compito è di "spingere" verso il basso le valvole per aprire le luci di aspirazione e scarico, e permettere così alla miscela fresca di entrare in camera di scoppio e ai gas combusti di uscire attraverso l'impianto di scarico.

Il movimento di ritorno delle valvole è dato da meccanismi pneumatici o meccanici (come il sistema *Desmodromico* impiegato da Ducati).



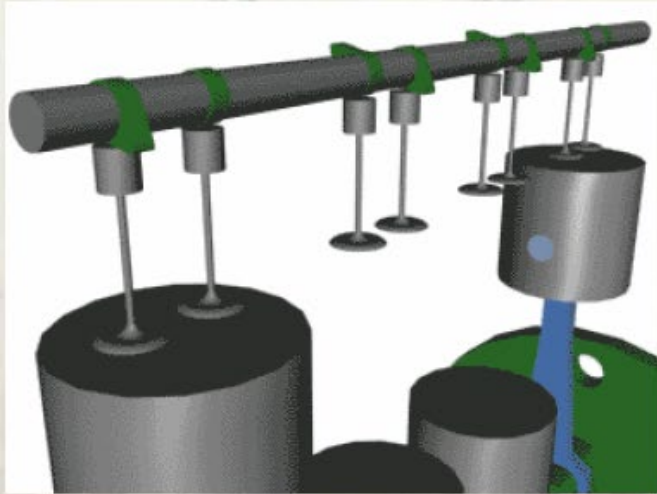
Albero a camme



Richiamo valvole Desmodromico

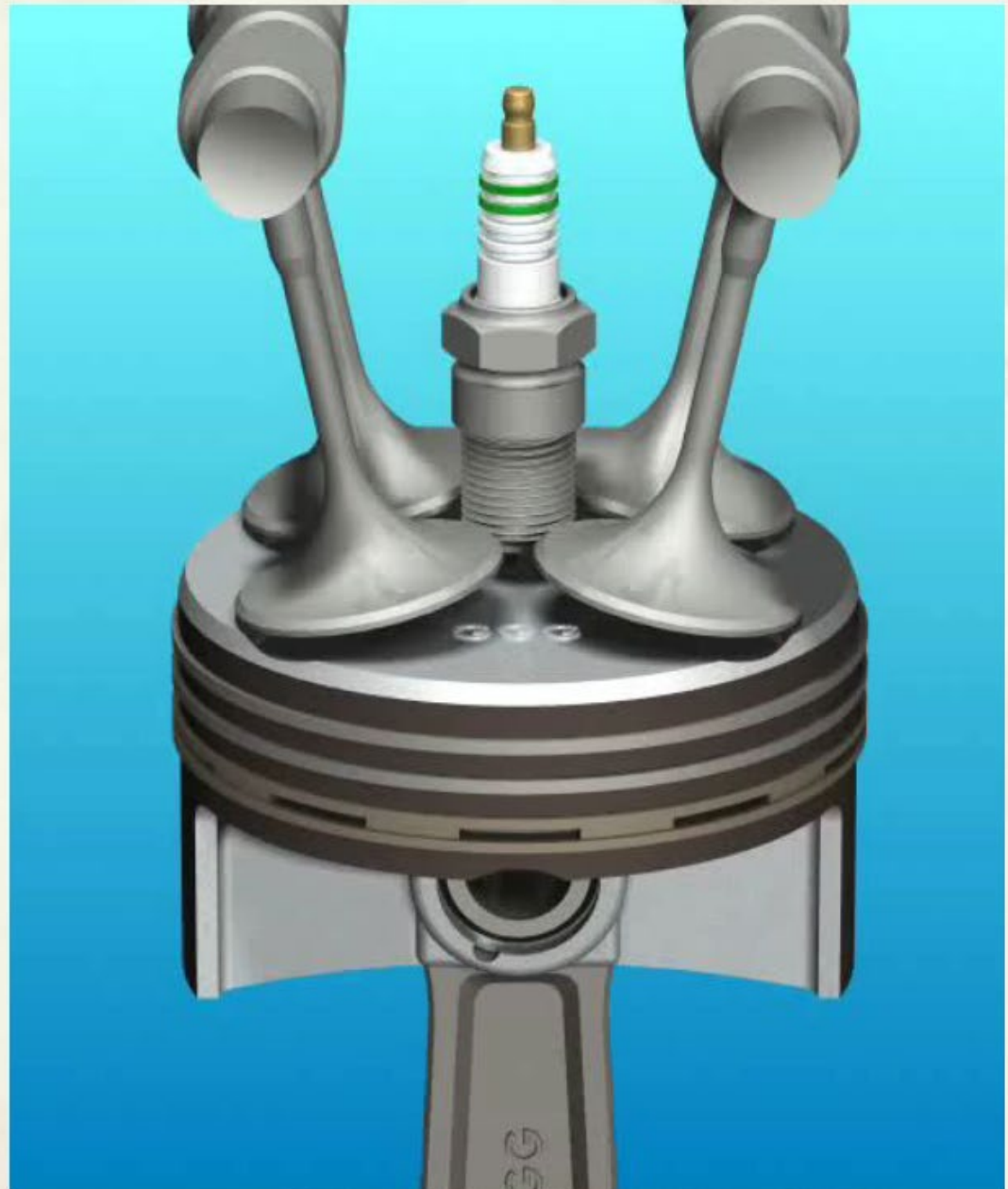


Il filmato a lato mostra in modo dettagliato ciò che avviene a livello di camera di combustione durante un ciclo completo di funzionamento.



Qui sopra è stato riportato il cinematismo della distribuzione (albero a camme e valvole) in un motore a quattro cilindri.

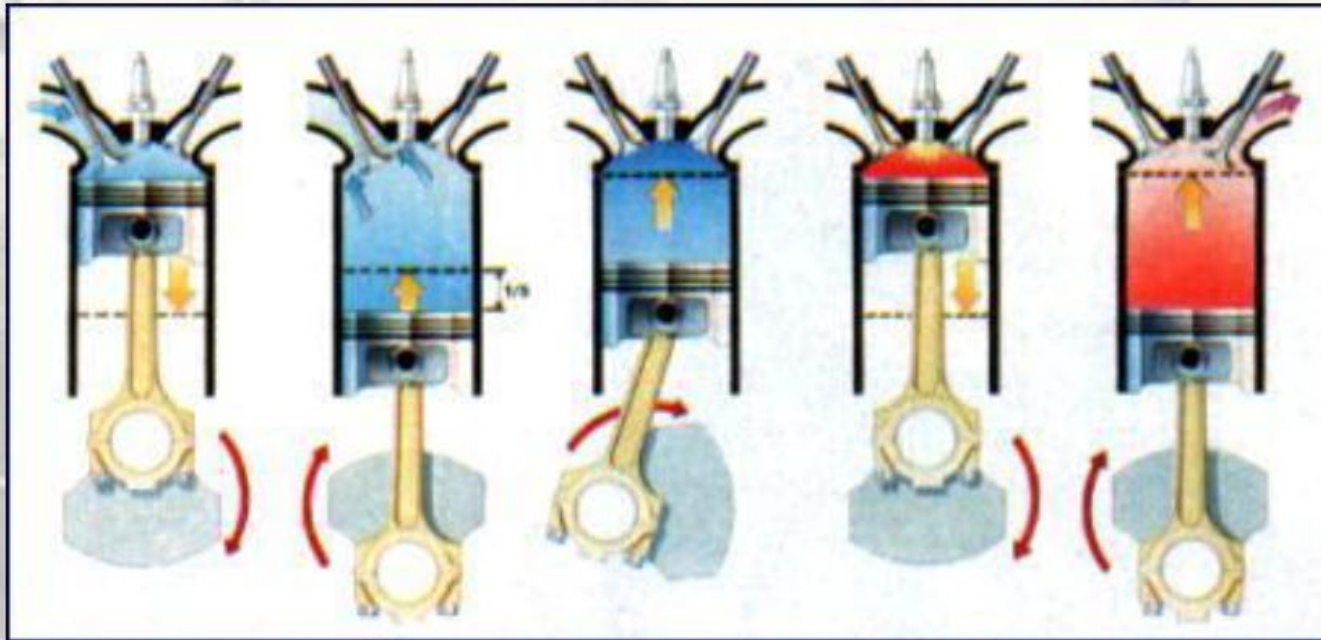
In verde sono evidenziate le camme, il cui profilo incide sensibilmente sul carattere e sulle prestazioni di un motore.



Le fasi del motore

- *Aspirazione*: il pistone, dal *punto morto superiore (PMS)*, procede verso il basso aspirando la miscela attraverso le *valvole di aspirazione*;
- *Compressione*: le valvole si chiudono; una volta raggiunto il *punto morto inferiore (PMI)*, il pistone risale verso la testa comprimendo il fluido;
- *Esplosione*: la candela provoca l'accensione della miscela compressa, nell'istante appena successivo al raggiungimento, da parte del pistone, del *punto morto superiore (PMS)*; in camera di scoppio si raggiungono elevatissime temperature e pressioni;
- *Espansione*: in seguito all'esplosione della miscela, il pistone viene spinto verso il basso fino al PMI e la sua temperatura decresce notevolmente; questa è la fase *attiva* del ciclo, l'unica durante la quale viene prodotto *lavoro*;
- *Uscita dei gas*: il pistone si trova al PMI e l'apertura delle *valvole di scarico* ha come risultato la fuoriuscita di gran parte dei gas per depressione e il loro conseguente raffreddamento;
- *Espulsione*: il pistone opera l'ultima corsa ascendente, grazie alla quale vengono espulsi i rimanenti gas combusti, e termina il ciclo;

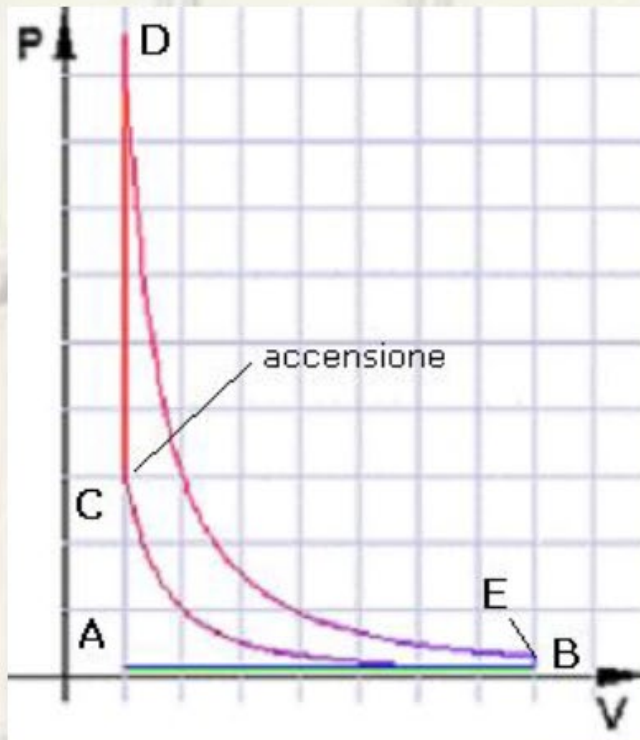
Il disegno rappresenta un ciclo di funzionamento di un motore a scoppio a quattro tempi; spesso, come in questa rappresentazione, la quinta e la sesta fase (*Uscita dei gas ed Espulsione*) che in realtà si compiono quasi simultaneamente, vengono rappresentate come una fase sola.



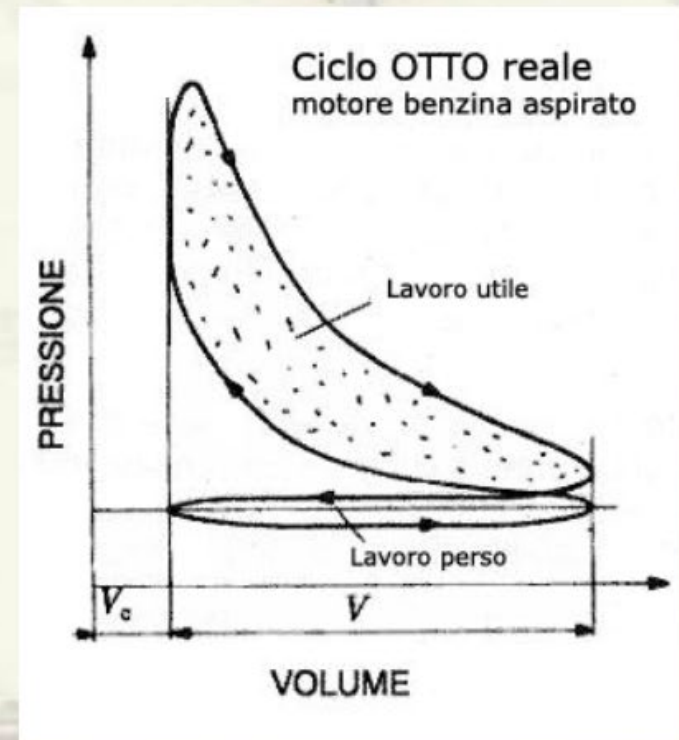
Il funzionamento del motore a quattro tempi è basato su un *ciclo termodinamico* chiamato "*ciclo Otto*", che prende il nome dal famoso ingegnere tedesco. Il ciclo, ideale, è composto da sei fasi, delle quali solo quattro comportano movimenti del pistone.

Il ciclo Otto

Il ciclo del motore a quattro tempi (*ciclo Otto*) può essere schematizzato in un diagramma pressione-volume come segue:



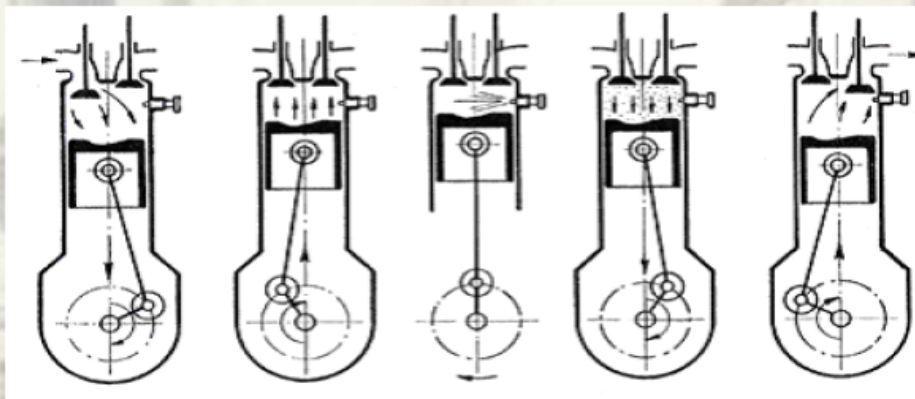
Ciclo Otto ideale



Ciclo Otto reale

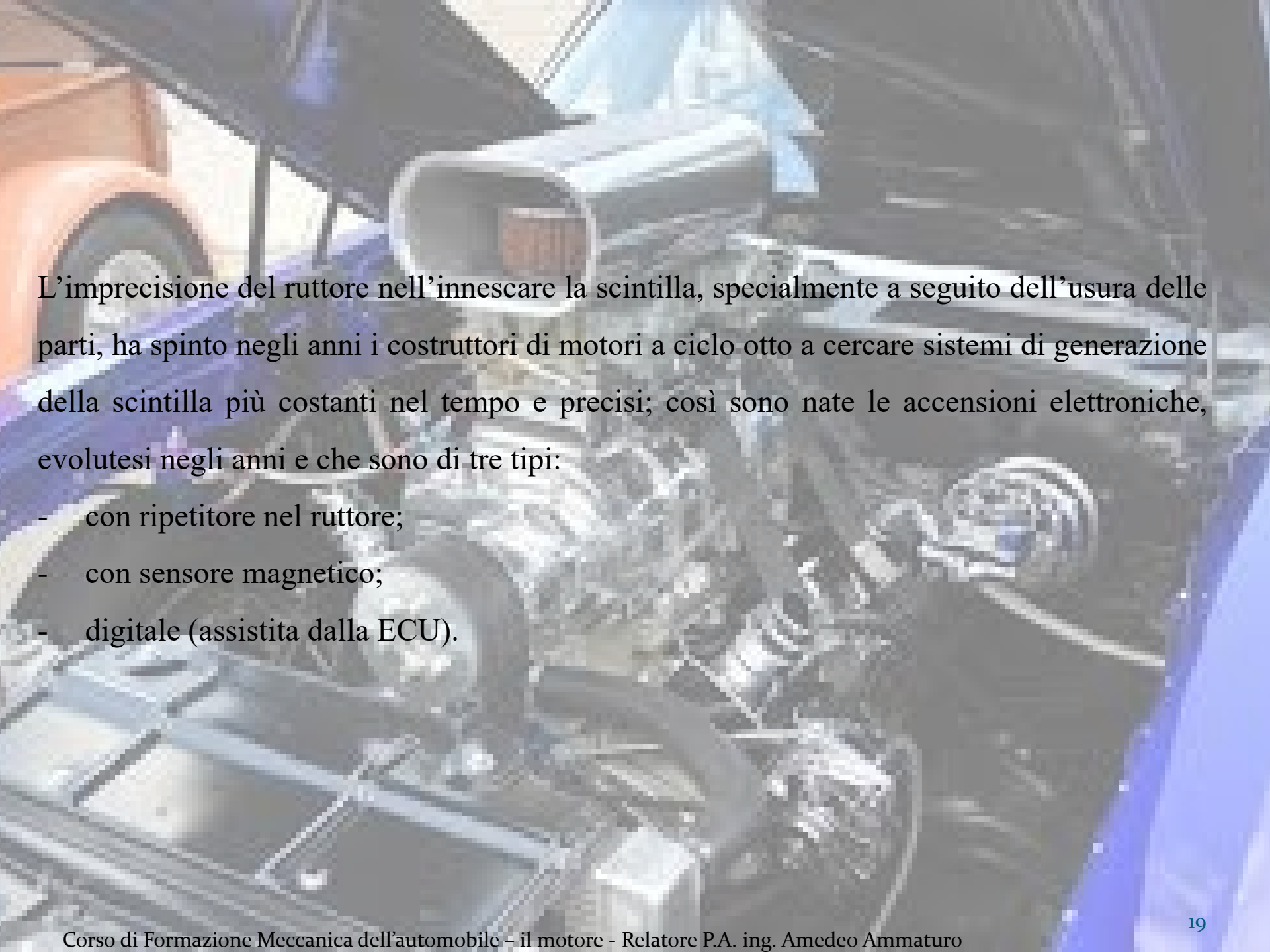
E' riferito al funzionamento di un motore ideale, che funzioni molto lentamente, nettamente diverso dal funzionamento di un motore a scoppio reale, dove le trasformazioni avvengono così velocemente da non trovarsi mai in uno stato di equilibrio. Ovviamente un motore a quattro tempi è tanto migliore quanto più riesce ad avvicinarsi alla teoria, cioè al ciclo Otto.

- Il *primo tempo* (aspirazione) è rappresentato dalla isobara $A \rightarrow B$, che ha luogo alla pressione atmosferica e alla temperatura dei cilindri del motore;
- Il *secondo tempo* (compressione) è rappresentato dalla adiabatica $B \rightarrow C$, durante il quale la compressione provoca l'aumento della pressione e della temperatura della miscela, che avviene senza scambi di temperatura con l'esterno;
- Il *terzo tempo* (esplosione) è rappresentato dalla isocora $C \rightarrow D$. La temperatura e la pressione del gas aumentano rapidamente a causa della combustione della miscela, il volume resta inizialmente inalterato poiché il pistone non fa in tempo a muoversi;
- Il *quarto tempo* (espansione) è rappresentato dall'adiabatica $D \rightarrow E$, durante il quale la temperatura dei prodotti della combustione si abbassa;
- Il *quinto tempo* (uscita dei gas) è rappresentato dall'isocora $E \rightarrow B$, lungo la quale la pressione del gas si abbassa fino alla pressione atmosferica a causa dell'apertura delle valvole di scarico;
- Il *sesto tempo* (espulsione) è rappresentato dall'isobara $B \rightarrow A$, durante il quale la corsa ascendente del pistone espelle i gas combusti dalla camera di scoppio e completa così il ciclo.



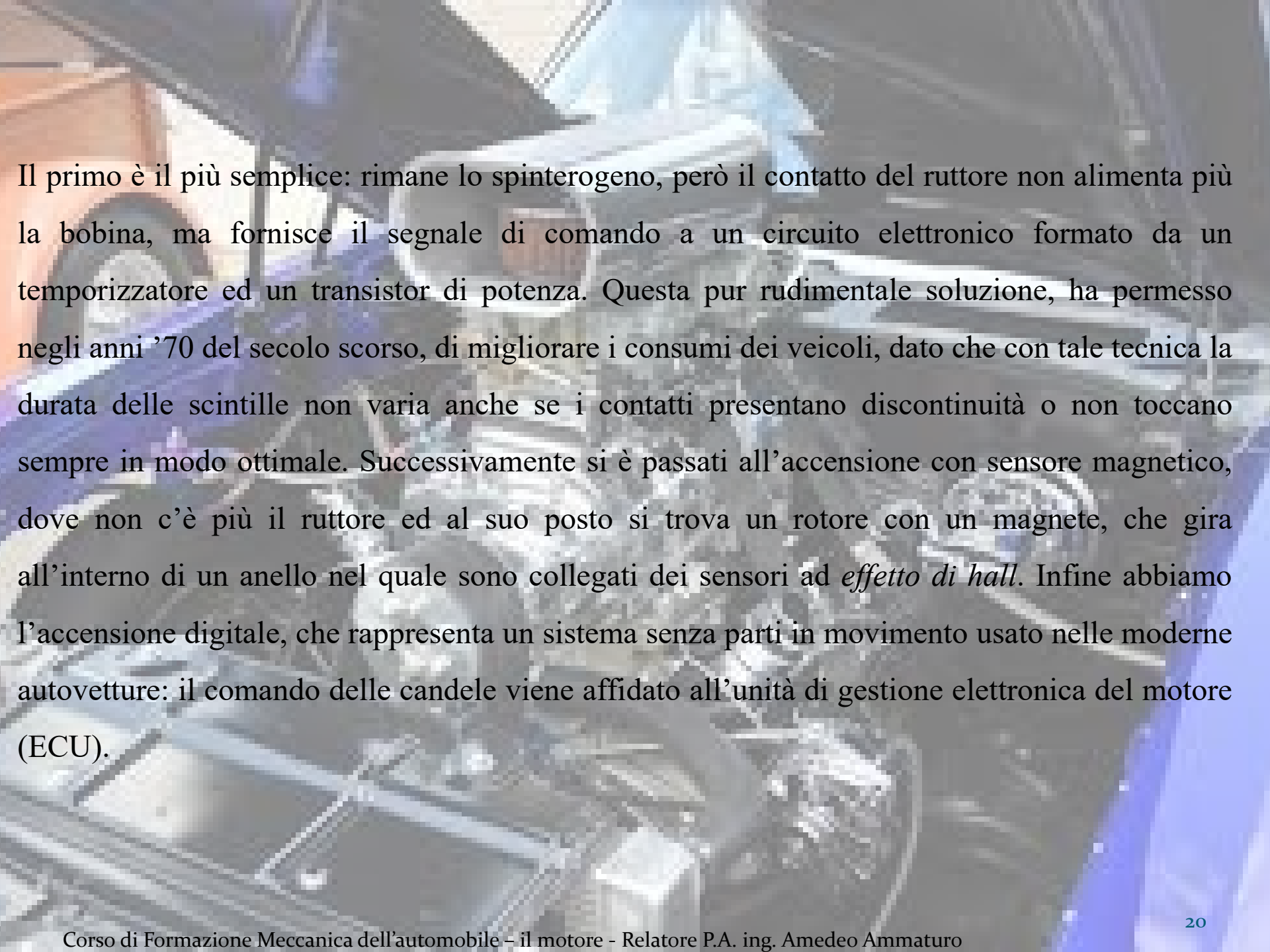
A photograph of a car's engine compartment with a blue hood. The engine is visible, and a silver air filter housing is prominent. The text "Accensione elettronica" is overlaid in the center.

Accensione elettronica



L'imprecisione del ruttore nell'innescare la scintilla, specialmente a seguito dell'usura delle parti, ha spinto negli anni i costruttori di motori a ciclo otto a cercare sistemi di generazione della scintilla più costanti nel tempo e precisi; così sono nate le accensioni elettroniche, evolute negli anni e che sono di tre tipi:

- con ripetitore nel ruttore;
- con sensore magnetico;
- digitale (assistita dalla ECU).



Il primo è il più semplice: rimane lo spinterogeno, però il contatto del rottore non alimenta più la bobina, ma fornisce il segnale di comando a un circuito elettronico formato da un temporizzatore ed un transistor di potenza. Questa pur rudimentale soluzione, ha permesso negli anni '70 del secolo scorso, di migliorare i consumi dei veicoli, dato che con tale tecnica la durata delle scintille non varia anche se i contatti presentano discontinuità o non toccano sempre in modo ottimale. Successivamente si è passati all'accensione con sensore magnetico, dove non c'è più il rottore ed al suo posto si trova un rotore con un magnete, che gira all'interno di un anello nel quale sono collegati dei sensori ad *effetto di hall*. Infine abbiamo l'accensione digitale, che rappresenta un sistema senza parti in movimento usato nelle moderne autovetture: il comando delle candele viene affidato all'unità di gestione elettronica del motore (ECU).



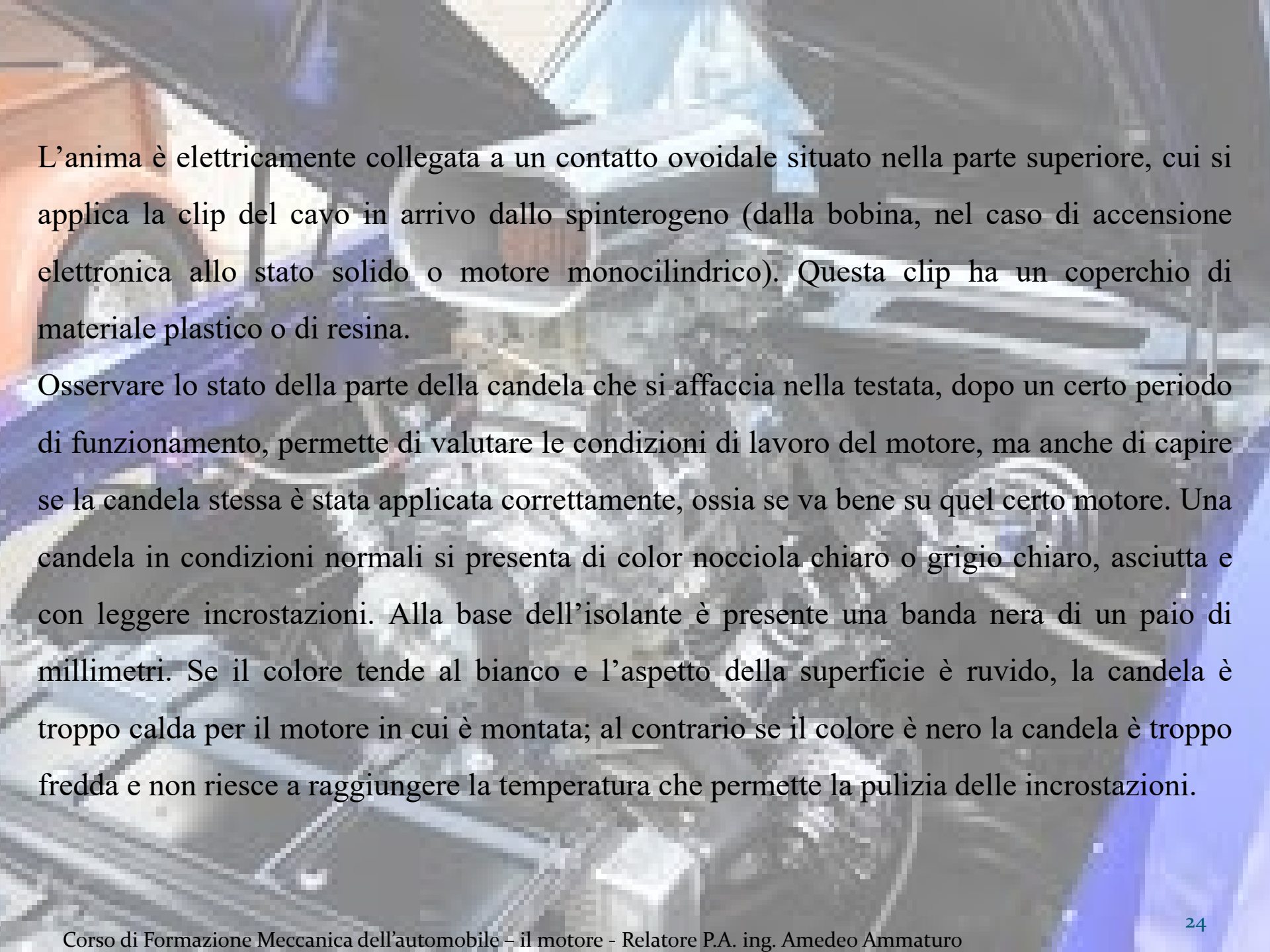
Candele



La candela è il componente che materialmente innesca la combustione nel motore a ciclo otto; nella sua forma più semplice è composta da due elettrodi, uno dei quali (anima) è disposto centralmente e isolato elettricamente dal resto mediante un isolatore di ceramica a base di allumina, detto corpo ceramico; l'altro contatto è tutt'uno con il filetto che permette di avvitare la candela nella testata, quindi elettricamente risulta a massa.



Figura 4.13
*Spaccato di
una classica
candela, in
questo caso
con resistore
inserito
nell'anima
(NGK).*

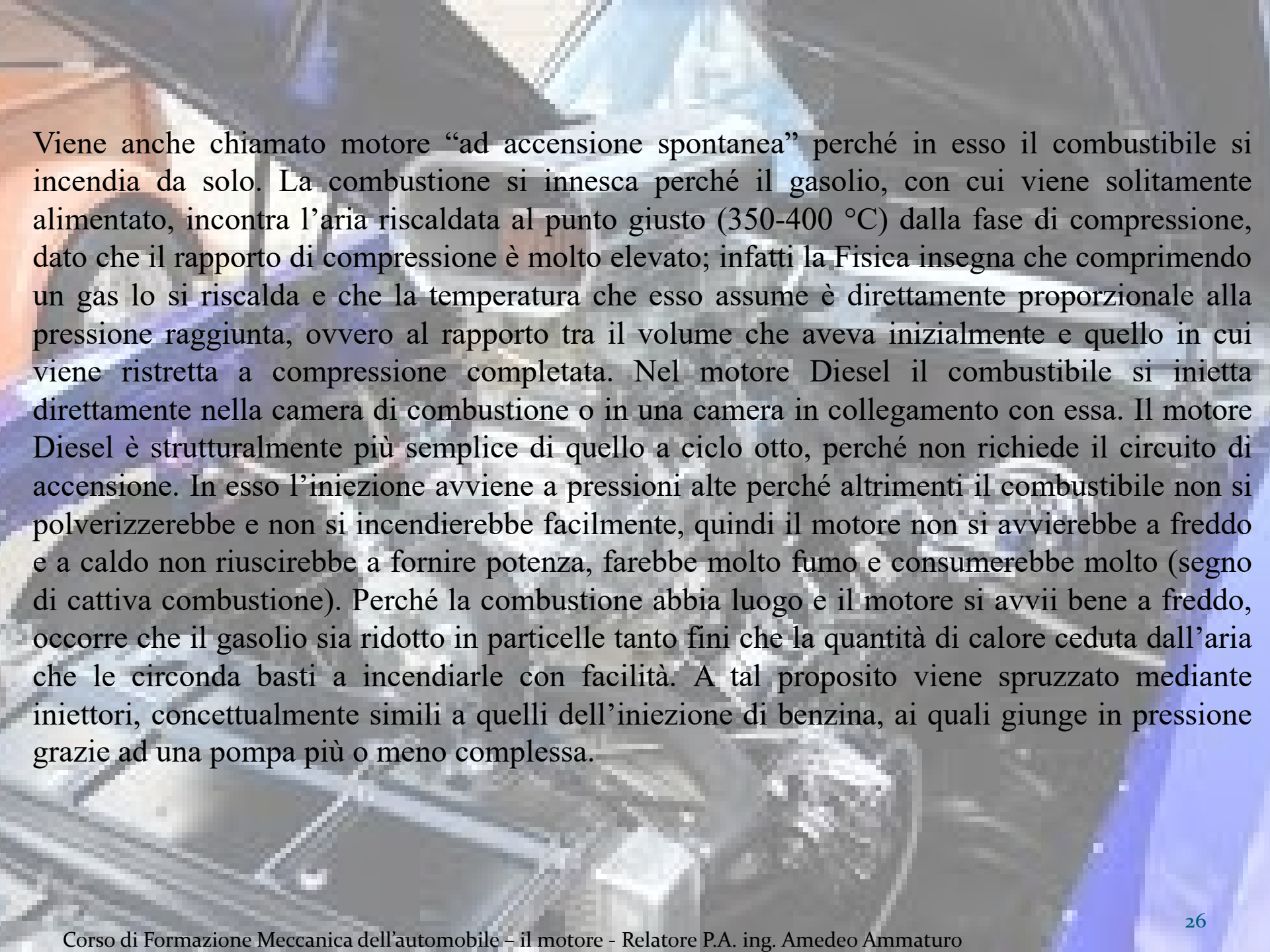


L'anima è elettricamente collegata a un contatto ovoidale situato nella parte superiore, cui si applica la clip del cavo in arrivo dallo spinterogeno (dalla bobina, nel caso di accensione elettronica allo stato solido o motore monocilindrico). Questa clip ha un coperchio di materiale plastico o di resina.

Osservare lo stato della parte della candela che si affaccia nella testata, dopo un certo periodo di funzionamento, permette di valutare le condizioni di lavoro del motore, ma anche di capire se la candela stessa è stata applicata correttamente, ossia se va bene su quel certo motore. Una candela in condizioni normali si presenta di color nocciola chiaro o grigio chiaro, asciutta e con leggere incrostazioni. Alla base dell'isolante è presente una banda nera di un paio di millimetri. Se il colore tende al bianco e l'aspetto della superficie è ruvido, la candela è troppo calda per il motore in cui è montata; al contrario se il colore è nero la candela è troppo fredda e non riesce a raggiungere la temperatura che permette la pulizia delle incrostazioni.



IL MOTORE A CICLO DIESEL



Viene anche chiamato motore “ad accensione spontanea” perché in esso il combustibile si incendia da solo. La combustione si innesca perché il gasolio, con cui viene solitamente alimentato, incontra l’aria riscaldata al punto giusto (350-400 °C) dalla fase di compressione, dato che il rapporto di compressione è molto elevato; infatti la Fisica insegna che comprimendo un gas lo si riscalda e che la temperatura che esso assume è direttamente proporzionale alla pressione raggiunta, ovvero al rapporto tra il volume che aveva inizialmente e quello in cui viene ristretta a compressione completata. Nel motore Diesel il combustibile si inietta direttamente nella camera di combustione o in una camera in collegamento con essa. Il motore Diesel è strutturalmente più semplice di quello a ciclo otto, perché non richiede il circuito di accensione. In esso l’iniezione avviene a pressioni alte perché altrimenti il combustibile non si polverizzerebbe e non si incendierebbe facilmente, quindi il motore non si avvierebbe a freddo e a caldo non riuscirebbe a fornire potenza, farebbe molto fumo e consumerebbe molto (segno di cattiva combustione). Perché la combustione abbia luogo e il motore si avvii bene a freddo, occorre che il gasolio sia ridotto in particelle tanto fini che la quantità di calore ceduta dall’aria che le circonda basti a incendiarle con facilità. A tal proposito viene spruzzato mediante iniettori, concettualmente simili a quelli dell’iniezione di benzina, ai quali giunge in pressione grazie ad una pompa più o meno complessa.



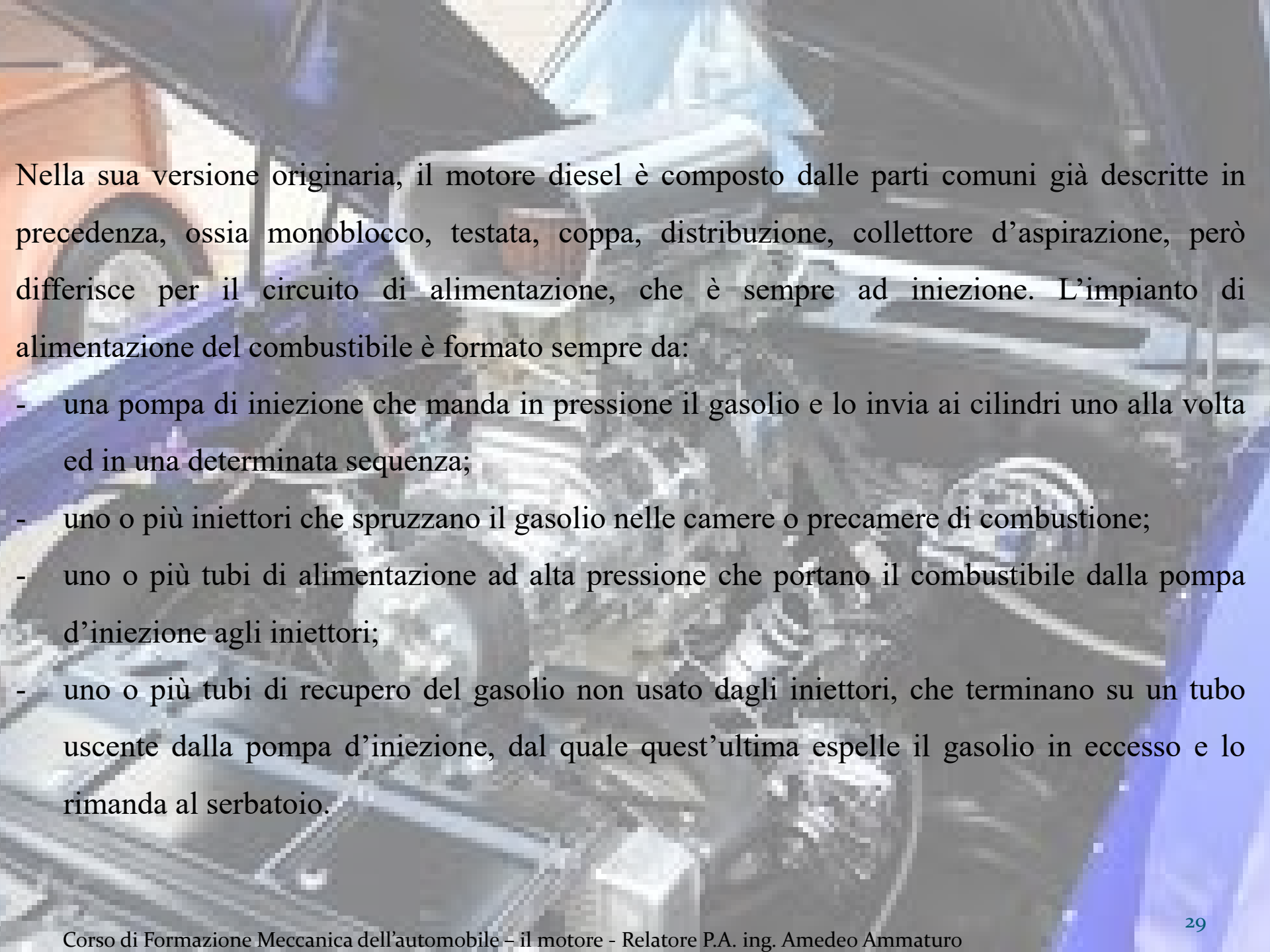
Il motore diesel esiste in due versioni, anche se ormai la prima è stata praticamente abbandonata:

- a iniezione indiretta;
- a iniezione diretta.

Nel primo caso il combustibile viene spinto a pressione (100-180 bar) in una “precamera”, ossia una piccola camera messa in comunicazione con quella di combustione mediante un orifizio; nel secondo il combustibile viene iniettato (ad una pressione molto più alta, che varia da 500 a 2.400 bar) direttamente nella camera di combustione.



Motore Diesel tradizionale



Nella sua versione originaria, il motore diesel è composto dalle parti comuni già descritte in precedenza, ossia monoblocco, testata, coppa, distribuzione, collettore d'aspirazione, però differisce per il circuito di alimentazione, che è sempre ad iniezione. L'impianto di alimentazione del combustibile è formato sempre da:

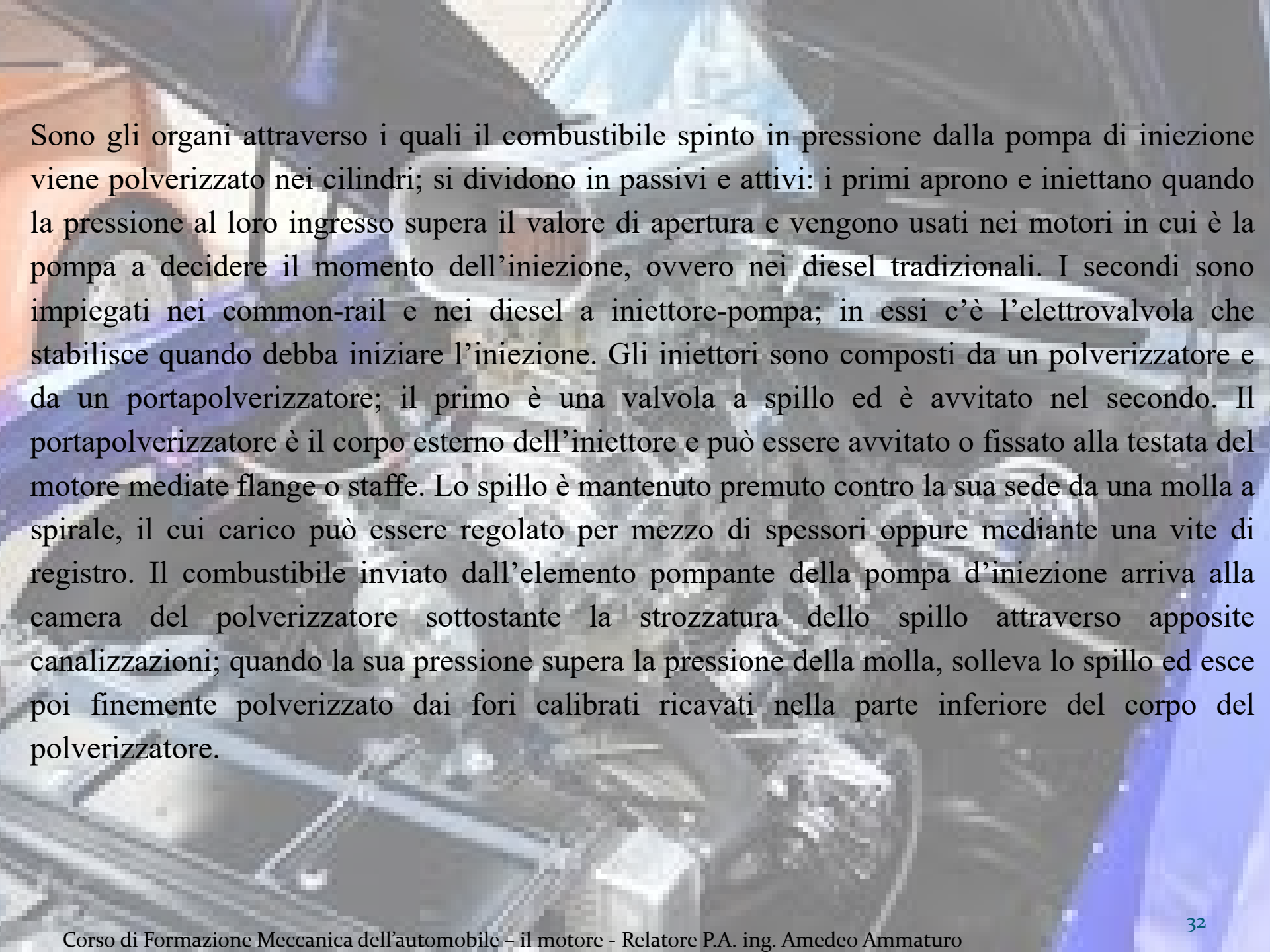
- una pompa di iniezione che manda in pressione il gasolio e lo invia ai cilindri uno alla volta ed in una determinata sequenza;
- uno o più iniettori che spruzzano il gasolio nelle camere o precamere di combustione;
- uno o più tubi di alimentazione ad alta pressione che portano il combustibile dalla pompa d'iniezione agli iniettori;
- uno o più tubi di recupero del gasolio non usato dagli iniettori, che terminano su un tubo uscente dalla pompa d'iniezione, dal quale quest'ultima espelle il gasolio in eccesso e lo rimanda al serbatoio.



La pompa d'iniezione è l'elemento chiave del motore diesel convenzionale, perché decide in quale cilindro effettuare l'accensione e quando; allo scopo è sincronizzata con il movimento dell'albero motore. I sistemi di assistenza elettronica dell'impianto di iniezione del motore diesel attuali, prendono il nome di EDC (Electronic Diesel Control); questo termine si utilizza genericamente per indicare la gestione elettronica di portata del combustibile iniettato e istante di avvio dell'iniezione e consta dell'ECU (centralina), dei sensori e degli attuatori. Con l'avvento dell'EDC è stato possibile migliorare la guidabilità, le prestazioni, l'economia di carburante ed il livello di emissioni del diesel. Inoltre, la ECU consente la presenza del sistema EOBD (On Board Diagnostic) utile a verificare i guasti e ad accertare il buon funzionamento dei dispositivi antinquinamento.

A photograph of an engine compartment with the hood open. A fuel rail with multiple injectors is visible, connected to various hoses. The engine block and other mechanical parts are visible in the background.

Iniettori



Sono gli organi attraverso i quali il combustibile spinto in pressione dalla pompa di iniezione viene pulverizzato nei cilindri; si dividono in passivi e attivi: i primi aprono e iniettano quando la pressione al loro ingresso supera il valore di apertura e vengono usati nei motori in cui è la pompa a decidere il momento dell'iniezione, ovvero nei diesel tradizionali. I secondi sono impiegati nei common-rail e nei diesel a iniettore-pompa; in essi c'è l'elettrovalvola che stabilisce quando debba iniziare l'iniezione. Gli iniettori sono composti da un pulverizzatore e da un portapolverizzatore; il primo è una valvola a spillo ed è avvitato nel secondo. Il portapolverizzatore è il corpo esterno dell'iniettore e può essere avvitato o fissato alla testata del motore mediante flange o staffe. Lo spillo è mantenuto premuto contro la sua sede da una molla a spirale, il cui carico può essere regolato per mezzo di spessori oppure mediante una vite di registro. Il combustibile inviato dall'elemento pompante della pompa d'iniezione arriva alla camera del pulverizzatore sottostante la strozzatura dello spillo attraverso apposite canalizzazioni; quando la sua pressione supera la pressione della molla, solleva lo spillo ed esce poi finemente pulverizzato dai fori calibrati ricavati nella parte inferiore del corpo del pulverizzatore.



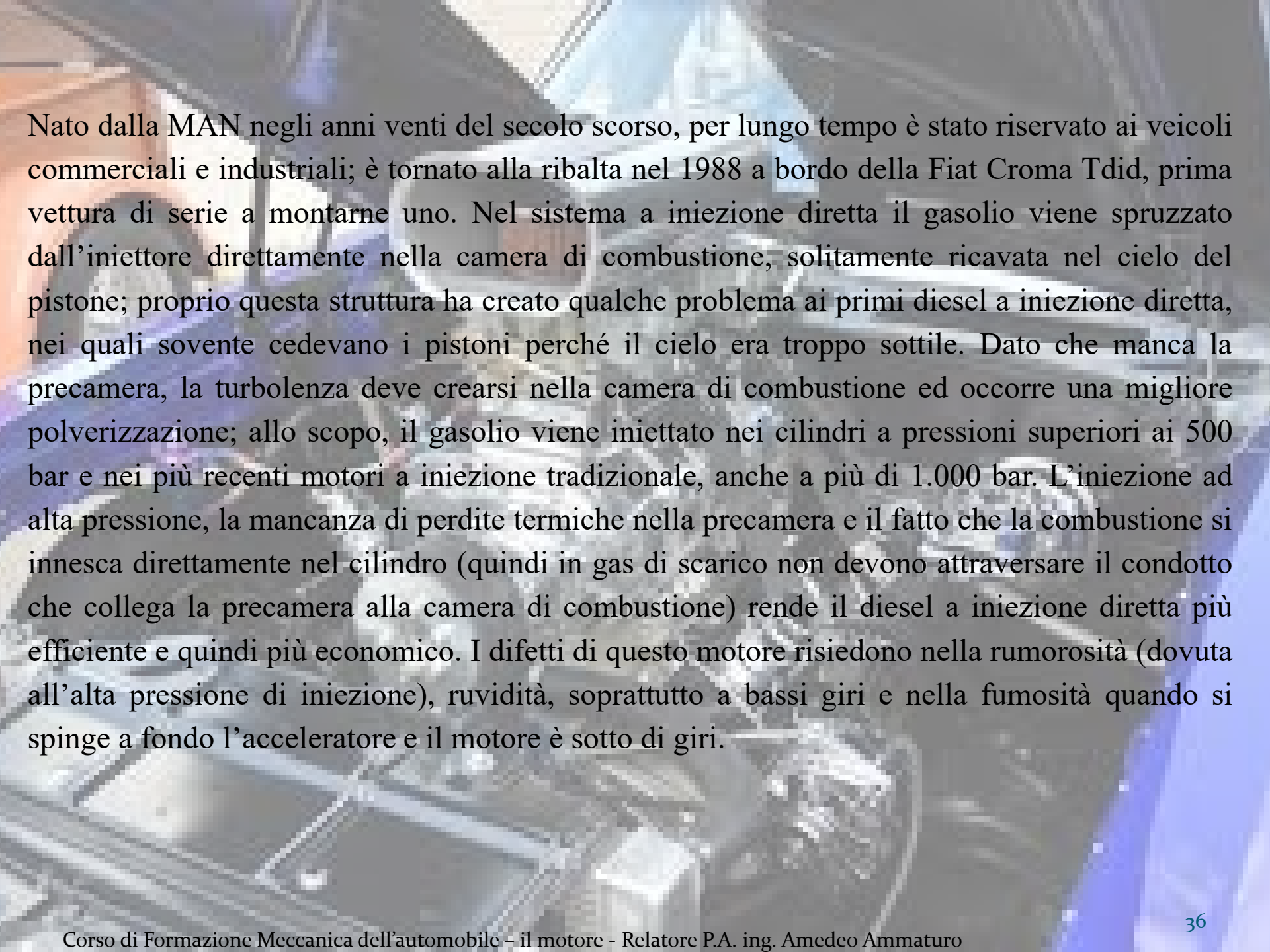
Motore a iniezione indiretta



Stabilito come funziona un generico motore a iniezione comandata dalla pompa, si possono studiare le differenze tra iniezione diretta e indiretta. In quest'ultimo l'iniezione avviene non direttamente nella camera di combustione, ma in una precamera comunicante con essa; la precamera serve ad innescare l'accensione e una turbolenza in grado di migliorare la combustione ed alzare l'efficienza del motore. Per come è costruito, il diesel a iniezione indiretta non si avvia facilmente a freddo, quindi richiede che l'aria sia aiutata a scaldarsi da una candele a incandescenza situata nella precamera, proprio davanti al getto del pulverizzatore dell'iniettore, in modo da incendiare il gasolio quando viene iniettato. Il diesel a iniezione indiretta è, rispetto al motore a iniezione diretta, più fluido e meno rumoroso; inoltre se ben regolato fuma poco soprattutto a bassi regimi, grazie al fatto che la turbolenza creata nella precamera permette una migliore miscelazione di aria e gasolio e una combustione più omogenea, che può propagarsi alla camera di combustione attraverso un orifizio. Per contro, il motore a iniezione indiretta è più lento e sviluppa una coppia più bassa ai bassi regimi di giri rispetto all'iniezione diretta, in quanto i gas di combustione che si dilatano e vanno a premere sul cielo del pistone devono passare da un sottile passaggio, dove avviene una perdita sia termica che di pressione.



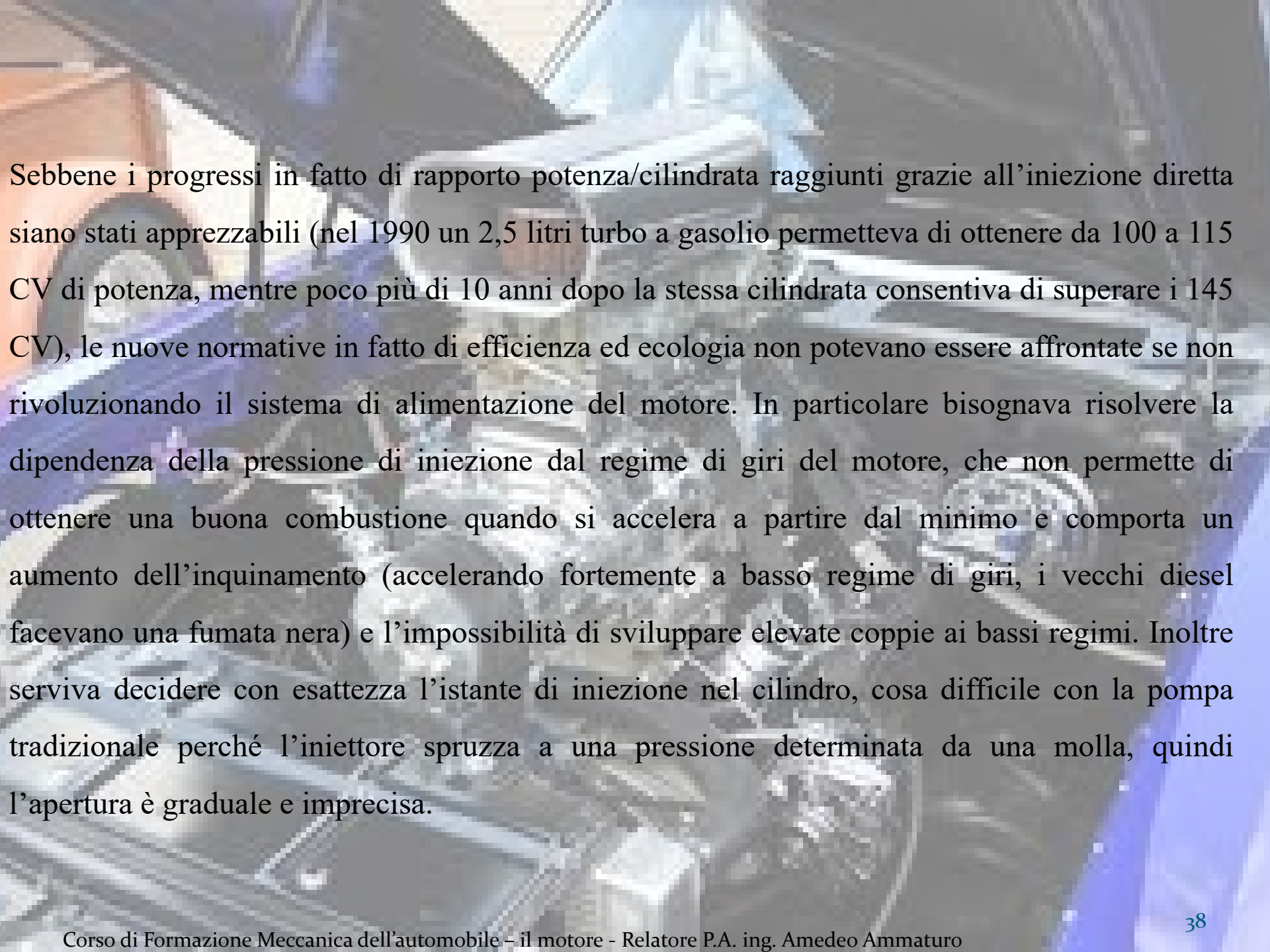
Motore a iniezione diretta



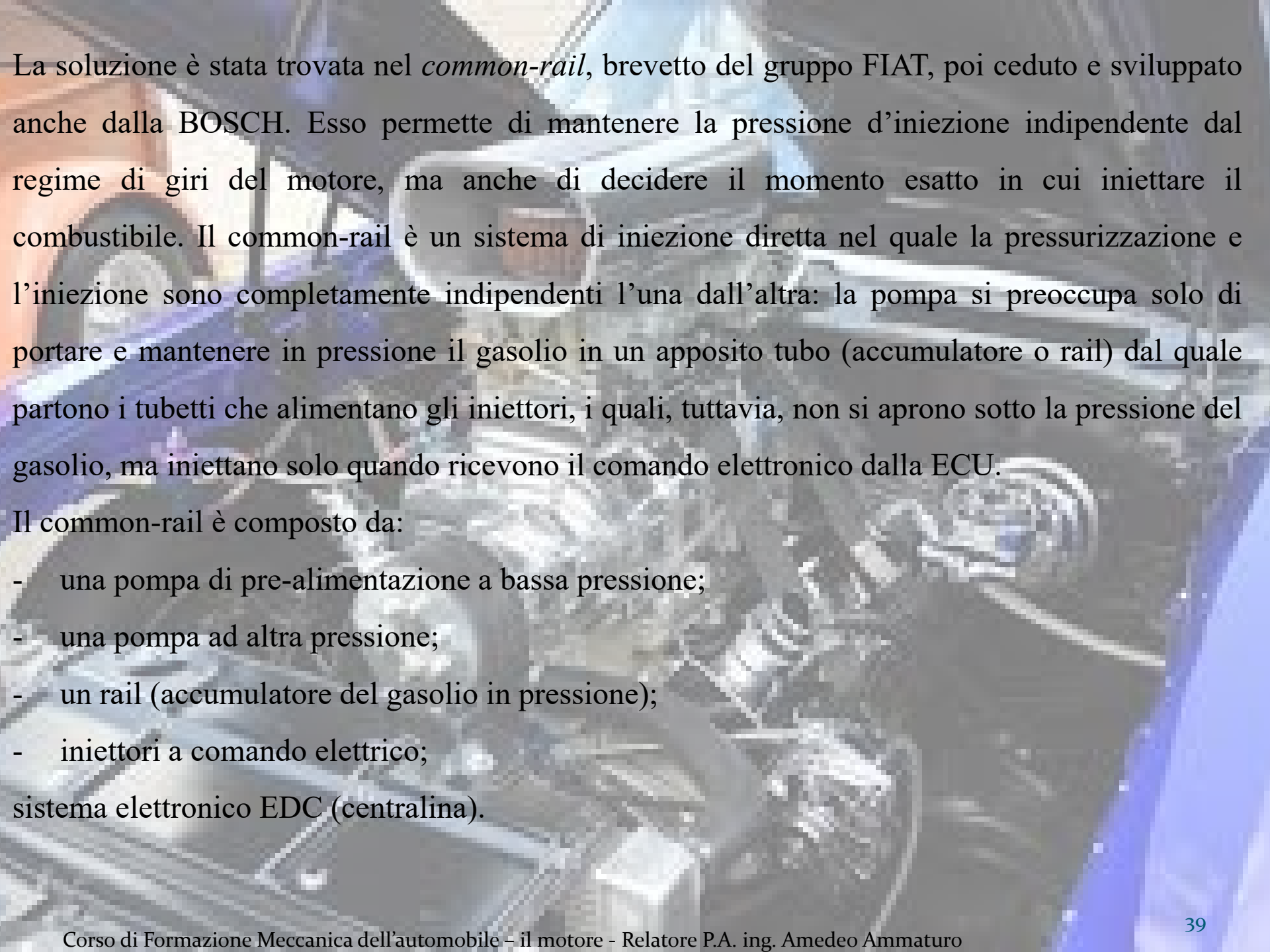
Nato dalla MAN negli anni venti del secolo scorso, per lungo tempo è stato riservato ai veicoli commerciali e industriali; è tornato alla ribalta nel 1988 a bordo della Fiat Croma Tddi, prima vettura di serie a montarne uno. Nel sistema a iniezione diretta il gasolio viene spruzzato dall'iniettore direttamente nella camera di combustione, solitamente ricavata nel cielo del pistone; proprio questa struttura ha creato qualche problema ai primi diesel a iniezione diretta, nei quali sovente cedevano i pistoni perché il cielo era troppo sottile. Dato che manca la precamera, la turbolenza deve crearsi nella camera di combustione ed occorre una migliore polverizzazione; allo scopo, il gasolio viene iniettato nei cilindri a pressioni superiori ai 500 bar e nei più recenti motori a iniezione tradizionale, anche a più di 1.000 bar. L'iniezione ad alta pressione, la mancanza di perdite termiche nella precamera e il fatto che la combustione si innesca direttamente nel cilindro (quindi i gas di scarico non devono attraversare il condotto che collega la precamera alla camera di combustione) rende il diesel a iniezione diretta più efficiente e quindi più economico. I difetti di questo motore risiedono nella rumorosità (dovuta all'alta pressione di iniezione), ruvidità, soprattutto a bassi giri e nella fumosità quando si spinge a fondo l'acceleratore e il motore è sotto di giri.



Common-rail



Sebbene i progressi in fatto di rapporto potenza/cilindrata raggiunti grazie all'iniezione diretta siano stati apprezzabili (nel 1990 un 2,5 litri turbo a gasolio permetteva di ottenere da 100 a 115 CV di potenza, mentre poco più di 10 anni dopo la stessa cilindrata consentiva di superare i 145 CV), le nuove normative in fatto di efficienza ed ecologia non potevano essere affrontate se non rivoluzionando il sistema di alimentazione del motore. In particolare bisognava risolvere la dipendenza della pressione di iniezione dal regime di giri del motore, che non permette di ottenere una buona combustione quando si accelera a partire dal minimo e comporta un aumento dell'inquinamento (accelerando fortemente a basso regime di giri, i vecchi diesel facevano una fumata nera) e l'impossibilità di sviluppare elevate coppie ai bassi regimi. Inoltre serviva decidere con esattezza l'istante di iniezione nel cilindro, cosa difficile con la pompa tradizionale perché l'iniettore spruzza a una pressione determinata da una molla, quindi l'apertura è graduale e imprecisa.



La soluzione è stata trovata nel *common-rail*, brevetto del gruppo FIAT, poi ceduto e sviluppato anche dalla BOSCH. Esso permette di mantenere la pressione d'iniezione indipendente dal regime di giri del motore, ma anche di decidere il momento esatto in cui iniettare il combustibile. Il common-rail è un sistema di iniezione diretta nel quale la pressurizzazione e l'iniezione sono completamente indipendenti l'una dall'altra: la pompa si preoccupa solo di portare e mantenere in pressione il gasolio in un apposito tubo (accumulatore o rail) dal quale partono i tubetti che alimentano gli iniettori, i quali, tuttavia, non si aprono sotto la pressione del gasolio, ma iniettano solo quando ricevono il comando elettronico dalla ECU.

Il common-rail è composto da:

- una pompa di pre-alimentazione a bassa pressione;
- una pompa ad altra pressione;
- un rail (accumulatore del gasolio in pressione);
- iniettori a comando elettrico;

sistema elettronico EDC (centralina).



MOTORI SOVRALIMENTATI



La potenza e la coppia sviluppate da un propulsore dipendono strettamente dalla quantità di combustibile che viene combusta nei cilindri e dalla qualità della combustione; alla qualità concorre la quantità d'aria, che deve essere nel giusto rapporto con quella di combustibile, pena un calo di resa e un proporzionale aumento del consumo. Per aumentare la potenza dei motori a parità di cilindrata, sono stati escogitati diversi sistemi, tutti atti a migliorare la combustione: l'iniezione elettronica nel ciclo otto, il common-rail e l'iniettore-pompa nel diesel, la distribuzione plurivalvole in tutti i motori.



Ma il metodo principe per incrementare potenza e coppia consiste nell'introdurre e bruciare più combustibile, cosa che è possibile solamente introducendo la giusta quantità d'aria. Dunque per aumentare la quantità di aria messa a disposizione nei cilindri bisogna spingerla mediante un compressore. Nei motori sovralimentati accade proprio questo: un compressore aspira l'aria dall'ambiente e la comprime mandandola a una certa pressione al collettore d'aspirazione; parallelamente, un sistema pneumatico/meccanico o elettronico dispone un incremento della portata del combustibile nei sistemi ad iniezione meccanica o elettronica. Nei motori a carburatore, il compressore aspira a valle del tubo di Venturi, così da incrementare automaticamente la benzina presente nella miscela. I motori sovralimentati possono essere a ciclo Diesel o a ciclo Otto, a benzina o a gas; i metodi di sovralimentazione utilizzati per l'aria dipendono dal compressore usato.

A photograph of a car's engine compartment with the hood open. A large, silver, cylindrical turbocharger is mounted on top of the engine. Various engine components, hoses, and the battery are visible. The text 'Motore turbocompresso' is overlaid in the center.

Motore turbocompresso



Il sistema di sovralimentazione più utilizzato è quello basato sul turbocompressore; quest'ultimo è un compressore a turbina azionato da una seconda turbina messa in rotazione dai gas di scarico. Più esattamente, il collettore di scarico termina sulla bocca di entrata della turbina di azionamento (motrice) che fa da motore e gira su un albero solidale con quello di una seconda turbina, usata come compressore (soffiante). Un turbocompressore raggiunge velocità di rotazione molto elevate, evidenziate dal caratteristico “fischio”.



Ogni turbina è composta da una girante (rotore) e da un involucro fisso (statore o chiocciola); la girante è una ruota a palette normalmente inclinate in vario modo (di solito sono elicoidali) che girano sfiorando i bordi dell'involucro. La turbina è una macchina che può fare sia da motore (esempio i turbomotori a gas o a vapore delle navi, dei treni e delle centrali elettriche) sia da pompa per liquidi e gas. Non è un caso che nel turbocompressore ci siano due turbine, usate una come motore e l'altra da compressore.

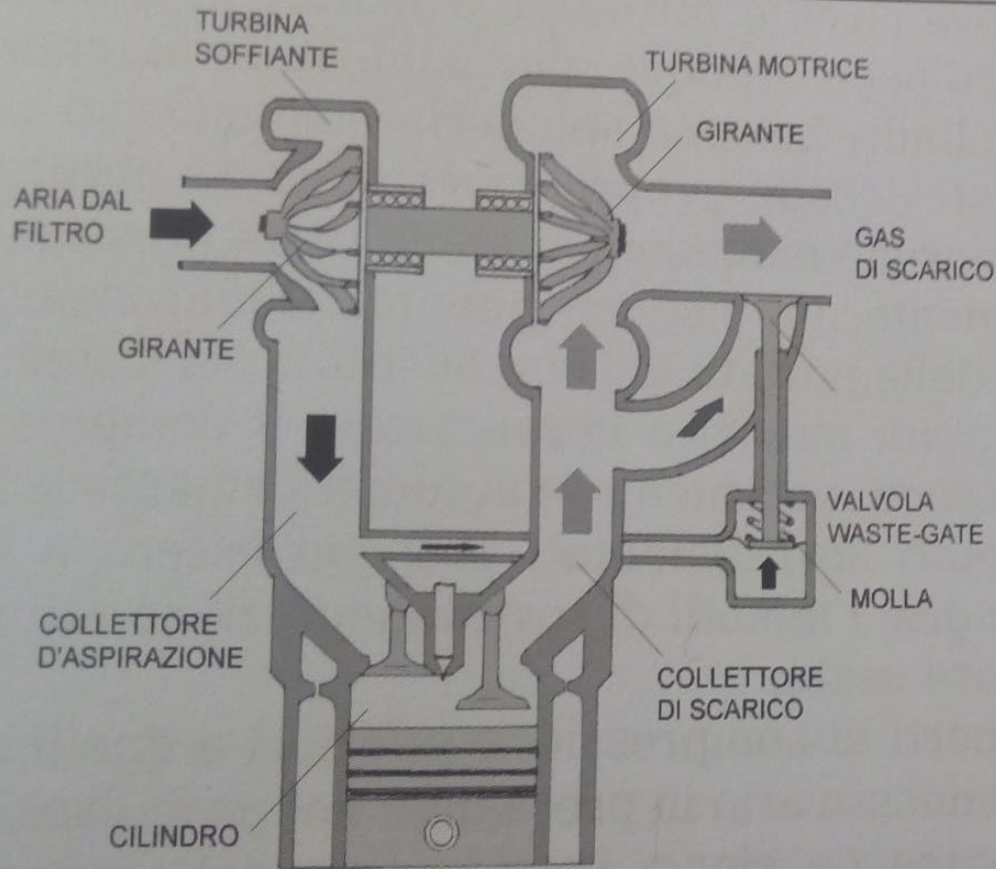


Figura 7.1 - Schema di funzionamento del motore a turbocompressore: l'aria aspirata dal filtro entra centralmente in una turbina azionata da un'altra mossa dai gas di scarico; l'aria compressa esce lateralmente e raggiunge il collettore d'aspirazione.

Attiva Windows

Se non si attiva automaticamente, cliccare qui per attivare Wind

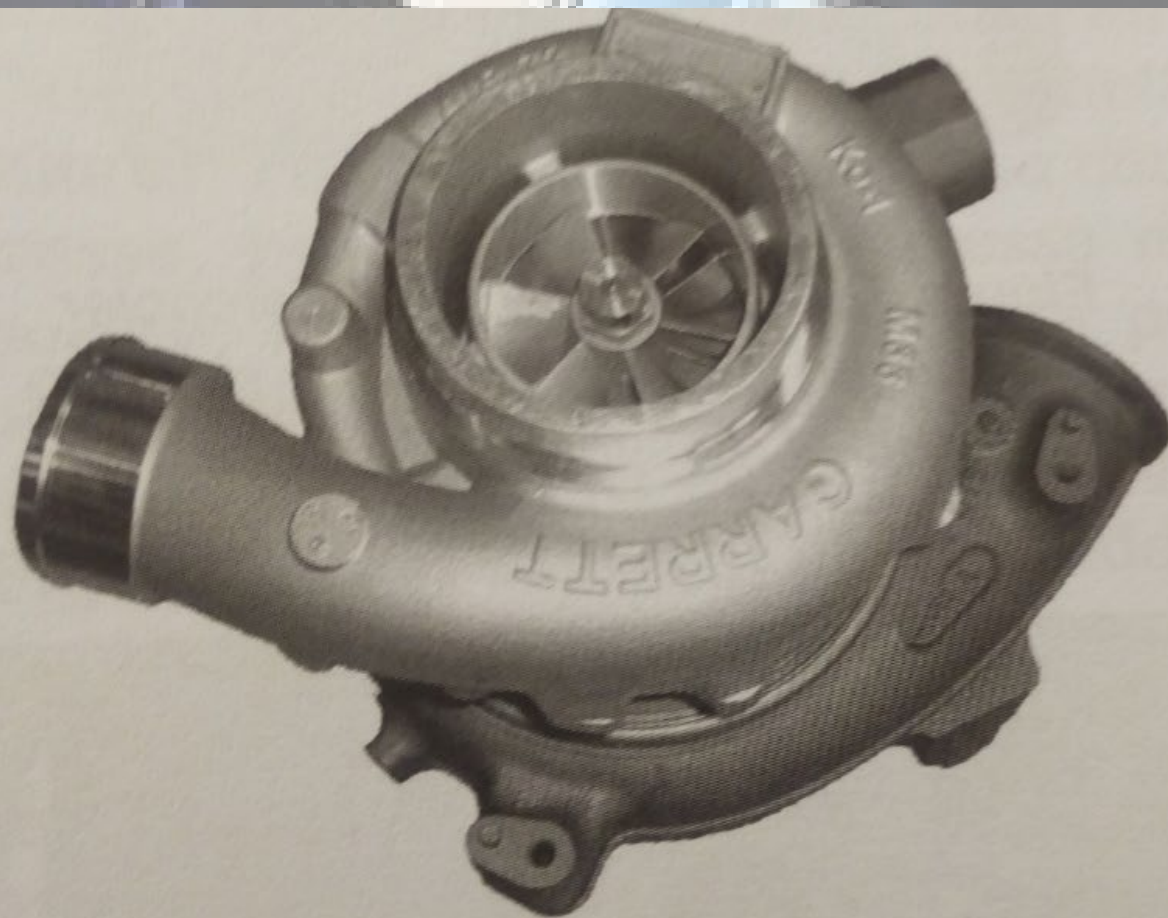


Figura 7.3 - Turbocompressore Garrett visto dalla soffiante: si notano le palette elicoidali strette verso il punto di entrata dell'aria.



Motore turbo con intercooler



L'aria compressa in uscita dalla girante del compressore ha una temperatura di più di 80°, dovuta a due fattori:

- il fatto che comprimendosi si riscalda;
- il riscaldamento che subisce passando accanto ai condotti di scarico e in un compressore le cui palette sono inevitabilmente calde perché in contatto termico con la turbina di azionamento (l'albero di azionamento trasmette calore).

Per queste ragioni l'aria compressa, prima di essere immessa nel motore, conviene sia raffreddata per mezzo di uno scambiatore di calore aria/aria, altrimenti detto *intercooler*.

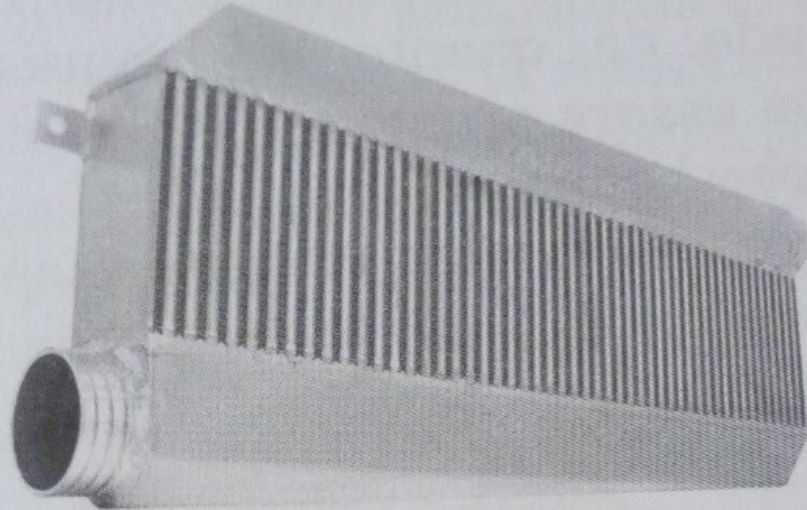
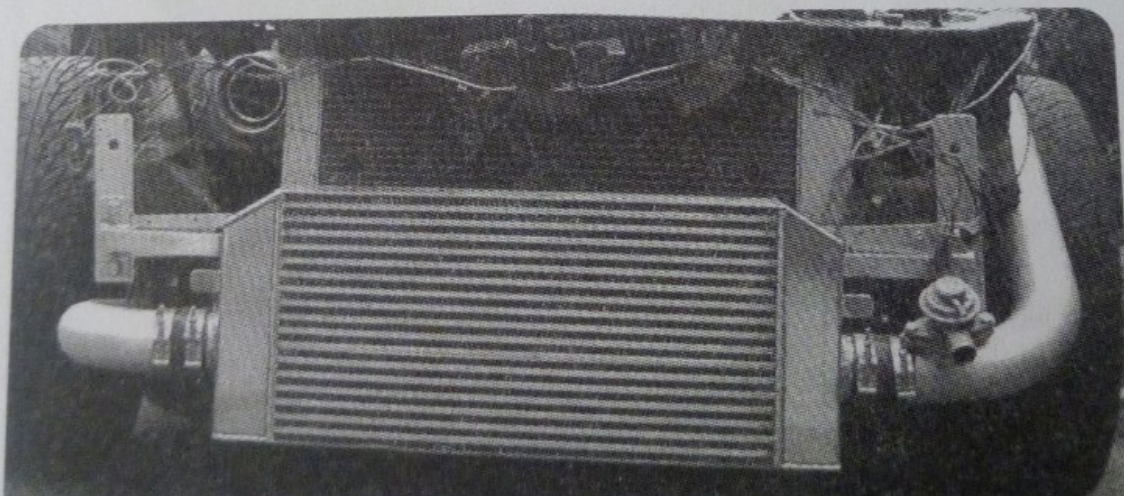
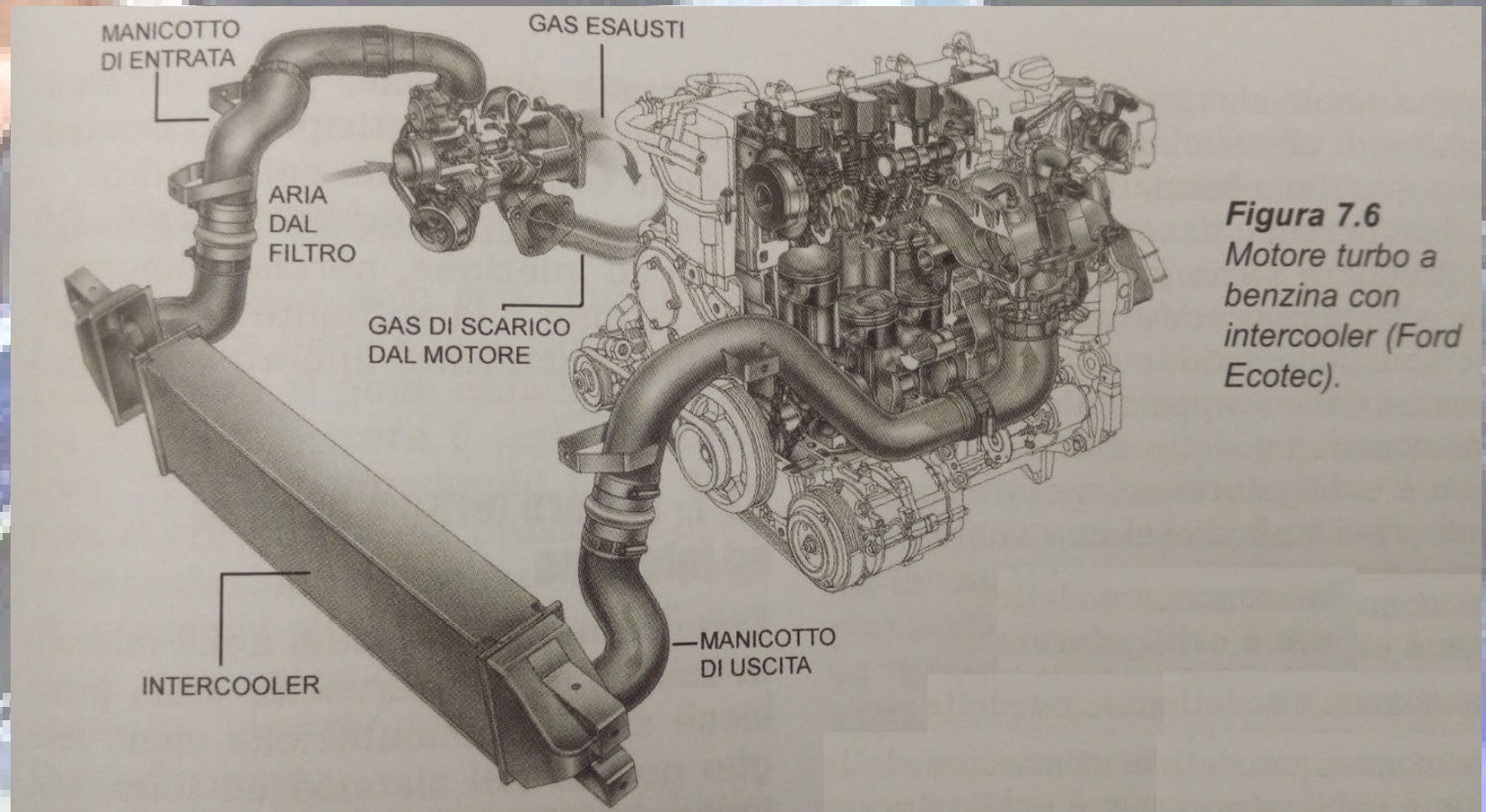


Figura 7.5 - Qui sopra, un intercooler (Procharger). Sotto, intercooler montato davanti al radiatore del circuito di raffreddamento del motore.



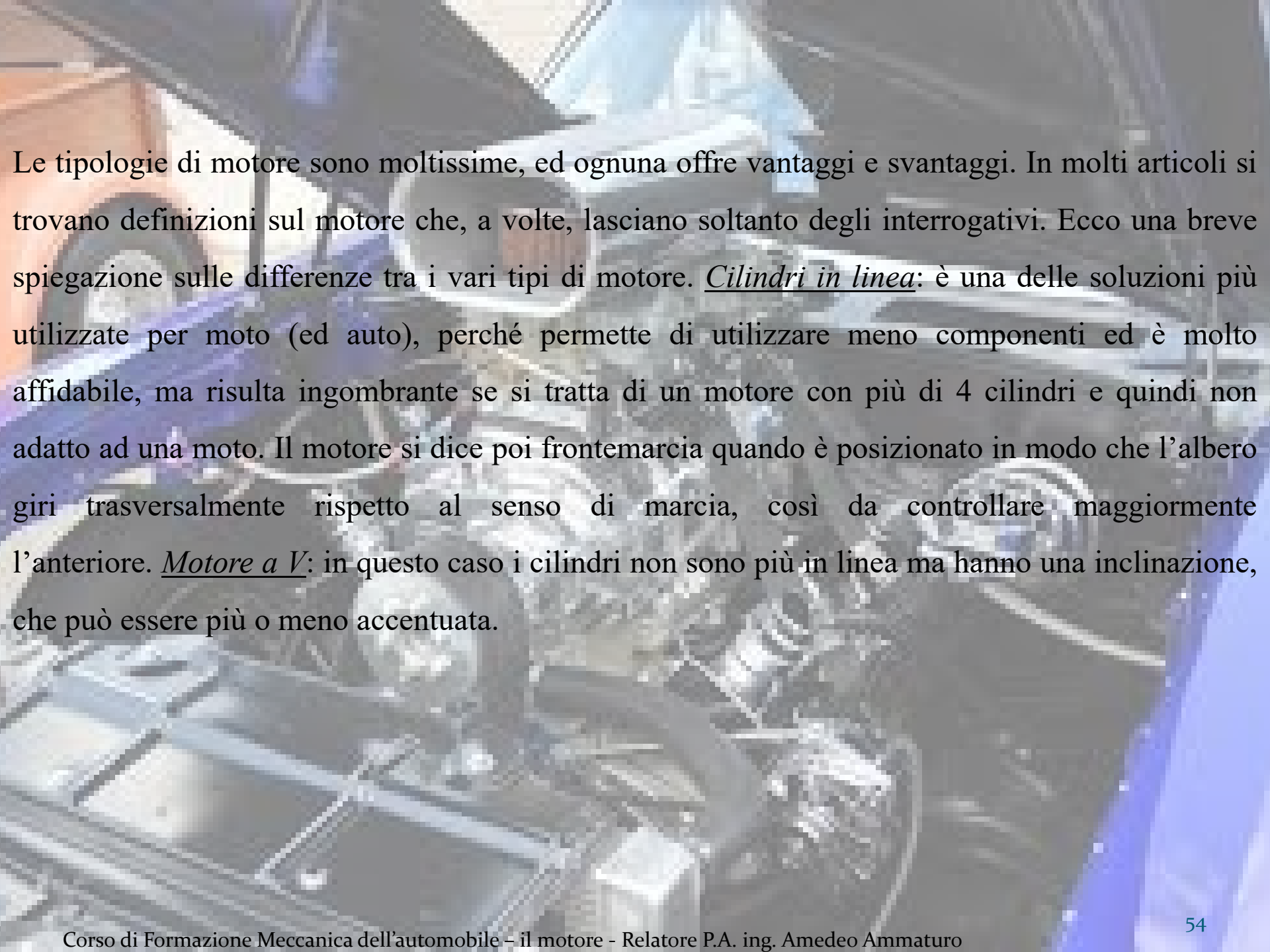


L'intercooler permette di aumentare la quantità d'aria effettivamente compressa a parità di volume e di pressione, dato che i gas al crescere della temperatura si dilatano e diminuiscono di consistenza. L'intercooler non era obbligatorio nel motore turbo e nei primi turbodiesel non veniva addirittura usato, è diventato un componente “di serie” poco più di 20 anni fa.

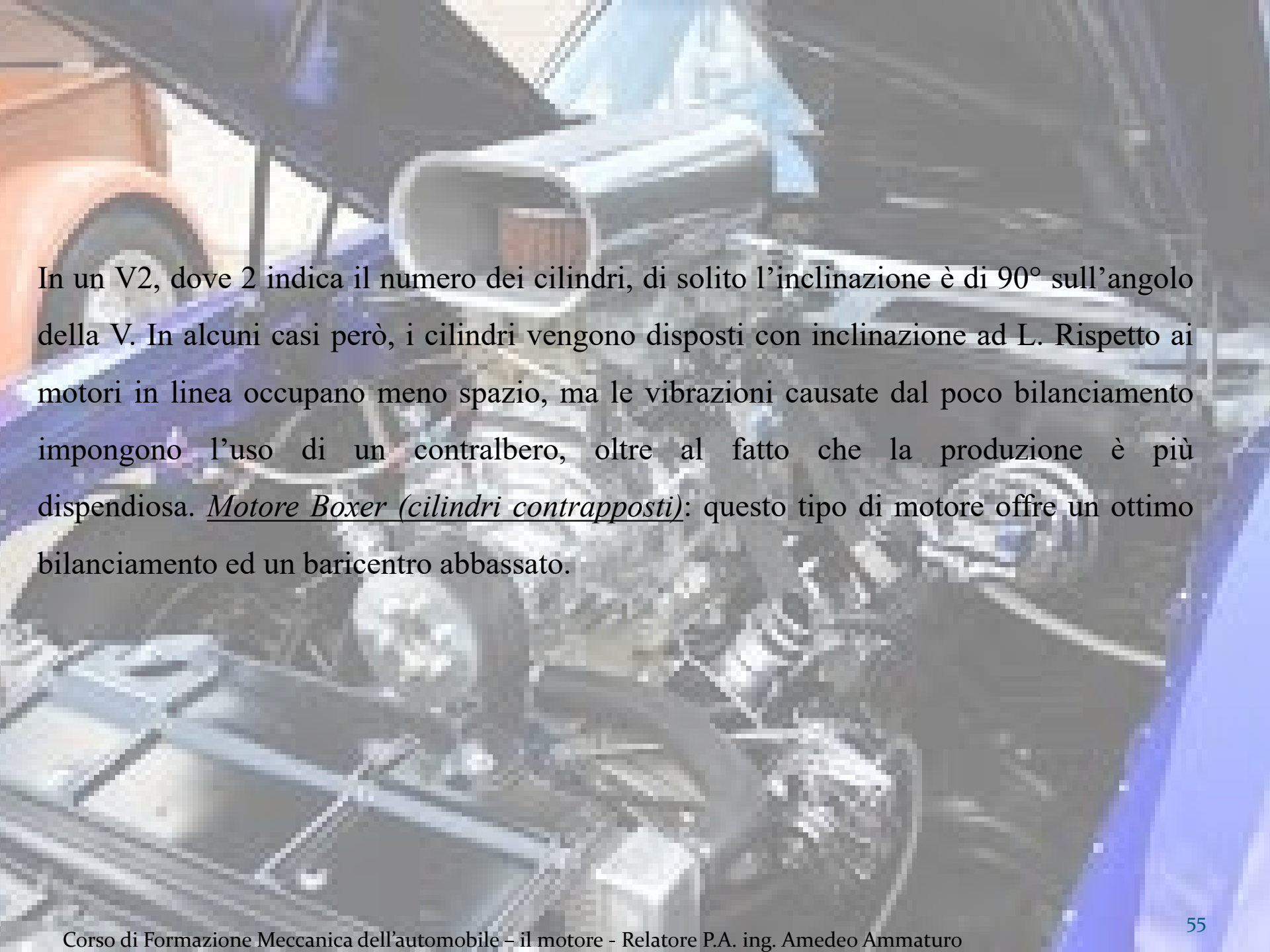




MOTORI E DISPOSIZIONE DEI CILINDRI



Le tipologie di motore sono moltissime, ed ognuna offre vantaggi e svantaggi. In molti articoli si trovano definizioni sul motore che, a volte, lasciano soltanto degli interrogativi. Ecco una breve spiegazione sulle differenze tra i vari tipi di motore. Cilindri in linea: è una delle soluzioni più utilizzate per moto (ed auto), perché permette di utilizzare meno componenti ed è molto affidabile, ma risulta ingombrante se si tratta di un motore con più di 4 cilindri e quindi non adatto ad una moto. Il motore si dice poi fronthorizontally quando è posizionato in modo che l'albero giri trasversalmente rispetto al senso di marcia, così da controllare maggiormente l'antere. Motore a V: in questo caso i cilindri non sono più in linea ma hanno una inclinazione, che può essere più o meno accentuata.



In un V2, dove 2 indica il numero dei cilindri, di solito l'inclinazione è di 90° sull'angolo della V. In alcuni casi però, i cilindri vengono disposti con inclinazione ad L. Rispetto ai motori in linea occupano meno spazio, ma le vibrazioni causate dal poco bilanciamento impongono l'uso di un contralbero, oltre al fatto che la produzione è più dispendiosa. Motore Boxer (cilindri contrapposti): questo tipo di motore offre un ottimo bilanciamento ed un baricentro abbassato.



I cilindri infatti stanno “di fronte” e lavorano in orizzontale. Nel Boxer, mentre il cilindro di destra arriverà a fine corsa a destra, quello di sinistra andrà a fine corsa a sinistra. In questo modo la moto è molto ben bilanciata, ma lo svantaggio è chiaramente nel costo di produzione, oltre al fatto che si tratta di un motore ingombrante di lato e quindi poco aerodinamico che non può essere avvolto completamente dal telaio. Superquadro: questo termine si riferisce direttamente al pistone, e non al motore per intero. Il Superquadro si ottiene con il rapporto tra l’alesaggio, ovvero il diametro del pistone e la corsa, cioè tutta l’escursione che compie il pistone.



Il vantaggio di questo tipo di pistone è che può girare a regimi elevatissimi, dove sviluppa anche la sua coppia massima. Quindi diventa un motore estremamente performante agli alti giri, con coppia e cavalli massimi molto vicini tra loro, anche se poco sfruttabile ai medio/bassi regimi. Il motore è l'elemento cardine di un'autovettura, senza il quale essa non si può definire tale. Anzi, a volte il motore diventa parte integrante di uno specifico modello, contribuendo a renderla unica e differenziarla dalle altre.

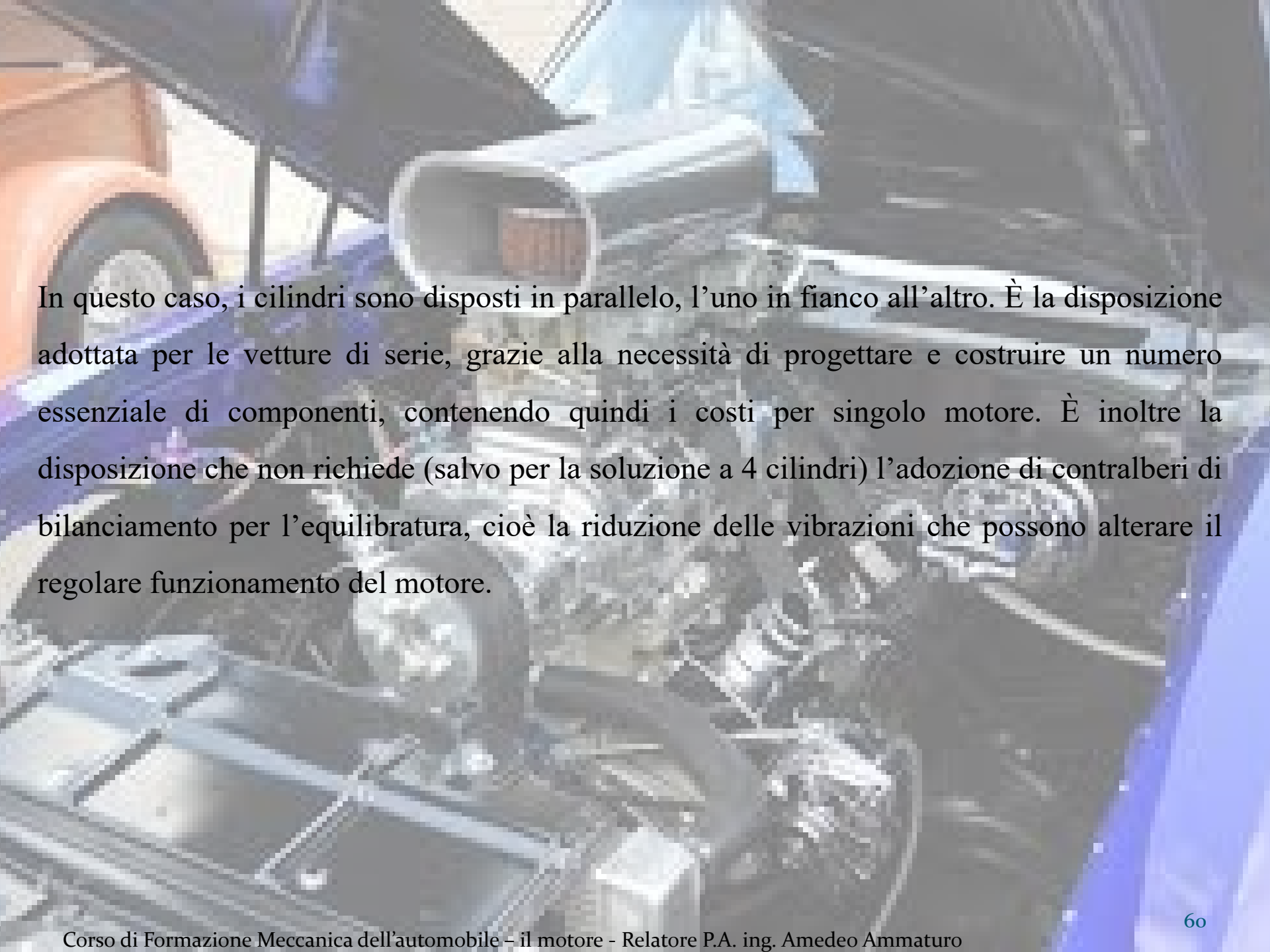


Ogni casa costruttrice ha un certo grado di libertà sulla **disposizione dei cilindri** e la scelta di una di queste è dettata dagli obiettivi prestazionali, vincoli progettuali e esigenze della clientela. Il cilindro è il componente del motore lungo il quale il pistone si muove durante il suo funzionamento. In linea generale, i motori hanno più di un cilindro e la loro disposizione può essere elencata in questo modo:

- Disposizione dei cilindri in linea
- Disposizione dei cilindri a V
- Disposizione Boxer



Disposizione dei cilindri in linea



In questo caso, i cilindri sono disposti in parallelo, l'uno in fianco all'altro. È la disposizione adottata per le vetture di serie, grazie alla necessità di progettare e costruire un numero essenziale di componenti, contenendo quindi i costi per singolo motore. È inoltre la disposizione che non richiede (salvo per la soluzione a 4 cilindri) l'adozione di contralberi di bilanciamento per l'equilibratura, cioè la riduzione delle vibrazioni che possono alterare il regolare funzionamento del motore.



Le vibrazioni sono generate a causa della spinta inerziale del pistone che si trasmette sull'albero e, conseguentemente, sul resto del motore. Se è vero che la disposizione in linea garantisce quasi sempre un'equilibratura senza l'ausilio di contralberi, è anche vero che tale circostanza viene raggiunta con un numero di cilindri elevato. Quindi la disposizione in linea richiede l'adozione di alberi motori lunghi, con conseguente necessità di avere a disposizione un ampio spazio nel vano motore. Anche l'altezza del motore può richiedere i suoi spazi, in base alle dimensioni del pistone, della biella e dell'albero motore.

A volte l'altezza è così rilevante che l'inclinazione del motore può contribuire a contenere lo spazio necessario. Nelle foto il 4 cilindri in linea della Mazda MX-5:





A close-up photograph of a V-engine, likely from a vehicle, with its hood open. The engine block is dark and metallic, showing the characteristic V-shape of the cylinder arrangement. A silver, cylindrical air intake or filter housing is visible on the left side of the engine. The background is slightly blurred, showing parts of the vehicle's body and a wheel.

Disposizione dei cilindri a V



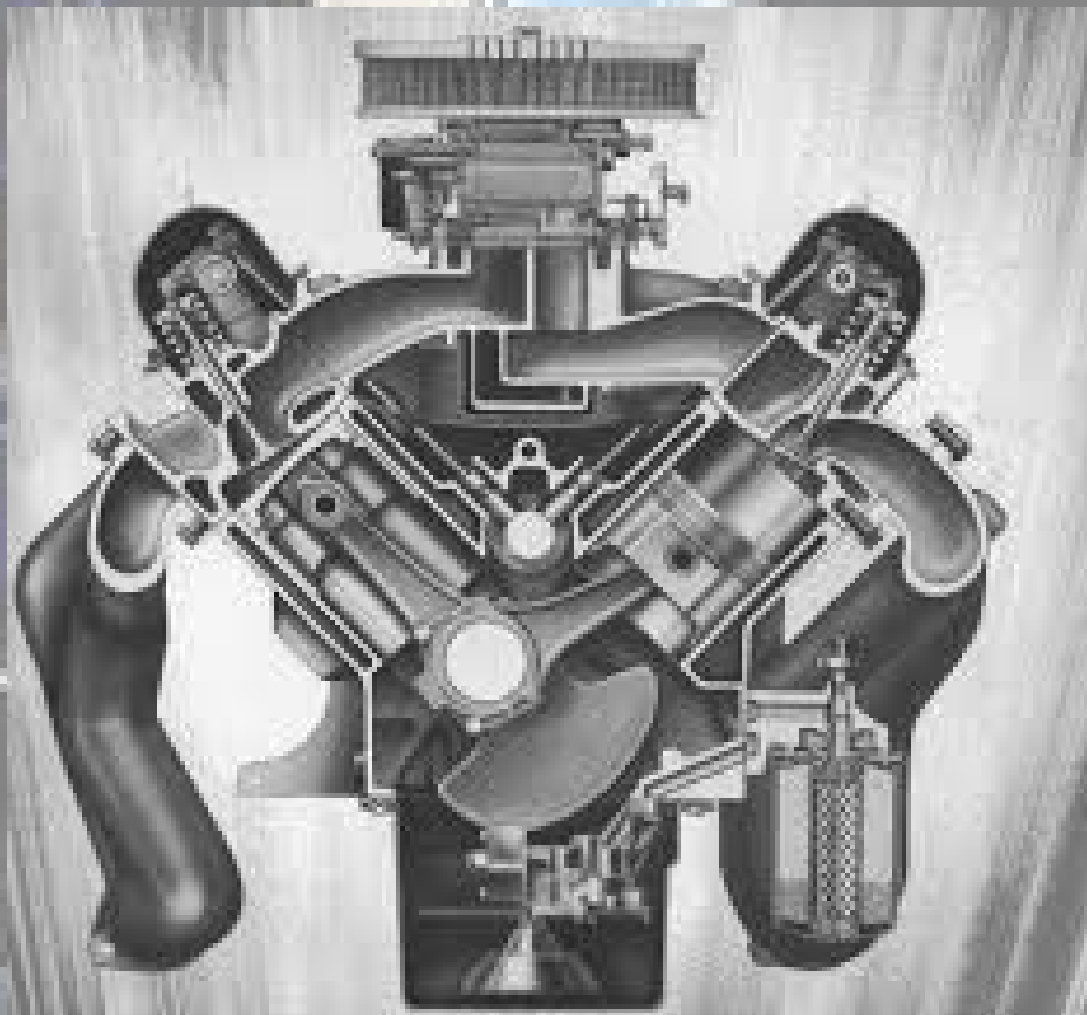
Quando si sente parlare di motori con cilindri disposti a V, è naturale pensare a vetture con vocazione sportiva, come il V6 Busso dell'Alfa Romeo o il V8 DFV della Cosworth. Infatti è proprio l'architettura a V che consente di impiegare un maggior numero di cilindri rispetto ad un motore in linea, a parità di ingombro. Maggiore è il numero di cilindri, maggiore è la potenza erogabile. Non solo: l'altezza del motore si abbassa ed assieme anche il baricentro del motore e ciò contribuisce all'abbassamento del baricentro del veicolo.



Il rollio si riduce e la vettura migliora nella manovrabilità in curva. Attenzione però: inclinare i cilindri significa ridurre l'altezza del motore, ma significa anche aumentare lo spazio laterale richiesto nel vano motore, che può costringere ad adottare sospensioni come il Mac Pherson, note per la loro economicità, ma anche per variare eccessivamente l'assetto della vettura in curva. Inoltre, costruire un motore a V significa aumentare il numero di componenti richiesti (due testate anziché di una, quattro alberi a camme anziché di due) e la complessità dei condotti di aspirazione e scarico, con conseguenti aumenti di costi e di peso.

Per l'equilibratura, sarà quasi sempre necessario l'uso di contralberi di bilanciamento, tranne nel caso di un ingombrante 12 cilindri. Di seguito il 6 cilindri a V della Porsche Cayenne Diesel:





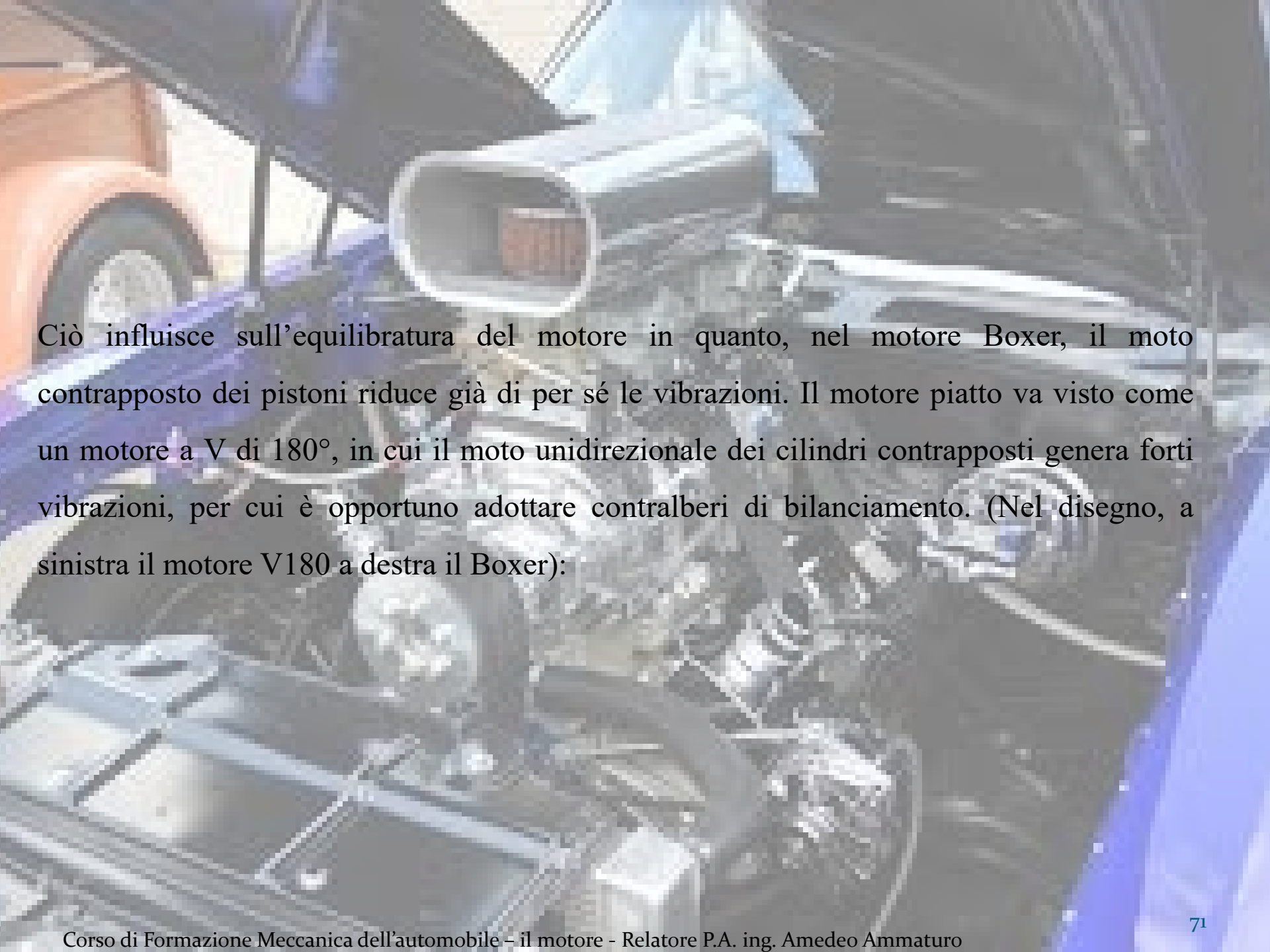
Spaccato di un V8 – Ford Mustang



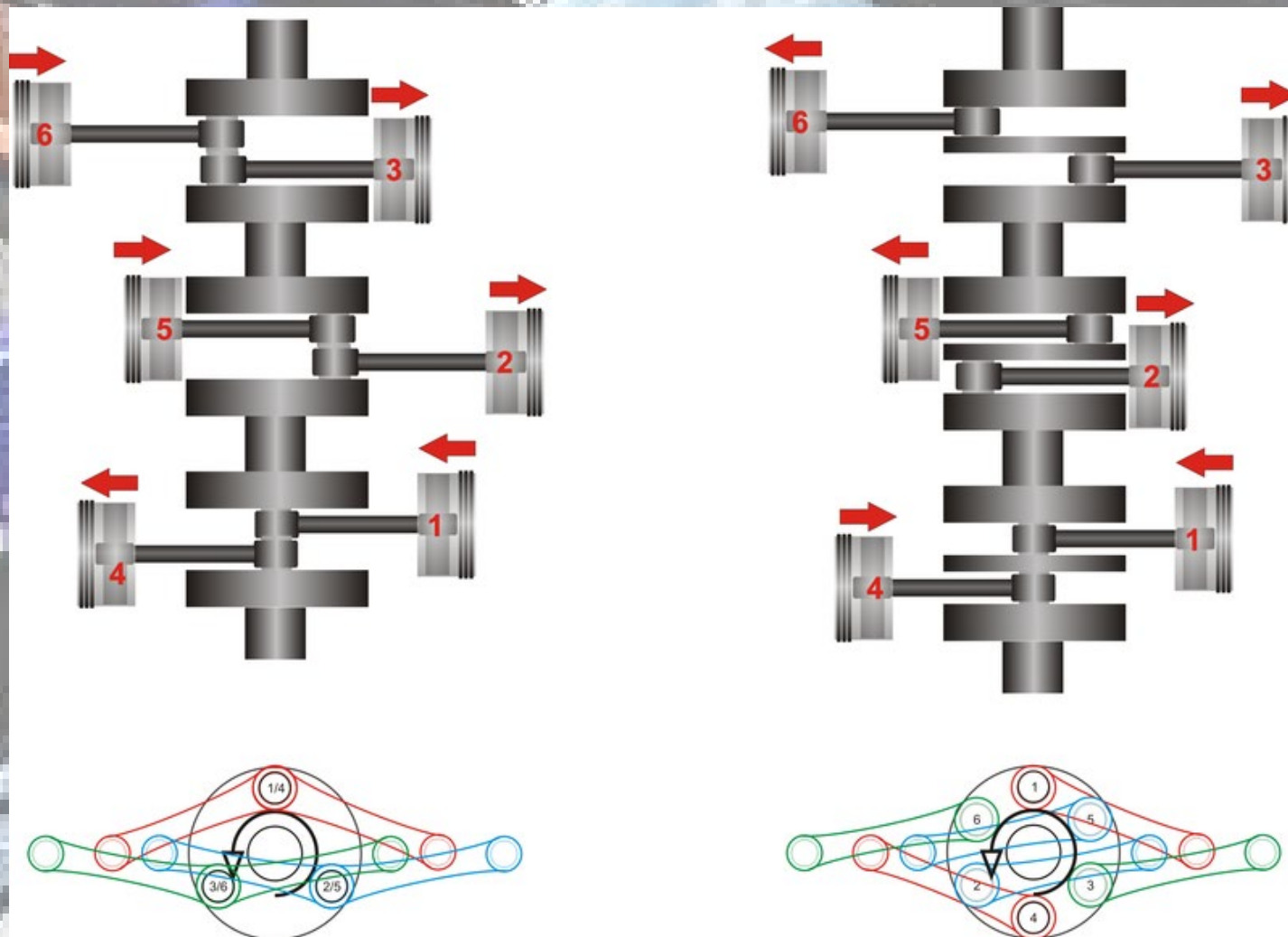
Disposizione dei cilindri Boxer



Facciamo un'importante premessa: molto spesso il motore Boxer viene confuso con il motore Piatto a causa della loro apparente somiglianza. Infatti, in entrambi i casi, bielle e pistoni sono disposti orizzontalmente. La differenza risiede all'interno: nei motori boxer le bielle sono disposte separatamente sul proprio perno di manovella; nei motori piatti, le bielle sono disposte a coppie sullo stesso perno.

A photograph showing two car engines side-by-side. On the left is a V180 engine, and on the right is a Boxer engine. The V180 engine has a more complex, multi-cylinder arrangement, while the Boxer engine has a flatter, more compact design. The text is overlaid on the image, explaining the differences in vibration and balancing between the two engine types.

Ciò influisce sull'equilibratura del motore in quanto, nel motore Boxer, il moto contrapposto dei pistoni riduce già di per sé le vibrazioni. Il motore piatto va visto come un motore a V di 180° , in cui il moto unidirezionale dei cilindri contrapposti genera forti vibrazioni, per cui è opportuno adottare contralberi di bilanciamento. (Nel disegno, a sinistra il motore V180 a destra il Boxer):





Grazie alla sua stessa architettura ad altezza ancor più ridotta, il baricentro si abbassa ulteriormente rispetto ad un motore a V, ma aumenta ulteriormente l'ingombro laterale. Migliora ancora di più la manovrabilità, ma rende sempre più obbligata l'adozione di una sospensione Mac Pherson. Mantiene lo stesso grado di complessità visto nei motori a V: più testate, più alberi a camme, condotti di aspirazione e di scarico più complessi rispetto ad un motore in linea. Il che si traduce anche qui in motori costosi e pesanti.

Di seguito il 4 cilindri Boxer della Toyota GT86:

