

# **TECNICA MOTORISTICA DELL'AUTOVEICOLO**



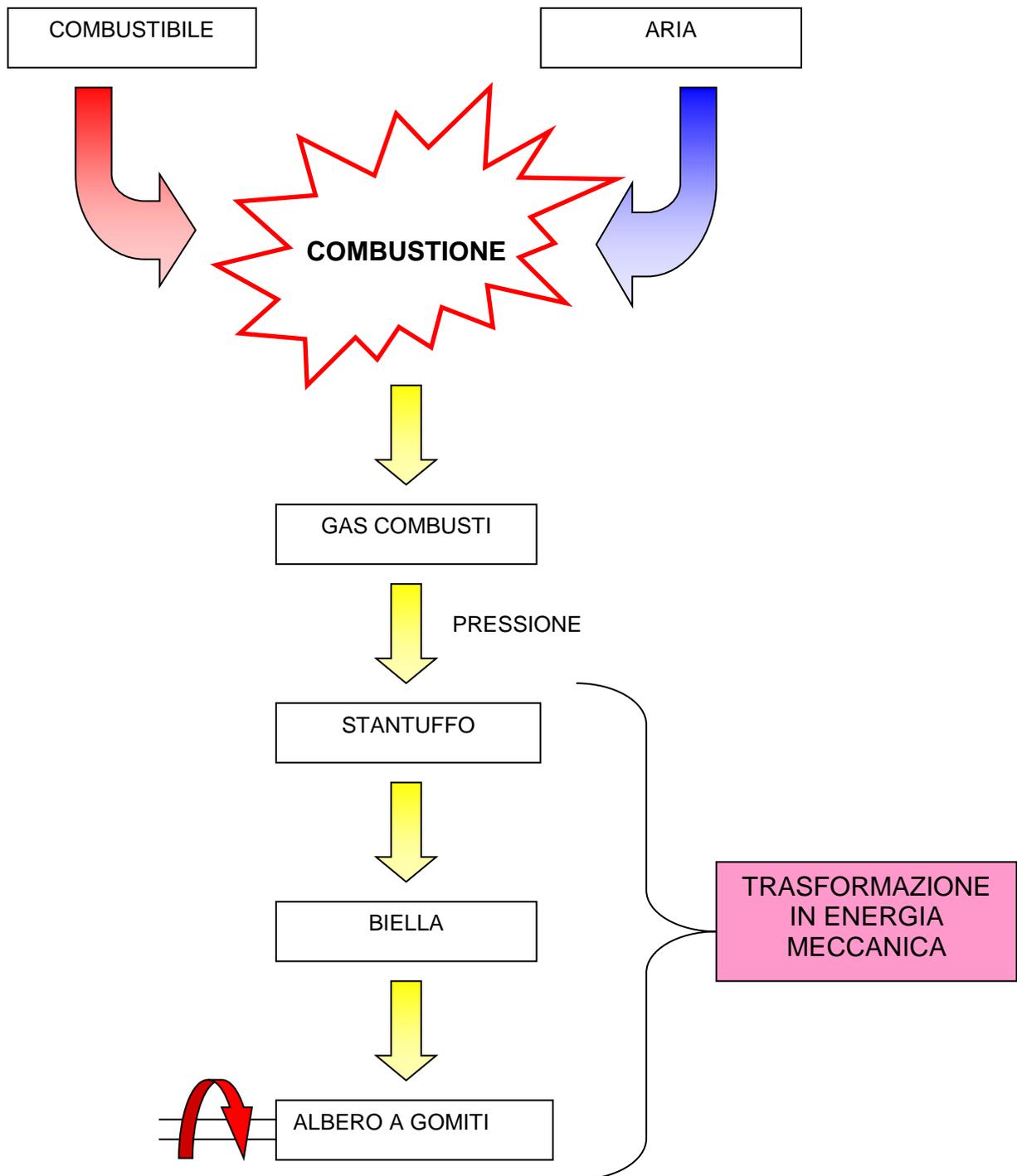
## INDICE

TECNICA MOTORISTICA DELL'AUTOVEICOLO .....	1
INDICE .....	2
1. MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA .....	5
1.1. DEFINIZIONI.....	6
1.2. GEOMETRIA DEL MOTORE A QUATTRO TEMPI .....	7
1.3. FASI DEL CICLO OTTO A 4 TEMPI .....	8
1.3.1. ASPIRAZIONE.....	8
1.3.2. COMPRESSIONE .....	9
1.3.3. COMBUSTIONE ED ESPANSIONE .....	9
1.3.4. ESPULSIONE.....	10
1.3.5. LAVORO UTILE.....	10
1.4. FASI DEL CICLO DIESEL A 4 TEMPI.....	11
1.5. CONFRONTO FRA CICLO OTTO E CICLO DIESEL .....	11
2. COMPONENTI DI UN MOTORE A 4 TEMPI .....	12
2.1. BASAMENTO .....	13
2.2. STANTUFFO .....	14
2.2.1. ANELLI ELASTICI .....	15
2.3. BIELLA.....	16
2.4. ALBERO MOTORE.....	17
2.5. SEMICUSCINETTI.....	18
2.6. VOLANO .....	19
2.6.1. FUNZIONAMENTO DEL VOLANO DVA.....	20
2.7. CONTRALBERI DI EQUILIBRATURA.....	21
2.8. TESTA CILINDRI .....	22
2.9. DISTRIBUZIONE .....	23
2.9.1. DIAGRAMMA DELLA DISTRIBUZIONE .....	24
2.9.2. PUNTERIE IDRAULICHE.....	25
2.9.3. FUNZIONAMENTO PUNTERIE IDRAULICHE .....	26
2.9.4. VALVOLE .....	27
2.10. VARIATORE DI FASE .....	28
PROCEDURE DI REVISIONE DEL MOTORE AL BANCO .....	29
1. LA REVISIONE.....	29
2. LA REGISTRAZIONE E LA MESSA A PUNTO .....	29
3. PARTI DEL MOTORE SOGGETTE A REVISIONE E MESSA A PUNTO.....	30
4. BASAMENTO MOTORE .....	31
4.1. CONTROLLO PLANARITA' PIANO BASAMENTO.....	32
4.2. SCELTA DELLA GUARNIZIONE (CONTROLLO SPORGENZA PISTONI) .....	33
4.3. CONTROLLO DIAMETRO CANNE CILINDRI .....	34
4.4. CONTROLLO CONICITA' ED OVALIZZAZIONE .....	35
4.5. CONTROLLO DIAMETRO PISTONI .....	36
4.6. CONTROLLO DEL PESO DEI PISTONI .....	37
4.7. CONTROLLO DIAMETRO FORO SPINOTTO .....	38
4.8. CONTROLLO LUCE ANELLI DI TENUTA .....	39
4.9. CONTROLLO GIOCO ASSIALE ANELLI DI TENUTA.....	40

5.	CONTROLLO DIAMETRO BOCCOLA PIEDE DI BIELLA .....	41
5.1.	CONTROLLO DIAMETRO SPINOTTO.....	42
5.2.	CONTROLLO DIAMETRO INTERNO TESTA DI BIELLA .....	43
5.3.	CONTROLLO DIAMETRO SEDI PERNI DI BANCO .....	44
5.4.	CONTROLLO DIAMETRO PERNI DI BANCO E DI BIELLA .....	45
5.5.	CONTROLLO DEI GIOCHI MEDIANTE PLASTIGAGE.....	47
6.	TESTA MOTORE.....	48
6.1.	CONTROLLO GIOCO ASSIALE ALBERO DISTRIBUZIONE .....	49
6.2.	CONTROLLO DIAMETRO SUPPORTI ALBERI DI DISTRIBUZIONE .....	50
6.3.	CONTROLLO DIAMETRO PERNI ALBERI DISTRIBUZIONE .....	51
6.4.	CONTROLLO ALZATA NOMINALE VALVOLE .....	52
6.5.	CONTROLLO BICCHIERINI .....	53
6.6.	CONTROLLO PLANARITA' PIANO INFERIORE .....	54
6.7.	CONTROLLO LUNGHEZZA MOLLE .....	55
6.8.	CONTROLLO DIAMETRO INTERNO GUIDAVALVOLE .....	56
6.9.	CONTROLLO SEDI VALVOLE .....	57
6.10.	CONTROLLO VALVOLE .....	58
6.11.	VERIFICA INCASSO VALVOLE.....	59
7.	ORGANI DI IMPIANTO .....	60
7.1.	CONTROLLI SU POMPA OLIO .....	61
IMPIANTO DI ALIMENTAZIONE MOTORE.....		62
1.	COMBUSTIBILI .....	62
1.1.	PROPRIETA' DEI COMBUSTIBILI .....	63
1.2.	COMBUSTIONE.....	64
1.3.	EMISSIONE DI INQUINANTI .....	64
1.4.	INQUINANTI PRIMARI E SECONDARI.....	65
1.5.	LE EMISSIONI INQUINANTI NEI MOTORI A CICLO OTTO.....	66
1.6.	LE EMISSIONI INQUINANTI NEI MOTORI A CICLO DIESEL .....	68
1.7.	MISURA DELLE EMISSIONI E LIMITI LEGISLATIVI .....	69
1.7.1.	LIMITI DI EMISSIONI INQUINANTI .....	69
ALIMENTAZIONE MOTORI BENZINA.....		70
1.	GENERALITA' SULLA GESTIONE DEI MOTORI A BENZINA.....	70
1.1.	COMBUSTIONE NEI MOTORI A BENZINA .....	71
1.1.1.	FATTORI CHE INFLUENZANO LA VELOCITA' DI COMBUSTIONE .....	72
2.	IMPIANTO DI ASPIRAZIONE ARIA.....	73
2.1.	CORPO FARFALLATO .....	73
2.2.	COLLETTORE DI ASPIRAZIONE.....	74
2.2.1.	COLLETTORE DI ASPIRAZIONE MODULARE .....	75
3.	IMPIANTO DI ALIMENTAZIONE COMBUSTIBILE .....	76
3.1.	ELETTROPOMPA COMBUSTIBILE .....	77
3.2.	FILTRO COMBUSTIBILE .....	78
3.3.	INTERRUTTORE INERZIALE.....	78
3.4.	COLLETTORE CARBURANTE.....	79
3.5.	ELETTROINIETTORE.....	79
4.	IMPIANTO ANTIEVAPORAZIONE CARBURANTE .....	80
5.	IMPIANTO RICIRCOLO GAS DAL BASAMENTO .....	81
6.	IMPIANTO DI SCARICO .....	82

6.1.	CONVERTITORE CATALITICO .....	83
7.	INIEZIONE DIRETTA DI BENZINA (JTS) .....	84
7.1.	I MOTORI LEAN BURN (A MISCELA MAGRA) .....	85
7.2.	MOTORI AD INIEZIONE DIRETTA DI BENZINA .....	86
7.3.	STRATIFICAZIONE DELLA MISCELA .....	87
ALIMENTAZIONE MOTORI DIESEL .....		88
1.	IL PROCESSO DI COMBUSTIONE .....	88
2.	CAMERE DI COMBUSTIONE .....	89
2.1.	INIEZIONE INDIRETTA .....	89
2.2.	INIEZIONE DIRETTA DI COMBUSTIBILE .....	90
3.	SOVRALIMENTAZIONE .....	91
3.1.	FUNZIONAMENTO E COMPONENTI .....	92
3.2.	TURBOCOMPRESSORE A GEOMETRIA VARIABILE .....	93
3.2.1.	FUNZIONAMENTO DEL VGT .....	94
4.	IMPIANTO RICIRCOLO GAS DI SCARICO .....	95
5.	CORPO FARFALLATO .....	96
6.	IMPIANTO ALIMENTAZIONE COMBUSTIBILE .....	97
6.1.	CARATTERISTICHE INIEZIONE MULTIJET .....	98
6.2.	ELETTROPOMPA COMBUSTIBILE .....	100
6.3.	FILTRO COMBUSTIBILE .....	101
6.4.	POMPA DI ALTA PRESSIONE .....	102
6.5.	REGOLATORE DI PRESSIONE .....	103
6.5.1.	DIAGRAMMA DELLA PRESSIONE REGOLATA .....	104
6.6.	RAIL .....	105
6.7.	INIETTORI .....	106
6.7.1.	FUNZIONAMENTO DELL'ELETTROINIETTORE .....	107
6.8.	IMPIANTO DI RICIRCOLO GAS DI SCARICO (EGR) .....	108
6.8.1.	SCHEMA DI FUNZIONAMENTO DELL'EGR .....	109
ALIMENTAZIONE MOTORI CNG .....		110
1.	APPLICAZIONE DEL CNG IN CAMPO AUTOVEICOLISTICO .....	110
2.	CICLO TERMODINAMICO DEL CNG .....	111
2.1.	PRESTAZIONI DI UN MOTORE ALIMENTATO A CNG .....	112
3.	IMPIANTO DI ALIMENTAZIONE CNG .....	113
3.1.	COMPONENTI IMPIANTO DI ALIMENTAZIONE CNG .....	114
3.2.	TESTA CILINDRI .....	116
3.3.	BOMBOLE .....	117
3.4.	RIDUTTORE DI PRESSIONE .....	118
3.5.	RAIL ED ELETTROINIETTORI .....	119

# 1. MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA



## 1.1. DEFINIZIONI

**MOTORI TERMICI:** i motori termici sono macchine che, attraverso la combustione della miscela di aria e combustibile, trasformano l'energia chimica contenuta nel combustibile stesso, in energia meccanica (sotto forma di coppia e velocità di rotazione) disponibile all'albero di uscita del motore stesso; in questi motori il calore prodotto dalla combustione della miscela di aria e combustibile provoca la trasformazione dell'energia chimica del combustibile in energia di pressione dei gas combusti che viene trasformata, a sua volta, in energia meccanica di rotazione attraverso gli organi meccanici del motore.

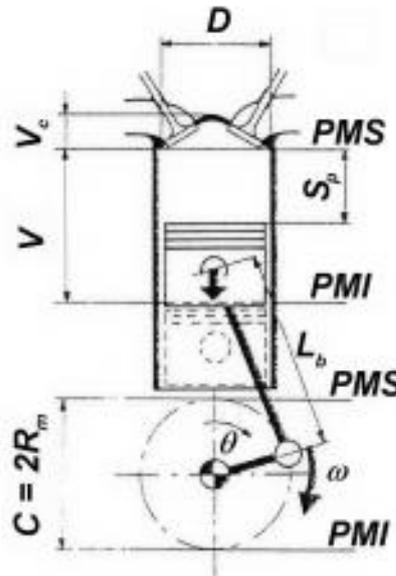
**MOTORI A COMBUSTIONE ESTERNA:** in questa categoria di motori, il calore prodotto dalla combustione della miscela, viene trasferito ad un secondo fluido che varia le sue caratteristiche fisiche (pressione e temperatura) e che a sua volta trasferisce la sua energia agli organi meccanici del motore; il fluido che compie il lavoro non è direttamente interessato dalla combustione.

**MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA:** a differenza della categoria precedente, in questi motori il fluido che compie il lavoro è lo stesso in seno al quale avviene il processo di combustione; quindi il fluido operante subisce trasformazioni sia fisiche che chimiche; questa categoria di motori è quella che viene utilizzata nei motori per autoveicoli; la miscela aria – combustibile subisce nel processo di combustione sia variazioni di carattere chimico (reazioni chimiche che portano alla formazione dei gas combusti) che di carattere fisico (temperatura e pressione).

**MOTORI ALTERNATIVI:** i motori utilizzati negli autoveicoli sono motori alternativi: in essi il lavoro è compiuto dal fluido operante che agisce sugli organi mobili che descrivono ciclicamente un volume variabile; in particolare questi motori sono costituiti da uno stantuffo sul quale agisce la pressione dei gas combusti e che è animato di moto alternativo rettilineo all'interno di una canna cilindrica; il moto viene trasformato da alternativo in rotativo per mezzo di un sistema biella – manovella.

**CICLO OTTO E CICLO DIESEL:** una ulteriore classificazione dei motori termici (ed in particolare quelli alternativi a combustione interna) riguarda la tipologia del ciclo termodinamico realizzato dal motore stesso; in particolare il motore a ciclo Otto (o ad accensione comandata) si distingue per il fatto che la accensione viene comunicata alla miscela nell'istante voluto per mezzo di una scintilla elettrica scoccata tra gli elettrodi di una candela; nei motori a ciclo Diesel, la combustione della miscela avviene spontaneamente quando nella camera di combustione vengono raggiunte le condizioni termodinamiche (temperatura e pressione) tali da permettere la autoaccensione della miscela stessa; infatti questi motori sono detti ad accensione per compressione.

## 1.2. GEOMETRIA DEL MOTORE A QUATTRO TEMPI



I motori alternativi a combustione interna sono caratterizzati dalla presenza di una camera a volume variabile, realizzata tramite il moto alternativo di uno stantuffo all'interno di un cilindro chiuso all'estremità opposta dalla testata; lo stantuffo è collegato tramite una biella all'albero motore (anche detto albero a gomiti per la sua forma caratteristica) e si muove di moto alternativo tra due posizioni estreme, dette rispettivamente punto morto superiore (PMS) e punto morto inferiore (PMI), in corrispondenza delle quali il volume della camera raggiunge i valori minimo e massimo. Il cilindro è messo in comunicazione con l'ambiente esterno da apposite valvole o luci di aspirazione e scarico, che vengono aperte ad ogni ciclo e consentono il ricambio del fluido motore: è necessario infatti immettere inizialmente all'interno della camera di combustione la carica fresca, costituita dal combustibile e dall'aria comburente prelevata dall'ambiente, ed evacuare poi al termine del ciclo i gas combusti scaricandoli nuovamente nell'ambiente.

Le principali grandezze geometriche (vedi figura sopra) che caratterizzano un motore alternativo sono pertanto le seguenti:

- alesaggio **d**: diametro del cilindro entro cui si muove lo stantuffo
- corsa **c**: spazio percorso dallo stantuffo nel suo moto alternativo tra le due posizioni estreme corrispondenti al PMS ed al PMI
- cilindrata **V**: differenza tra il volume massimo  $V_{max}$  della camera di combustione (raggiunto con lo stantuffo al PMI) ed il volume minimo  $V_{min}$  della camera di combustione (raggiunto con lo stantuffo al PMS)
- rapporto di compressione  $\epsilon$ : rapporto tra il volume massimo  $V_{max}$  ed il volume minimo  $V_{min}$  della camera di combustione.

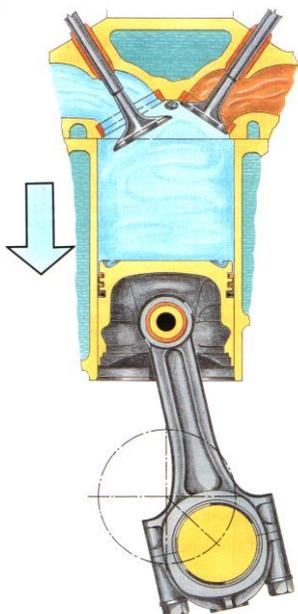
### 1.3. FASI DEL CICLO OTTO A 4 TEMPI

CICLO A QUATTRO TEMPI: si ricorda in questa sede che il motore funzionante secondo il ciclo a quattro tempi è caratterizzato dal fatto che il ciclo si compie con quattro corse dello stantuffo (due giri dell'albero motore); viene quindi affidato allo stantuffo il compito di espellere i gas combusti, presenti nel cilindro alla fine della fase di espansione, e sostituirli con la nuova miscela di aria e combustibile, necessaria a compiere il ciclo successivo.

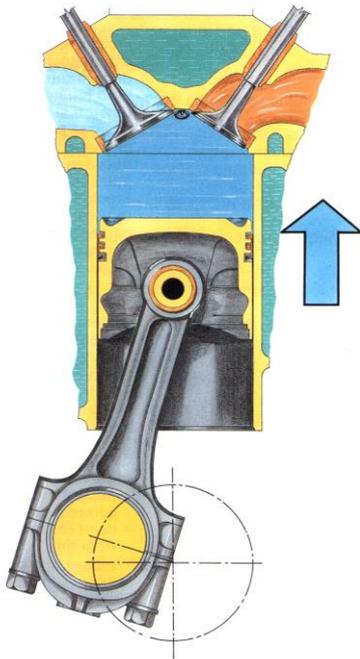
Il ciclo a quattro tempi di un motore funzionante secondo il ciclo Otto (o ad accensione comandata) comprende le seguenti sei fasi:

- *Aspirazione* nel cilindro motore della miscela aria combustibile necessaria a compiere un ciclo di funzionamento
- *Compressione* della miscela
- *Combustione* della miscela allo scoccare della scintilla fra gli elettrodi della candela
- *Espansione* dei gas combusti all'interno del cilindro
- *Scarico spontaneo* dei gas combusti dal cilindro all'apertura della valvola di scarico
- *Espulsione* dei gas combusti attraverso il condotto di scarico

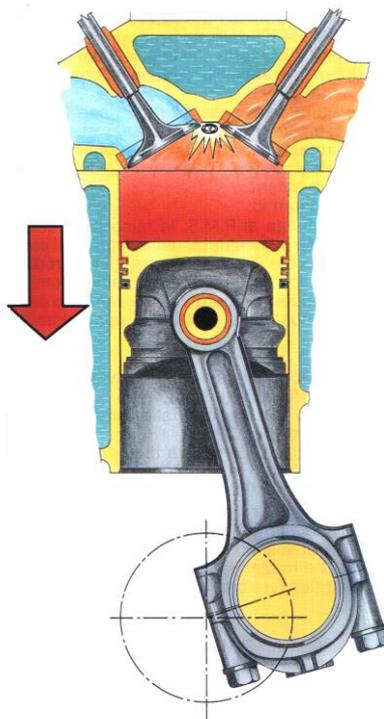
#### 1.3.1. ASPIRAZIONE



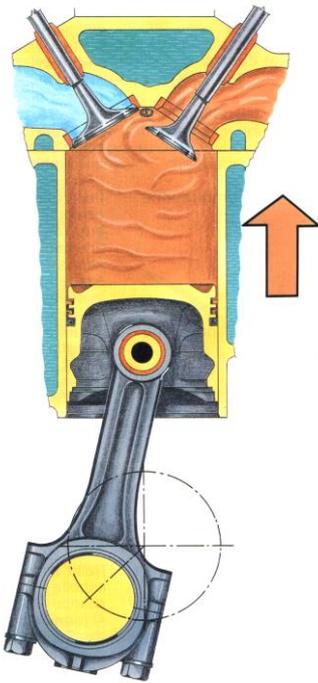
Lo stantuffo inizia la sua corsa dal PMS al PMI; la valvola di aspirazione si apre e la miscela gassosa, composta da aria e combustibile viene aspirata nel cilindro, a causa della depressione prodotta dallo stantuffo; per consentire un migliore riempimento del cilindro, la valvola di aspirazione incomincia ad aprirsi con leggero anticipo rispetto al PMS e si chiude con un certo ritardo rispetto al PMI, in modo da sfruttare l'inerzia dei gas che entrano nel cilindro; la valvola di scarico in questa fase rimane completamente chiusa.

**1.3.2. COMPRESSIONE**

In questa fase lo stantuffo risale dal PMI al PMS, mentre le due valvole di aspirazione e scarico rimangono completamente chiuse: la miscela di aria e combustibile viene compressa dallo stantuffo nella camera di combustione; il valore massimo della compressione si raggiunge quando lo stantuffo si trova alla fine della corsa di salita; durante questa fase la miscela subisce un notevole aumento della temperatura, causato principalmente dalla compressione della miscela stessa, ed in minima parte dal fatto che le pareti del cilindro, trovandosi alla temperatura media del ciclo, cedono calore alla miscela; questo aumento di temperatura deve essere tale da non far raggiungere alla miscela la temperatura di accensione spontanea che provocherebbe un funzionamento irregolare e dannoso per il motore stesso.

**1.3.3. COMBUSTIONE ED ESPANSIONE**

Poco prima che lo stantuffo raggiunga il PMS, all'interno della camera di combustione viene fatta scoccare la scintilla tra gli elettrodi di una candela che provoca l'accensione della miscela; la combustione della miscela produce un repentino aumento della temperatura e della pressione all'interno della camera di combustione; la pressione dei gas combusti agisce sul cielo del pistone spingendolo verso il basso; in questo modo i gas prodotti dalla combustione si espandono.

**1.3.4. ESPULSIONE**

Nella ultima corsa di risalita dal PMI al PMS lo stantuffo espelle i gas combusti rimasti nel cilindro attraverso la valvola di scarico; per sfruttare la pressione residua dei gas combusti, la valvola di scarico si apre un po' prima che lo stantuffo abbia raggiunto il PMS, favorendo, così, lo scarico spontaneo dei gas; terminata la fase di scarico lo stantuffo ha percorso, dall'inizio della fase di aspirazione, quattro corse complete, due di discesa e due di salita, mentre l'albero motore ha compiuto due giri.

**1.3.5. LAVORO UTILE**

In questo ciclo, come nel successivo ciclo Diesel, il lavoro utile viene prodotto durante una sola delle quattro corse che lo stantuffo compie in un ciclo: precisamente durante la corsa di discesa che corrisponde alla fine della fase di combustione ed alle fasi di espansione e scarico spontaneo; questa corsa viene definita corsa utile, in contrapposizione alle altre tre che vengono definite corse passive, poiché esse richiedono lavoro per la loro effettuazione; per questo fatto, in un motore endotermico alternativo si dovrà sempre avere un dispositivo che permetta di accumulare energia nella corsa utile per renderla disponibile in quelle passive; tale energia viene fornita dal volano del motore, che ha lo scopo di immagazzinare, sotto forma di energia cinetica, una parte della energia motrice prodotta durante la corsa attiva del ciclo di funzionamento e di restituirla nelle tre corse passive, in modo da rendere quanto più possibile uniforme l'erogazione di potenza del motore.

## 1.4. FASI DEL CICLO DIESEL A 4 TEMPI

Il ciclo a quattro tempi di un motore funzionante secondo il ciclo Diesel (o ad accensione per compressione) comprende le seguenti sei fasi:

- *Aspirazione* di aria nel cilindro motore
- *Compressione* dell'aria presente nel cilindro
- *Iniezione* del combustibile che, venendo a contatto con l'aria ad alta temperatura, dà luogo alla combustione
- *Espansione* dei gas combusti all'interno del cilindro
- *Scarico spontaneo* dei gas combusti dal cilindro all'apertura della valvola di scarico
- *Espulsione* dei gas combusti

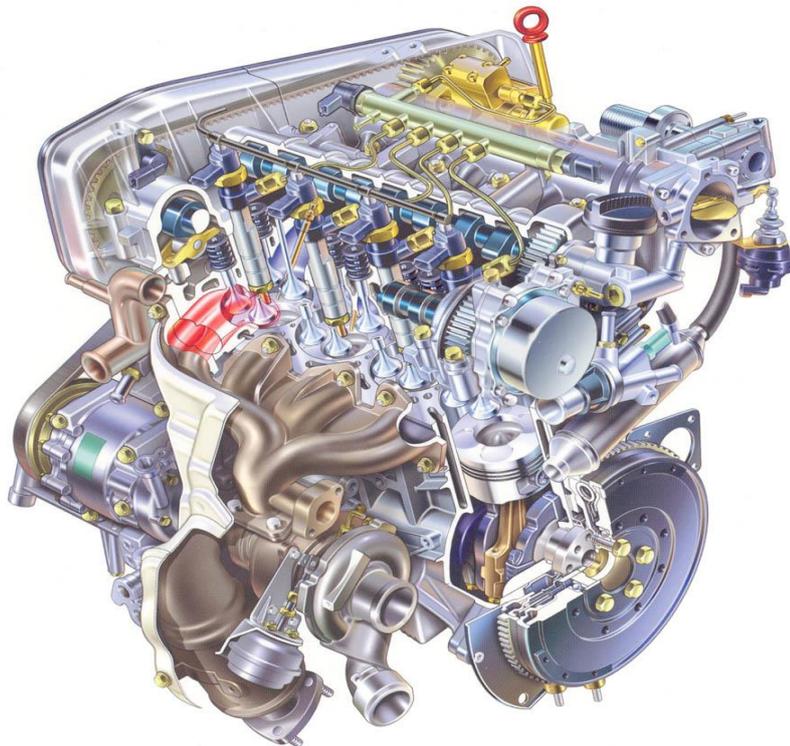
Le fasi di un motore a ciclo Diesel differiscono da quelle di un motore a ciclo Otto esclusivamente per l'aspirazione di sola aria invece della miscela di aria e combustibile e per le modalità di introduzione e di accensione del combustibile.

## 1.5. CONFRONTO FRA CICLO OTTO E CICLO DIESEL

Prima di iniziare l'analisi dei componenti che costituiscono un motore, si vuole fare un confronto tra i motori che seguono il ciclo Otto e quelli che seguono il ciclo Diesel; in particolare tale confronto viene istruito considerando i seguenti fattori:

- *introduzione del combustibile*: nel motore a ciclo Otto nella camera di combustione viene introdotta la miscela di aria e combustibile che si è formata nel condotto di aspirazione, mentre nei motori Diesel viene introdotta solo aria;
- *rapporto di combustione*: l'entità del rapporto di combustione nei motori ciclo Otto varia da 7 a 11, salvo rare eccezioni, mentre nei motori Diesel esso assume valori molto più elevati raggiungendo il valore di 24 (grazie alla maggiore inerzia alla autoaccensione del gasolio)
- *accensione*: i motori a ciclo Otto necessitano di un impianto di accensione che provveda a provocare all'istante opportuno la accensione della miscela; nei motori a ciclo Diesel tale impianto non esiste, poiché il combustibile brucia quando viene a contatto con l'aria ad alta temperatura presente nella camera di combustione;
- *peso*: il motore a ciclo Diesel funziona con valori di pressione più elevati rispetto ad un analogo motore a ciclo Otto, perciò dovendo sopportare sollecitazioni notevolmente superiori, deve avere una struttura più resistente e quindi risulta nettamente più pesante.

## 2. COMPONENTI DI UN MOTORE A 4 TEMPI



**GENERALITA':** gli organi meccanici che compongono un motore possono essere classificati nel seguente modo:

- **organi principali:** gli organi principali comprendono il basamento con le canne cilindri, gli stantuffi completi di bielle, l'albero motore e gli eventuali alberi di equilibratura, la testa cilindri, il cinematismo della distribuzione e le valvole;
- **organi ausiliari:** gli organi ausiliari sono quegli organi che, a differenza di quelli principali, non sono direttamente coinvolti nello svolgimento del ciclo di funzionamento del motore, ma la cui presenza è fondamentale per il corretto funzionamento del motore e per la sua durata: essi comprendono gli impianti di raffreddamento e di lubrificazione, gli impianti di alimentazione e di scarico (non trattati in questo modulo), il motorino di avviamento, il generatore e le pompe per i servizi (servofreno, servosterzo, condizionatore).

**COLLEGAMENTI:** l'insieme di questi organi è variamente assemblato tramite collegamenti realizzati per lo più con viti e bulloni: nel caso in cui tra i differenti organi vi sia un passaggio di fluido, con esigenze di tenuta, viene generalmente interposta una guarnizione.

## 2.1. BASAMENTO



BASAMENTO PER MOTORI CON  
CILINDRI IN LINEA



BASAMENTO PER MOTORI CON  
CILINDRI A V

**SCOPO:** supporto ai gruppi mobili presenti nel motore (stantuffi, bielle, albero motore, albero della distribuzione, ecc.) ed agli elementi fissi riportati (testa cilindri, coppa olio, scatola distribuzione).

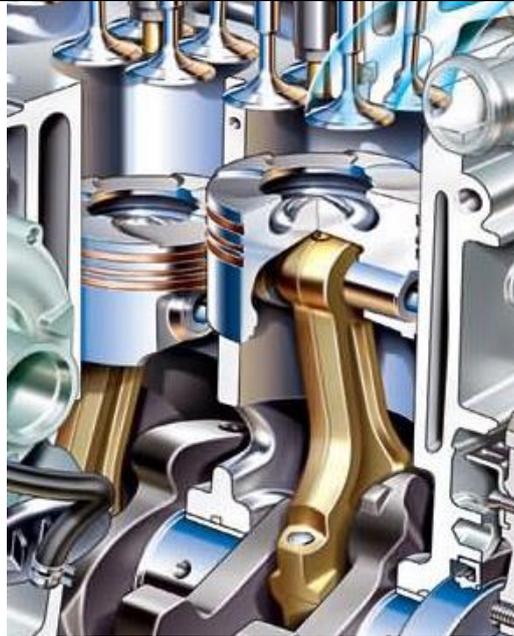
### TIPOLOGIE:

- con cilindri in linea, col quale i cilindri sono allineati;
- con cilindri a V, tecnica che riduce l'ingombro longitudinale del motore.

**MATERIALE:** ghisa (solitamente sferoidale), ad elevata resistenza meccanica; in alcuni casi è in lega leggera di alluminio e silicio di elevata resistenza meccanica e conducibilità termica.

**VINCOLI:** esso deve resistere alle sollecitazioni derivanti dalla combustione e deve essere concepito internamente in modo da permettere la circolazione dei vari fluidi di lubrificazione e di raffreddamento; nonostante questi vincoli, il basamento deve presentare il minor peso possibile.

## 2.2. STANTUFFO



SCOPO: lo stantuffo e gli anelli elastici hanno il compito di:

- trasmettere alla biella la forza motrice fornita dalla pressione dei gas combusti
- fare da guida al piede di biella
- impedire che i gas combusti presenti nella camera di combustione, possano trafilare lungo la superficie laterale di accoppiamento tra stantuffo e canna cilindri

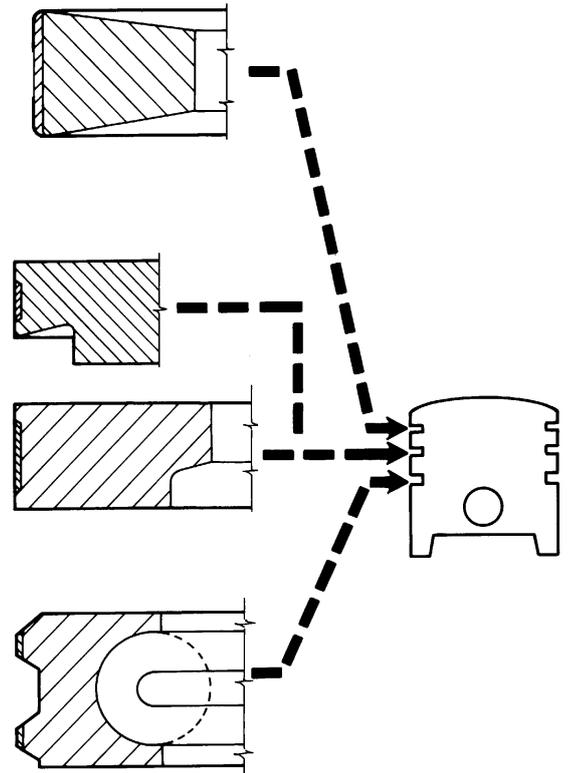
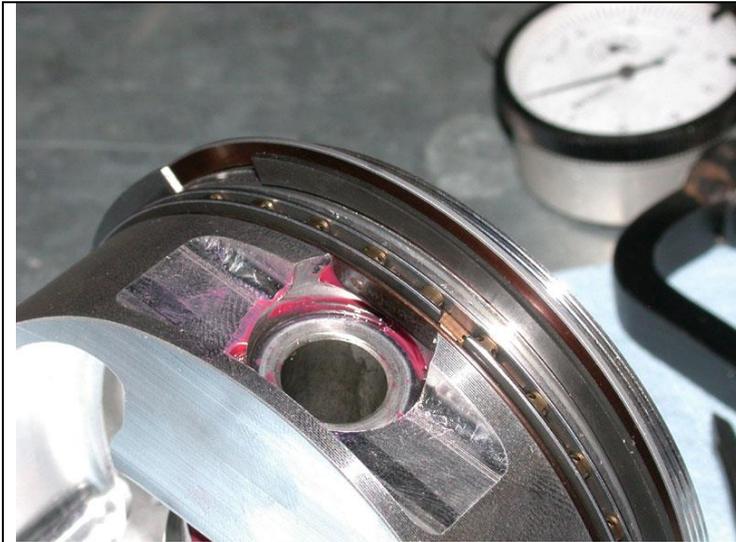
MATERIALE: normalmente in lega leggera al fine di ridurre le sollecitazioni dovute alla inerzia dello stantuffo stesso; è tuttavia necessario che la sua temperatura non superi i 300° C, per evitare il pericolo di ingranamento o di deterioramento della superficie cilindrica.

COSTITUZIONE: lo stantuffo è composto di quattro parti principali:

- La testa o cielo, che riceve gli sforzi dovuti ai gas e presenta un vano di forma variabile detto camera di combustione;
- La fascia porta anelli, che tramite gli anelli elastici garantisce la tenuta e dissipa una parte del calore;
- I mozzi per i perni, nei quali viene sistemato un perno, o spinotto, che serve a rendere lo stantuffo solidale alla biella. Questi mozzi devono essere molto rigidi per evitare deformazioni per effetto delle sollecitazioni e delle variazioni di temperature.

MOTORI SOVRALIMENTATI: in questi motori la testa dello stantuffo viene raffreddata nella parte interna dall'olio lubrificante in pressione che esce da appositi spruzzatori, montati nel basamento.

## 2.2.1. ANELLI ELASTICI



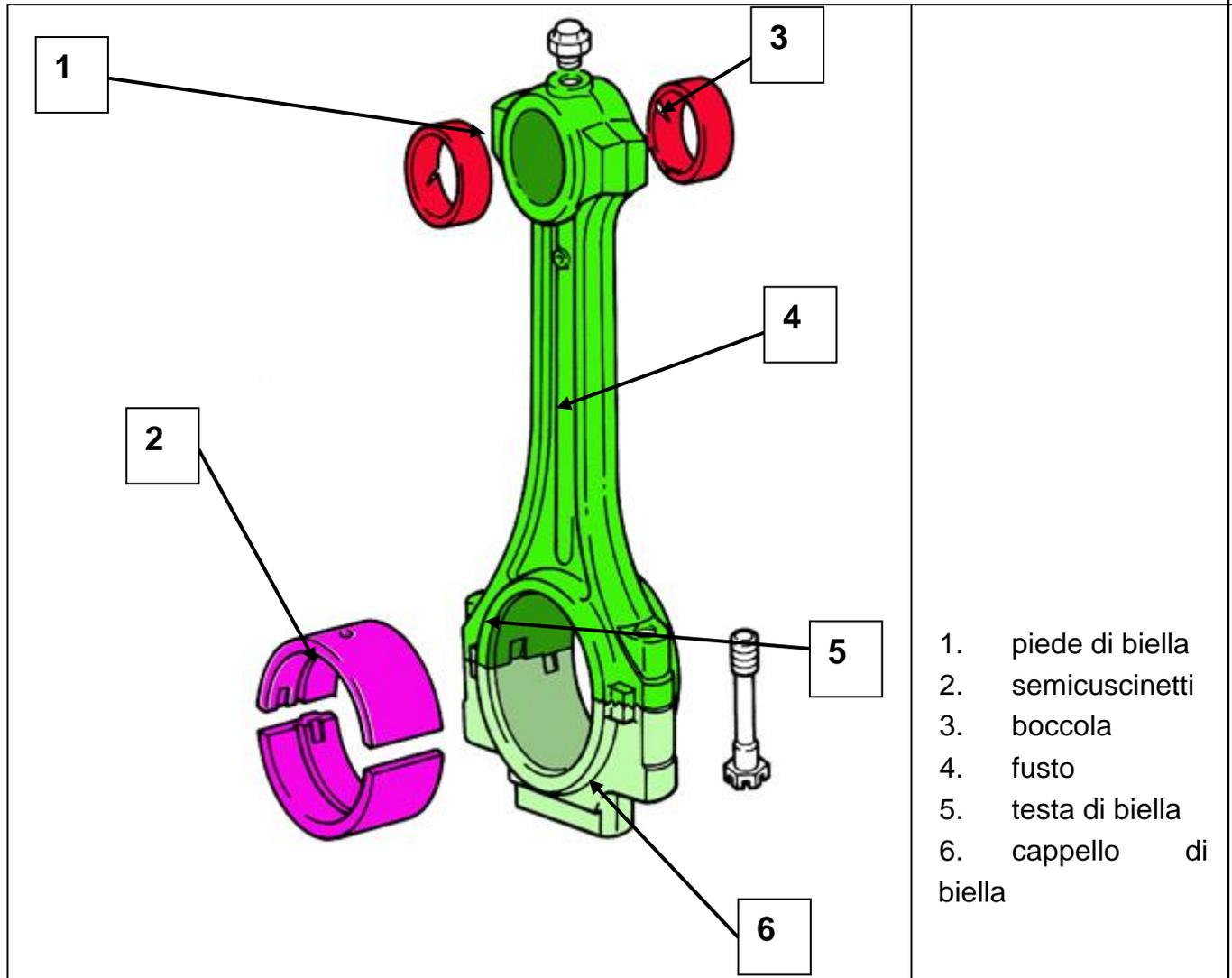
**SCOPO:** la tenuta tra stantuffo e cilindro deve essere garantita dagli anelli elastici, non essendo possibile ridurre il gioco di funzionamento tra i due elementi oltre un certo valore per pericoli di grippaggio.

**CARATTERISTICHE:** gli anelli sono fasce elastiche spaccate, di ghisa, sistemate in apposite sedi ricavate nella fascia porta anelli. Data la loro elasticità, gli anelli aderiscono alle pareti della camicia, garantendo così la tenuta su tutto il percorso dello stantuffo.

**TIPOLOGIE:** esistono due tipi di anelli elastici:

- gli anelli di tenuta, il primo dei quali, quello sistemato più in alto che riceve direttamente i gas combusti, è generalmente cromato per poter resistere alle alte temperature ed alle alte pressioni. Per ridurre gli effetti del martellamento dell'anello, la relativa sede è lavorata in un inserto di ghisa annegato nello stantuffo. Gli anelli, essendo a contatto dello stantuffo, tramite le relative sedi, e con le pareti della camicia, permettono il passaggio verso la camicia del calore ricevuto dallo stantuffo.
- l'anello raschia - olio, sistemato nella parte inferiore, avente più lo scopo di raschiare l'olio che di trasmettere il calore; una serie di fori praticati sullo stantuffo, nella sede dell'anello raschia - olio, permette che il lubrificante raccolto dall'anello stesso, passi all'interno dello stantuffo e ritorni nella coppa motore.

## 2.3. BIELLA



**SCOPO:** organo di collegamento fra lo stantuffo e l'albero motore; ha lo scopo di trasformare il moto rettilineo alternativo dello stantuffo in moto circolare dell'albero motore.

**COSTITUZIONE:** la biella è costituita da tre parti principali:

- il piede munito di boccola di bronzo nella quale gira liberamente il perno stantuffo;
- il fusto, avente generalmente una sezione ad "I" per poter meglio resistere alle sollecitazioni alle quali sono sottoposte;
- la testa che si articola sul perno di biella dell'albero motore.

## 2.4. ALBERO MOTORE



### SCOPO:

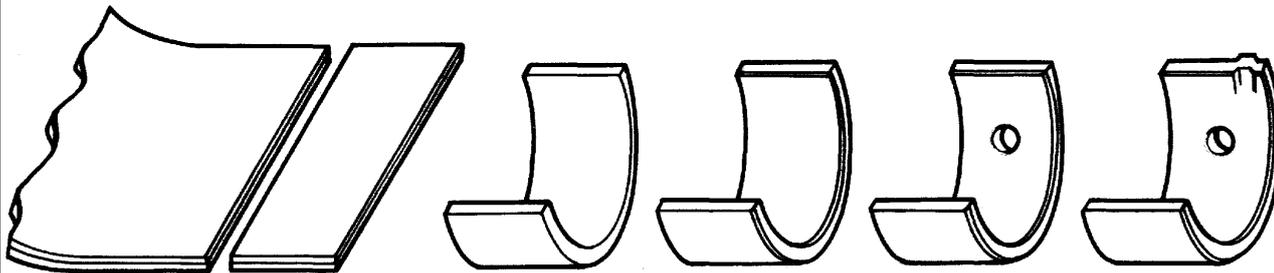
- trasmettere agli organi della trasmissione la coppia motrice risultante dalla spinta dei gas.
- comandare gli altri organi rotanti del motore ed i vari accessori.

### COSTITUZIONE: l'albero motore è costituito da :

- perni di banco, in numero variabile secondo i motori, sostenuti dai supporti di banco del basamento mediante cuscinetti;
- perni di biella, sui quali sono articolate le teste di biella;
- bracci di manovella che collegano i perni di banco a quelli di biella; i bracci portano delle masse d'equilibratura che possono essere fucinate in blocco con l'albero o riportate.

**MATERIALE:** il materiale usato normalmente per la costruzione degli alberi motori è l'acciaio al cromo – nichel o al cromo – nichel – vanadio; si realizzano alberi motori anche in ghisa sferoidale; i perni dell'albero vengono induriti superficialmente con cementazione o con nitrurazione.

## 2.5. SEMICUSCINETTI



**CARATTERISTICHE:** l'albero motore ruota su "bronzine" costituite da semigusci d'acciaio rivestiti internamente con speciali leghe antifrizione.

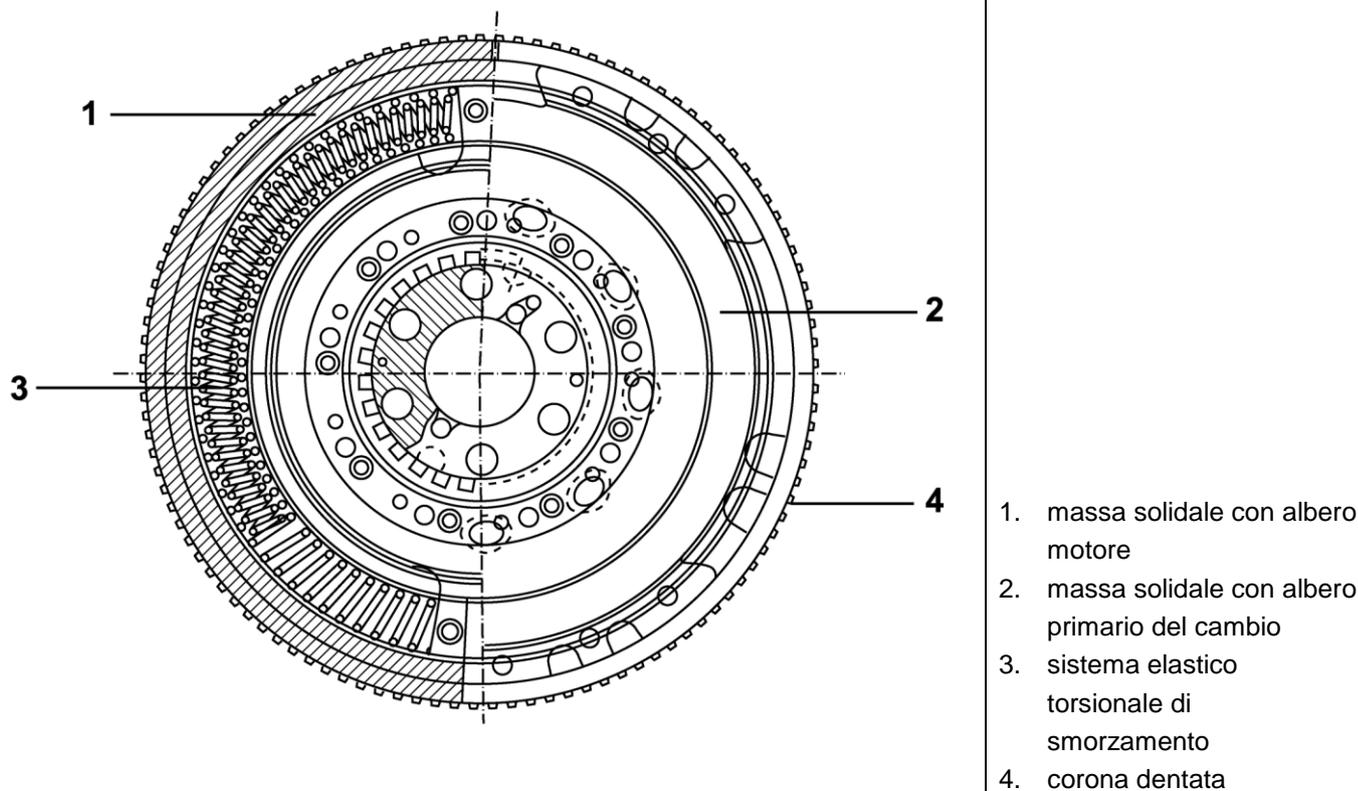
**PROPRIETA':**

- elevata resistenza meccanica;
- resistenza alla corrosione (inquinamento chimico dell'olio motore);
- eccellente capacità di incorporare / assorbire piccole impurità solide;
- ottimo potere lubrificante, per supplire a brevi periodi di funzionamento senza velo d'olio (ad esempio: all'avviamento);
- buona conducibilità termica (evacuazione motore);

I tipi principali di **LEGHE ANTIFRIZIONE** sono:

- **Metalli bianchi:** è la classe più nota e diffusa di materiali per cuscinetti di strisciamento e sono costituiti da **leghe di Sn, Pb, Sb**; hanno **un piccolo coefficiente di attrito**, una **buona capacità di rodaggio**, una **buona resistenza all'usura** ed una **media durezza**, che però diminuisce col crescere della temperatura;
- **Leghe al cadmio:** sono leghe di **Cd (~97 %)** con **aggiunta di Ni, Cu e Ag**; hanno **le stesse caratteristiche dei metalli bianchi** ma sono meno usati a causa della rarità e quindi dell'**alto costo** del cadmio.
- **Leghe di zinco:** sono leghe di **Zn (~ 85%)** con piccole quantità di **Al e Cu**; hanno comportamento analogo a quello dei metalli bianchi e delle leghe di cadmio, ma con discreto coefficiente di dilatazione, il quale comporta, in un accoppiamento eseguito con pezzi sostituiti da dette leghe, una non sempre accettabile variazione di gioco tra il funzionamento a freddo e quello a caldo.

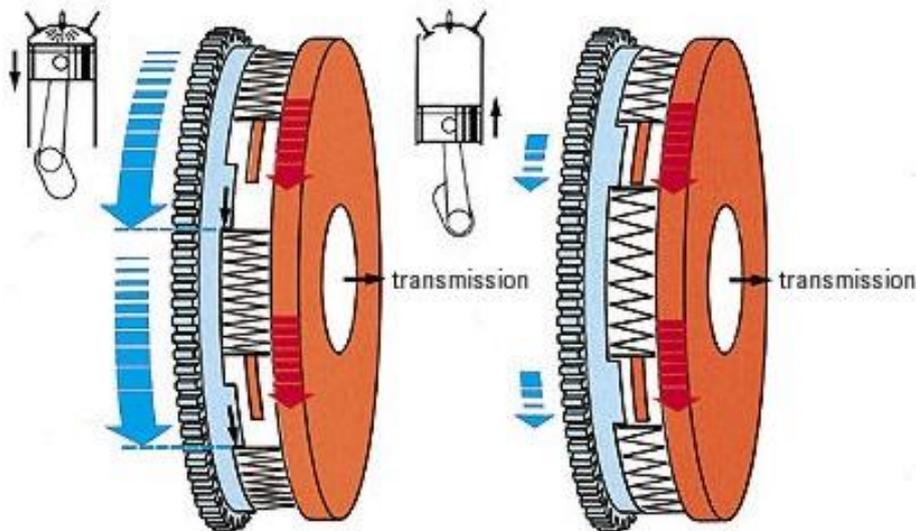
## 2.6. VOLANO



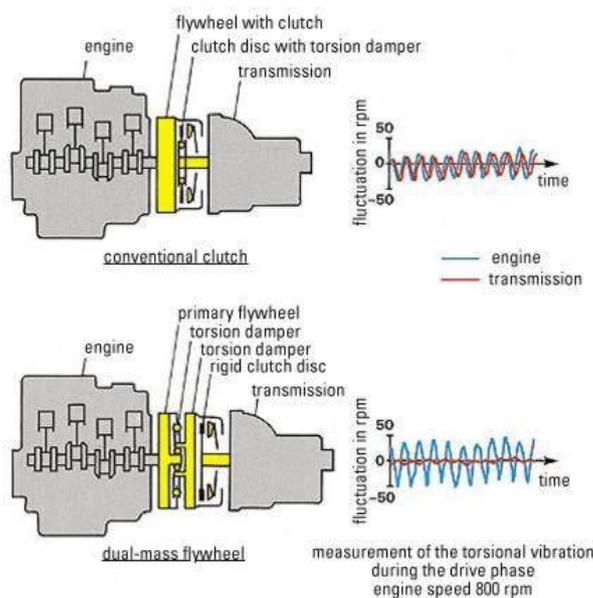
**SCOPO:** il volano ha la funzione di regolarizzare il funzionamento del motore; come è stato già spiegato un motore a quattro tempi presenta tre fasi passive durante la quale il motore assorbe potenza ed una sola attiva durante la quale, invece, eroga potenza; il volano svolge proprio la funzione di “serbatoio” : esso assorbe energia durante la fase attiva del funzionamento del motore, restituendola durante le tre fasi passive; in questo modo viene garantito un funzionamento più regolare del motore, in quanto la potenza erogata dal motore viene livellata dal volano stesso.

**VOLANO DVA (doppio volano ammortizzatore):** questa tipologia di volano consente di ridurre ulteriormente le vibrazioni dovute alla irregolarità di funzionamento del motore; infatti è costituito da due masse, una solidale con l'albero motore ed una solidale con l'albero primario del cambio con interposto un elemento smorzante; questo elemento assorbe e dissipa le vibrazioni (torsionali) indotte dal motore contribuendo a migliorare il comfort di marcia; mentre le due masse svolgono la funzione di volano.

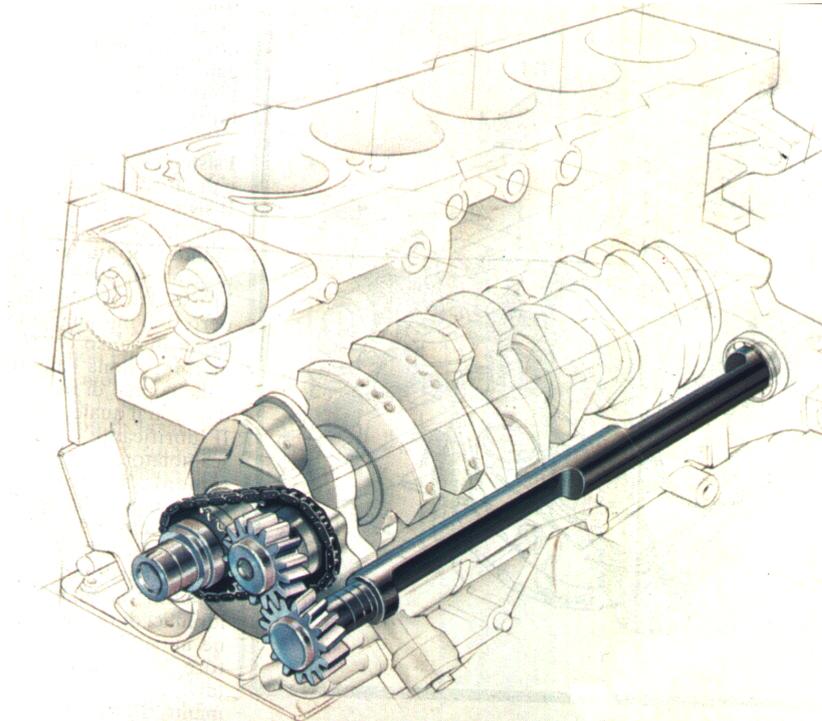
2.6.1. FUNZIONAMENTO DEL VOLANO DVA



Con riferimento alla figura sopra riportata, la massa solidale all'albero motore contribuisce alla inerzia del motore, mentre l'altra massa solidale al cambio aumenta l'inerzia della trasmissione; avendo perciò una riduzione della inerzia del motore ed un aumento di quella della trasmissione, a parità di massa (e quindi di inerzia del volano) , grazie anche al collegamento tra le due masse realizzato da molle, si ottiene una forte riduzione delle vibrazioni indotte dal motore alla trasmissione specialmente a basso numero di giri motore, quando maggiori sono le vibrazioni. Questo consente di aumentare il comfort di guida, specialmente ai bassi regimi (vedi figura in basso).



## 2.7. CONTRALBERI DI EQUILIBRATURA



**SCOPO:** compensare gli effetti delle forze di inerzia generate durante il funzionamento del motore a causa del moto delle masse alterne.

**FORZE DI INERZIA ALTERNE:** le forze di inerzia alterne e quelle centrifughe degli organi in movimento, assieme alle pressioni dei gas, danno origine in ogni cilindro a forze e momenti, che agiscono sul blocco motore e, attraverso i supporti si trasmettono alla struttura su cui è fissato il motore; poiché le forze e i momenti sono variabili nel tempo, e sia i supporti che la struttura sono dotati, in misura minore o maggiore, di una certa elasticità, il gruppo motore può assumere un moto vibratorio; l'equilibratura del motore ha lo scopo di ridurre e, se possibile, eliminare tali vibrazioni, annullando le cause stesse che le provocano; i contralberi di equilibratura hanno proprio tale funzione.

**COSTITUZIONE:** i contralberi di equilibratura sono costituiti da un albero dotato di masse eccentriche opportunamente disposte; questi alberi sono trascinati in rotazione dall'albero motore stesso per mezzo di cinghie dentate o catene al fine di mantenere il sincronismo con l'albero motore stesso e ruotano ad una velocità doppia rispetto a quest'ultimo.

## 2.8. TESTA CILINDRI



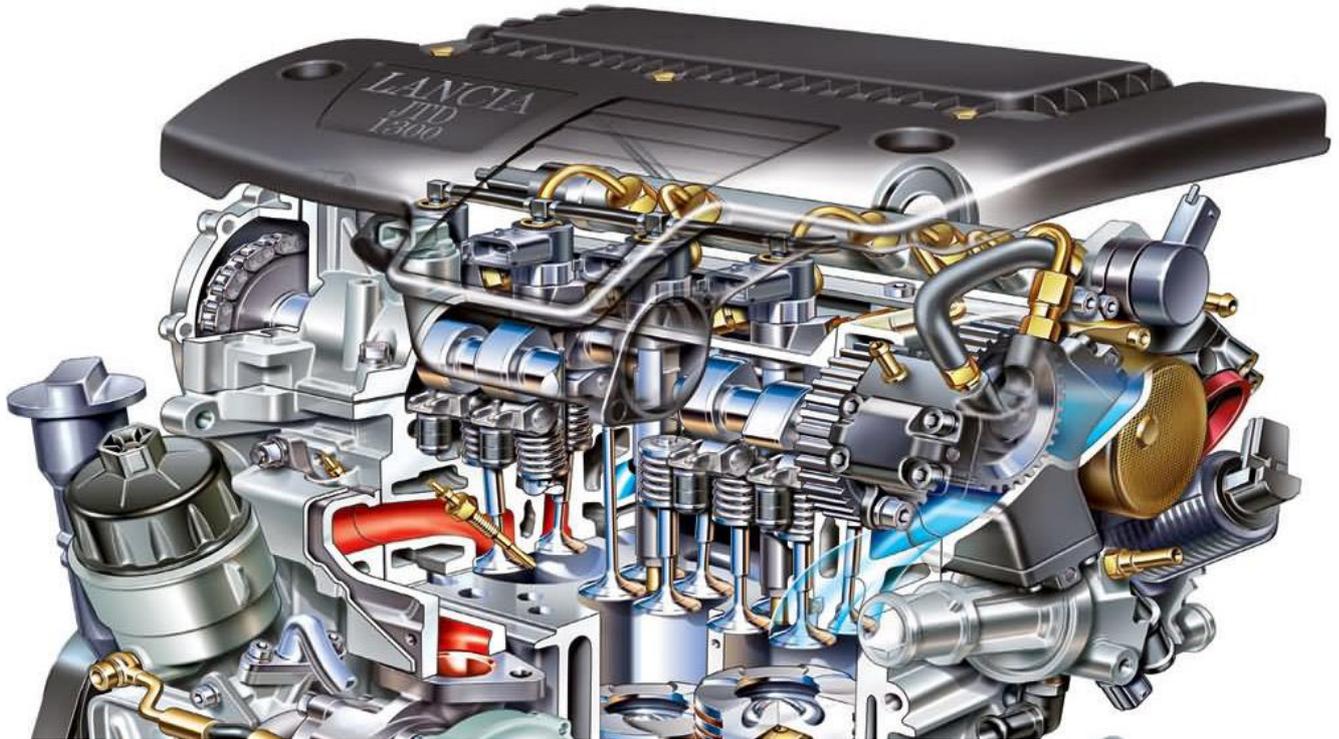
**FUNZIONE:** la testa cilindri è l'elemento che, assieme allo stantuffo e alla canna cilindro, delimita la camera entro cui avviene la successione delle fasi del ciclo termodinamico; la totalità degli attuali motori è munita di una testa cilindri riportata che è collegata al basamento per mezzo di viti prigioniere e dadi opportunamente disposti in modo da assicurare la tenuta tra testa cilindri e gruppo cilindri ed impedire deformazioni sotto l'azione del calore e della pressione.

**COSTITUZIONE:** nella testa cilindri sono ricavati di fusione e di seguito finiti con lavorazioni meccaniche i seguenti particolari:

- le camere di combustione, che variano di forma a seconda del tipo di motore
- le sedi per le candele di accensione ( nei motori a ciclo Otto) e le sedi per gli iniettori (nei motori a ciclo Diesel) e per le precamere di combustione
- i vani per la circolazione del liquido refrigerante ed i condotti per l'olio lubrificante
- le sedi per i cuscinetti di supporto dell'albero di distribuzione
- le sedi per le guide valvola
- le sedi valvola
- i condotti di aspirazione e di scarico
- i fori dei prigionieri per il collegamento della testa al basamento

**SEDI VALVOLA:** le sedi valvole ed in particolare quelle per le valvole di scarico, sono soggette ad un forte logorio, data l'elevata temperatura cui sono sottoposte per cui, vengono spesso costruite in materiali speciali.

## 2.9. DISTRIBUZIONE



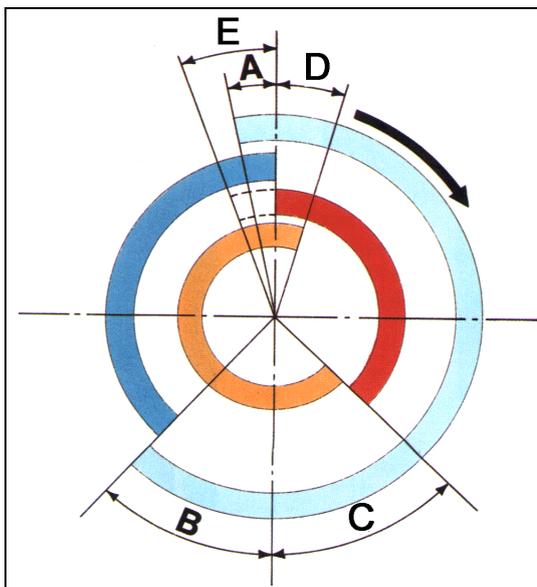
**DEFINIZIONE:** con il termine “distribuzione” si definisce l’insieme degli organi meccanici (albero della distribuzione, punterie, aste e bilancieri) che permettono l’apertura e la chiusura delle valvole di aspirazione e di scarico in base al diagramma della distribuzione.

**COSTITUZIONE E FUNZIONAMENTO:** l’apertura delle valvole di aspirazione e scarico viene comandata attraverso l’albero della distribuzione (o a camme) che, a sua volta, viene messo in rotazione dall’albero motore attraverso una trasmissione a catena o ad ingranaggi (per assicurare il sincronismo della rotazione).

**ALBERO DELLA DISTRIBUZIONE:** l’albero della distribuzione è costituito in acciaio fucinato e cementato in corrispondenza degli eccentrici, oppure in ghisa speciale; presenta dei risalti detti camme (tanti quante le valvole da azionare), che comandano la apertura delle valvole secondo lo schema della distribuzione voluto.

**COMANDO DELLE VALVOLE:** il comando delle valvole si realizza o direttamente per il mezzo delle punterie, oppure indirettamente per mezzo di leve dette bilancieri.

2.9.1. DIAGRAMMA DELLA DISTRIBUZIONE



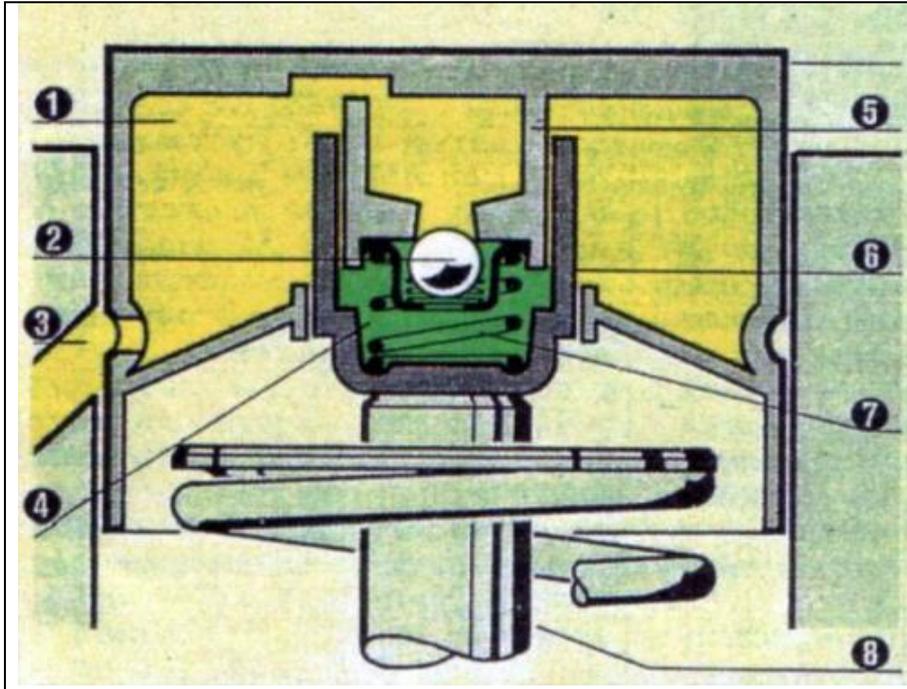
- A: inizio apertura valvola di aspirazione
- B: fine chiusura valvola di aspirazione
- C: inizio apertura valvola di scarico
- D: fine chiusura valvola di scarico
- E: anticipo iniezione combustibile

		1.6 TS	2.0 TS	1242 16v	1910D	1910 JTD
<b>ASPIRAZIONE</b>	APERTURA PRIMA DEL PMS	--	--	2	5	0
	APERTURA DOPO IL PMS	3	3 (22)	--	--	--
	CHIUSURA DOPO IL PMI	25	51(26)	32	37	26
<b>CHIUSURA</b>	APERTURA PRIMA DEL PMS	22	47	30	31	40
	CHIUSURA PRIMA DEL PMS	--	--	--	--	2
	CHIUSURA DOPO IL PMS	0	0	4	3	--

( ) valori con variatore di fase inserito

L'apertura e la chiusura delle valvole non avviene nell'istante preciso in cui lo stantuffo ha raggiunto il PMS o il PMI, ma per migliorare le prestazioni di aspirazione e scarico (per esempio sfruttando la pressione residua dei gas di scarico per facilitare l'espulsione degli stessi e ridurre il lavoro, passivo, di scarico) si decide di anticipare e di ritardare tali fasi; nella figura sopra riportata è riportato un diagramma che associa l'apertura della valvola alla posizione angolare dello stantuffo: tale diagramma è detto diagramma della distribuzione e visualizza l'anticipo di apertura ed il posticipo di chiusura delle valvole di aspirazione e scarico; nella tabella sopra sono riportati gli angoli (di manovella) degli anticipi di apertura e di ritardo di chiusura delle valvole relative ad alcuni motori benzina e diesel.

## 2.9.2. PUNTERIE IDRAULICHE



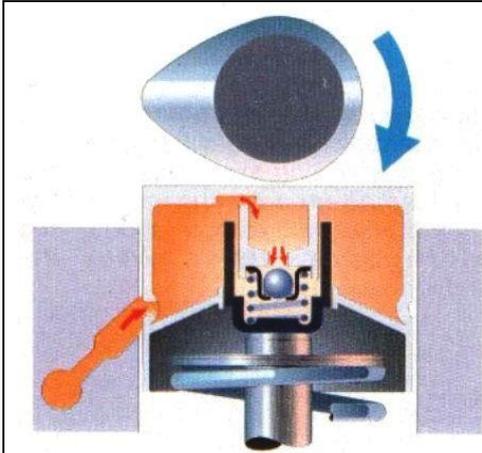
1. vano immissione olio
2. valvola di non ritorno
3. canale immissione olio
4. camera di pressione
5. cilindretto
6. pistoncino
7. molla principale
8. stelo valvola

**SCOPO:** l'utilizzo delle punterie idrauliche in luogo di quelle tradizionali come elemento di tramite tra albero a camme e valvole, ha lo scopo di permettere la registrazione automatica del gioco di funzionamento tra punteria e camma stessa; il loro funzionamento si basa sull'azione della pressione dell'olio lubrificante.

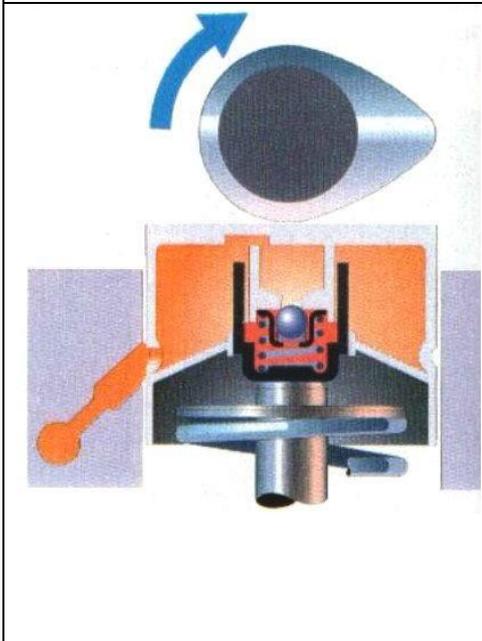
**PRINCIPIO DI FUZIONAMENTO:** quando la valvola è chiusa, nella camera racchiusa tra la parte mobile e la parte fissa della punteria esiste la stessa pressione del circuito di lubrificazione con il quale tale camera è in comunicazione attraverso una valvola a sfera di non ritorno; in queste condizioni la parte mobile è a contatto con l'eccentrico, annullando il gioco; quando l'eccentrico inizia ad esercitare una certa pressione sulla punteria, la valvola a sfera si chiude e, grazie alla incomprimibilità del lubrificante contenuto nella camera, viene impedito lo schiacciamento della punteria, che in pratica diventa un pezzo unico permettendo l'apertura della valvola.

**VANTAGGI:** le punterie idrauliche annullano automaticamente il gioco valvole garantendo durante il funzionamento del motore una minore rumorosità ed una riduzione degli interventi di manutenzione; questi vantaggi si fanno sentire maggiormente nei motori plurivalvole.

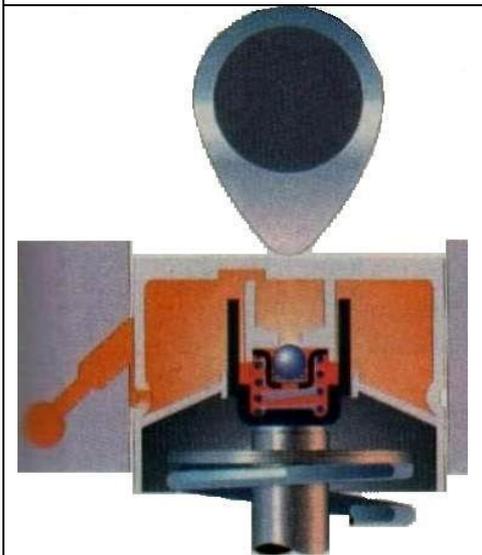
2.9.3. FUNZIONAMENTO PUNTERIE IDRAULICHE



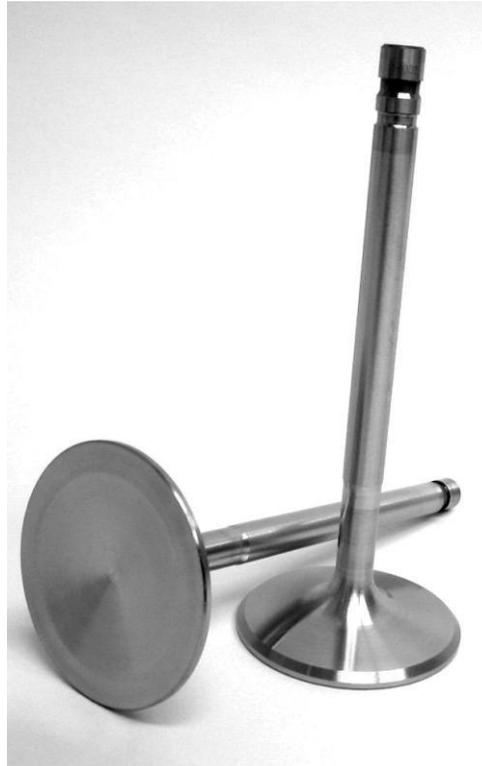
Dentro il bicchierino è alloggiato un pistoncino che è a diretto contatto con lo stelo della valvola e che scorre su un cilindretto solidale con il bicchierino.  
A valvola chiusa, una molla interna al pistoncino spinge quest'ultimo e il bicchierino sia contro la valvola che contro la camma, causando un allungamento della dimensione della punteria stessa fino a recuperare tutti i giochi esistenti durante la fase di riposo della valvola.



La spinta della molla interna al pistoncino è di molto inferiore a quella della molla di richiamo della valvola, la quale non viene disturbata nella sua funzione che è quella di tenere la valvola in posizione di chiusura.  
All'interno del pistoncino c'è una piccola camera (cosiddetta "camera di pressione") che si riempie d'olio attraverso una valvola sferica che si apre durante l'allungamento della punteria (cioè, a valvola chiusa), per effetto della depressione conseguente.  
Quando la camma inizia a spingere sulla punteria, la valvola sferica si chiude impedendo l'afflusso dell'olio che, essendo incoprimibile, trasmette la spinta della camma al pistoncino.



A sua volta, il pistoncino, non potendo arretrare (sempre a causa dell'incoprimibilità dell'olio), trasmette la spinta alla valvola che così si apre.

**2.9.4. VALVOLE**

**SCOPO:** permettere (al momento opportuno) l'apertura e la chiusura dei condotti di aspirazione e di scarico presenti nella testa cilindri; garantire la tenuta della camera di combustione nei riguardi di detti condotti.

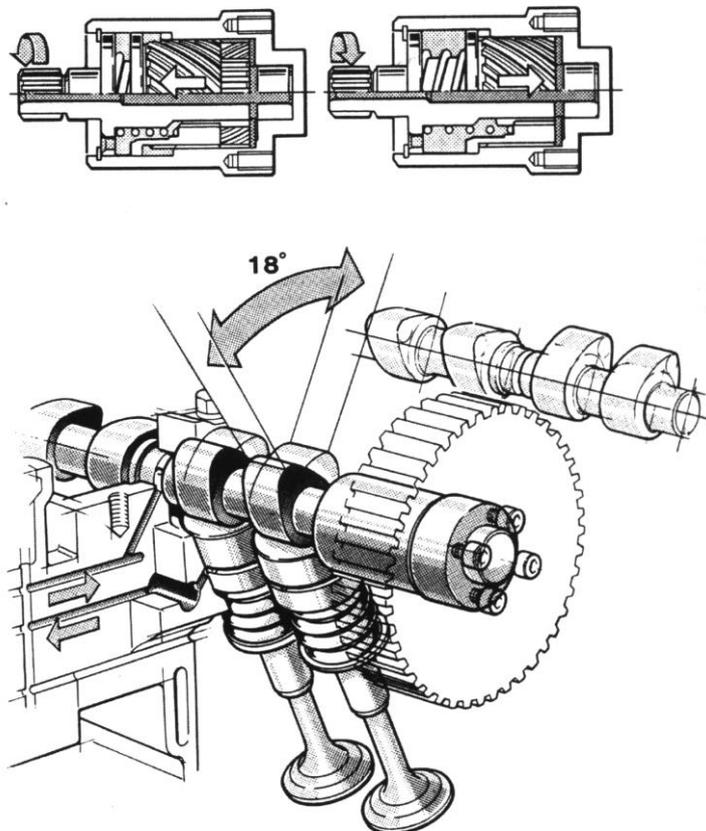
**COSTITUZIONE:** una valvola è costituita da due parti:

- lo stelo che scorre in una guida di ghisa forzata nella testa cilindri oppure ricavata direttamente nella testa cilindri e che "trasmette" il moto alla relativa testa;
- la testa che serve a garantire, assieme alla sede della valvola, la tenuta.

**FUNZIONAMENTO:** la valvola si apre spostandosi verso l'interno della camera di combustione sotto la spinta delle camme dell'albero della distribuzione; mentre il loro ritorno è solitamente affidato ad una molla elicoidale; l'apertura della valvola verso l'interno favorisce la tenuta, poiché la pressione interna del fluido si oppone alla apertura.

Dal punto di vista funzionale, le valvole devono resistere alle elevate sollecitazioni meccaniche, causate dagli urti sulle sedi, e non devono deformarsi sotto l'azione dell'alta temperatura a cui sono soggette; la valvola di scarico può facilmente raggiungere i 750° C; lo smaltimento del calore avviene attraverso il contatto fra il gambo e la sua guida e fra la testa e la sua sede; al fine di favorire lo smaltimento di calore si preferisce utilizzare valvole di scarico di diametro contenuto (se non due valvole in luogo di una) per la minore superficie esposta ai gas di scarico e con gambi lunghi e di grosso diametro (essendo maggiore la superficie attraverso la quale è smaltito il calore).

## 2.10. VARIATORE DI FASE



**DIAGRAMMA DELLA DISTRIBUZIONE:** il diagramma della distribuzione rappresenta un compromesso tra le esigenze di funzionamento regolare ai bassi regimi ed elevato rendimento volumetrico agli alti regimi; tuttavia è possibile ottenere un certo adattamento del diagramma della distribuzione con l'impiego di un variatore di fase.

**PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEL VARIATORE DI FASE:** il sistema rappresentato in figura rappresenta uno schema di variatore di fase che ha lo scopo di variare la fasatura dell'albero della distribuzione relativa alle valvole di aspirazione tra due valori, variando la posizione angolare dell'albero rispetto all'ingranaggio che lo trascina, di una quantità prefissata; la variazione di fasatura avviene in funzione del carico del motore; la centralina elettronica controllo motore, sulla base delle informazioni ricevute, comanda un attuatore elettromagnetico, che a sua volta comanda una valvola idraulica; questa valvola, utilizzando l'olio lubrificante in pressione, aziona un attuatore idraulico; per le vetture che ne sono dotate, il funzionamento congiunto e concorde del variatore di fase e dei condotti di aspirazione modulare, consente di ottimizzare il riempimento dei cilindri in modo da realizzare una sorta di sovralimentazione dinamica.

## PROCEDURE DI REVISIONE DEL MOTORE AL BANCO

### 1. LA REVISIONE

**PREMESSA:** nei motori a combustione interna montati sulle autovetture gli organi in movimento relativo provocano con il tempo delle inevitabili usure delle parti a contatto. Questo fenomeno non presenta inoltre differenze concettuali tra un motore benzina ed uno diesel, ma solo differenze circa l'entità dell'usura stessa viste le diverse caratteristiche del combustibile.

Bisogna quindi, in modo programmatico o quando se ne ravvisi la necessità, controllare l'entità dell'usura degli organi meccanici ed eventualmente correggerla per quanto possibile.

**TIPI DI CONTROLLI:** i controlli mirati a verificare il grado di usura di un organo meccanico sono fondamentalmente di tipo dimensionale da eseguire con gli strumenti e secondo le modalità descritte nei manuali di assistenza tecnica.

**IL MANUALE DI ASSISTENZA TECNICA:** per eseguire questi controlli è infatti necessario consultare i dati dimensionali relativi al pezzo in esame riportati sul relativo manuale di assistenza tecnica alla voce "procedure per le riparazioni".

### 2. LA REGISTRAZIONE E LA MESSA A PUNTO

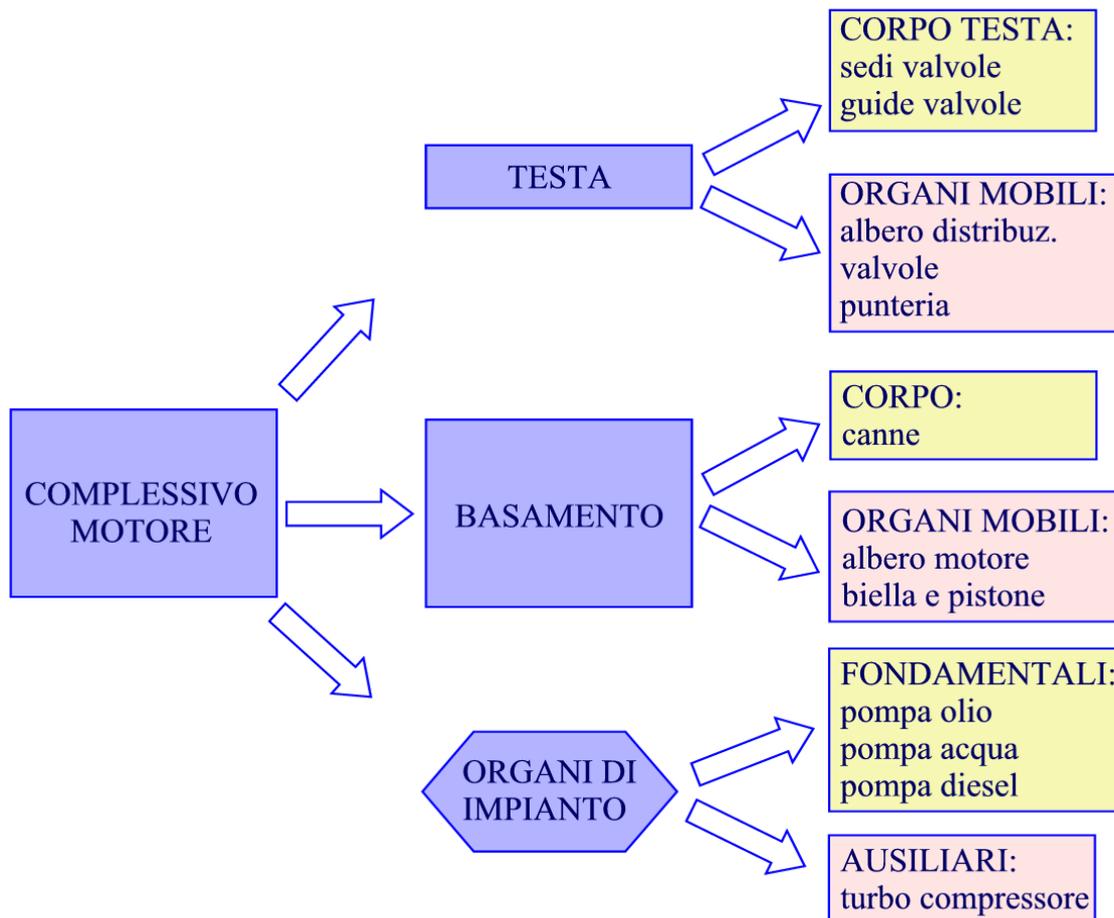
**DESCRIZIONE:** la fase successiva a quella di verifica dimensionale dell'usura degli organi a contatto è quella dell'intervento mirato a correggere tale usura. Solitamente in questi casi si possono presentare all'operatore diverse scelte:

- la sostituzione della parte usurata con una nuova di dimensioni uguali;
- la sostituzione della parte usurata con una nuova di dimensioni diverse;

**NOTE:** in tutti questi casi l'intervento deve essere sempre preceduto da una attenta valutazione dimensionale e dalla corretta interpretazione della causa che ha portato ad esempio ad una eccessiva o precoce usura del pezzo.

**VERIFICA FINALE:** naturalmente tutte le procedure di registrazione e messa a punto devono necessariamente essere seguite da una attenta verifica dell'efficacia dell'operazione svolta.

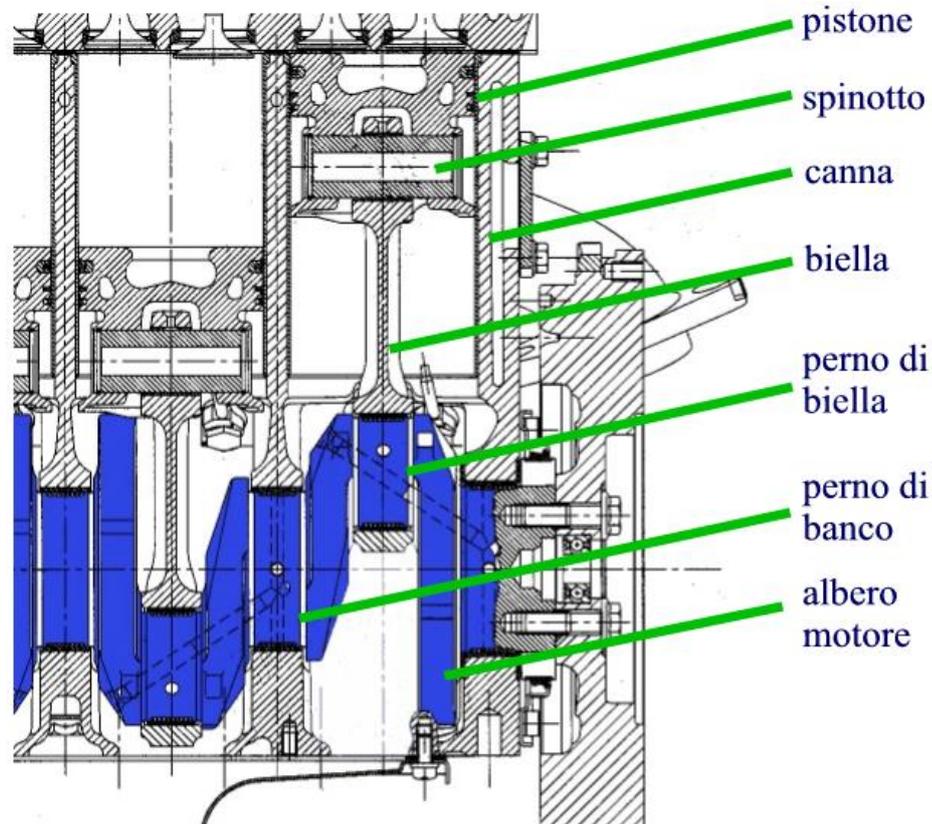
### 3. PARTI DEL MOTORE SOGGETTE A REVISIONE E MESSA A PUNTO



Il complessivo motore può essere suddiviso, ai fini della revisione e del controllo dimensionale, in tre sottogruppi fondamentali:

- testa: in questo gruppo sono racchiusi i componenti della distribuzione;
- basamento: in questo sono compresi gli stantuffi, il cinematismo biella albero motore e le relative sedi di scorrimento o movimento relativo;
- organi di impianto: in questo gruppo sono compresi quei componenti che mossi dal motore stesso provvedono a fornire funzioni di lubrificazione, raffreddamento, più altre funzioni ausiliarie.

#### 4. BASAMENTO MOTORE



COMPOSIZIONE: il basamento risulta costituito da una sede fissa, le canne, all'interno delle quali scorrono gli stantuffi; questi ultimi sono collegati alle bielle tramite gli spinotti.

Le teste delle bielle sono collegate all'albero motore per mezzo di semicuscinetti; anche l'albero motore è supportato tramite semicuscinetti dal basamento stesso.

Superiormente il basamento è chiuso dalla testa cilindri.

Questa breve descrizione già delinea i controlli che vanno effettuati sul gruppo basamento:

- aggiornare la lista rispetto ai controlli inseriti

-

#### 4.1. CONTROLLO PLANARITA' PIANO BASAMENTO



##### ATTREZZATURA DI MISURA

SQUADRA  
SPESSIMETRO



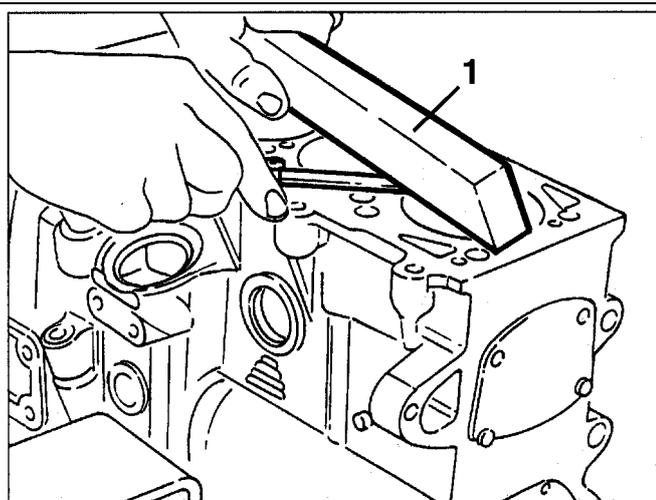
##### VALORI PRESCRITTI

ERRORE DI PLANARITA' AMMESSO:

**= 0,1 mm**



##### PROCEDURA DI MISURA



Dopo aver smontato la testa motore è possibile controllare la planarità del piano di appoggio della testa sul basamento. Se si riscontrano degli errori di planarità maggiori del limite previsto è necessario procedere ad una spianatura del piano.

## 4.2. SCELTA DELLA GUARNIZIONE (CONTROLLO SPORGENZA PISTONI)



ATTREZZATURA DI MISURA

COMPARATORE MUNITO DI BASE MAGNETICA



VALORI PRESCRITTI

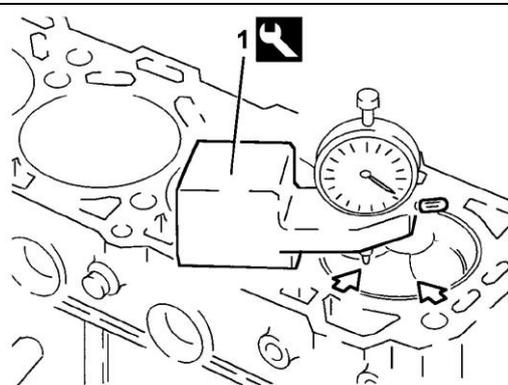
MISURA SPORGENZA PISTONI

**0.795 ÷ 0.881 [mm]****0.881 ÷ 0.967 [mm]****0.967 ÷ 1.055 [mm]**

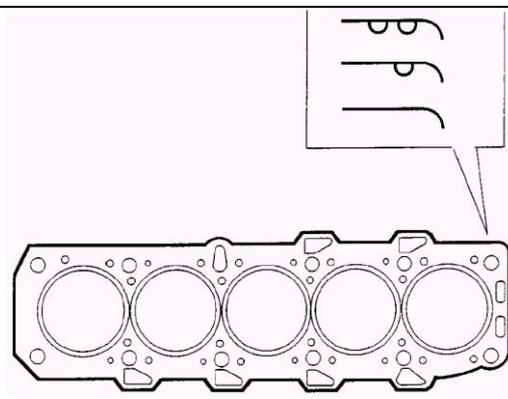
SCELTA GUARNIZIONE

**1.55 ÷ 1.65 [mm] (nessuna tacca)****1.65 ÷ 1.75 [mm] (una tacca)****1.75 ÷ 1.85 [mm] (due tacche)**

PROCEDURA DI MISURA



Per controllare la sporgenza dei pistoni (ovviamente al PMS) rispetto al piano del basamento, azzerare il comparatore con base magnetica sul piano del basamento e poi accostandolo al pistone rilevare la sporgenza in almeno due punti.



Rilevata la sporgenza media dei pistoni è possibile dimensionare la guarnizione selezionandola tra le tre misure disponibili e identificabili dal numero di tacche presenti sulla guarnizione stessa.

### 4.3. CONTROLLO DIAMETRO CANNE CILINDRI



#### ATTREZZATURA DI MISURA

ALESAMETRO



#### VALORI PRESCRITTI

#### DIAMETRO INTERNO CANNA

Classe

Valori

A

82.000 ÷ 82.010

B

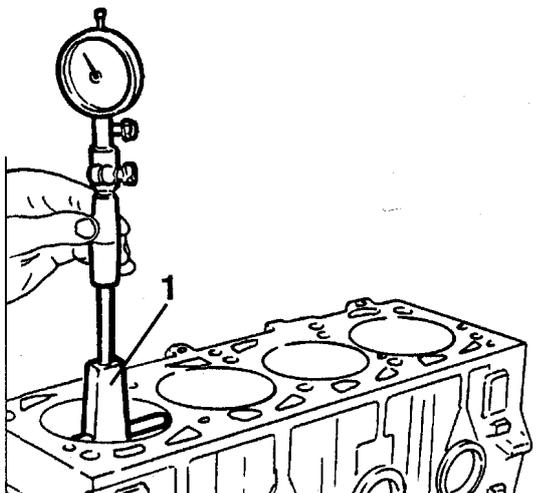
82.010 ÷ 82.020

C

82.020 ÷ 82.030



#### PROCEDURA DI MISURA



Il diametro delle canne cilindri deve rientrare nella fascia di tolleranza prevista. Inoltre bisogna tener presente che per ogni motore sono previste più classi sia di canne che di pistoni, quindi si devono eseguire tutte le misurazioni previste per scegliere il pistone e la canna con l'abbinamento corretto.

## 4.4. CONTROLLO CONICITA' ED OVALIZZAZIONE



ATTREZZATURA DI MISURA

ALESAMETRO



VALORI PRESCRITTI

MISURA CONICITA' CANNE

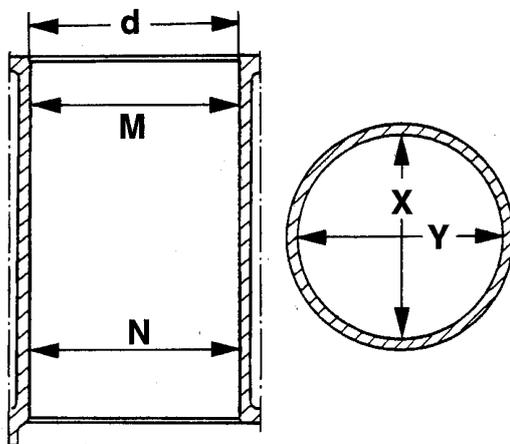
$$M - N < 0,05 \text{ mm}$$

MISURA OVALIZZAZIONE CANNE

$$X - Y = 0,05 \text{ mm}$$



PROCEDURA DI MISURA



Oltre al diametro (d) delle canne bisogna anche verificarne la massima conicità ed ovalizzazione secondo lo schema delle misure indicate in figura.

#### 4.5. CONTROLLO DIAMETRO PISTONI



ATTREZZATURA DI MISURA

MICROMETRO CENTESIMALE



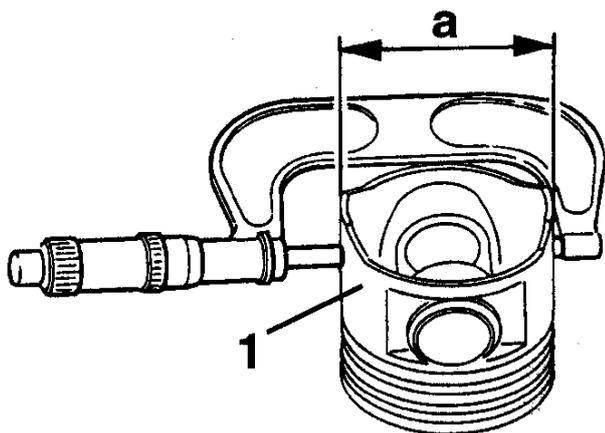
VALORI PRESCRITTI

DIAMETRO PISTONE

Classe	Valori
A	81.783 ÷ 81.797
B	81.793 ÷ 81.807
C	81.803 ÷ 81.817



PROCEDURA DI MISURA



Come già visto a proposito delle canne anche per i pistoni esistono più classi con diverse caratteristiche dimensionali. La misura va eseguita perpendicolarmente al foro dello spinotto biella.

NOTA: ciò che veramente è importante è il gioco calcolato tra canna e pistone che dovrebbe essere ad esempio **0.203 ÷ 0.227**. Nel caso in cui il gioco non sia nei valori corretti, per alcuni tipi di canne, è possibile eseguire una maggiorazione di massimo **0.1mm**.

## 4.6. CONTROLLO DEL PESO DEI PISTONI



## ATTREZZATURA DI MISURA

BILANCIA A DUE PIATTI

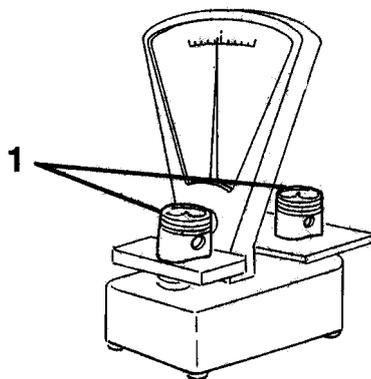


## VALORI PRESCRITTI

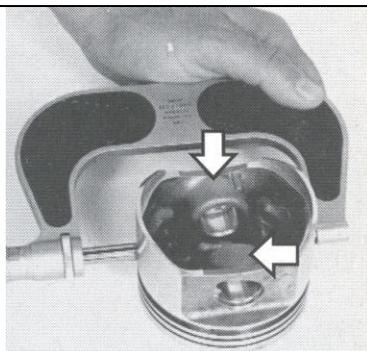
DIFFERENZA DI PESO MASSIMA:

 $\pm 5g$ 

## PROCEDURA DI MISURA



Per un corretto bilanciamento delle masse è necessario che non vi sia una differenza di peso tra i singoli pistoni. Nel caso in cui si rilevi una differenza di peso maggiore del massimo previsto è possibile eseguire un intervento per eliminare materiale nei punti predisposti sotto al pistone.



Punti per l'asportazione del materiale in eccesso.

#### 4.7. CONTROLLO DIAMETRO FORO SPINOTTO



ATTREZZATURA DI MISURA

ALESAMETRO



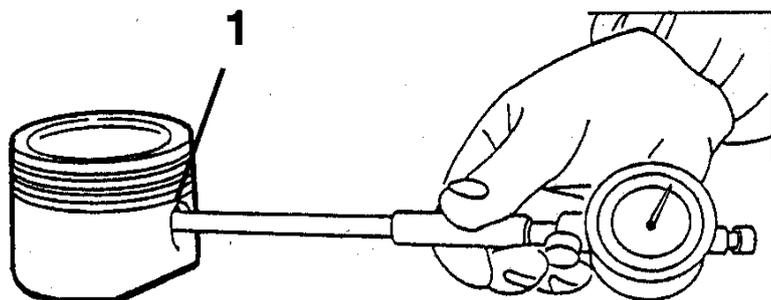
VALORI PRESCRITTI

MISURA DIAMETRO FORO:

25.999 ÷ 26.004



PROCEDURA DI MISURA



Il diametro interno del foro di alloggiamento dello spinotto per il collegamento tra pistone e biella deve avere un valore entro la tolleranza prevista. In caso contrario bisogna sostituire il pistone.

## 4.8. CONTROLLO LUCE ANELLI DI TENUTA



## ATTREZZATURA DI MISURA

SPESSIMETRO

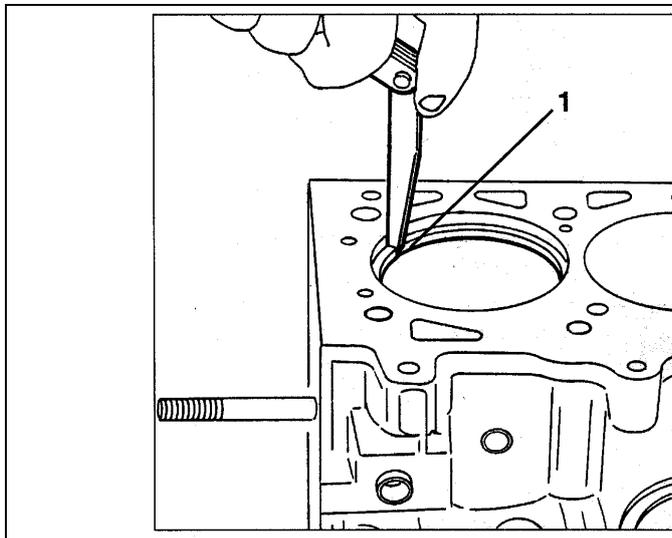


## VALORI PRESCRITTI

ANELLO	DIMENSIONE [mm]
Primo anello	0.25 ÷ 0.40
Secondo anello	0.25 ÷ 0.50
Anello raschiaolio	0.25 ÷ 0.50



## PROCEDURA DI MISURA



Per controllare gli anelli di tenuta tra il pistone e la canna è necessario inserirli all'interno della canna e verificare con uno spessimetro che il valore della luce rientri nelle tolleranze previste.

#### 4.9. CONTROLLO GIOCO ASSIALE ANELLI DI TENUTA



##### ATTREZZATURA DI MISURA

SPESSIMETRO

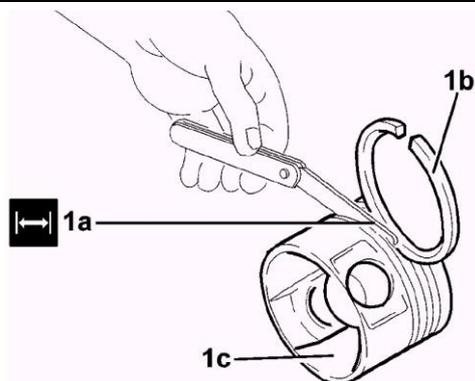


##### VALORI PRESCRITTI

Gioco:	Dimensione
Tra il secondo anello e la sede	0.020 ÷ 0.060 [mm]
Tra l'anello raschiaolio e la sede	0.030 ÷ 0.065 [mm]



##### PROCEDURA DI MISURA



Con l'ausilio dello spessimetro (1a) è possibile controllare il gioco tra l'anello (1b) e la scanalatura sul pistone (1c).

## 5. CONTROLLO DIAMETRO BOCCOLA PIEDE DI BIELLA



ATTREZZATURA DI MISURA

ALESAMETRO

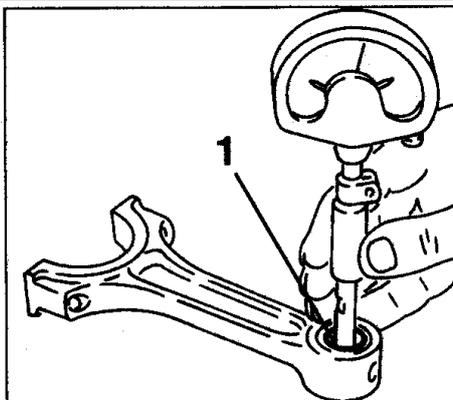


VALORI PRESCRITTI

MISURA DIAMETRO BOCCOLA:

 $26.006 \div 26.012$  [mm]

PROCEDURA DI MISURA



Il diametro boccola è importante per un corretto accoppiamento tra la boccola e lo spinotto di collegamento con il pistone. Nel caso in cui il valore sia fuori tolleranza è possibile rettificarlo oppure sostituire la boccola in rame.

## 5.1. CONTROLLO DIAMETRO SPINOTTO



ATTREZZATURA DI MISURA

MICROMETRO



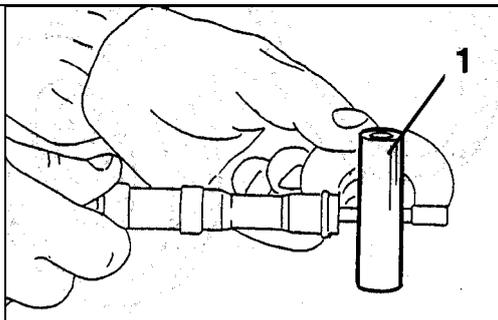
VALORI PRESCRITTI

MISURA DIAMETRO SPINOTTO:

25.982 ÷ 25.988 [mm]



PROCEDURA DI MISURA



Controllando il diametro dello spinotto di fissaggio del pistone alla biella è possibile calcolare il gioco tra la boccola della biella e lo spinotto stesso.

**5.2. CONTROLLO DIAMETRO INTERNO TESTA DI BIELLA**

ATTREZZATURA DI MISURA

ALESAMETRO

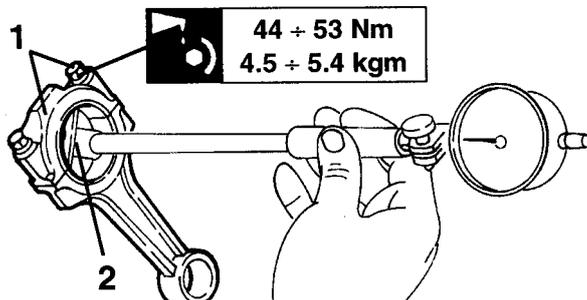


VALORI PRESCRITTI

MISURA DIAMETRO TESTA DI BIELLA:

**53.883 ÷ 53.923 [mm]**

PROCEDURA DI MISURA



Per questo controllo bisogna alloggiare i semicuscinetti di biella nella testa di biella e sul relativo cappello, quindi assemblarli serrando le viti alla coppia prescritta.

### 5.3. CONTROLLO DIAMETRO SEDI PERNI DI BANCO



#### ATTREZZATURA DI MISURA

ALESAMETRO



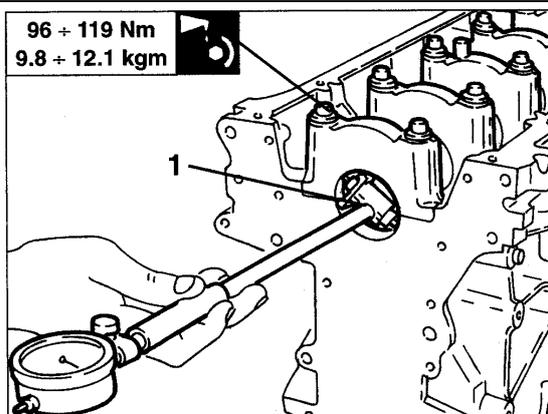
#### VALORI PRESCRITTI

MISURA DIAMETRO TESTA DI BIELLA:

**56.705 ÷ 56.718 [mm]**



#### PROCEDURA DI MISURA



Il primo passo per la verifica dei giochi è quello di controllare il diametro interno dei supporti di banco.

Per effettuare tale controllo occorre prima serrare a coppia i cappelli di banco sul basamento.

**5.4. CONTROLLO DIAMETRO PERNI DI BANCO E DI BIELLA****ATTREZZATURA DI MISURA**

MICROMETRO

**VALORI PRESCRITTI****MISURA DIAMETRO PERNO DI BANCO:**

Classe	Dimensioni [mm]
A	52.982 ÷ 52.988
B	52.988 ÷ 52.994
C	52.994 ÷ 53.000

Minorazione massima  
0.127 [mm]

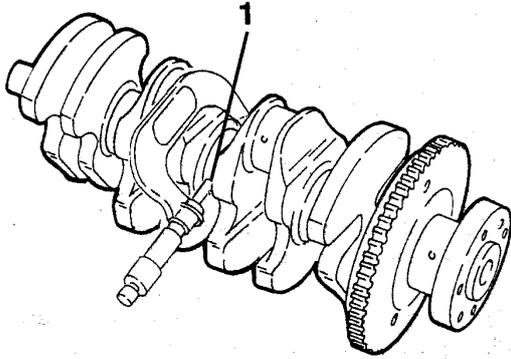
**MISURA DIAMETRO PERNO DI BIELLA**

Classe	Dimensioni [mm]
A	59.994 ÷ 60.000
B	59.988 ÷ 59.994
C	59.982 ÷ 59.988

Minorazione massima  
0.127 [mm]

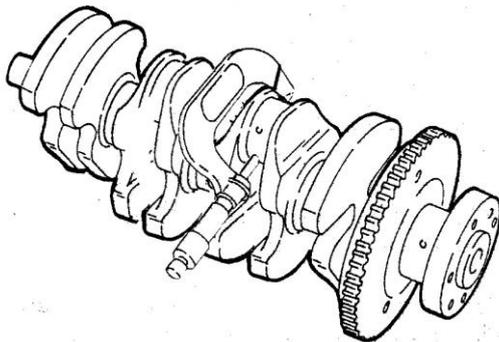


PROCEDURA DI MISURA



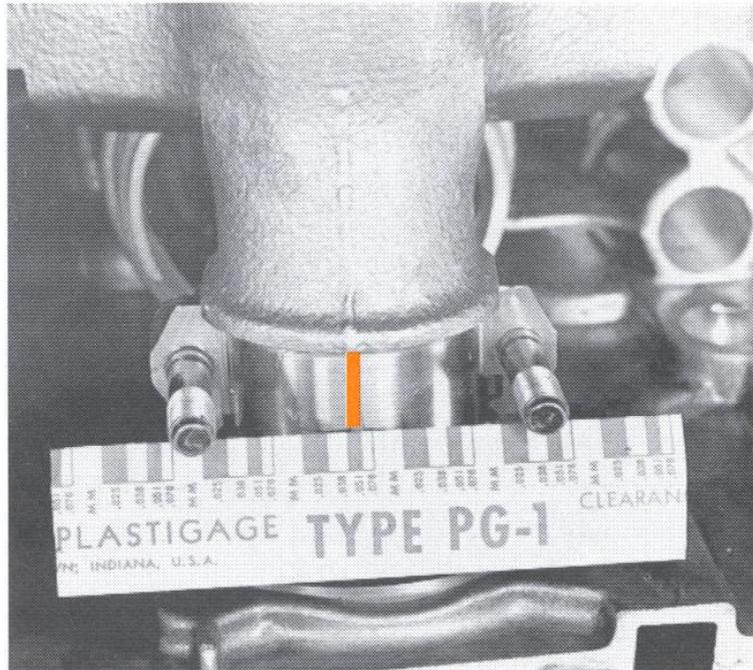
I perni di banco dell'albero motore possono avere dei valori di tolleranza diversi a seconda della classe a cui l'albero appartiene.

Nel caso in cui il valore non rientri nei valori prescritti è possibile eseguire una rettifica secondo la minorazione massima prescritta.



I perni di biella dell'albero motore possono avere dei valori di tolleranza diversi a seconda della classe a cui l'albero appartiene.

Nel caso in cui il valore non rientri nei valori prescritti è possibile eseguire una rettifica secondo la minorazione massima prescritta.

**5.5. CONTROLLO DEI GIOCHI MEDIANTE PLASTIGAGE**

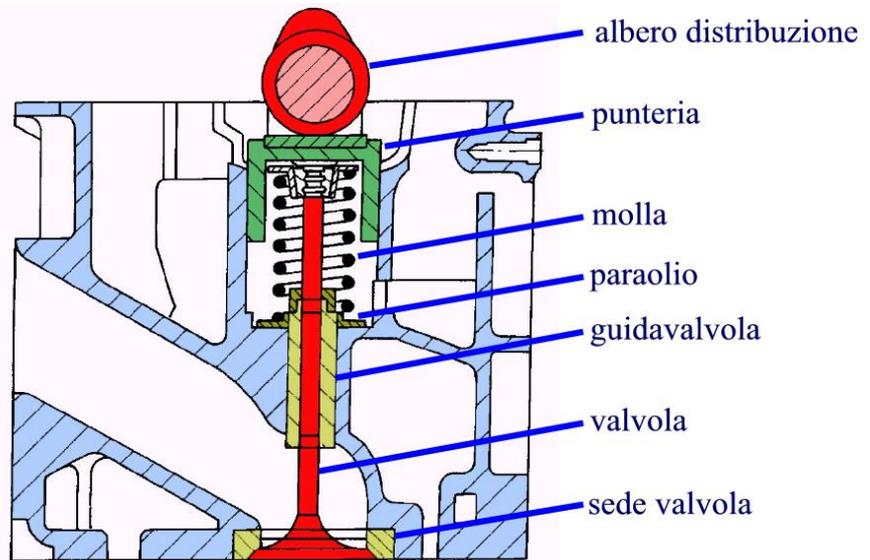
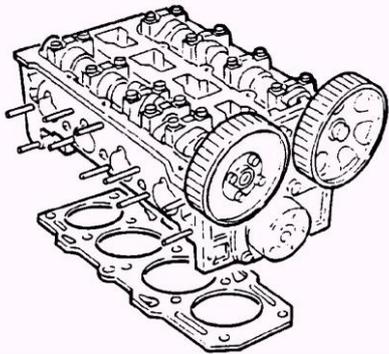
**CONTROLLO DEI GIOCHI:** i giochi tra i perni di biella e le boccole di biella e tra i perni di banco e i supporti di banco possono essere calcolati per differenza tra le misure descritte prima oppure rilevati con l'apposito filo calibrato PLASTIGAGE.

**RILEVAZIONE CON PLASTIGAGE:** per la rilevazione con il filo è necessario appoggiare un tratto di filo sul perno in esame di lunghezza pari alla larghezza del perno facendo attenzione a non appoggiarlo su fori di lubrificazione.

Dopo di ciò si monta il cuscinetto e il relativo cappello serrando le viti alla coppia prevista. Per la pressione il filo in materiale plastico viene schiacciato. Rimuovendo il cappello ed il cuscinetto è possibile eseguire la rilevazione del gioco misurando con l'apposita scala graduata (vedi figura) la larghezza del filo schiacciato.

**NOTE DI INTERVENTO:** nel caso in cui il gioco sia eccessivo è possibili sostituire il cuscinetto con uno di diametro interno minorato. Questi cuscinetti a volte sono distinti dalla diversa colorazione.

## 6. TESTA MOTORE



Per "TESTA MOTORE" si intende sia il complessivo di parti fisse:

- sedi valvole
- guide valvole

che quello delle parti in movimento:

- distribuzione
- valvole
- punterie

**6.1. CONTROLLO GIOCO ASSIALE ALBERO DISTRIBUZIONE**

ATTREZZATURA DI MISURA

COMPARATORE MUNITO DI BASE MAGNETICA

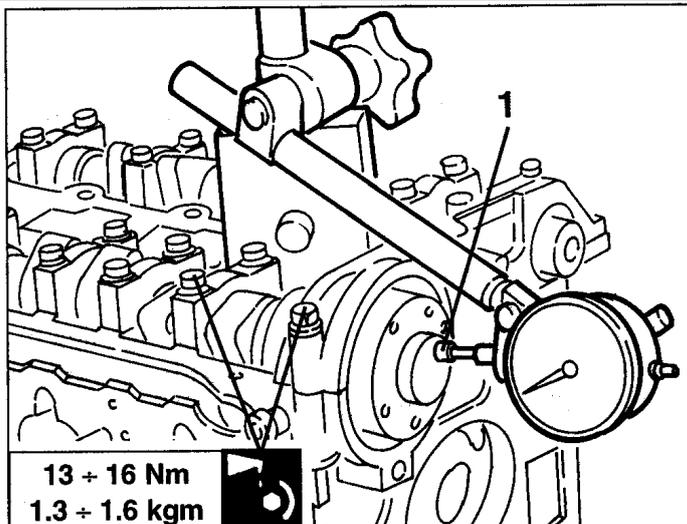


VALORI PRESCRITTI

GIOCO ASSIALE ALBERI DISTRIBUZIONE:

**0.10 ÷ 0.23 [mm]**

PROCEDURA DI MISURA



Prima di smontare l'albero di distribuzione dal corpo testa motore è possibile eseguire la verifica del gioco assiale. Montando il comparatore come indicato in figura ed esercitando una forza longitudinalmente all'asse di distribuzione si devono rilevare i valori di esempio indicati in tabella.

## 6.2. CONTROLLO DIAMETRO SUPPORTI ALBERI DI DISTRIBUZIONE



### ATTREZZATURA DI MISURA

ALESAMETRO



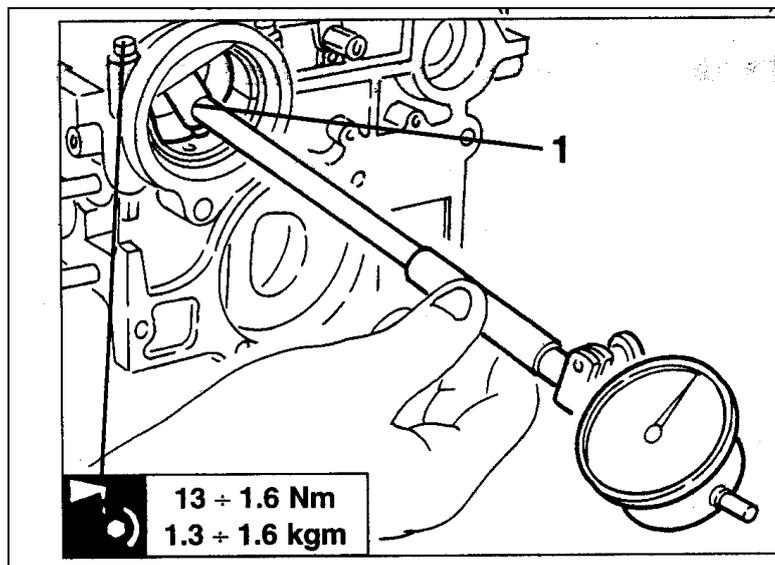
### VALORI PRESCRITTI

DIAMETRO SUPPORTI ALBERI DISTRIBUZIONE:

**26.045 ÷ 26.070 [mm]**



### PROCEDURA DI MISURA



Dopo aver smontato l'albero di distribuzione, rimontando i cappelli con le viti serrate alla coppia indicata in figura, è possibile misurare il diametro interno dei supporti.

**6.3. CONTROLLO DIAMETRO PERNI ALBERI DISTRIBUZIONE**

ATTREZZATURA DI MISURA

MICROMETRO

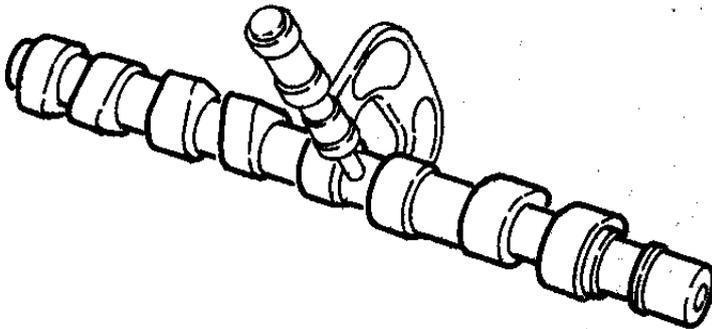


VALORI PRESCRITTI

DIAMETRO PERNI ALBERI DISTRIBUZIONE:

**26.000 ÷ 26.015 [mm]**

PROCEDURA DI MISURA



La differenza tra il diametro interno dei supporti e il diametro dei perni definisce il gioco trasversale dell'albero che deve rientrare nella fascia prevista (0.03÷0.07mm) (0.034÷0.086mm albero con variatore di fase). In caso di gioco fuori tolleranza bisogna cambiare la testa motore.

## 6.4. CONTROLLO ALZATA NOMINALE VALVOLE



### ATTREZZATURA DI MISURA

COMPARATORE CON BASE MAGNETICA  
SQUADRI A V



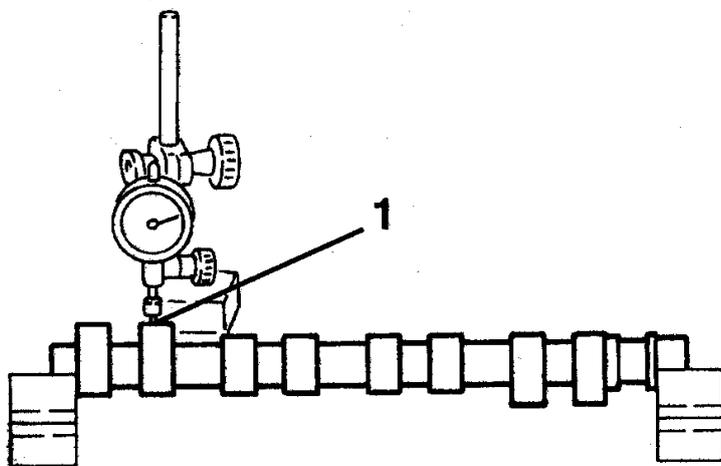
### VALORI PRESCRITTI

ALZATA NOMINALE CAMMA:

**8.5 [mm]**



### PROCEDURA DI MISURA



Montando il comparatore come indicato in figura è possibile rilevare l'alzata nominale delle camme. In caso di alzata fuori tolleranza cambiare l'albero distribuzione. Notare che questa non corrisponde con l'alzata valvole perché bisogna ancora considerare il gioco delle punterie (nel caso di punterie non idrauliche).

## 6.5. CONTROLLO BICCHIERINI



## ATTREZZATURA DI MISURA

ALESAMETRO (controllo diametro sede bicchierini)

MICROMETRO (diametro esterno bicchierini)



## VALORI PRESCRITTI

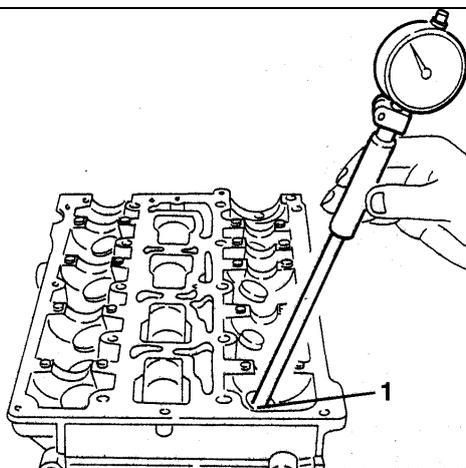
DIAMETRO SEDE BICCHIERINI:

 $37.000 \div 37.025$  [mm]

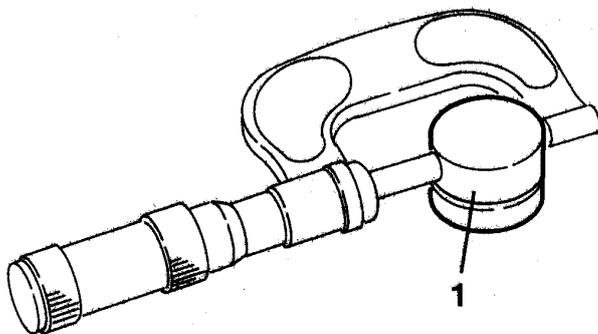
DIAMETRO ESTERNO BICCHIERINI:

 $36.975 \div 36.995$  [mm]

## PROCEDURA DI MISURA



Con il comparatore è possibile rilevare il diametro interno della sede bicchierini punteria idraulica. Se i valori sono fuori tolleranza bisogna cambiare la testa motore.



Utilizzando il micrometro rilevare il diametro esterno bicchierini.

Dalla differenza tra il diametro sede e il diametro bicchierini si ha il gioco dei bicchierini che deve rientrare nella tolleranza prevista.

## 6.6. CONTROLLO PLANARITA' PIANO INFERIORE



ATTREZZATURA DI MISURA

SQUADRA  
SPESSIMETRO



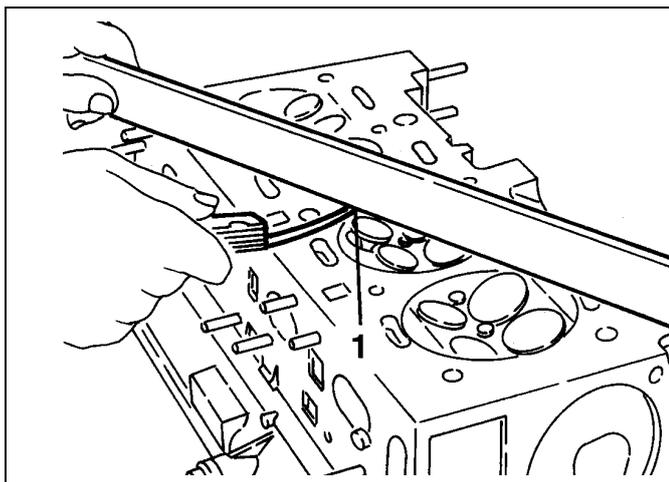
VALORI PRESCRITTI

ERRORE DI PLANARITA':

0.1 [mm]

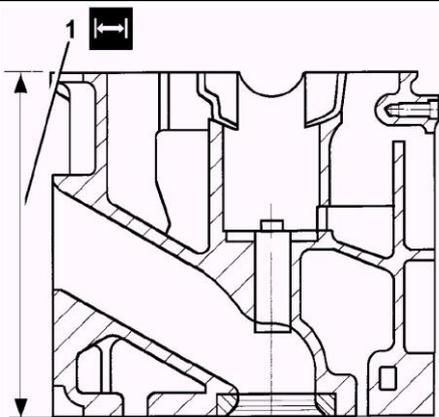


PROCEDURA DI MISURA

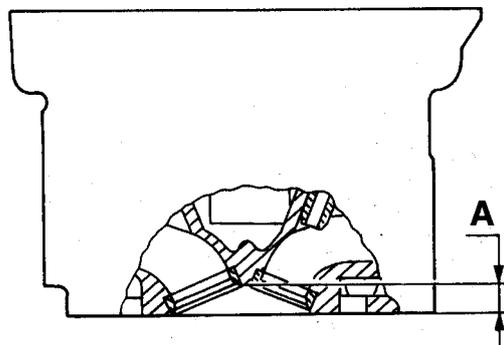


Dopo aver eseguito le procedure di smontaggio è possibile eseguire i controlli di planarità del piano inferiore della testa.

Se i valori rilevati non rientrano nella tolleranza prevista è possibile eseguire una spianatura tenendo presente i valori di altezza minima ammessa e/o di profondità.



Controllo altezza minima della testa per motori  
DIESEL (1) 141 [mm]



Controllo profondità della testa per  
motori BENZINA (A) 13 ± 0.2 [mm]

## 6.7. CONTROLLO LUNGHEZZA MOLLE



## ATTREZZATURA DI MISURA

CALIBRO CINQUANTESIMALE  
PRESSA CON DINAMOMETRO



## VALORI PRESCRITTI

LUNGHEZZA LIBERA MOLLE:

**53.9 [mm]**

LUNGHEZZA MOLLE CARICATE

Carico [daN]

**36.7 ÷ 39.6**

**56 ÷ 61**

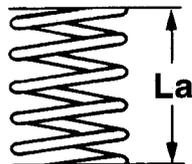
Lunghezza molle caricate [mm]

**36**

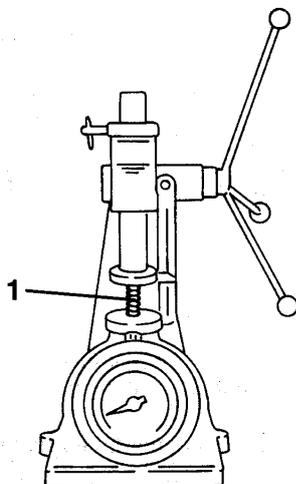
**26.5**



## PROCEDURA DI MISURA



La lunghezza delle molle senza carico, misurata con un calibro cinquantiesimale, deve rientrare nei limiti di tolleranza previsti.



La lunghezza delle molle sottoposte ai carichi indicati con l'ausilio di una pressa dotata di dinamometro deve rientrare nei limiti di tolleranza previsti.

## 6.8. CONTROLLO DIAMETRO INTERNO GUIDAVALVOLE



### ATTREZZATURA DI MISURA

ALESAMETRO



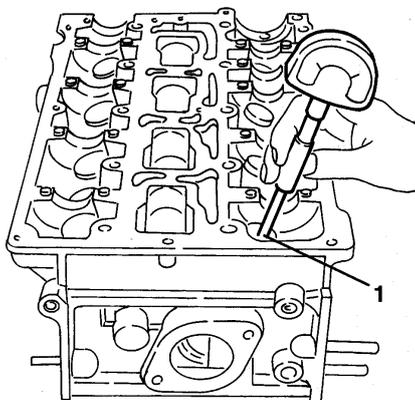
### VALORI PRESCRITTI

DIAMETRO INTERNO GUIDAVALVOLE:

**8.022 ÷ 8.040 [mm]**



### PROCEDURA DI MISURA



Misurando il diametro interno del guidaavvole e conoscendo il diametro dello stelo valvola è possibile verificarne il gioco relativo. Quando questo non rientra nei valori previsti bisogna sostituire il guidaavvole.

Nel caso in cui, dopo la sostituzione del guidaavvole, la misura del diametro interno non rientri nella tolleranza prevista è possibile eseguirne l'alesaggio con l'apposito strumento.



## 6.9. CONTROLLO SEDI VALVOLE



## ATTREZZATURA DI MISURA

CALIBRO  
GONIOMETRO

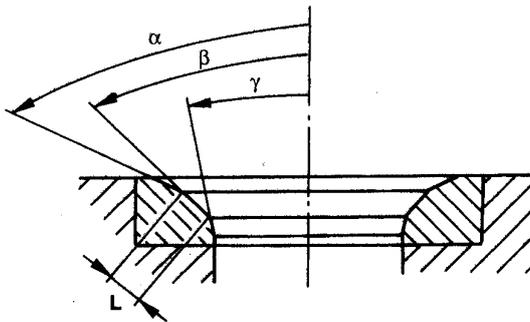


## VALORI PRESCRITTI

Conicità "α" (fascia superiore)	150°
Conicità "β" (fascia di contatto)	90° ± 10'
Conicità "γ" (fascia inferiore)	30°
Larghezza fascia di contatto (L)	6.5mm (aspiraz) 5.5mm (scarico)



## PROCEDURA DI MISURA



Le sedi valvole hanno il profilo tipico indicato in figura. Come si può notare anche dai dati dimensionali caratteristici vi sono tre fasce con tre angolazioni diverse. Di queste tre fasce solo quella centrale è quella che si ritrova a contatto con la valvola.

## 6.10. CONTROLLO VALVOLE



### ATTREZZATURA DI MISURA

MICROMETRO



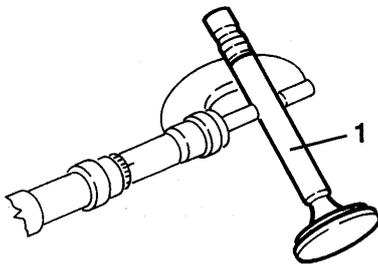
### VALORI PRESCRITTI

DIAMETRO STELO:

**7.974 ÷ 7.992 [mm]**

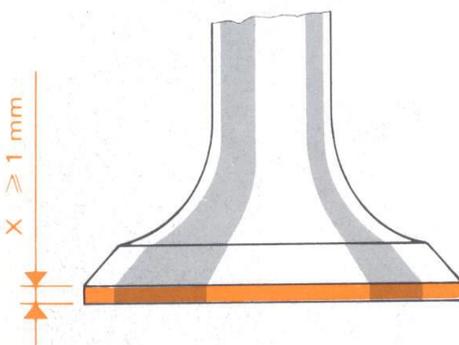


### PROCEDURA DI MISURA



Prima di controllare qualsiasi parametro dimensionale delle valvole è sempre buona norma eseguire una disincrostazione per eliminare i depositi carbonici.

Dopo aver controllato che le valvole non presentino rigature o segni di ingranamento è possibile controllarne le caratteristiche dimensionali.



**RETTIFICA VALVOLE:** Se la tenuta tra sede e valvola non è corretta, nei motori dove è previsto, è possibile eseguire una rettifica del profilo di tenuta della valvola ed una spianatura.

Per operare la rettifica del profilo di contatto impostare l'apposito strumento di rettifica con un angolo di 45° 30'.

**VERIFICA:** dopo la rettifica controllare che lo spessore X indicato in figura non sia inferiore ad 1mm. In caso contrario sarà necessario sostituire la valvola.

**6.11. VERIFICA INCASSO VALVOLE**

ATTREZZATURA DI MISURA

COMPARATORE CON BASE MAGNETICA

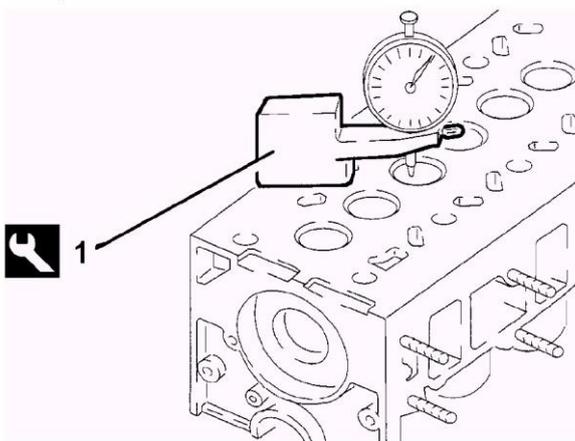


VALORI PRESCRITTI

INCASSO VALVOLE:

**0.1 ÷ 0.5 [mm]**

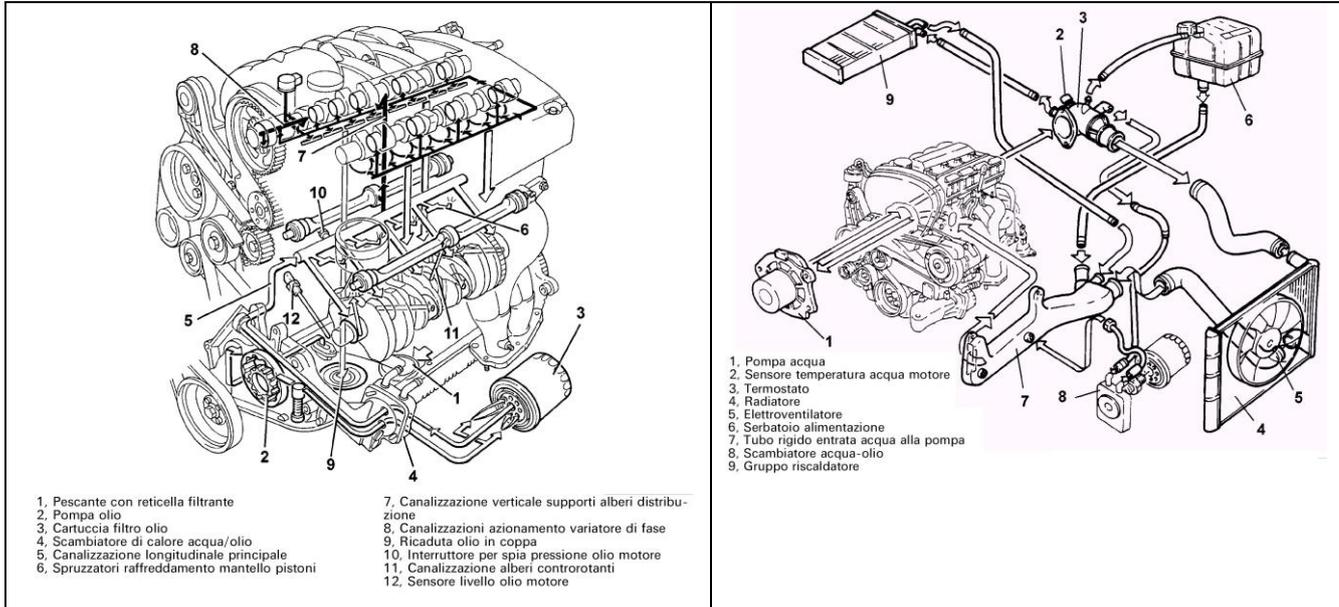
PROCEDURA DI MISURA



Sui motori DIESEL, dopo le operazioni di smerigliatura sedi valvole e/o di rettifica valvole, è necessario verificare l'incasso della valvola rispetto al piano della testa.

Infatti in questo tipo di motore una variazione del volume della camera di combustione ne comporta una alterazione del funzionamento.

## 7. ORGANI DI IMPIANTO



Per "ORGANI DI IMPIANTO" si intende quel gruppo di organi meccanici che sono più o meno indispensabili per il funzionamento del motore. In questo gruppo possono essere identificati ad esempio:

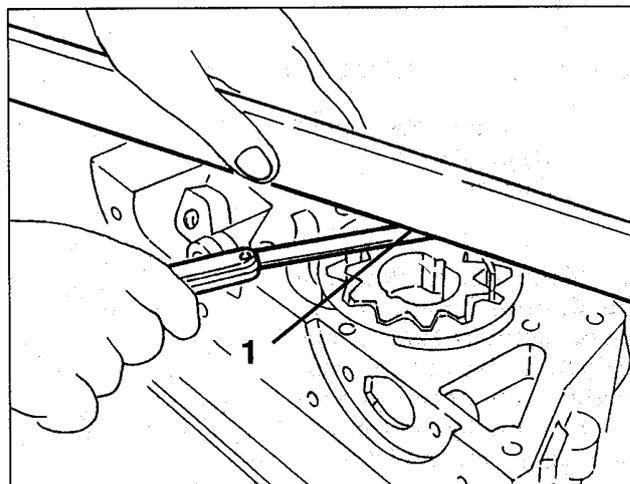
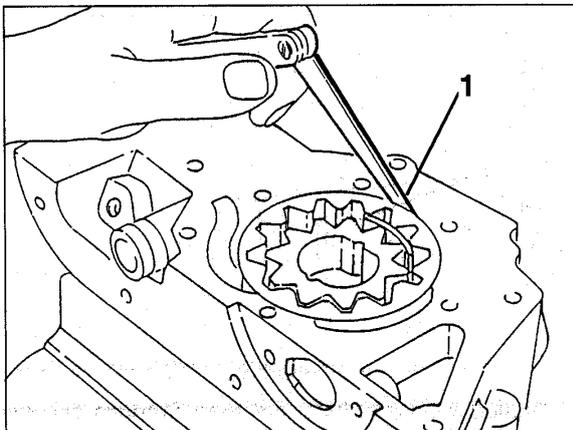
- pompa olio;
- pompa acqua;
- pompa diesel
- turbo compressore
- ecc.

**7.1. CONTROLLI SU POMPA OLIO****ATTREZZATURA DI MISURA**SPESSIMETRO  
SQUADRA**VALORI PRESCRITTI**

MISURA GIOCO TRA INGRANAGGI E CORPO POMPA:

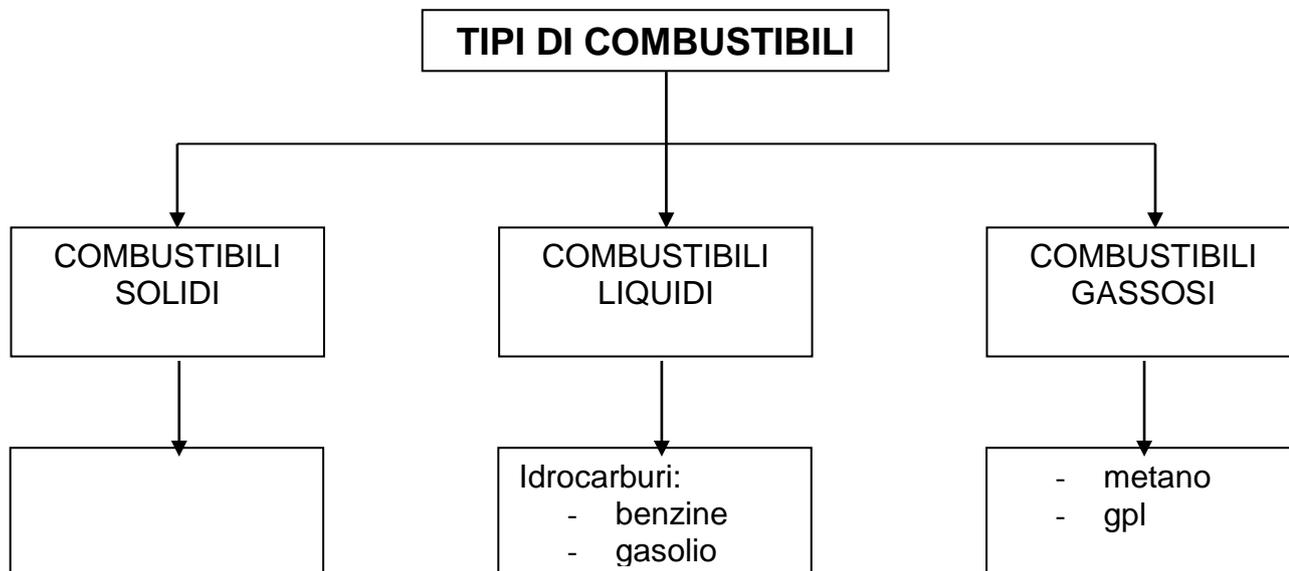
**0.080 ÷ 0.186 [mm]**

MISURA GIOCO TRA INGRANAGGI E COPERCHIO:

**0.025 ÷ 0.070 [mm]****PROCEDURA DI MISURA**

## IMPIANTO DI ALIMENTAZIONE MOTORE

### 1. COMBUSTIBILI



**Comb. solidi** Ormai praticamente in disuso

**Comb. liquidi** Sono di gran lunga i più diffusi nell'autotrazione. I principali combustibili liquidi sono gli idrocarburi ricavati dalla raffinazione del petrolio e gli alcoli.

**Idrocarburi** Sono composti a base di carbonio e di idrogeno che si differenziano l'uno dall'altro a seconda delle dimensioni della molecola e del tipo di legame tra gli atomi e che vengono classificati in serie sulla base della loro struttura molecolare.

**Comb. gassosi** Il loro utilizzo è riservato ai motori ad accensione comandata

**GPL** Il GPL (gas petrolio liquefatto) è costituito da una miscela di idrocarburi (propano, butano, ecc.) che a pressione atmosferica si trovano allo stato gassoso ma facilmente liquefatti alla temperatura ambiente (alla pressione di 8 bar).

**Metano** Oltre al GPL comincia ad affermarsi l'utilizzo del gas naturale, che è composto quasi totalmente da metano; il metano presenta il notevole vantaggio di bruciare con emissioni molto contenute e senza pericoli di corrosione per condensazioni; per contro il metano presenta una certa delicatezza di utilizzo

dovuta alla possibile formazione di miscele esplosive.

Il metano viene normalmente compresso in bombole spciali ad una pressione di circa 200 bar.

## 1.1. PROPRIETA' DEI COMBUSTIBILI

### POTERE CALORIFERO

Rappresenta il contenuto di energia del combustibile.

### MASSA VOLUMICA

Rapporto tra la massa di una certa quantità di combustibile ed il rispettivo volume che occupa (vale per combustibili liquidi).

### DOSATURA

Rapporto tra le masse di aria e di combustibile che vengono introdotte nel cilindro e, al termine della compressione, reagiscono tra loro.

### VOLATILITA'

Attitudine del combustibile ad evaporare ed a diffondersi nell'aria circostante.

### RESISTENZA ALLA DETONAZIONE

Il fenomeno della detonazione consiste nella combustione spontanea ed incontrollata di tutte le particelle non ancora interessate dal fronte di fiamma regolare e dà origine a violente oscillazioni di pressione.

Il potere antidetonante dà una misura dell'attitudine di un carburante di resistere alla detonazione, ed è espresso mediante il cosiddetto NUMERO DI OTTANO.

E' una proprietà che riguarda solo le benzine.

### ACCENDIBILITA'

Ritardo all'accensione: ritardo tra l'istante di iniezione del combustibile nel cilindro e quello di inizio combustione.

Il ritardo di accensione dipende dalla accendibilità del combustibile, ovvero dalla capacità del combustibile a bruciare con un minimo ritardo all'accensione.

Misurato con il NUMERO DI CETANO.

E' una proprietà che riguarda solo il gasolio.

### ALTRE CARATTERISTICHE

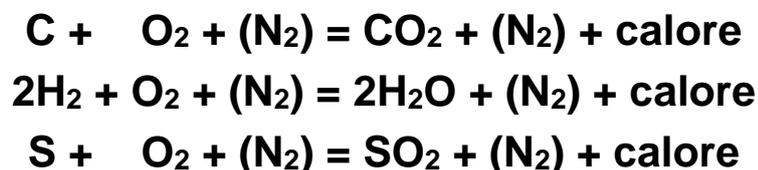
Oltre ai requisiti già visti, un combustibile deve possedere un alto punto di infiammabilità, un basso potere corrosivo (bassa acidità), uno scarso contenuto di zolfo e gomme; queste ultime

sono prodotti resinosi che possono trovarsi nel combustibile oppure formarsi per successiva ossidazione; esse risultano dannose causando l'incollamento delle fasce elastiche.

## 1.2. COMBUSTIONE

Combinazione del combustibile con l'ossigeno dell'aria; avviene molto rapidamente e con sviluppo di calore.

Ogni combustibile è costituito essenzialmente da carbonio, idrogeno, piccole percentuali di zolfo e tracce di elementi che non prendono parte alla combustione.



Perché la reazione abbia luogo non è sufficiente che aria e combustibile siano in contatto, ma è necessario che la reazione venga innescata, cioè che una parte della miscela sia portata ad una temperatura sufficientemente elevata, chiamata "temperatura di accensione".

## 1.3. EMISSIONE DI INQUINANTI

L'impostazione particolarmente attenta ai problemi ecologici, caratteristica delle politiche dell'ultimo decennio, ha posto giustamente al centro dell'attenzione la cura dell'ambiente e la salute dell'uomo; in ogni campo, ma soprattutto in quello relativo alle emissioni inquinanti, prevalgono e prevarranno sempre di più quelle soluzioni tali da assicurare il miglior compromesso tra le esigenze dell'ambiente e quelle del mercato, e l'evoluzione dei propulsori sarà sempre più influenzata, se non determinata, da scelte ecologiche.

I gas di scarico dei motori a combustione interna sono costituiti in gran parte da gas innocui e presenti normalmente nell'atmosfera, come l'azoto  $N_2$ , il vapor d'acqua  $H_2O$ , l'ossigeno  $O_2$ , l'anidride carbonica  $CO_2$ , tracce di gas nobili, e, nella misura, mediamente, dell'1-2% circa in volume, da sostanze inquinanti.

## 1.4. INQUINANTI PRIMARI E SECONDARI

Le sostanze inquinanti **primarie**, ossia direttamente prodotte dai motori, sono:

- il *monossido di carbonio* **CO**;
- gli *idrocarburi incombusti* ed i prodotti di parziale ossidazione, indicati sinteticamente con **HC**;
- il *monossido d'azoto* **NO** ed il *biossido d'azoto* **NO<sub>2</sub>**, indicati sinteticamente con **NO<sub>x</sub>**;
- il *biossido* e il *triossido di zolfo*, indicati sinteticamente con **SO<sub>x</sub>** (trascurabili per motori ad accensione comandata, in concentrazioni rilevanti per motori ad accensione per compressione);
- il *particolato*, complesso di particelle solide carboniose di dimensioni molto piccole (rilevante solo per motori ad accensione per compressione);
- i composti contenenti *piombo*, originati da additivi antidetonanti (nei motori ad accensione comandata che utilizzano benzine "super" etilate).

E' necessario ricordare come anche alcune sostanze indicate come non nocive possano avere un impatto ambientale tutt'altro che trascurabile. E' questo il caso ad esempio dell'*anidride carbonica* **CO<sub>2</sub>**: pur trattandosi infatti di un gas normalmente presente nell'atmosfera (seppur in basse concentrazioni), in quanto prodotto da numerosissimi processi biologici, e pur non essendo tossico per l'organismo umano, se non in concentrazioni tanto elevate da portare all'asfissia, esso è, tuttavia, uno dei principali responsabili del cosiddetto "effetto serra", ovvero dell'innalzamento della temperatura media del pianeta dovuto all'intrappolamento all'interno dell'atmosfera della radiazione solare riflessa dalla superficie terrestre.

Infine è opportuno ricordare come alcuni inquinanti primari possano reagire nell'atmosfera dando luogo ad **inquinanti secondari**: ossidi di azoto ed ossidi di zolfo sono responsabili delle cosiddette piogge acide, mentre ossidi di azoto ed idrocarburi incombusti danno luogo, sotto l'azione catalizzatrice della radiazione solare, al cosiddetto "smog fotochimico", miscela di composti fortemente irritanti come ozono (O<sub>3</sub>) ed aldeidi.

## 1.5. LE EMISSIONI INQUINANTI NEI MOTORI A CICLO OTTO

Per i veicoli con motore a ciclo Otto l'emissione di sostanze nocive è, in una certa misura, congenita al particolare ciclo di funzionamento.

Le emissioni dei veicoli provengono da tre vie fondamentali:

- lo scarico da cui escono i prodotti dalla combustione;
- l'evaporazione di benzina dal serbatoio;
- il basamento motore da cui si ha lo sfiato di vapori di olio e gas combustibili.

I gas combusti che escono allo scarico rappresentano comunque la fonte principale di emissioni inquinanti.

FONTE EMISSIONI	CO	NOx	HC
Scarico	95%	95%	70%
Evaporazione	-	-	10%
Basamento	5%	5%	20%

FORMAZIONE  
DELLE  
EMISSIONI  
INQUINANTI

Nei motori odierni la combustione perfetta non si riesce ad ottenere per diverse ragioni:

- le esigenze del motore ed il suo campo di impiego sono tali da richiedere continue modifiche al rapporto aria-combustibile e ciò comporta che la combustione avvenga, a seconda dei casi, in difetto od in eccesso di ossigeno;
- gli elevati regimi di rotazione riducono il tempo a disposizione per il completamento delle reazioni chimiche;
- l'alta temperatura generata durante la combustione provoca, in condizioni di eccesso di ossigeno, la formazione di ossidi di azoto (NOx) che, oltre ad essere inquinanti, fanno diminuire l'ossigeno necessario per completare la combustione stessa.

In conseguenza a ciò, nei gas di scarico dei motori a ciclo Otto, sono presenti, seppure in diverse quantità, dei composti considerati inquinanti quali:

- ossido di carbonio (CO);
- idrocarburi incombusti (HC);
- ossidi di azoto (NOx);
- piombo (nel caso di benzine etilate).

La portata, tipologia e concentrazione dei prodotti emessi dipendono principalmente dal disegno del motore, dalle sue condizioni di funzionamento, dal tipo e dalle caratteristiche del carburante usato.

EMISSIONI PER  
EVAPORAZIONE

Le emissioni per evaporazione sono causate dall'eccessiva volatilità della benzina, che evapora dalla vaschetta del carburatore (se presente) e dal serbatoio carburante, e sono quasi totalmente costituite da idrocarburi incombusti.

Esse vengono controllate attraverso dispositivi (trappole a carboni attivi) che ne impediscono il diffondersi all'esterno.

EMISSIONI DAL  
BASAMENTO

Dal basamento motore si ha l'emissione dei gas di blow-by, costituiti da miscele di aria-benzina e gas combusti che trafilano dalle tenute degli stantuffi e dalle guide valvole, e da vapori di olio lubrificante; attraverso questa via vengono emesse trascurabili quantità di CO, NOx e Pb, mentre è più rilevante la quantità di HC.

Tali emissioni vengono indirizzate, attraverso opportune tubazioni, all'interno della camera di combustione per essere bruciate.

**1.6. LE EMISSIONI INQUINANTI NEI MOTORI A CICLO DIESEL**

Per il loro particolare modo di funzionamento risulta che i veicoli equipaggiati con motori a ciclo Diesel siano meno inquinanti rispetto ai veicoli dotati di motori a ciclo Otto; nella tabella seguente è indicata la ripartizione percentuale delle emissioni inquinanti fra gli autoveicoli con motori a ciclo Otto e quelli con motori a ciclo Diesel.

MOTORE	EMISSIONI INQUINANTI IN %						
	CO	HC	NOx	Pb	C	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
A ciclo Otto	89	73	61	100	33	15	53
A ciclo Diesel	11	27	39	-	67	85	47

**EMISSIONI  
ALLO  
SCARICO**

Le emissioni allo scarico sono costituite da diversi composti chimici generati durante il processo di combustione. Nei motori a ciclo Diesel la combustione avviene spontaneamente, in quanto il combustibile, iniettato al termine della fase di compressione, trova all'interno del cilindro condizioni di temperatura e pressione tali da provocarne l'autoaccensione.

Per assicurare una buona combustione di tutte le particelle iniettate, il processo deve avvenire in condizioni di forte eccesso d'aria, tale che il rapporto fra l'aria aspirata ed il combustibile iniettato sia pari, mediamente, a 25:1; questo eccesso d'aria rispetto al rapporto stechiometrico, che è pari a circa 14:1, è necessario per ottenere la combustione completa di tutto il combustibile iniettato.

**FORMAZIONE  
DELLE  
EMISSIONI  
INQUINANTI**

Nei motori odierni la combustione perfetta non si riesce ad ottenere per diverse ragioni ed in particolare si osserva che:

- per aumentare le prestazioni si usano dosature sempre più prossime al rapporto stechiometrico con il rischio di aumentare la fumosità allo scarico, in quanto in alcune zone della camera di combustione si trova una miscela così ricca che non tutte le goccioline di combustibile riescono a trovare l'ossigeno con cui reagire;
- gli elevati regimi di rotazione riducono il tempo a disposizione per il completamento delle reazioni chimiche;
- l'alta temperatura generata durante la combustione provoca, in condizioni di eccesso di ossigeno, la formazione di ossidi di azoto (NOx) che, oltre ad essere inquinanti, fanno diminuire l'ossigeno necessario per completare la combustione stessa.

## 1.7. MISURA DELLE EMISSIONI E LIMITI LEGISLATIVI

La misura degli inquinanti emessi da un veicolo, si effettua mediante un ciclo di prova standardizzato, durante il quale si raccolgono tutti i gas di scarico emessi. In seguito i gas vengono analizzati, per determinare le quantità dei singoli inquinanti in essi contenuti.

Il ciclo di prova consiste, fondamentalmente, nella guida dell'automobile sui rulli dinamometrici che simulano in laboratorio la resistenza dell'aria, lo scorrimento e l'inerzia dell'auto a diverse velocità, per mezzo di appropriati volani e freni idraulici od elettrici, scelti in funzione del peso dell'automobile.

I cicli di guida sono di estrema importanza ai fini degli obiettivi perseguiti dalle normative in quanto identificano il tipo di percorrenza, simulata con vettura su banco dinamometrico a rulli, durante il quale viene effettuata la misurazione degli inquinanti allo scarico.

Il tipo di percorrenza, influenzando il campo di utilizzo del motore, determina il livello degli inquinanti emessi dal veicolo.

### 1.7.1. LIMITI DI EMISSIONI INQUINANTI

(limiti previsti dalla Comunità Europea per l'omologazione di autovetture fino a 6 posti e con massa a pieno carico inferiore a 2.5 ton)

Direttiva ECE 91/441 EURO I (dal 1/7/92)

	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	HC + NOx (g/km)	Particolato (g/km)
Otto	2.72	-	-	0.97	-
Diesel	2.72	-	-	0.97	0.14

Direttiva ECE 94/12 EURO II (dal 1/1/96)

	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	HC + NOx (g/km)	Particolato (g/km)
Otto	2.2	-	-	0.5	-
Diesel	1.0	-	-	0.7 (0.9) <sup>1</sup>	0.08 (0.1) <sup>1</sup>

Direttiva ECE 98/69 EURO III (dal 1/1/2000)

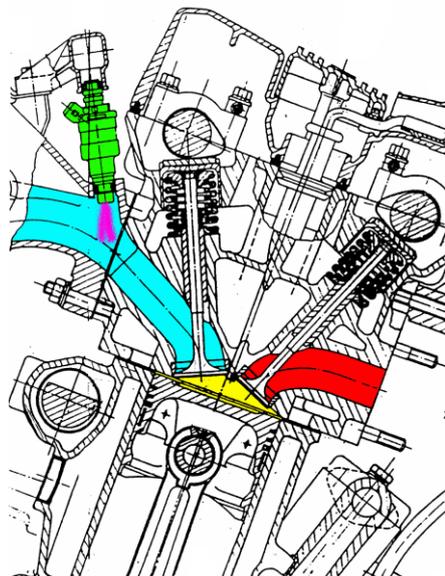
	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	HC + NOx (g/km)	Particolato (g/km)
Otto	2.3	0.2	0.15	-	-
Diesel	0.64	-	0.50	0.56	0.05

Direttiva ECE 98/69 EURO IV (dal 1/1/2005)

	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	HC + NOx (g/km)	Particolato (g/km)
Otto	1.0	0.1	0.08	-	-
Diesel	0.50	-	0.25	0.3	0.025

## ALIMENTAZIONE MOTORI BENZINA

### 1. GENERALITA' SULLA GESTIONE DEI MOTORI A BENZINA



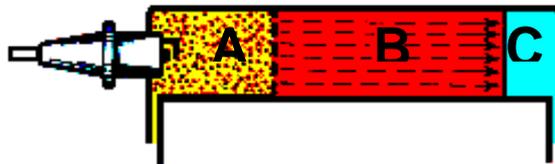
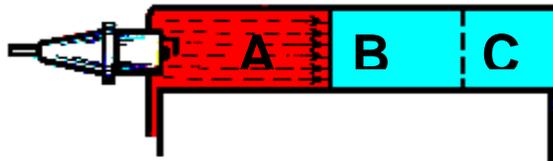
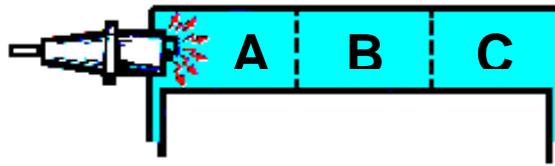
**PARAMETRI DI GESTIONE:** parametri che devono essere gestiti per ottenere dal motore le prestazioni e le caratteristiche ecologiche richieste sono essenzialmente tre:

- *quantità di aria fornita*, funzione della posizione della valvola a farfalla comandata dal pedale dell'acceleratore;
- *quantità di combustibile*, che è strettamente legata alla quantità di aria per ottenere un rapporto il più possibile vicino a quello stechiometrico (1 a 1);
- *anticipo di accensione*, che deve variare in funzione del carico e del regime motore.

**FORMAZIONE DELLA MISCELA:** nei motori a ciclo Otto la formazione della miscela avviene per iniezione del combustibile nel condotto di aspirazione; la miscela che si forma nel condotto di aspirazione è tarata dal getto dell'iniettore in modo che il rapporto di miscela aria/benzina sia quello richiesto dalle condizioni di funzionamento del motore; la formazione della miscela inizia quindi con l'apporto del carburante all'aria aspirata; il riempimento dei cilindri dipende dai diversi regimi di funzionamento del motore; il compito del dosaggio del carburante consiste nell'adattare di volta in volta la quantità di carburante alla quantità d'aria.

**RAPPORTO ARIA / COMBUSTIBILE:** la miscela aria combustibile si accende e brucia in modo ottimale soltanto all'interno di determinati rapporti di miscela; nella benzina il rapporto per una completa combustione del carburante (rapporto stechiometrico) è di 14,7 a 1, cioè occorrono 14,7 kg di aria per bruciare 1 kg di benzina; con un difetto di aria il carburante non brucia completamente provocando un aumento delle emissioni di incombusti e di CO; se la miscela è magra (cioè l'aria è in eccesso rispetto al rapporto stechiometrico) la potenza del motore diminuisce e la temperatura del motore aumenta a causa della combustione più lenta (con aumento di NOx).

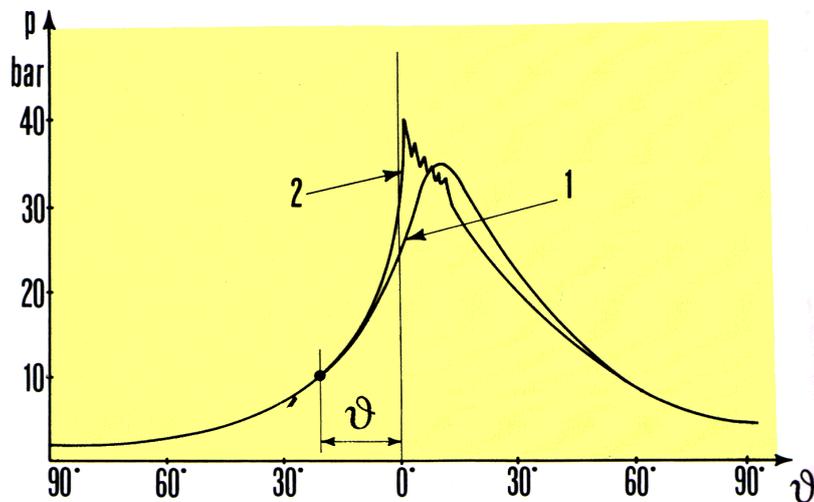
## 1.1. COMBUSTIONE NEI MOTORI A BENZINA



COMBUSTIONE: nei motori a ciclo Otto (o a benzina) la combustione del combustibile all'interno del cilindro è innescata dalla scintilla che viene fatta scoccare fra gli elettrodi della candela e si propaga verso le parti più distanti della camera di combustione; nel processo di combustione si possono allora distinguere due fasi:

- una prima fase di preparazione o innesco della combustione: durante questa fase la porzione di miscela che si trova vicino alla candela comincia a reagire, formando un focolaio iniziale; le particelle di miscela vicine, ricevendo il calore sviluppato da quelle che stanno bruciando, si riscaldano portandosi nelle condizioni per l'inizio ed il progredire della combustione vera e propria;
- una seconda fase di combustione vera e propria, con propagazione della fiamma: in questa fase la combustione si propaga secondo un fronte di fiamma, rappresentato dalla superficie di separazione tra la parte di miscela già bruciata e quella che non lo è ancora; la combustione procede in modo graduale, per cui lo sviluppo di energia da parte della miscela che brucia è progressivo e regolare; un parametro che gioca un ruolo importante in questa fase è la velocità di propagazione del fronte di fiamma in quanto influenza il tempo di combustione, che a sua volta ha un notevole effetto sul rendimento della combustione; facendo riferimento alla figura seguente, il fronte di fiamma avanza non solo per il progredire della reazione, ma anche per effetto della traslazione prodotta dalla espansione dei gas combusti.

1.1.1. FATTORI CHE INFLUENZANO LA VELOCITA' DI COMBUSTIONE



- 1. combustione regolare
- 2. combustione con detonazione
- θ angolo di manovella
- p pressione all'interno della camera di combustione

La velocità della combustione è influenzata da numerosi fattori, quali:

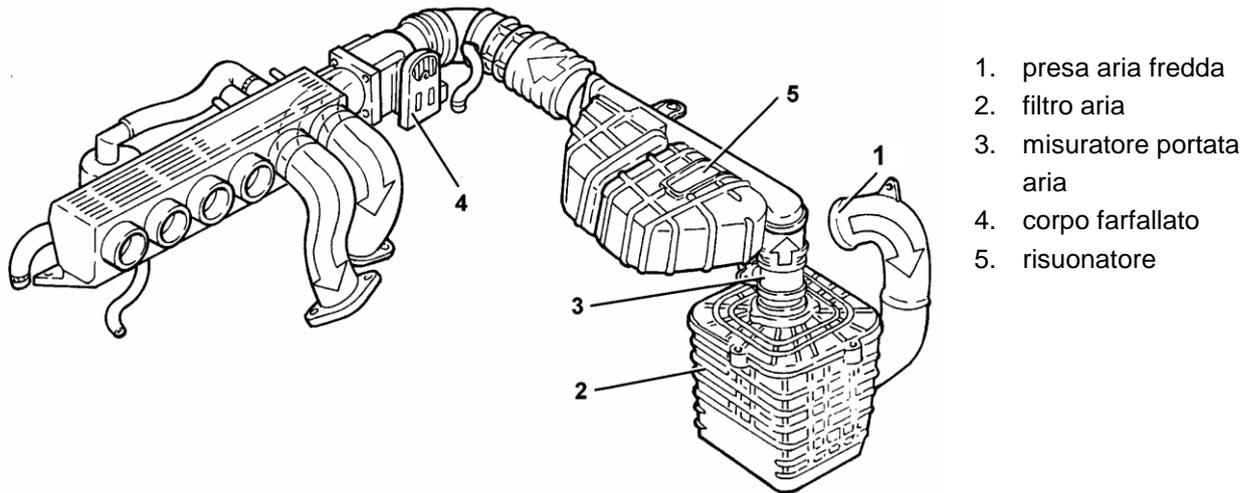
- turbolenza all'interno del cilindro
- dosatura della miscela aria / benzina
- temperatura della miscela
- presenza di umidità
- quantità di gas residui

**ANOMALIE DELLA COMBUSTIONE:** la combustione può presentare diverse anomalie riconducibili a due diverse tipologie: anomalie di accensione, quando l'accensione della miscela, oltre che dalla scintilla, viene provocata da particolari punti della camera di combustione; anomalie di propagazione fiamma, in cui il fronte di fiamma non procede in modo regolare, ma si ha la combustione in blocco di una parte della miscela; di seguito vengono elencate sinteticamente le principali anomalie di combustione:

- **preaccensione**, accensione anomala che si verifica in un punto della camera di combustione, prima che arrivi il fronte di fiamma regolare, generato dalla scintilla;
- **rombo**, come la preaccensione, ha origine da punti caldi costituiti da depositi carboniosi;
- **misfiring**, mancata accensione dovuta alla presenza di depositi sull'elettrodo e sull'isolante della candela; il fenomeno è transitorio perché i depositi ad alta temperatura bruciano;
- **glazing**, come il misfiring, generato da depositi, che però vetrificano rendendo il fenomeno permanente;

- **autoaccensione**, accensione globale e contemporanea di tutta la miscela contenuta nella camera di combustione;
- **detonazione**, autoaccensione che si verifica in una zona più o meno ampia di miscela.

## 2. IMPIANTO DI ASPIRAZIONE ARIA



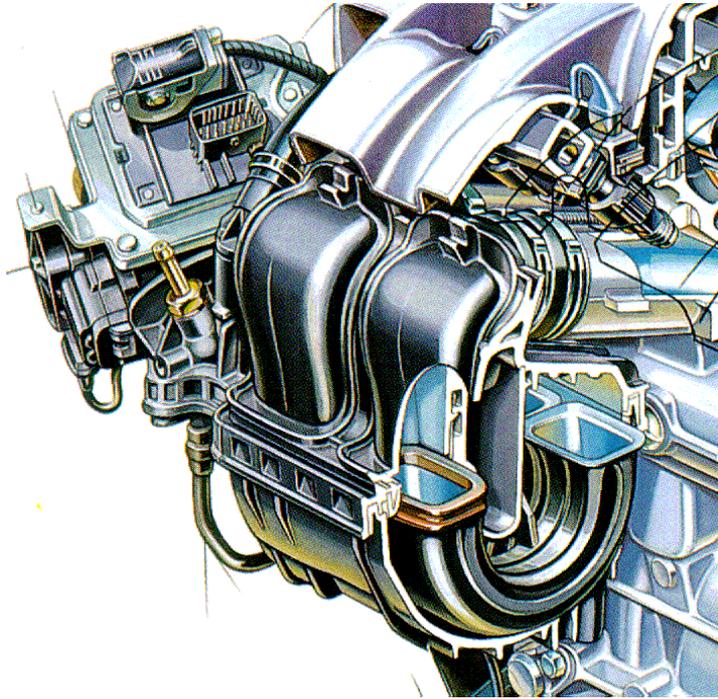
**CARATTERISTICHE:** l'impianto di alimentazione aria di un motore benzina non si discosta da quello per il motore diesel; l'impianto è costituito da una presa di aria che conduce ad un filtro, avente lo scopo di trattenere le impurità eventualmente aspirate; nell'impianto è presente un misuratore di portata di aria aspirata ed un corpo sfarfallato. Quest'ultimo componente differenzia l'impianto di alimentazione per i motori diesel dai benzina; inoltre è presente a valle del corpo farfallato una tubazione che collega il condotto di aspirazione al servofreno a depressione.

### 2.1. CORPO FARFALLATO

INSERIRE IMMAGINE CORPO FARFALLATO

**FUNZIONE:** il corpo farfallato ha la funzione di regolare la quantità di aria (sistemi MPI) o miscela (sistemi SPI) aspirata dal motore, operando una strozzatura variabile nel condotto di aspirazione stessa; ormai quasi sempre azionata da un motore elettrico comandato a sua volta dalla centralina controllo motore.

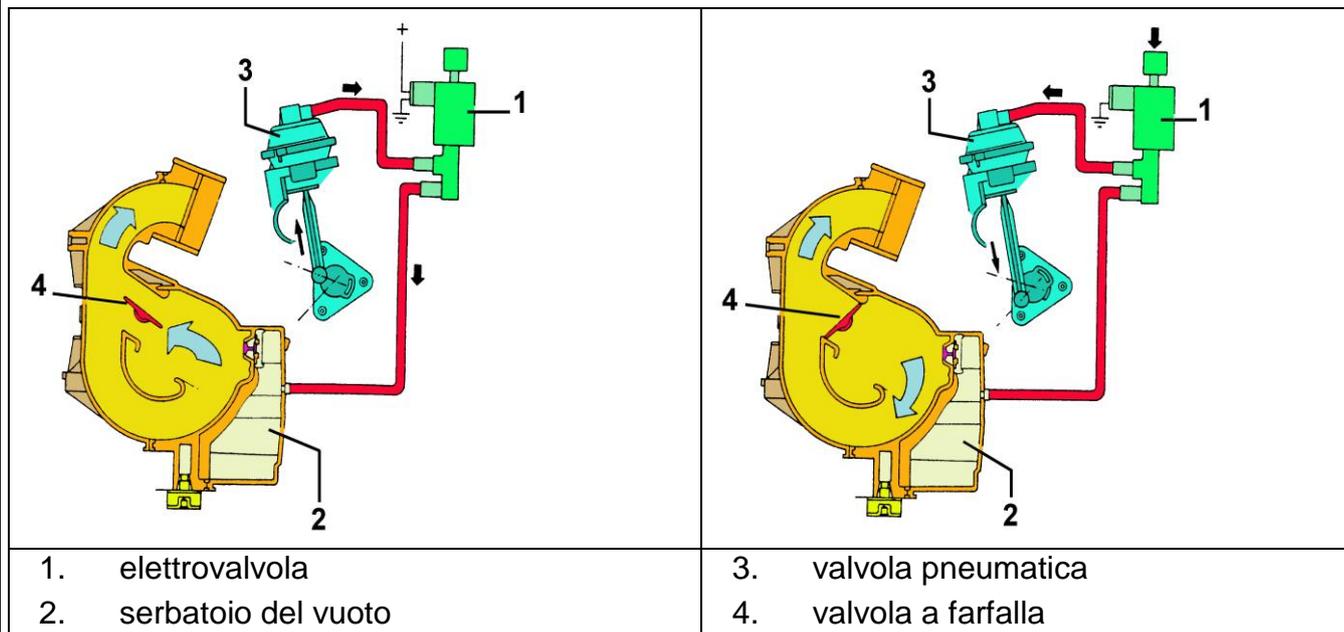
## 2.2. COLLETTORE DI ASPIRAZIONE



**FUNZIONE:** il collettore di aspirazione ha la funzione di convogliare l'aria o la miscela di aria benzina alla valvole di aspirazione motore.

**CARATTERISTICHE:** la forma del collettore di aspirazione influenza il riempimento del cilindro a causa della inerzia dell'aria presente nel condotto stesso e quindi il rendimento del motore; in alcune vetture vengono adottati collettori a geometria variabile che ottimizzano il riempimento dei cilindri seconda delle condizioni operative del motore; il collettore di aspirazione si differenzia a seconda che il sistema di iniezione combustibile e a punto singolo (SPI) o a punti multipli (MPI).

## 2.2.1. COLLETTORE DI ASPIRAZIONE MODULARE

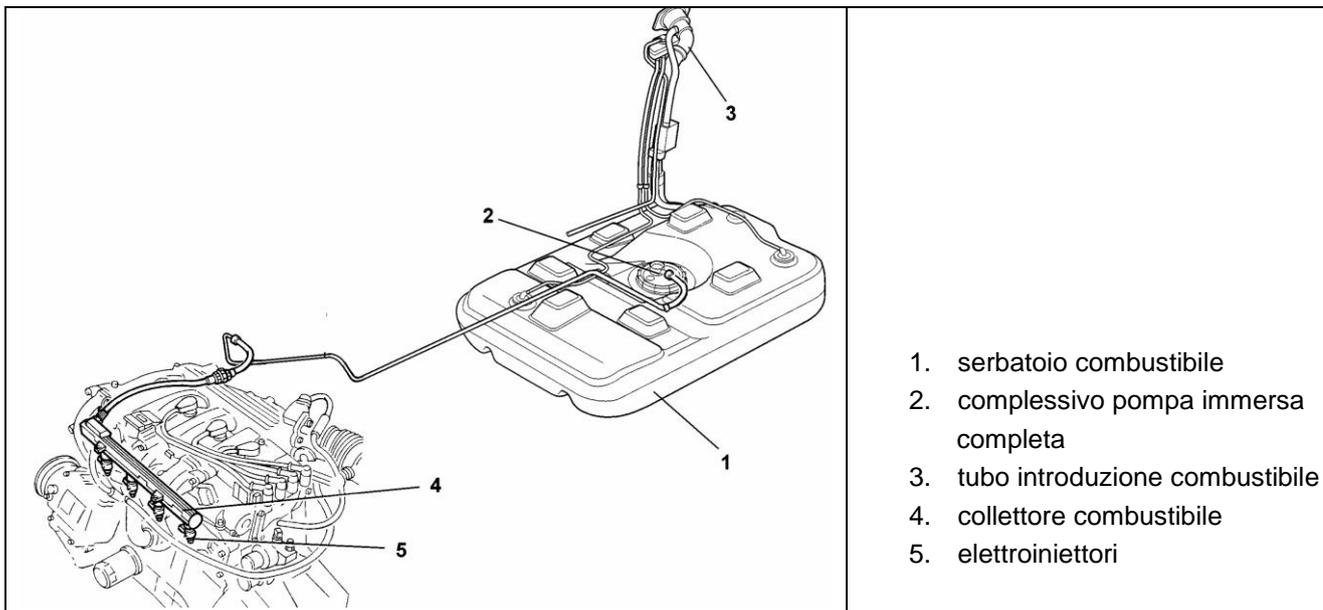


**FUNZIONAMENTO:** la valvola a farfalla azionata dalla elettrovalvola pneumatica devia il flusso dell'aria in modo che possa compiere un percorso più corto (figura di sinistra) o quello più lungo (figura di destra).

**CONDOTTO LUNGO:** fino ad un certo regime di rotazione del motore la valvola a farfalla è comandata perché l'aria segua il percorso lungo: in questo modo viene ottimizzata la erogazione della coppia del motore in quanto viene enfatizzato l'effetto dell'inerzia della colonna di aria, in modo da favorire il riempimento dei cilindri; regolando opportunamente anche l'apertura delle valvole di aspirazione (con un dispositivo variatore di fase) è possibile ottenere una sorta di sovralimentazione dinamica che migliora le prestazioni del motore.

**CONDOTTI CORTI:** superato un certo regime di rotazione del motore, per il quale sarebbe dannoso l'utilizzo di condotti lunghi visti i ridotti tempi a disposizione per la aspirazione, la farfalla devia la colonna d'aria verso i condotti corti, che offrono una minore resistenza al passaggio e permettono di ottenere un potenza massima più elevata.

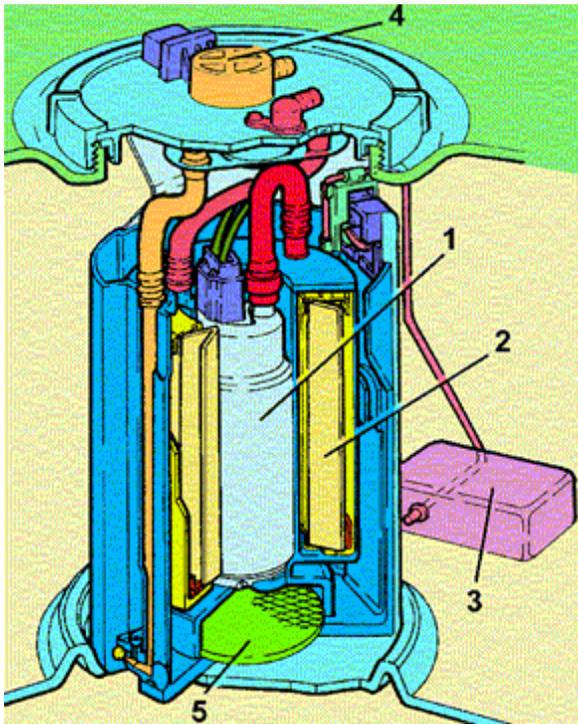
### 3. IMPIANTO DI ALIMENTAZIONE COMBUSTIBILE



1. serbatoio combustibile
2. complessivo pompa immersa completa
3. tubo introduzione combustibile
4. collettore combustibile
5. elettroiniettori

**CARATTERISTICHE:** l'alimentazione del carburante nell'impianto è realizzata mediante una elettropompa immersa nel serbatoio che aspira il carburante e lo invia al filtro e quindi agli iniettori; la pressione di mandata carburante agli elettroiniettori viene mantenuta costante e proporzionale al valore di pressione esistente nel collettore di aspirazione dal regolatore di pressione, il quale agisce sulla portata di carburante in modo da mantenere costante il salto di pressione agli elettroiniettori. Dal regolatore di pressione l'eccesso di carburante viene fatto fluire, senza pressione, nel serbatoio.

**IMPIANTO DI ALIMENTAZIONE RETURNLESS:** L'impianto di alimentazione returnless è caratterizzato dalla presenza della sola tubazione di mandata dal serbatoio combustibile al motore, per cui è stata eliminata la tubazione di ritorno, il filtro ed il regolatore di pressione; infatti questi due ultimi componenti sono incorporati nel corpo pompa; questo permette di ridurre al minimo, in caso di incendio la possibilità di incendio del veicolo e le emissioni di vapori di combustibile nell'atmosfera.

**3.1. ELETTOPOMPA COMBUSTIBILE**

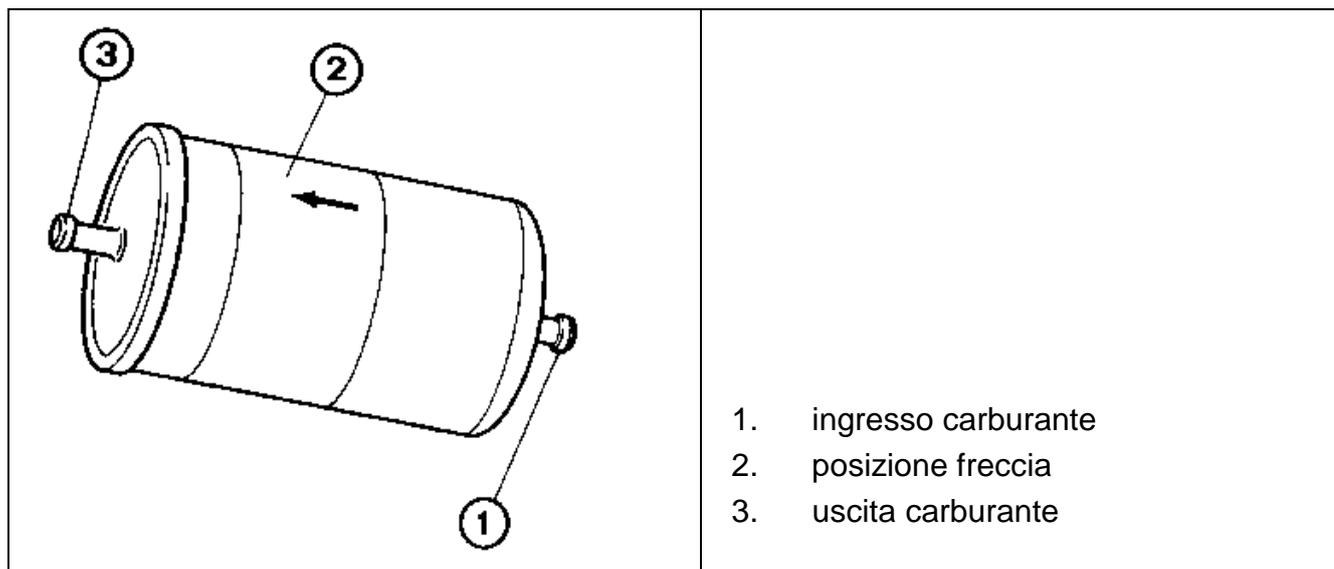
elettropompa  
 filtro  
 indicatore di livello a galleggiante  
 ritorno  
 prefiltro a reticella

**CARATTERISTICHE:** La pompa è alloggiata all'interno del serbatoio carburante in un apposito cestello, che supporta anche il dispositivo indicatore livello ed è dotata di un filtro a reticella sull'aspirazione della pompa; la pompa può essere sia di tipo volumetrico (con funzionamento simile alle pompe a palette) che di tipo "a turbina"; la pompa è mossa da un motore elettrico in c.c. alimentato alla tensione di batteria direttamente dal relativo teleruttore, su comando centralina. Il motore si trova immerso nel carburante, ottenendo in tal modo una azione detergente e refrigerante del motore stesso.

**FUNZIONAMENTO:** il rotore del motore elettrico mette in rotazione le palette mobili della turbina che trasferiscono la loro energia cinetica al combustibile; il successivo diffusore permette di trasformare l'energia cinetica posseduta dalla corrente di carburante in energia di pressione.

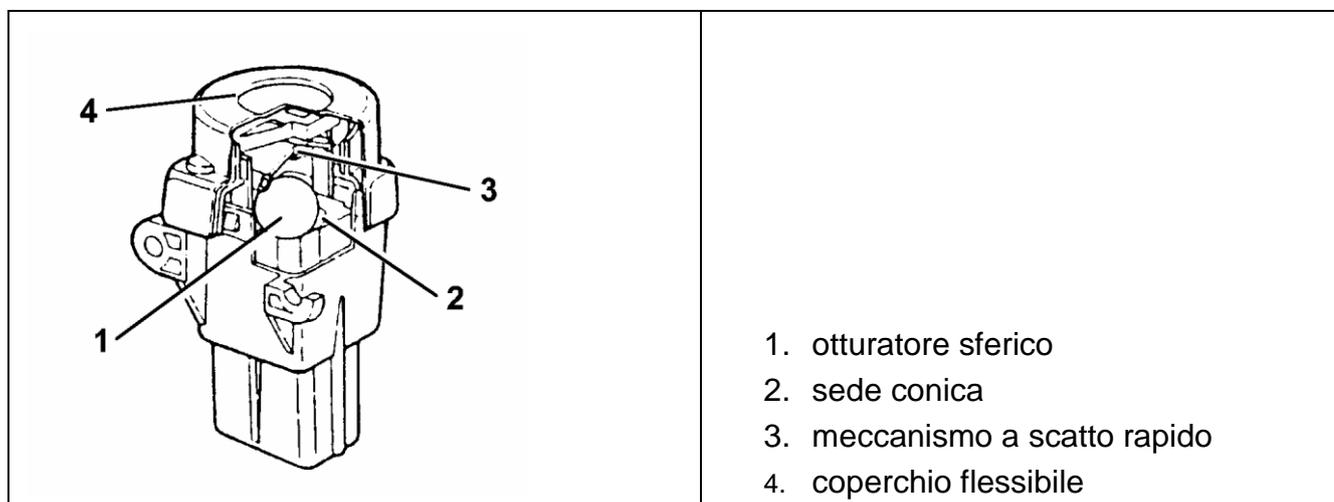
**SICUREZZE:** la pompa è dotata di una valvola di sovrappressione, che cortocircuita la mandata con l'aspirazione nel caso la pressione nel circuito di mandata dovesse superare i 4 bar, in modo da evitare il surriscaldamento del motore elettrico. Inoltre, una valvola di non ritorno inserita nella mandata impedisce lo svuotamento dell'intero circuito carburante del veicolo quando la pompa non è in funzione. La portata nominale della pompa varia in funzione della velocità angolare del rotore e quindi della tensione di alimentazione: con tensione di 12V è circa 110 l/h.

### 3.2. FILTRO COMBUSTIBILE

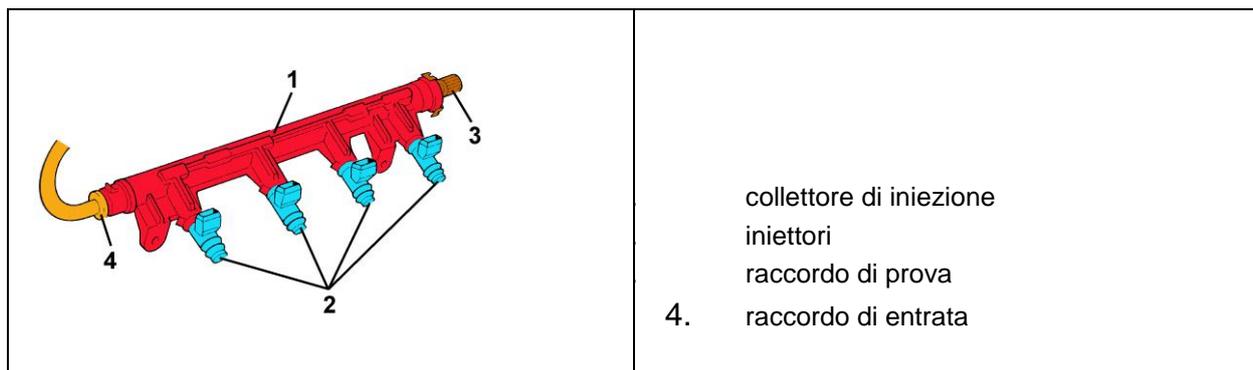


**CARATTERISTICHE:** Il filtro è inserito lungo la tubazione di mandata carburante; è formato da un involucro in lamierino d'acciaio e da un supporto interno in poliuretano sul quale è avvolto un elemento ad alto potere filtrante; Sull'involucro esterno è riportata una freccia che indica il senso di percorrenza dei carburante e quindi il corretto montaggio.

### 3.3. INTERRUPTORE INERZIALE

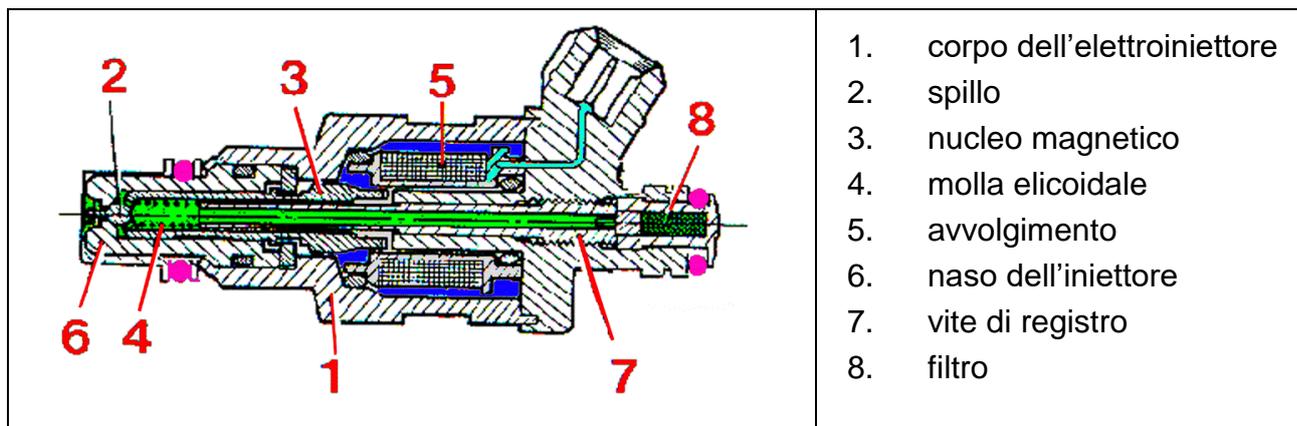


**FUNZIONAMENTO:** l'interruttore inerziale contiene al suo interno una sfera in materiale ferromagnetico trattenuta nella sua sede di forma conica da un magnete permanente; quando la decelerazione del veicolo supera una certa soglia a causa di un urto la sfera si disimpegna dalla sua sede e va ad impattare contro un interruttore, che normalmente collega la massa alla elettropompa, aprendolo; in questo modo si interrompe la alimentazione della elettropompa; l'interruttore può essere ripristinato agendo sul coperchio flessibile.

**3.4. COLLETTORE CARBURANTE**

**FUNZIONE:** il collettore carburante assolve alla funzione di distribuire la portata di carburante ai vari iniettori.

**COSTITUZIONE:** è realizzato da una pressofusione di alluminio, ed è dotato di raccordo di ingresso, di sedi per gli elettroiniettori e di un raccordo per le tubazioni di prova.

**3.5. ELETTROINIETTORE**

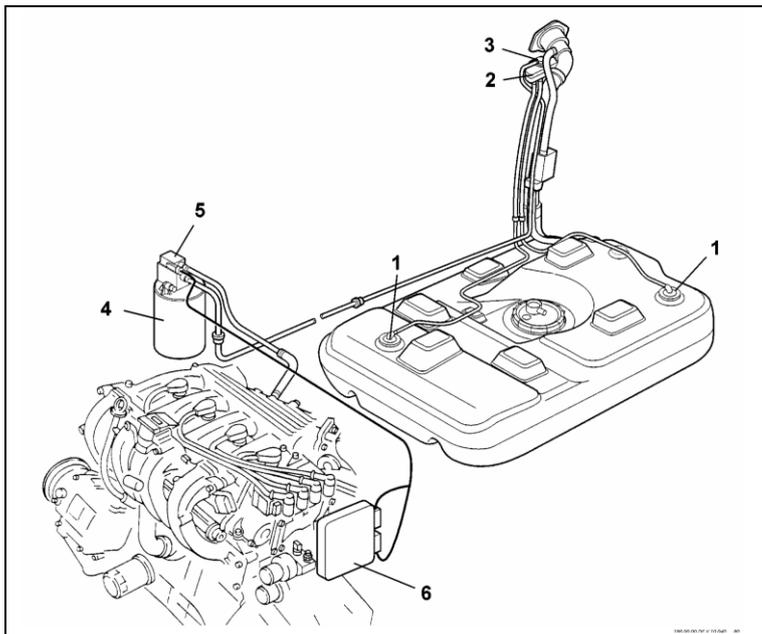
Gli iniettori sono degli attuatori elettromeccanici che hanno il compito di spruzzare, all'interno del collettore di aspirazione la quantità di carburante più opportuna per il corretto funzionamento del motore in ogni condizione.

Nei sistemi S.P.I. il carburante viene iniettato a monte della valvola a far falla, nei sistemi M.P.I. invece viene iniettato direttamente a monte delle valvole di aspirazione. Il carburante viene fornito agli iniettori con una pressione, relativa all'ambiente nel quale viene effettuata l'iniezione, predeterminata e costante, assicurata dal complessivo della pompa combustibile e del regolatore di pressione.

Concettualmente l'iniettore è un'elettrovalvola, chiusa in condizioni di riposo da un otturatore che impedisce il deflusso del carburante.

Il comando di attivazione degli iniettori è di tipo elettrico ed agisce sull'otturatore in modo da liberare l'ugello di spruzzo e consentire così l'erogazione del carburante.

#### 4. IMPIANTO ANTIEVAPORAZIONE CARBURANTE

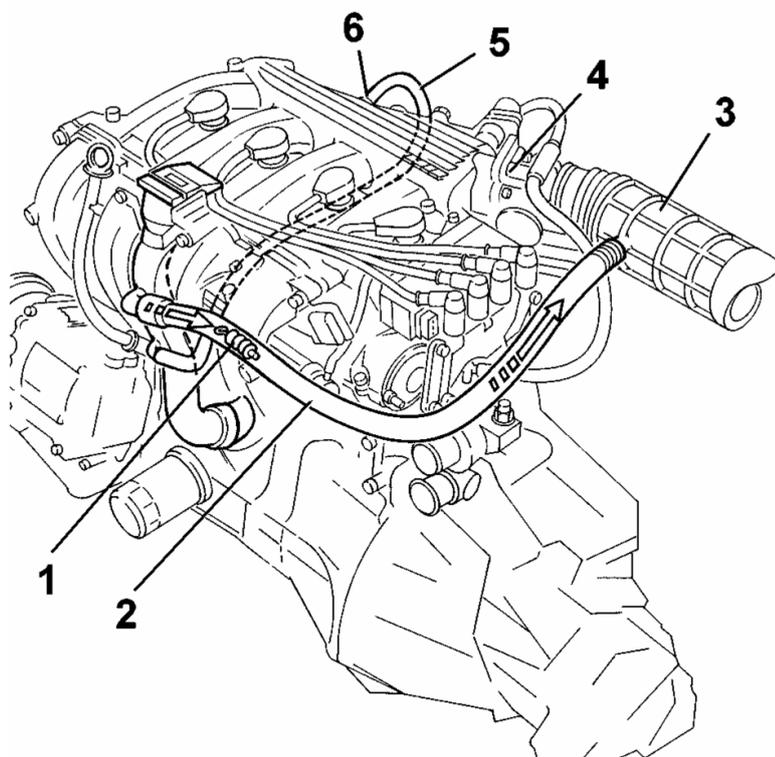


- valvola a galleggiante
- separatore vapori benzina
- valvola plurifunzioni
- canister
- elettrovalvola intercettatrice vapori
- 6. centralina controllo motore

**FUNZIONE:** l'impianto antievaporazione carburante ha lo scopo di impedire il diffondersi nell'atmosfera degli idrocarburi provenienti dal serbatoio e dall'impianto di alimentazione; il metodo più semplice per impedire la diffusione in atmosfera dei vapori benzina è quello di bruciarli nel motore; infatti tale impianto invia i vapori di combustibile evaporati nel blocco motore al collettore di aspirazione.

**FILTRO A CARBONI ATTIVI:** durante la marcia del veicolo quindi non esistono problemi, i problemi sorgono quando il veicolo è fermo a motore spento; in questo caso i vapori devono essere trattieneuti; a tale scopo vengono utilizzati degli appositi filtri a carboni attivi; un filtro a carboni attivi si comporta come una spugna, immagazzinando i vapori di benzina che gli vengono inviati tramite apposite tubazioni; naturalmente l'assorbimento di vapori da parte del filtro non può continuare indefinitamente in quanto, dopo un certo tempo, il filtro tende a giungere alla saturazione e quindi a perdere in efficacia; la rigenerazione del filtro viene effettuata, a veicolo in moto, facendolo attraversare da una frazione dell'aria di aspirazione del motore; durante questo lavaggio, dal filtro vengono risucchiati anche gli idrocarburi che vi erano immagazzinati che vengono quindi inviati in aspirazione al motore e bruciati in camera di combustione.

**VALVOLA INTERCETTATRICE DEI VAPORI BENZINA:** questa valvola, che permette l'aspirazione degli stessi da parte del motore, può essere a comando pneumatico o elettrico; in entrambe i casi il passaggio dei vapori attraverso la valvola è consentito solo in determinate condizioni di funzionamento del motore, per prevenire eccessivi arricchimenti della miscela.

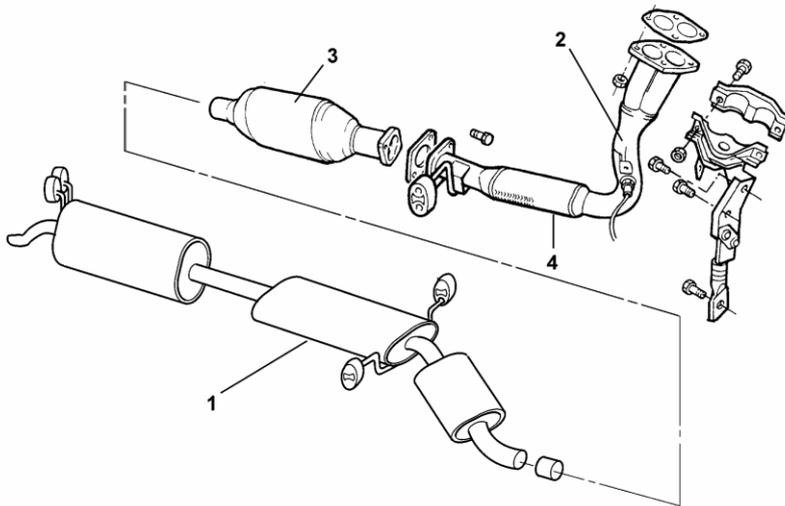
**5. IMPIANTO RICIRCOLO GAS DAL BASAMENTO**

- 1. spegnifiamma
- 2. tubazione principale ricircolo gas di scarico
- 3. manicotto di collegamento filtro aria – corpo farfallato
- 4. corpo farfallato
- 5. tubicino ricircolo gas di scarico al regime minimo
- 6. foro calibrato

**FUNZIONE:** l'impianto controlla le emissioni provenienti dal basamento motore, facendo ricircolare all'aspirazione i gas di sfiato, costituiti da miscele aria-benzina e dai gas combusti che trafilano dalla tenuta degli anelli degli stantuffi, nonché dai vapori di olio lubrificante.

**FUNZIONAMENTO:** i gas di sfiato, attraversando il separatore a ciclone o a labirinto, perdono parte dell'olio in essi contenuto che, sotto forma di gocce, torna nella coppa; con farfalla acceleratore aperta i gas di sfiato provenienti dal basamento raggiungono il manicotto di collegamento filtro aria-corpo farfallato (3) attraverso la tubazione (2), all'interno della quale è montato uno spegnifiamma (1) per prevenire fenomeni di combustione dovuti a ritorni di fiamma dal corpo farfallato (4); con farfalla acceleratore chiusa (motore al minimo), la depressione presente nel collettore di aspirazione, aspira i gas (in quantità limitata) direttamente attraverso il tubicino (5) ed il foro calibrato (6).

## 6. IMPIANTO DI SCARICO

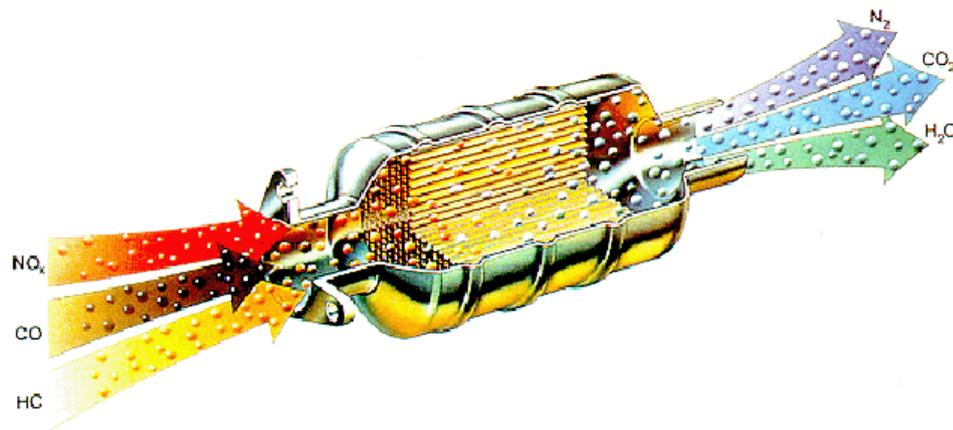


- tubazione di scarico posteriore con silenzatori
- tubazione di scarico anteriore convertitore catalitico
- 4. elemento flessibile

**FUNZIONE:** l'impianto di scarico ha la funzione di raccogliere i gas combusti in uscita dal motore, di trattare tali gas perché vengano ridotte le quantità di inquinanti prima che detti gas vengano emessi in atmosfera, di raffreddarli in parte e ridurre il rumore legato allo scarico.

**COSTITUZIONE:** i gas di scarico del motore confluiscono in un collettore e quindi, tramite un tubo di scarico al convertitore catalitico a tre vie che opera una azione di trasformazione chimica dei composti inquinanti in altri meno dannosi od innocui; nella parte anteriore della tubazione di scarico è presente un elemento flessibile per limitare la trasmissione di vibrazioni all'abitacolo; il tratto posteriore di scarico è costituito invece da un certo numero di silenzatori al fine di limitare il rumore legato allo scarico.

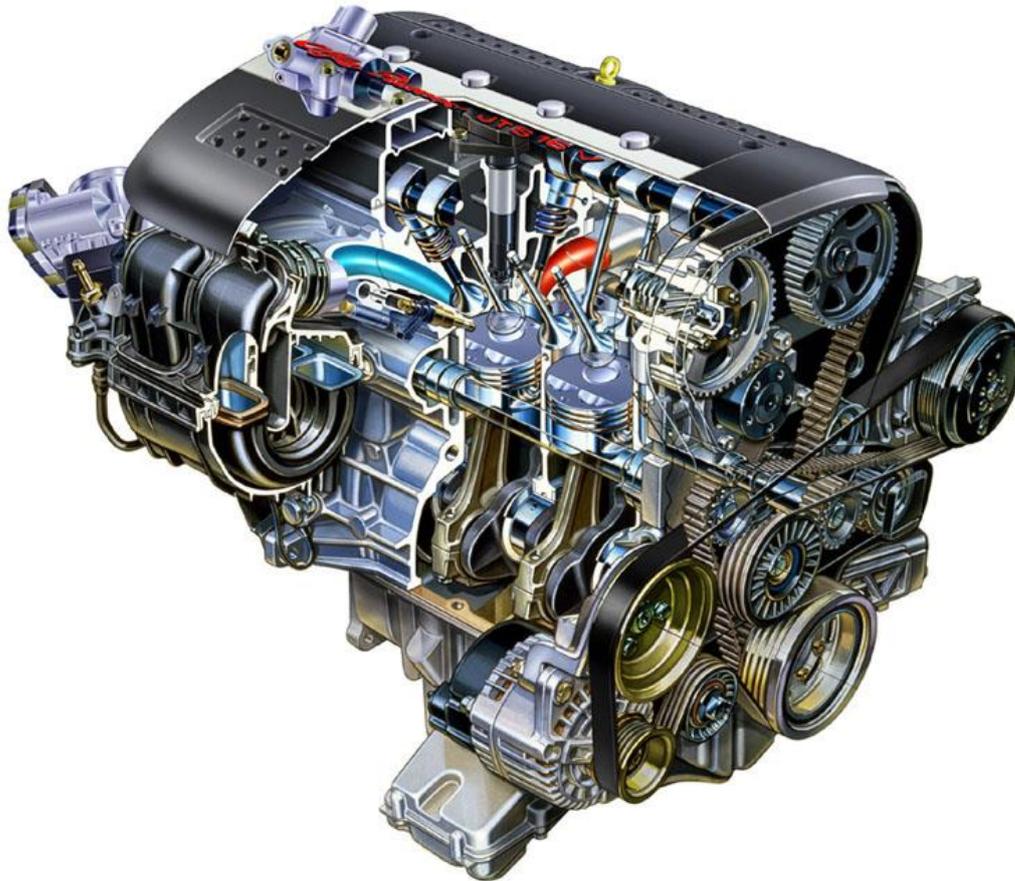
## 6.1. CONVERTITORE CATALITICO



**FUNZIONE:** il convertitore catalitico trivalente ha la funzione di abbattere contemporaneamente i tre composti inquinanti presenti nei gas di scarico; in particolare il convertitore catalitico opera la riduzione degli NO<sub>x</sub> in N<sub>2</sub> (azoto gassoso) e la ossidazione rispettivamente di CO in CO<sub>2</sub> e di HC in H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>, composti innocui (anche se la anidride carbonica è il principale responsabile dell'effetto serra e andrebbe annoverato tra le sostanze nocive, anche se indirettamente, per l'uomo).

**COSTITUZIONE:** il convertitore è composto da un monolita, da un supporto in rete metallica per ammortizzare urti e vibrazioni e di un involucro esterno in acciaio inossidabile resistente alle alte temperature ed agli agenti atmosferici; il monolita è realizzato con una struttura a nido d'ape composta di materiale ceramico rivestito da un sottilissimo strato di sostanze cataliticamente attive (palladio e rodio) che accelerano la decomposizione chimica delle sostanze nocive contenute nei gas di scarico, i quali, attraversando le celle del cuore a temperature superiori ai 300–350° C attivano i catalizzatori avviando le operazioni di trasformazione chimica. Per ottimizzare la efficienza e la durata del catalizzatore, un cono forato di lamiera migliora la diffusione dei gas di scarico nelle celle del cuore ceramico.

## 7. INIEZIONE DIRETTA DI BENZINA (JTS)



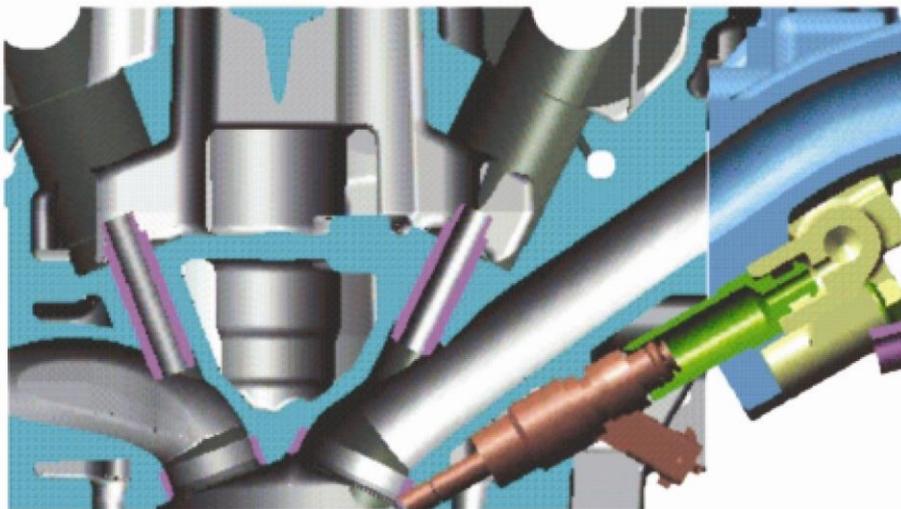
La vettura 156 viene equipaggiata con un motore di 2000cc ad iniezione diretta di benzina denominato JTS (dall'inglese Jet Thrust Stoichiometric); tale motore rispetto a quanto già trattato realizza l'iniezione della benzina non nei condotti di aspirazione ma direttamente nella camera di combustione.

Inoltre, il sistema di iniezione combustibile realizza per particolari condizioni di funzionamento del motore, una condizione di miscela non stechiometrica ed in particolare magra.

**CARATTERISTICHE:** il motore è dotato di quattro cilindri in linea, accensione statica con una candela per cilindro, distribuzione con doppio albero a camme in testa, variatore di fase elettroidraulico, punterie idrauliche, 4 valvole per cilindro, impianto di alimentazione combustibile con pompa di alta pressione per iniezione diretta, impianto di alimentazione aria con collettore di aspirazione modulare.



## 7.2. MOTORI AD INIEZIONE DIRETTA DI BENZINA



Nei motori ad iniezione diretta, la benzina è spruzzata direttamente nella camera di combustione e ciò raffredda l'aria più di quanto non avvenga nei propulsori tradizionali (dove gli abbassamenti di temperatura interessano i collettori di aspirazione).

La carica entrante si raffredda e, di conseguenza, aumenta la densità dell'aria; ciò si traduce in un aumento del riempimento dei cilindri.

Una seconda positività risiede nella possibilità di aumentare il rapporto di compressione del motore, poiché la ridotta temperatura della carica allontana il pericolo di detonazione.

Infine, la tempestività dell'arrivo del combustibile nella camera di combustione, si traduce in una maggiore prontezza di risposta del motore all'acceleratore.

**IL MOTORE ALFA:** questo motore rappresenta la sintesi tra le due filosofie già spiegate, in quanto si tratta di un motore ad iniezione diretta di benzina con miscela stratificata (in particolari condizioni di funzionamento del motore).

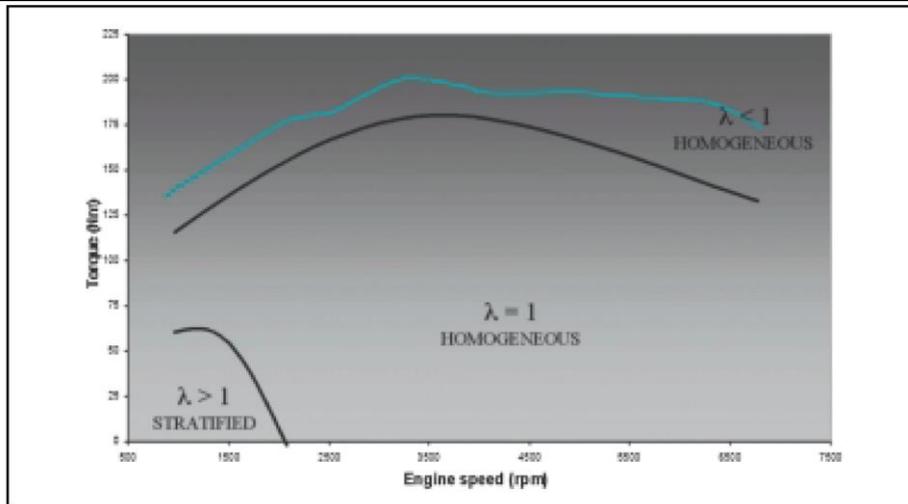
L'adozione della iniezione diretta di combustibile ha permesso di aumentare le prestazioni del motore passando dai 110 kW a 6300 giri/min del motore Twin Spark ai 121 kW a 6400 giri/min.

Per far fronte al rispetto delle normative antinquinamento EURO 4 ed in particolare riguardo alle emissioni di NOx, si è reso necessario ricorrere al ricircolo dei gas di scarico.

Tale ricircolo viene effettuato internamente alla camera di combustione accentuando l'incrocio delle valvole in fase di scarico: si attua così la cosiddetta "Internal Gas Recirculation" o IGR.

Ciò risolve il problema delle emissioni di NOx ma procura uno smagrimo della miscela che rischia di provocare difficoltà di accensione della miscela. Ciò viene risolto utilizzando la stratificazione della miscela.

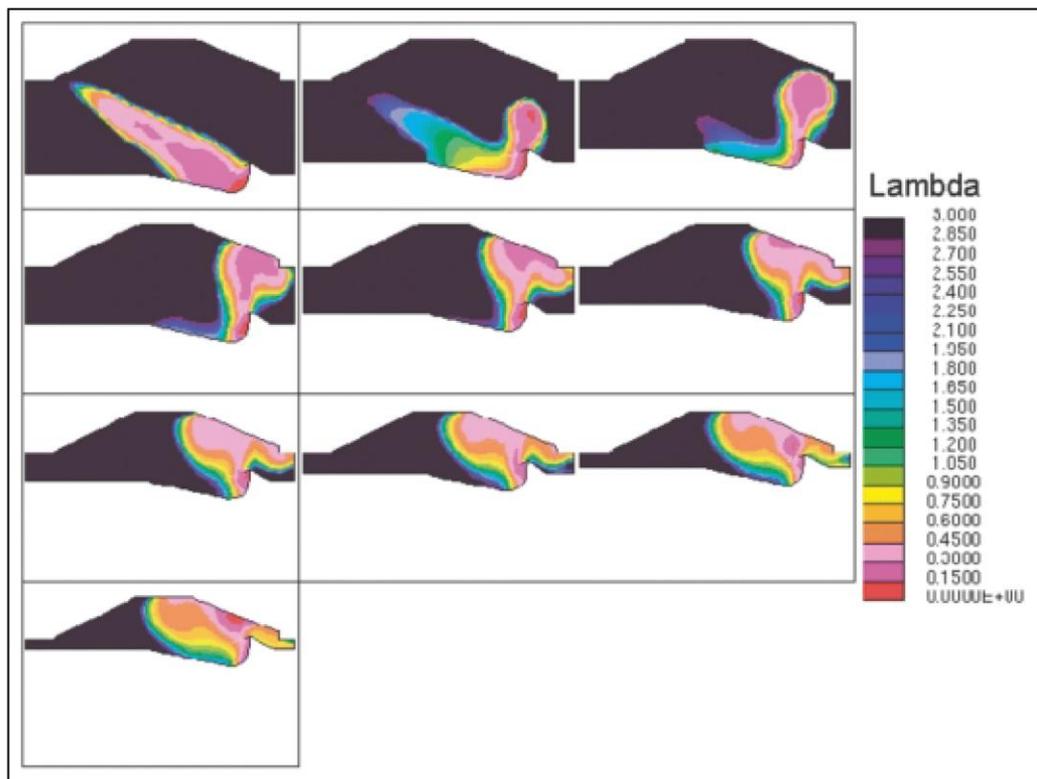
## 7.3. STRATIFICAZIONE DELLA MISCELA

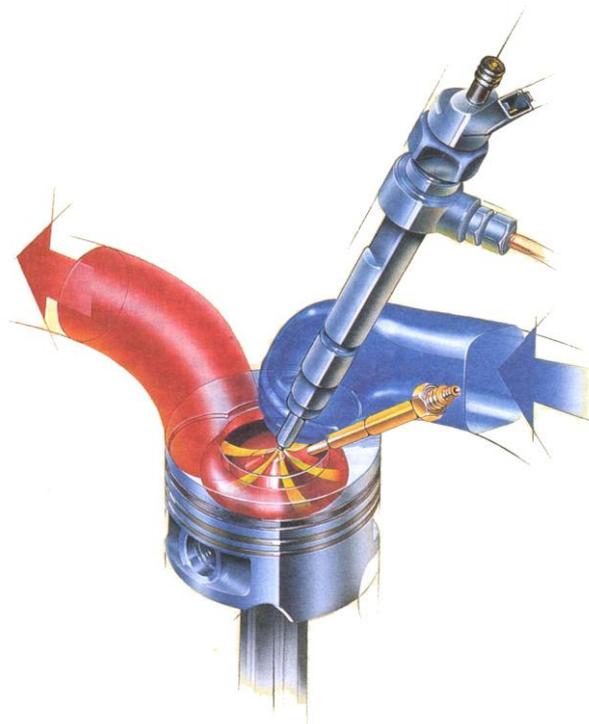


La stratificazione della miscela viene ottenuta ritardando l'iniezione del combustibile, il quale viene a sua volta spruzzato dentro una piccola conca ricavata sul cielo del pistone e che ha la funzione di deviare la benzina verso la candela.

Questa condizione è presente fino ai 1500 giri/min, dopo di che il funzionamento del motore è di tipo a miscela stechiometrica.

Il grafico sotto riportato visualizza come il getto della benzina venga deviato dalla conca sopra lo stantuffo per investire la candela.



**ALIMENTAZIONE MOTORI DIESEL****1. IL PROCESSO DI COMBUSTIONE**

Per i Diesel la “gestione” del motore viene effettuata variando le condizioni di alimentazione dell’aria e del combustibile e regolando opportunamente l’istante di inizio mandata iniezione (anticipo rispetto al P.M.S.). Il motore Diesel ha la particolarità di aspirare solo aria, attraverso il circuito appositamente predisposto, mentre l’apporto del combustibile avviene direttamente nella camera di combustione (o precamera); l’istante di accensione viene in questo caso a coincidere con l’inizio dell’iniezione.

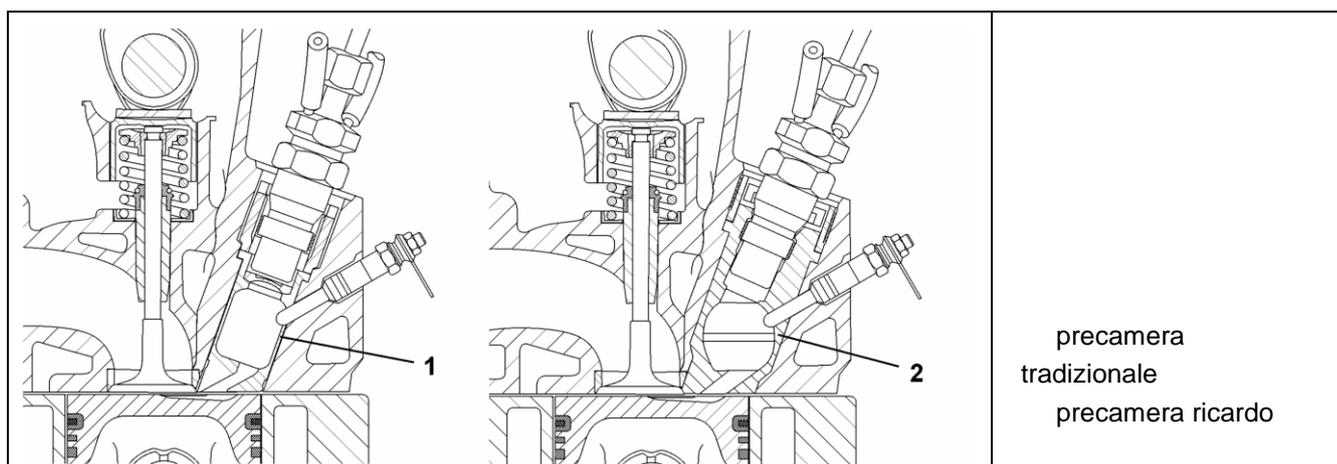
Nei motori Diesel, la combustione avviene spontaneamente in quanto il combustibile, iniettato direttamente nella camera di combustione al termine della fase di compressione, vi trova condizioni di temperatura e pressione tali da provocarne l’autoaccensione.

L’iniezione ha inizio prima che lo stantuffo abbia raggiunto il P.M.S. e si prolunga per un tempo durante il quale la rotazione dell’albero motore può raggiungere anche i 35°. Man mano che le particelle di combustibile entrano nella camera di combustione, si miscelano con l’aria compressa, che si trova ad una temperatura molto elevata, ed iniziano a bruciare. Questo avviene in qualsiasi punto della camera di combustione (anche contemporaneamente in punti diversi), quindi non si forma un vero e proprio fronte di fiamma come nel motore a ciclo Otto, ma si ha una combustione progressiva delle particelle di combustibile, via via che vengono iniettate.

Lo svolgimento della combustione così come l'utilizzazione dell'aria aspirata e quindi la pressione media raggiungibile nella camera di combustione dipendono in modo decisivo dalla composizione della miscela.

## 2. CAMERE DI COMBUSTIONE

### 2.1. INIEZIONE INDIRETTA



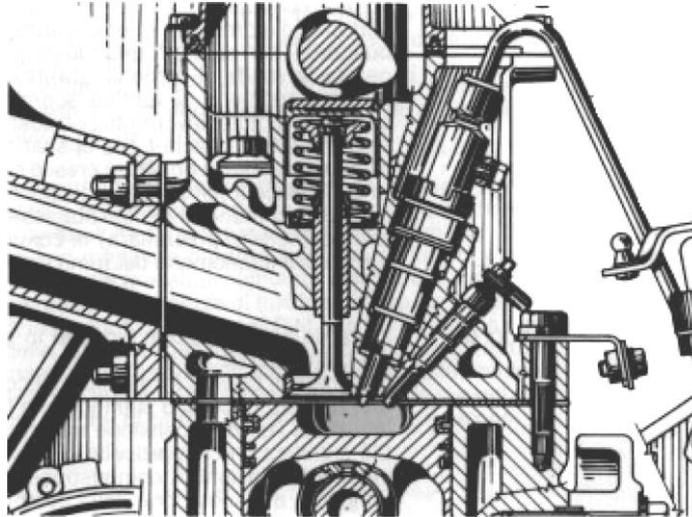
precamera  
tradizionale  
precamera ricardo

**PRECAMERE:** in questa tipologia di camere di combustione lo spazio in cui ha luogo la combustione è formato da due camere di cui una, quella principale, è compresa tra lo stantuffo e la testa cilindri, e l'altra, chiamata appunto precamera ad elevata turbolenza si trova, in genere, tutta nella testata. Le due camere comunicano tra di loro per mezzo di un orificio di sezione relativamente ristretta.

Il combustibile viene iniettato, verso la fine della corsa di compressione, da un iniettore a foro unico disposto nella camera di precombustione e diretto verso lo sbocco che questa ha nella camera del cilindro; una parte del combustibile brucia nella precamera provocandovi un aumento di pressione; di conseguenza il combustibile non ancora bruciato viene proiettato nella camera principale dove trova l'aria necessaria al completamento della combustione. La precamera costituisce così una specie di secondo sistema di iniezione, regolato unicamente dalla prima combustione che vi si sviluppa. Le pressioni massime sullo stantuffo risultano più basse di quelle che si riscontrano nel caso di camere ad iniezione diretta: di conseguenza gli organi del motore sono meno sollecitati ed il funzionamento è meno ruvido e rumoroso.

**PRECAMERA RICARDO:** nei motori 1910 D (utilizzato per esempio sulle vetture Punto) viene utilizzata una precamera RICARDO, di forma sferica. Consente alla massa di aria di animarsi di un moto vorticoso, che trascina il gasolio spruzzato dall'iniettore posto sulla precamera, migliorandone l'omogeneità della miscela e facilitandone la combustione, garantendo nel contempo una riduzione delle emissioni (tale motore soddisfa i limiti imposti dalla normativa CEE FASE 3) e una riduzione della ruvidezza di funzionamento del motore stesso.

## 2.2. INIEZIONE DIRETTA DI COMBUSTIBILE



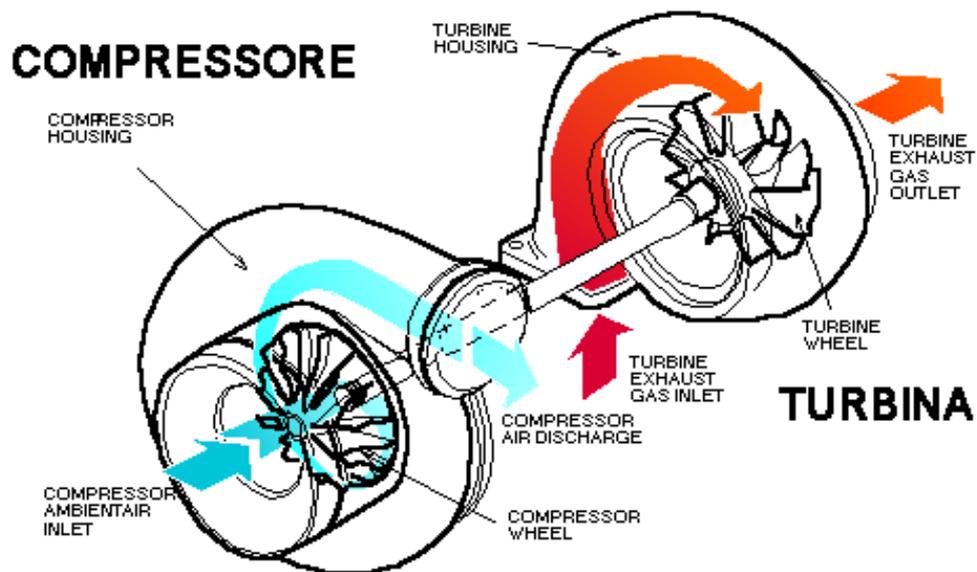
Nelle camere di combustione per motori ad iniezione diretta il combustibile è iniettato nella parte superiore del cilindro che funziona come camera di combustione: lo stantuffo è dotato di una opportuna sagomatura per favorire la turbolenza (camere di combustione toroidali).

Comunque il grado di turbolenza creato dalla forma della camera è relativamente basso per cui, per ottenere un'omogenea miscelazione fra il combustibile e l'aria compressa ed una giusta penetrazione e diffusione delle gocce di combustibile, si adotta un'alta pressione di iniezione ed un iniettore a più fori; questi tipi di camera sono molto adatti ai motori medi e lenti; nei motori veloci è necessario ridurre il tempo dell'iniezione e perciò bisogna aumentare la turbolenza, conferendo all'aria un moto vorticoso.

Per distribuire bene il combustibile e nello stesso tempo per impedire che gocce troppo grandi arrivino a depositarsi ancora incombuste sulle pareti relativamente vicine, il liquido è suddiviso in tanti piccoli getti aventi penetrazione adatta; l'iniettore porta perciò diversi fori di efflusso, che necessariamente sono assai piccoli (nei motori automobilistici possono raggiungere il valore minimo di 0,15 mm) ; la costruzione degli iniettori risulta perciò molto delicata e costosa.

In virtù delle ridotte perdite di calore attraverso le pareti e del notevole eccesso d'aria con il quale questo tipo di motore viene regolato, il consumo specifico risulta assai favorevole, specie nel caso in cui venga adottato un impianto di sovralimentazione.

### 3. SOVRALIMENTAZIONE



**SCOPO DELLA SOVRALIMENTAZIONE:** la potenza di un motore è direttamente proporzionale alla massa d'aria ed alla corrispondente quantità di combustibile che possono essere introdotte nei cilindri; è possibile quindi aumentare la potenza del motore immettendo, ad ogni ciclo, un quantitativo di aria maggiore di quello che il motore può aspirare autonomamente, tramite il movimento degli stantuffi.

**EFFETTI:** la maggior quantità di aria immessa, permette di bruciare un più elevato quantitativo di combustibile, che produce un aumento di pressione, di lavoro e di potenza sviluppata dal motore.

Nei motori a ciclo Diesel, l'aumento di pressione, unitamente alla più elevata turbolenza provocata dalla maggiore quantità di aria entrata nel cilindro, tende a ridurre il ritardo all'accensione e quindi rende la combustione meno ruvida.

**LIMITI:** talvolta, per limitare la pressione massima del ciclo, il rapporto di compressione dei motori Diesel sovralimentati è leggermente inferiore rispetto a quello degli analoghi motori aspirati, ma questo riduce di poco il rendimento poiché il rapporto di compressione del motore a ciclo Diesel è già molto elevato (maggiore di 20:1).

**TURBOCOMPRESSORE A GAS DI SCARICO:** i motori a ciclo Diesel sovralimentati adottano di norma un turbocompressore a gas di scarico costituito da una turbina e da un compressore calettati sullo stesso albero, la prima investita dai gas di scarico e il secondo che, trascinato in rotazione dalla turbina, comprime l'aria.

### 3.1. FUNZIONAMENTO E COMPONENTI



**COSTITUZIONE:** il turbocompressore a gas di scarico è costituito da quattro componenti fondamentali: la turbina, il compressore, l'albero di collegamento e le chioccioline che contengono i suddetti elementi.

**TURBINA:** la turbina è costituita da una serie di palette calettate su un albero, messe in rotazione dai gas di scarico provenienti dal condotto di scarico del motore; tali gas, che fluiscono ad alta velocità, trasferiscono la loro energia cinetica alle palette della turbina provocando la rotazione di quest'ultima;

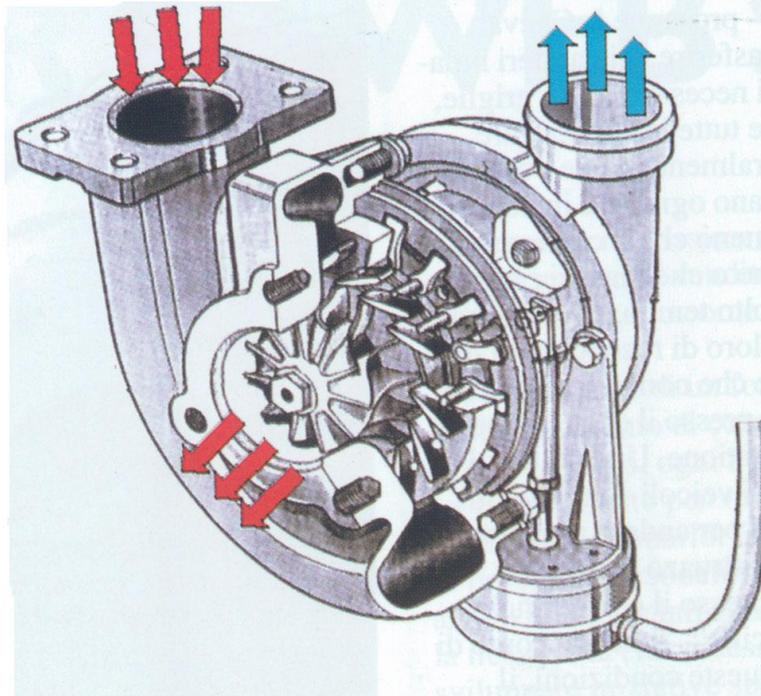
**ALBERO DI COLLEGAMENTO:** l'albero di collegamento tra turbina e compressore ha lo scopo di trasferire il moto della turbina alla girante del compressore;

**COMPRESSORE:** il compressore, messo in rotazione dalla turbina, aspira l'aria dal condotto di aspirazione e la accelera, per inviarla, attraverso la chiocciolina al collettore di aspirazione del motore.

**CHIOCCIOLE:** le due chioccioline che contengono la girante della turbina e del compressore, hanno le seguenti funzioni:

- la chiocciolina della turbina ha la funzione di distribuire la portata di gas di carico, proveniente dal collettore di scarico alle palette della turbina;
- la chiocciolina della girante ha la funzione di rallentare la portata di aria messa in movimento dal compressore, trasformando l'energia cinetica posseduta dalla corrente di aria in energia di pressione e di inviare tale portata di aria in pressione ai condotti di aspirazione del motore.

### 3.2. TURBOCOMPRESSORE A GEOMETRIA VARIABILE



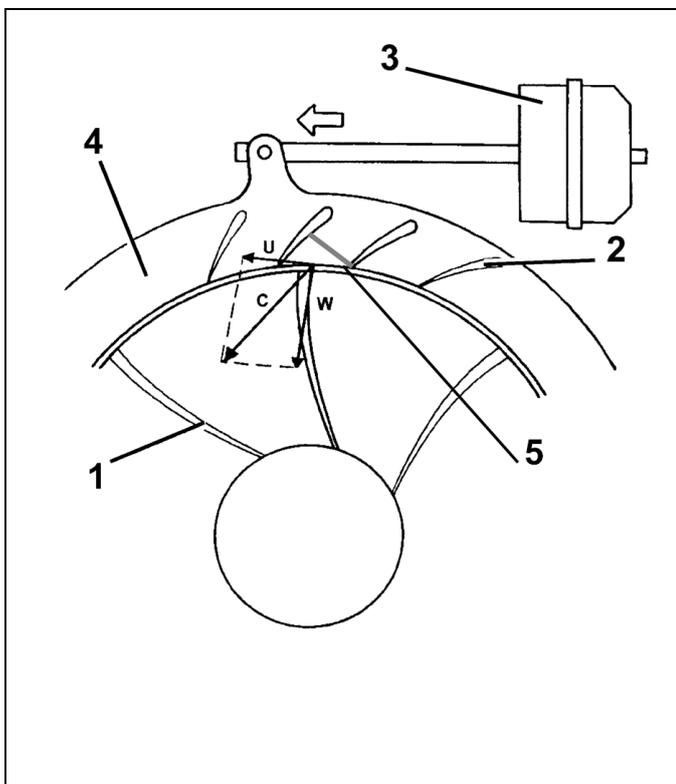
**COSTITUZIONE:** Il turbocompressore a geometria variabile è composto da un compressore centrifugo e da una turbina dotata di una serie di palette mobili che, modificando l'area della sezione di passaggio dei gas diretti alla turbina stessa, ne regolano la velocità.

**CARATTERISTICHE:** grazie a questa soluzione è possibile mantenere elevata la velocità dei gas e della turbina anche quando il motore funziona ai bassi regimi. Infatti facendo passare i gas attraverso piccole sezioni, ed ottimizzando la direzione del flusso, essi fluiscono ad una velocità maggiore, cosicché anche la turbina gira più velocemente. Le palette mobili, vincolate meccanicamente all'anello di unione, si trovano nella condizione di massima chiusura ai bassi regimi. La rotazione dell'anello e quindi l'orientamento delle palette, viene effettuata tramite un tirante, comandato meccanicamente da un attuatore di tipo pneumatico, in funzione della pressione di funzionamento del compressore.

**VANTAGGI:** il turbocompressore a geometria variabile consente di:

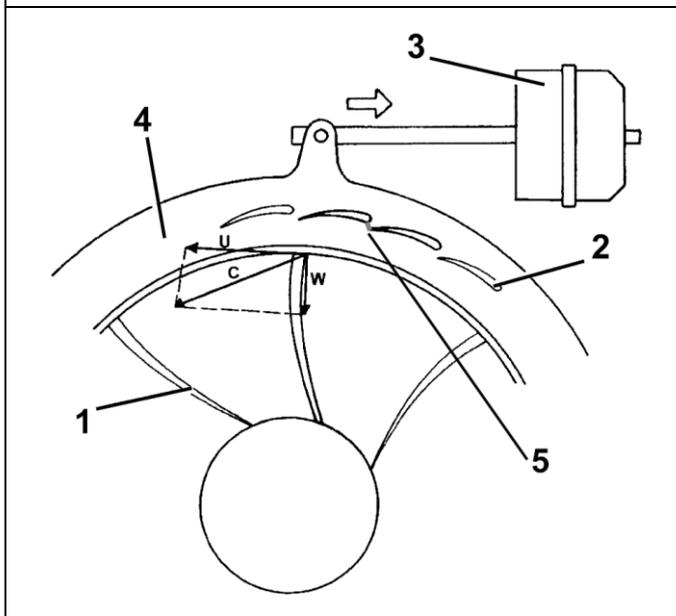
- aumentare la velocità dei gas di scarico che investono la turbina ai bassi regimi del motore
- regolare continuamente la velocità dei gas di scarico che investono la turbina a tutti i regimi allo scopo di avere già dai bassi regimi di rotazione (con motore sotto carico) il massimo rendimento volumetrico del motore.

3.2.1. FUNZIONAMENTO DEL VGT



Aumentando il regime di rotazione del motore si ha un progressivo aumento della energia cinetica dei gas di scarico; di conseguenza a parità di sezione di passaggio del distributore, si avrebbe un aumento della velocità del turbina, quindi del compressore ed una maggiore sovralimentazione.

In queste condizioni interviene l'attuatore di comando delle palette (su comando della centralina elettronica che rileva un aumento della pressione di sovralimentazione oltre il limite consentito) che provvede ad aumentare la sezione di passaggio dei gas di scarico e quindi a rallentarli.



A basso numero di giri i gas posseggono una bassa energia cinetica insufficiente a garantire una pressione di sovralimentazione ottimale.

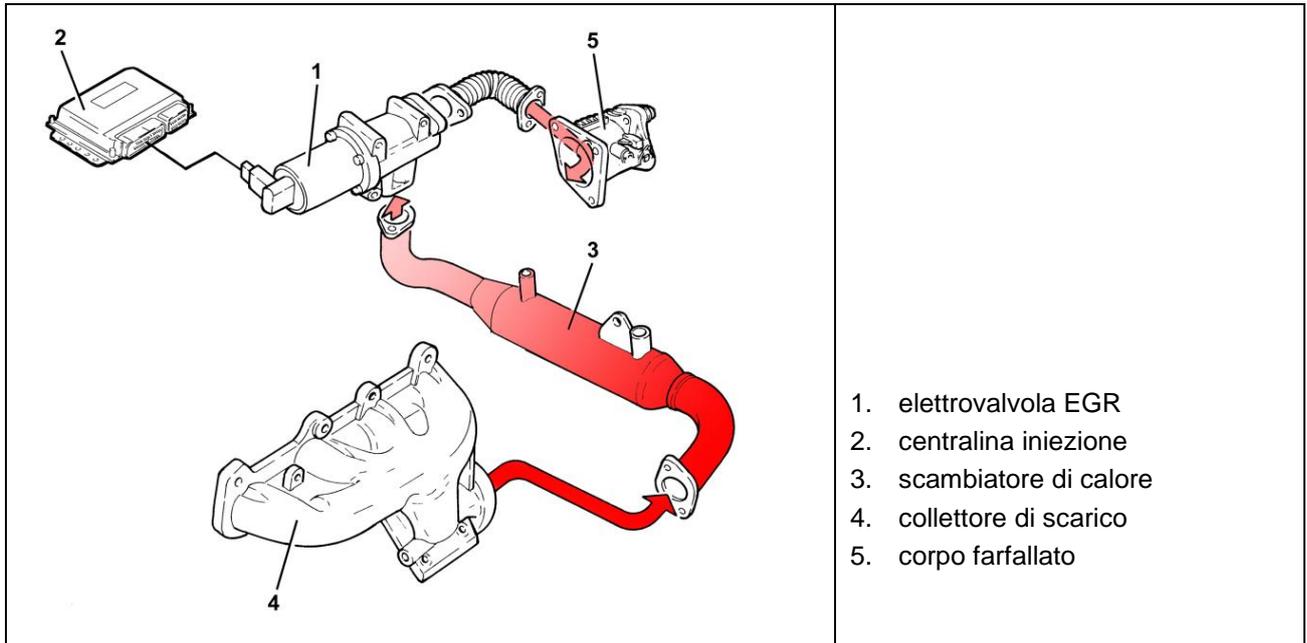
In queste condizioni l'attuatore comando palette provvede a ridurre la sezione di passaggio dei gas di scarico e quindi ad accelerarli.

Maggiori velocità di ammissione in turbina comportano maggiori velocità periferiche della turbina e quindi del compressore centrifugo.

- 1. turbina
- 2. palette
- 3. attuatore pneumatico

- 4. anello rotante
- 5. sezione di passaggio

#### 4. IMPIANTO RICIRCOLO GAS DI SCARICO



**FUNZIONE:** l'impianto EGR permette di inviare alla aspirazione una parte (variabile dal 5 al 15%) dei gas di scarico, in determinate condizioni di funzionamento. Così facendo si abbassa la temperatura massima di combustione al di sotto dei 1800°C, oltre la quale, in condizioni di miscela magra, si ha la formazione di NOx

L'elettrovalvola EGR comandata dalla centralina elettronica svolge la funzione di reimmettere nell'aspirazione parte dei gas di scarico prelevati dal collettore di scarico.

Uno scambiatore di calore permette il parziale raffreddamento dei gas di scarico abbassando ulteriormente la temperatura della camera di combustione.

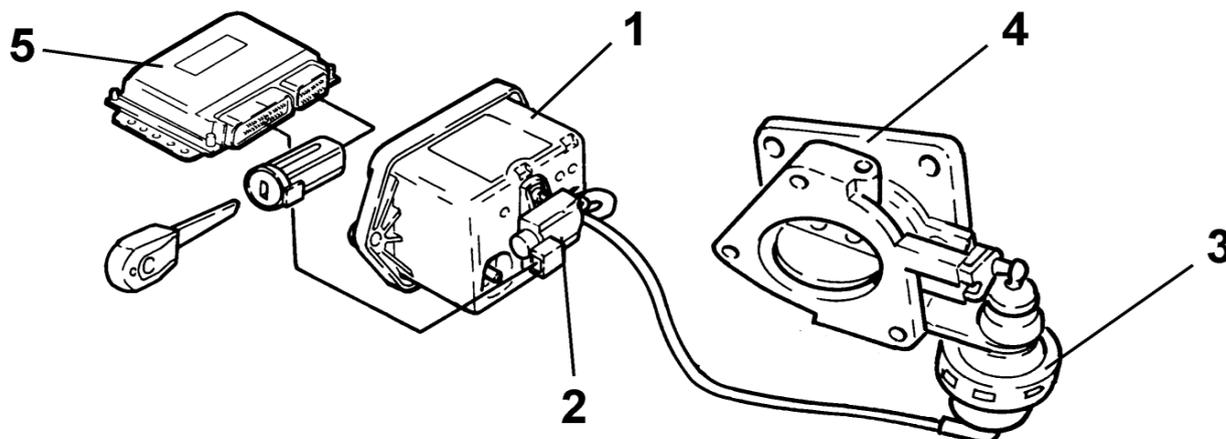
**FUNZIONAMENTO:** la centralina controllo motore, con temperatura liquido refrigerante >20°C e regime motore compreso tra 800 e 3000 giri / min, pilota con un segnale PWM l'elettrovalvola EGR.

La variazione del duty cycle di questo segnale consente alla bobina di spostare un attuatore, regolando così il flusso dei gas combusti dal collettore di scarico a quello di aspirazione, ottenendo due risultati:

- viene introdotta meno aria;
- viene abbassata la temperatura di combustione (per la presenza di gas inerti), riducendo di conseguenza la formazione di NOx;

La centralina è in grado di calcolare quantità di gas ricircolato per confronto tra la massa teorica aspirata per le date condizioni di regime motore (valore memorizzato nella sua mappatura) e la massa effettivamente aspirata che è quella che transita (e quindi viene misurata) attraverso il debimetro.

## 5. CORPO FARFALLATO



1. serbatoio del vuoto

2. elettrovalvola

3. attuatore comando corpo farfallato

4. corpo farfallato

5. centralina di iniezione

**FUNZIONE:** limitare lo scuotimento del motore durante la fase di spegnimento dello stesso. Per realizzare questa funzione a monte del cassoncino capacità aria, c'è un corpo farfallato che ha il compito di chiudere il passaggio di aria ai cilindri.

**FUNZIONAMENTO:** il corpo farfallato è in condizioni di riposo aperto, mentre il suo movimento di chiusura del condotto di aspirazione viene realizzato mediante un attuatore pneumatico.

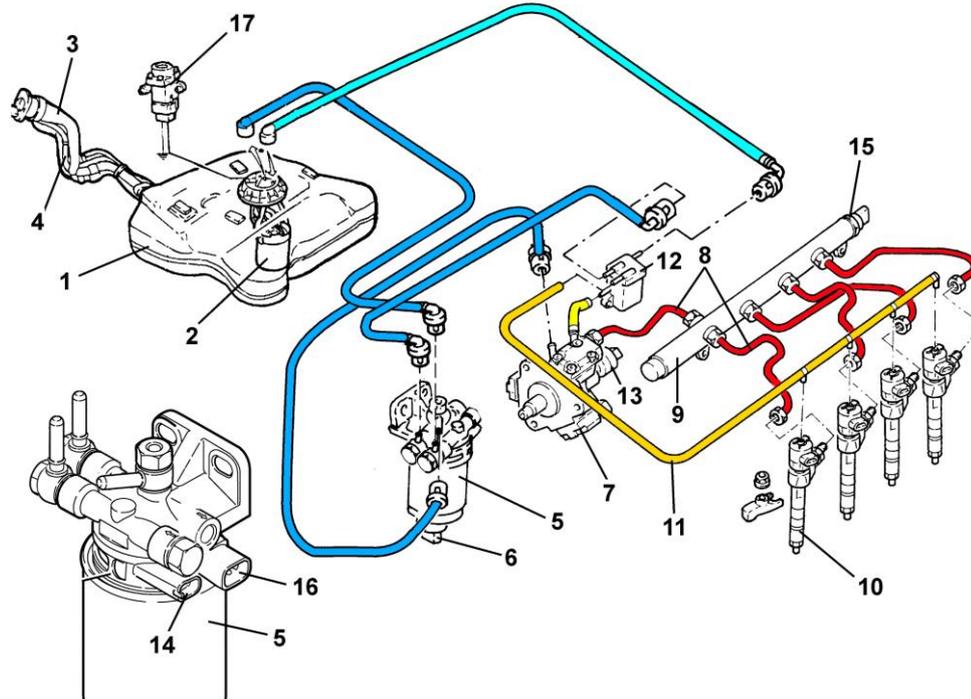
L'azione dell'attuatore pneumatico viene realizzata per mezzo della depressione accumulata in una apposito serbatoio del vuoto; il comando invece viene realizzato da una elettrovalvola alimentata dalla centralina elettronica.

**MOTORE SPENTO:** a motore spento il corpo farfallato rimane aperto perché non è presente depressione nell'accumulatore.

**MOTORE IN MOTO:** anche durante il funzionamento del motore, il corpo farfallato rimane aperto perché l'elettrovalvola rimane diseccitata e quindi non permette il passaggio dell'aria in depressione dal serbatoio del vuoto.

**SPEGNIMENTO DEL MOTORE:** durante lo spegnimento del motore, la centralina elettronica mantiene alimentato ancora per quattro o cinque secondi il relè alimentazione attuatori e contemporaneamente mette a massa l'elettrovalvola; quest'ultima, aprendosi, permette il passaggio della depressione dal serbatoio all'attuatore pneumatico che chiude la farfalla.

## 6. IMPIANTO ALIMENTAZIONE COMBUSTIBILE



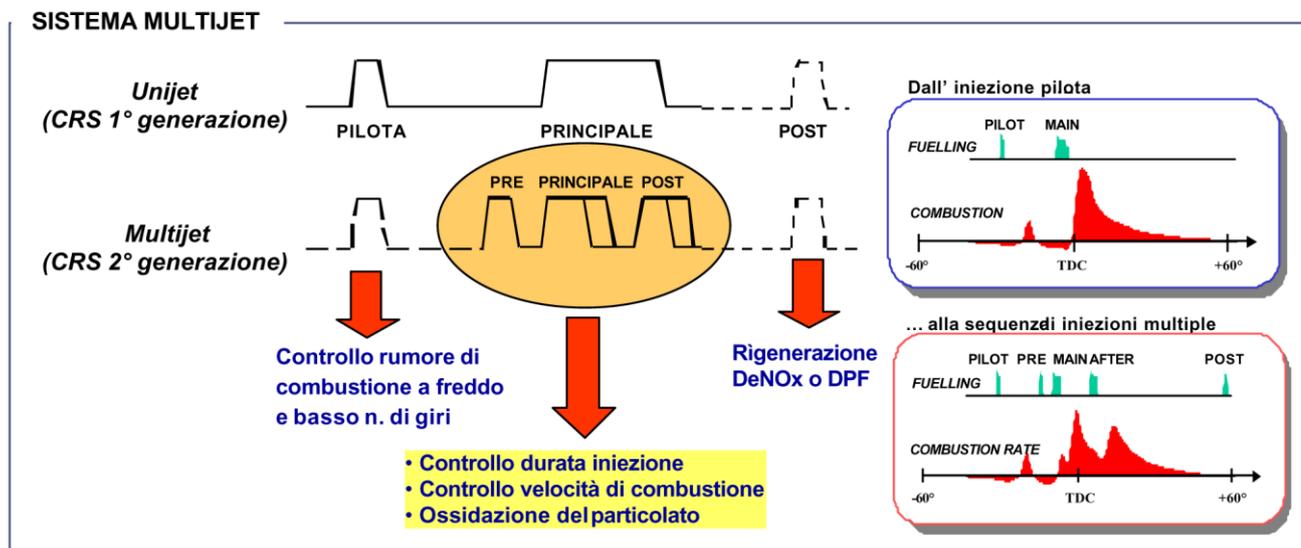
1. serbatoio combustibile
2. complessivo pompa immersa
3. tubo introduzione combustibile
4. tubazione di riflusso
5. filtro
6. sensore presenza acqua
7. pompa di alta pressione
8. tubazioni alta pressione
9. tubo collettore combustibile unico
10. elettroiniettori
11. tubazione ritorno da elettroiniettori
12. collettore ritorno combustibile
13. regolatore di pressione
14. sensore temperatura combustibile
15. sensore pressione combustibile
16. riscaldatore combustibile
17. interruttore inerziale

**SCOPO:** l'impianto di alimentazione combustibile (o di iniezione) è costituito da un insieme di dispositivi che provvedono alla introduzione del combustibile all'interno del cilindro, dosandone la quantità necessaria per ottenere una combustione regolare ed efficace;

**REQUISITI:** il buon funzionamento di un motore Diesel dipende in gran parte da una iniezione corretta, le condizioni essenziali che devono essere soddisfatte da un sistema di iniezione sono:

- Fornire ciascun cilindro e per ogni ciclo, la quantità di combustibile richiesta dal motore a seconda della velocità di rotazione e del carico, provvedendo in pratica alla dosatura;
- Introdurre il combustibile nell'istante più opportuno, ripetendo l'inizio dell'iniezione sempre nel medesimo punto del ciclo, scelto in modo da avvicinarsi il più possibile al ciclo ideale di funzionamento; tale istante deve essere modificabile in funzione del regime di rotazione;
- Nebulizzare il combustibile, suddividendolo in finissime goccioline per facilitare l'accensione;
- Dotare le goccioline di energia cinetica sufficiente per penetrare nella massa di aria compressa
- Diffondere il più uniformemente possibile le particelle di combustibile in tutte le direzioni, affinché possa venir utilizzata per la combustione la maggior parte possibile dell'aria racchiusa nel cilindro.

## 6.1. CARATTERISTICHE INIEZIONE MULTIJET

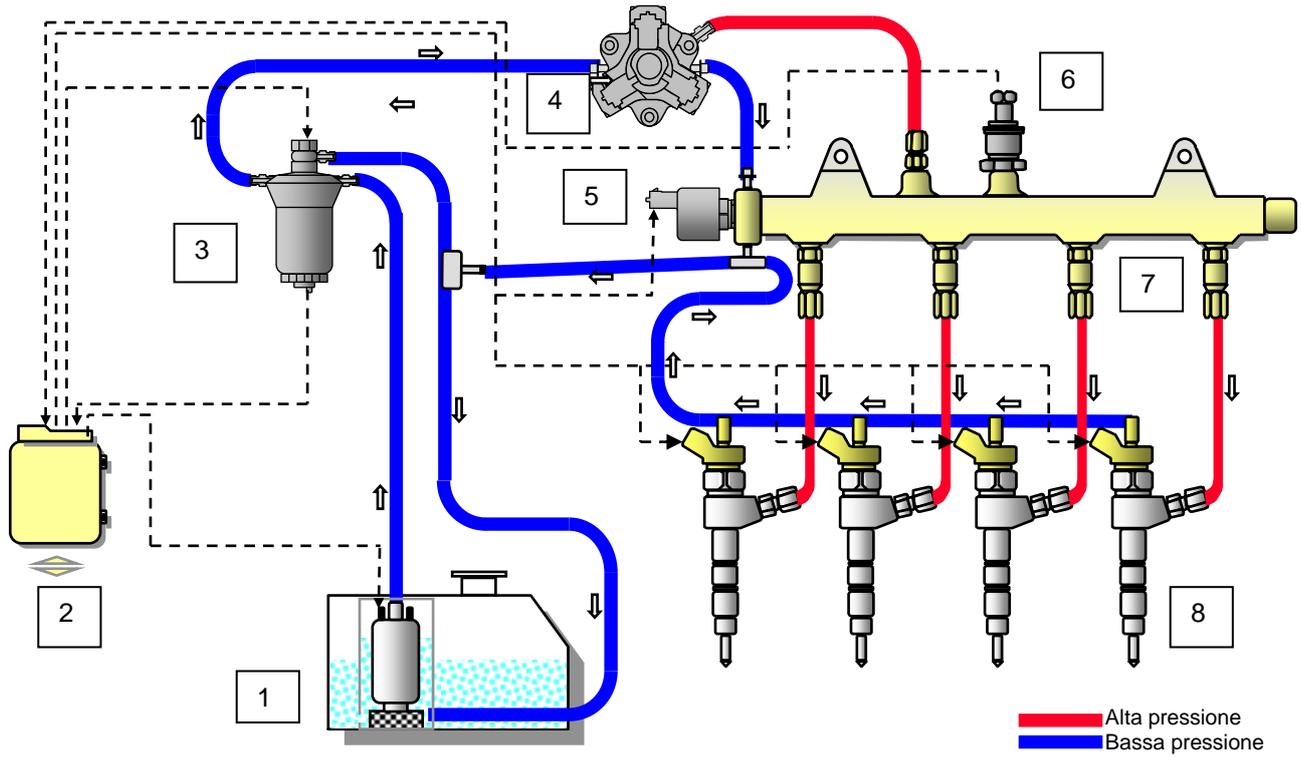


Il 1.3 JTD di seconda generazione impiega il sistema Multijet evoluzione del principio "Common Rail" che sfrutta il controllo elettronico degli iniettori per eseguire, durante ogni ciclo motore, un numero maggiore di iniezioni rispetto alle due attuali. In questo modo, la quantità di gasolio bruciata all'interno del cilindro resta la stessa, ma viene suddivisa in più parti, ottenendo una combustione più graduale.

Il segreto di Multijet è racchiuso nelle caratteristiche di progetto di centralina ed iniettori che consentono di eseguire una serie di iniezioni anche molto vicine tra loro. Tale processo di iniezione, assicura un controllo più preciso delle pressioni e delle temperature sviluppate nella camera di scoppio e un migliore sfruttamento dell'aria immessa nei cilindri.

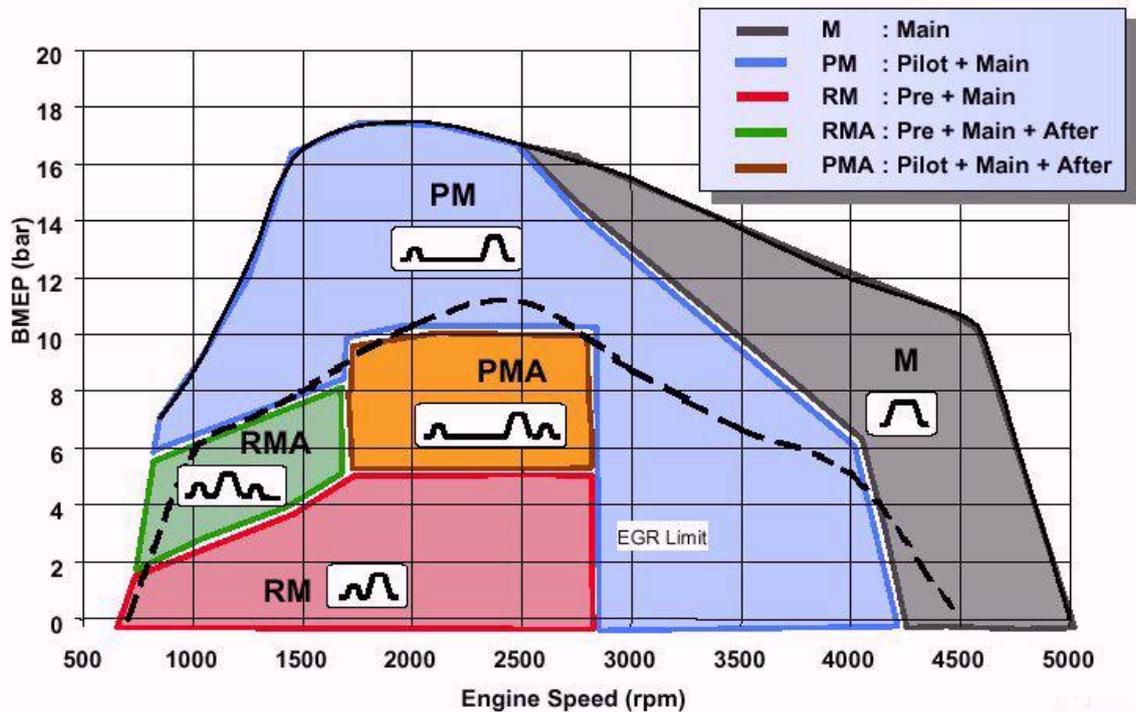
Il principio motoristico sul quale si è basato lo sviluppo di Multijet è semplice. Già oggi nei motori di tipo "Common Rail" viene fatta una pre-iniezione, o iniezione pilota, che innalza la temperatura e la pressione nel cilindro così da consentire una combustione più graduale rendendo il motore più silenzioso.

Potendo suddividere l'iniezione principale in iniezioni più piccole si riescono a raggiungere ulteriori traguardi: nel controllo del rumore di combustione, nella riduzione delle emissioni, nell'incremento delle prestazioni.

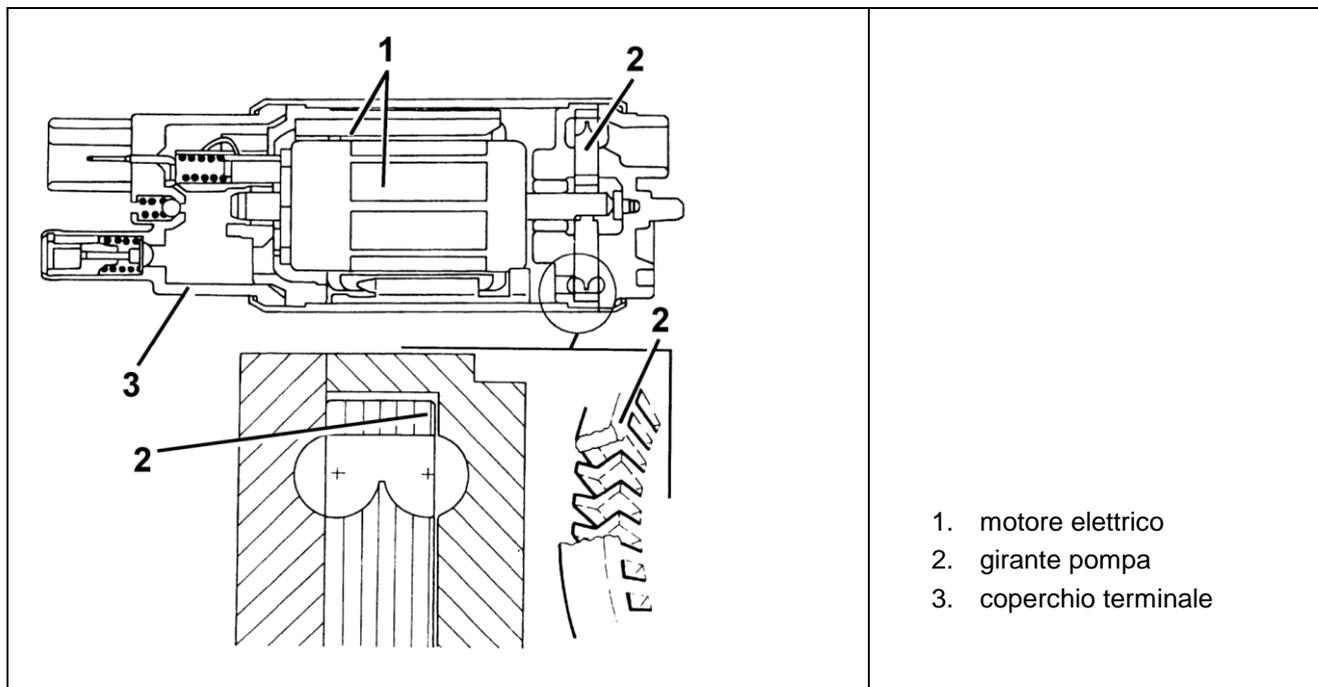


1.25 JTD E2 Diesel Engine

Warm conditions (water temperature > 20 °C)



## 6.2. ELETTROPOMPA COMBUSTIBILE



**FUNZIONE:** prelevare il gasolio dal serbatoio ed inviarlo alla pompa di alta pressione ad una pressione pari a 3,5 bar, per consentire il corretto funzionamento della pompa di alta pressione stesso.

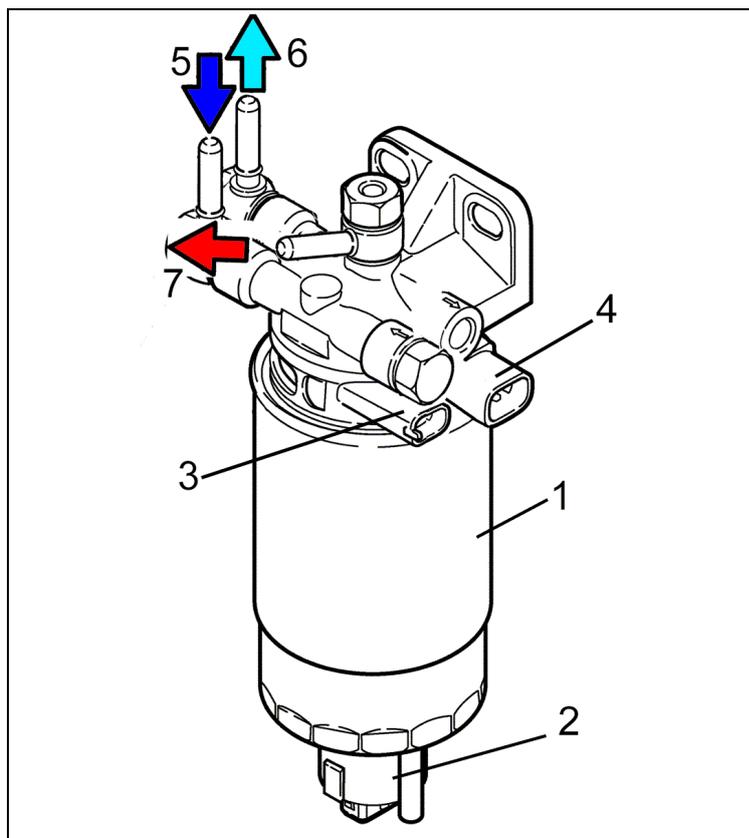
**UBICAZIONE;** all'interno del serbatoio combustibile.

**CARATTERISTICHE:** l'elettropompa combustibile è assemblata in un unico complessivo al misuratore di livello combustibile nel serbatoio ed al filtro combustibile; tali componenti non sono sostituibili singolarmente.

**FUNZIONAMENTO:** l'elettropompa è costituita da un motorino elettrico a magneti permanenti che comanda direttamente la girante della pompa: quest'ultima non è di tipo volumetrico, si tratta in realtà di una pompa centrifuga: la girante trasferisce al gasoli una certa energia cinetica al gasolio che nello statore viene trasformata in energia di pressione.

**VANTAGGI:** l'utilizzo di una pompa centrifuga, rispetto ad una volumetrica, consente di ottenere i seguenti vantaggi:

- alte prestazioni anche con basse tensioni di alimentazione del motore elettrico e basse temperature del fluido;
- peso ridotto;
- dimensioni limitate.

**6.3. FILTRO COMBUSTIBILE**

1. cartuccia con elemento filtrante
2. sensore presenza acqua nel filtro combustibile
3. sensore temperatura combustibile
4. dispositivo preriscaldamento combustibile
5. dalla elettropompa combustibile
6. ritorno al serbatoio
7. alla pompa di alta pressione

**FUNZIONE:**

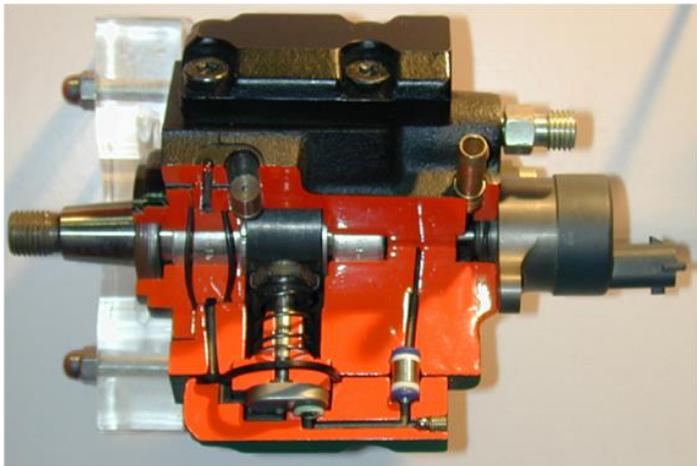
- filtrare il gasolio prima che venga inviato alla pompa di alta pressione;
- preriscaldare il gasolio prima che venga inviato alla pompa di alta pressione.

**UBICAZIONE:** il filtro combustibile è ubicato nel vano motore sulla paratia parafiamma.

**CARATTERISTICHE:** il filtro combustibile è di tipo a cartuccia filtrante costituito da un pacco di dischi in carta aventi una superficie filtrante di 5300 cm<sup>2</sup> e un grado di filtraggio di 4÷5µm.

**COMPONENTI:** il filtro combustibile è dotato, oltre alla cartuccia filtrante, anche dei seguenti componenti:

- sensore temperatura combustibile, che ha lo scopo di rilevare la temperatura del combustibile all'interno del filtro;
- dispositivo di preriscaldamento, che, comandato dalla centralina elettronica, ha lo scopo di riscaldare il combustibile;
- sensore presenza acqua nel filtro.

**6.4. POMPA DI ALTA PRESSIONE**

Pompa di alta pressione CP1



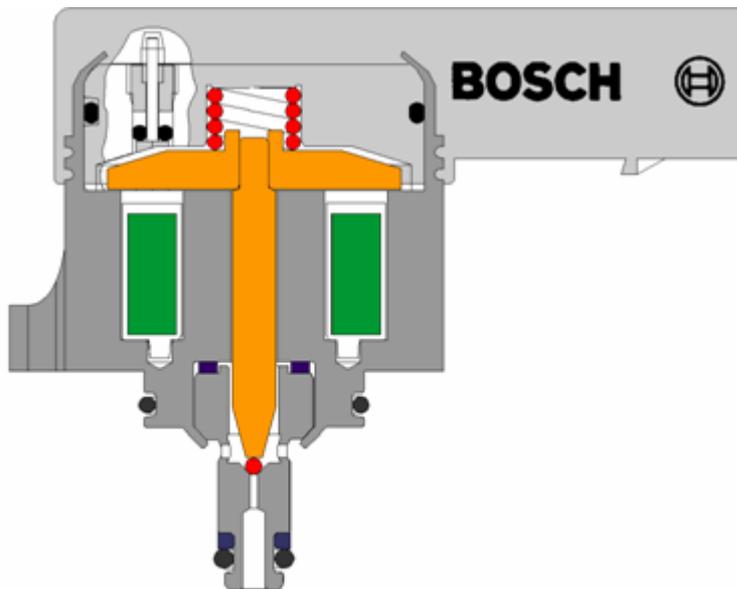
Pompa di alta pressione CP3

**GENERALITA':** La pompa di alimentazione del sistema Common Rail è denominata Radialjet perché l'effetto pompante viene realizzato mediante tre elementi pompanti (pistoni) disposti in direzione radiale rispetto all'asse di rotazione dell'albero della pompa. La distanza angolare tra un elemento pompante e l'altro è pari a 120°.

**FUNZIONE:** la pompa viene trascinata dal motore ad una velocità di rotazione pari a metà di quella del motore stesso (per motivi di opportunità rispetto al sistema tradizionale) tramite una trasmissione a cinghia dentata e senza la necessità di alcuna fasatura con il motore. La realizzazione della fasatura e della durata di iniezione sono, in tale sistema di iniezione, compiti demandati al sistema di controllo elettronico; tale pompa assolve il solo compito di mantenere permanentemente il combustibile contenuto nel collettore al livello di pressione richiesto.

**REQUISITI:** La pompa deve essere alimentata in bassa pressione con una pressione di almeno 0.5bar e con una portata minima di 0.5 lt/min in eccesso alla mandata, per consentire un buon raffreddamento. Tale alimentazione viene realizzata tramite una pompa elettrica di bassa pressione.

## 6.5. REGOLATORE DI PRESSIONE

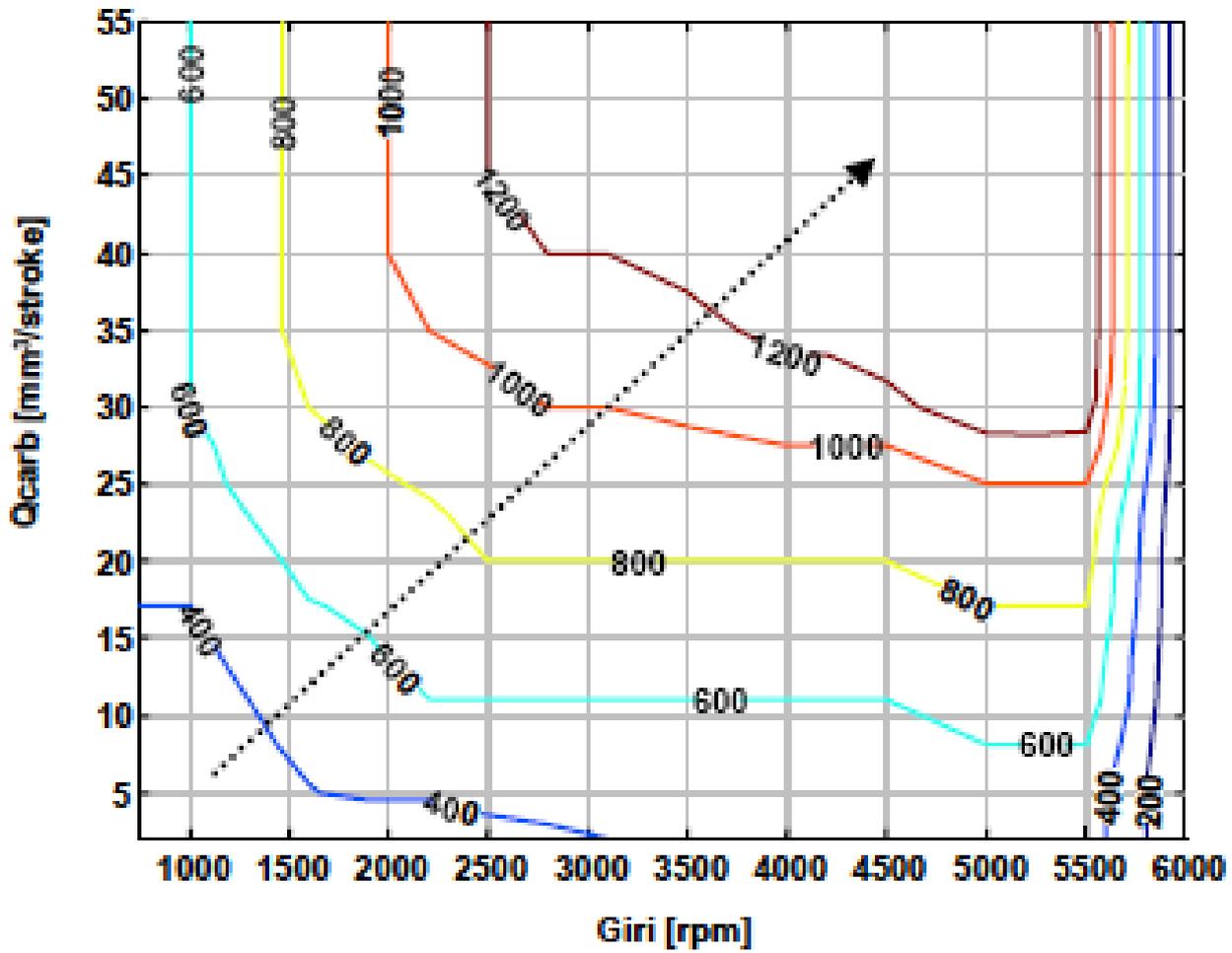


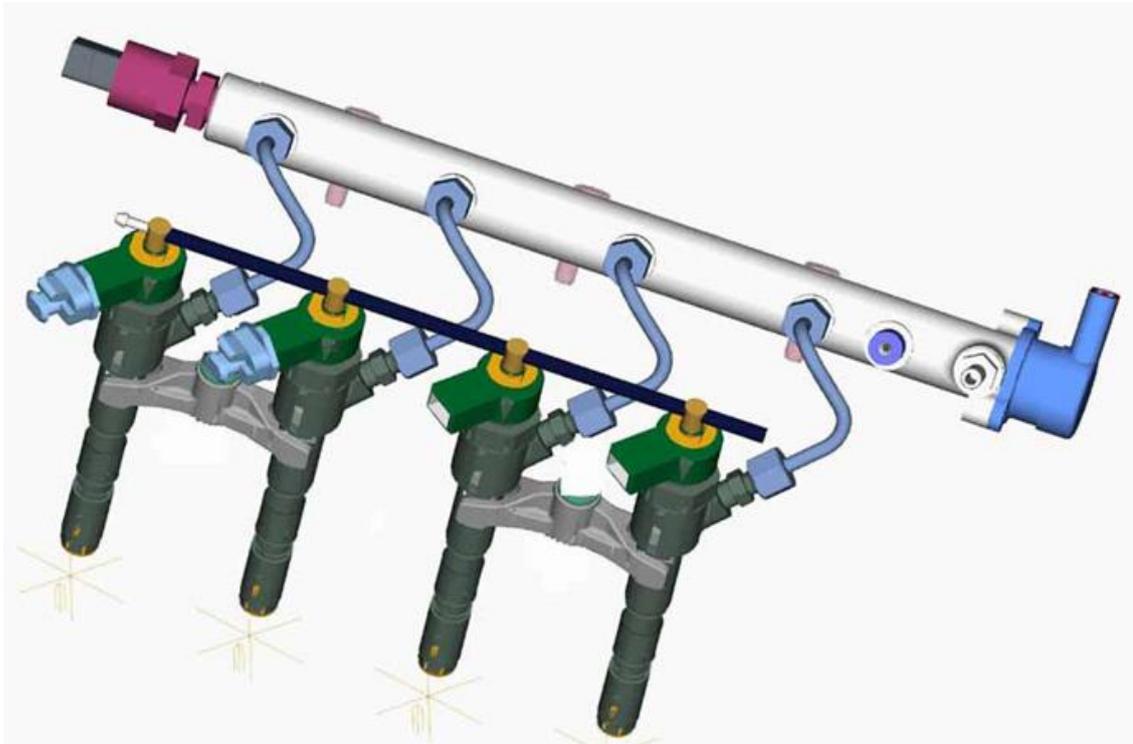
**CARATTERISTICHE:** il regolatore di pressione permette di regolare la pressione del combustibile presente nell'accumulatore; esso è costituito da un otturatore sferico mantenuto sulla sua sede conica da un'asta caricata da una molla e da una forza additiva generata da un solenoide, quando quest'ultimo è eccitato.

**FUNZIONAMENTO:** a solenoide diseccitato la pressione di mandata dipende dal precarico della molla (circa 150 bar a 1000 giri/min pompa); spessori di registro consentono di regolare tale precarico al valore desiderato; l'innalzamento della pressione di iniezione viene realizzato limitando la sezione di passaggio dell'otturatore mediante l'eccitazione del solenoide; incrementando, infatti, la corrente nella bobina del solenoide si accresce la forza esercitata dallo stesso solenoide sull'otturatore sferico, determinando una riduzione della sezione di passaggio dell'otturatore; questo limita la capacità d'efflusso del foro dell'otturatore e con essa la quantità di combustibile cortocircuitata verso il serbatoio, consentendo una maggiore alimentazione del collettore ed un conseguente innalzamento della pressione nello stesso.

**FUNZIONI DI SICUREZZA:** la scelta di far corrispondere incrementi (e non diminuzioni) di pressione di iniezione ad aumenti di corrente è resa necessaria da ragioni di sicurezza; in tale modo, infatti, in presenza di un guasto nel sistema di regolazione la pressione di iniezione si porta automaticamente al valore minimo.

6.5.1. DIAGRAMMA DELLA PRESSIONE REGOLATA



**6.6. RAIL**

**FUNZIONE:** il collettore di accumulo del gasolio ad alta pressione (rail), ha lo scopo di smorzare le oscillazioni di pressione presenti all'interno del combustibile dovute sia alle tre mandate

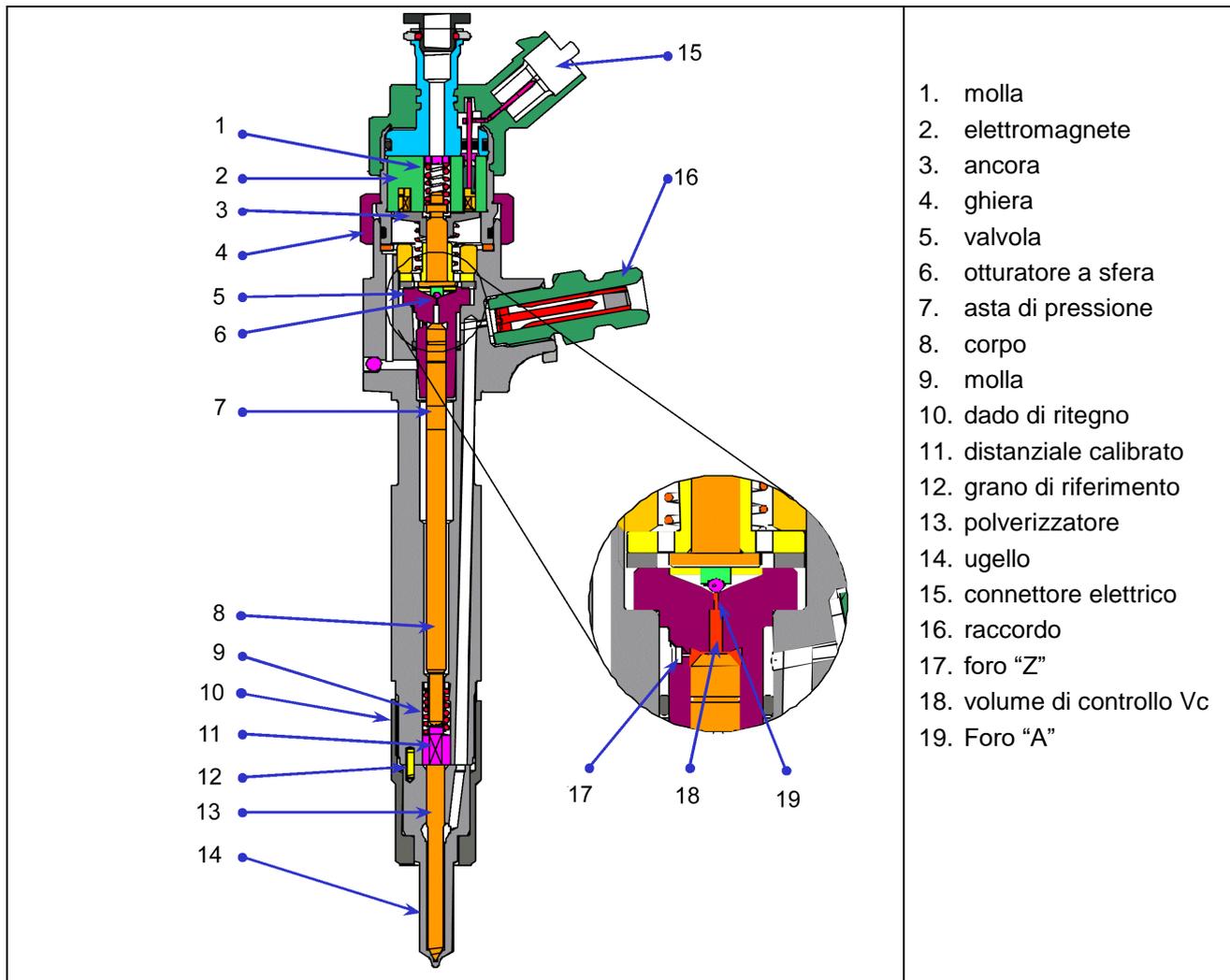
consecutive, che si susseguono durante ogni giro della pompa Radialjet, sia alle aperture periodiche degli iniettori.

**REQUISITI:** il volume interno del rail ( $40 \text{ cm}^3$  per un motore a 4 cilindri e 2l di cilindrata) è stato studiato opportunamente in modo da smorzare tali oscillazioni di pressione evitando però sia l'insorgenza di ritardi di adeguamento della pressione durante i transitori sia problemi di riempimento in fase di avviamento, durante la quale il rail si deve riempire il più rapidamente possibile. Più precisamente, un volume più piccolo permetterebbe lo svilupparsi di pulsazioni inaccettabili della pressione del combustibile, viceversa un volume più ampio causerebbe una dilatazione del tempo di risposta durante i transitori o problemi di riempimento della capacità durante la fase di avviamento del motore.

**CARATTERISTICHE:** il rail ha la forma di un parallelepipedo molto allungato nel quale è stata ricavata una cavità cilindrica ed è realizzato in acciaio per resistere alle elevate pressioni in esso presenti durante l'esercizio; alle estremità del rail sono praticati due fori filettati, il primo per il montaggio del sensore di pressione ed il secondo per l'introduzione di un tappo filettato,

sul quale è possibile, per esempio, inserire una termocoppia per la misura della temperatura del combustibile presente nel rail.

## 6.7. INIETTORI



**CARATTERISTICHE:** l'elettroiniettore prevede una sola alimentazione in alta pressione che, una volta raggiunto l'interno dell'iniettore, viene ripartita in due distinte parti, di cui una destinata principalmente alla alimentazione del polverizzatore, l'altra al controllo dell'asta di pressione; entrambe le suddette parti di portata contribuiscono inoltre alla lubrificazione degli organi in movimento dell'elettroiniettore, grazie ai consistenti trafiletti presenti in un sistema di iniezione lavorante a così elevate pressioni di esercizio.

E' presente inoltre un ricircolo a pressione atmosferica, necessario per lo smaltimento del gasolio utilizzato per il funzionamento della valvola pilota e per il convogliamento dei trafiletti sopra menzionati.

La temperatura del gasolio ricircolato dall'elettroiniettore può raggiungere valori molto elevati (100 °C), perciò i ricircoli devono essere dotati di tubazioni adatte a queste temperature.

**6.7.1. FUNZIONAMENTO DELL'ELETTROINIETTORE**

**COSTITUZIONE:** per meglio comprenderne il funzionamento, l'elettroiniettore può essere considerato come costituito da due parti (fare riferimento alla figura precedente):

1. l'attuatore/polverizzatore, composto dall'ugello e dal complesso asta di pressione-spina
2. l'elettrovalvola di comando costituita dal solenoide e dalla valvola.

**VOLUME DI CONTROLLO:** il volume all'interno della valvola pilota ed immediatamente al di sopra dell'attuatore chiamato *volume di controllo*, ha un ruolo essenziale per il funzionamento dell'elettroiniettore. Esso è alimentato in modo permanente con il gasolio di linea tramite un foro "Z" (dal tedesco Zufluss = ingresso). Lo scarico di questa capacità è affidato ad un secondo foro "A" (dal tedesco Abfluss = uscita), la cui apertura è controllata dalla elettrovalvola di comando.

Il gasolio contenuto nel volume di controllo esercita una pressione di intensità modulabile che agisce sulla superficie superiore dell'asta di pressione, avente area  $A_c$ ; la forza che agisce su tale area dipende quindi dalla pressione presente all'interno del volume di controllo.

**ATTUATORE POLVERIZZATORE:** l'attuatore/polverizzatore è composto dall'ugello e dal complesso asta di pressione-spina.

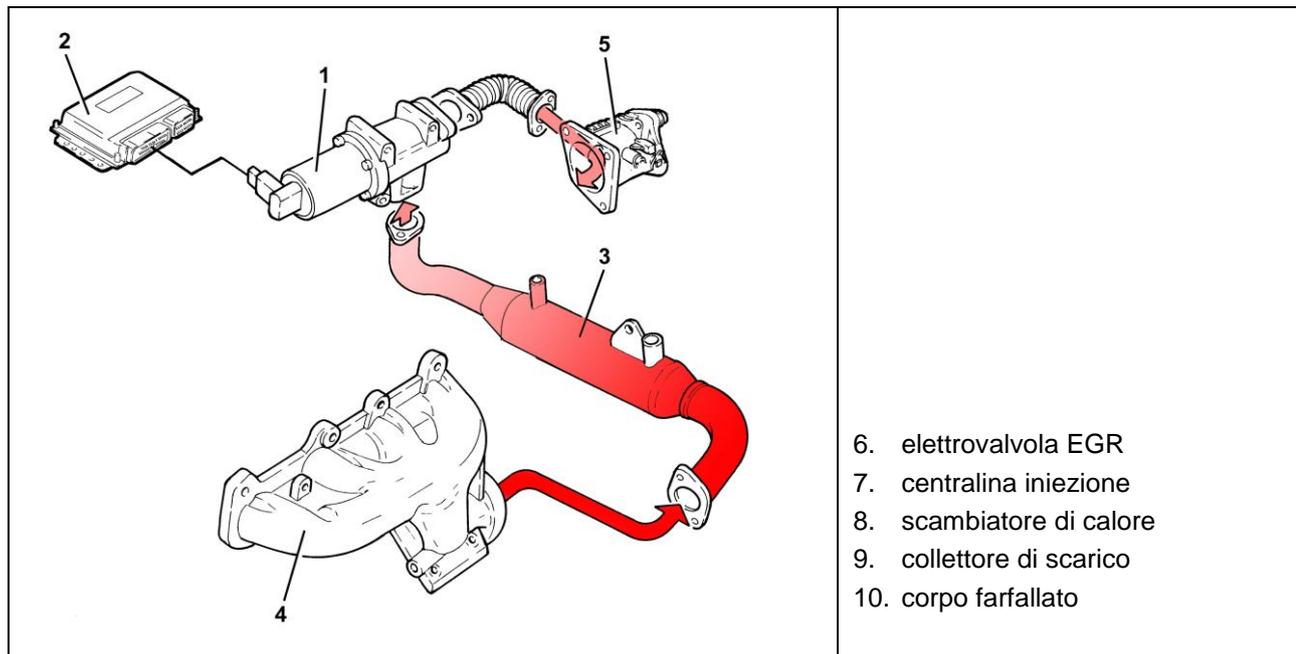
L'ugello viene alimentato dal gasolio in pressione quando il complesso asta di pressione-spina è in posizione sollevata. Il sollevamento di quest'ultima viene realizzato mediante uno squilibrio di forze contrapposte persistenti su tale complesso; le forze agenti sul sistema asta di pressione-spina sono tre:

- la *forza elastica*  $F_e$ , rivolta nella direzione di chiusura e dovuta alla molla che agisce sulla spina; tale forza garantisce la tenuta del polverizzatore quando la pressione di linea scende a zero, evitando gocciolamenti di combustibile nel cilindro.
- la *forza*  $F_c$ , che agisce anch'essa nella direzione di chiusura, dovuta alla pressione del gasolio presente nel volume di controllo. Tale pressione agisce sull'area superiore dell'asta di pressione.
- la *forza*  $F_a$ , rivolta nella direzione di apertura, dovuta alla pressione del combustibile presente nel volume di alimentazione ed agente sull'area della corona circolare delimitata all'esterno dal diametro di scorrimento della spina nell'ugello e all'interno dal diametro di tenuta della sede conica.

L'equilibrio del complesso asta di pressione-spina dipende dal bilancio di queste tre forze; quando l'iniettore non è eccitato, le pressioni nei volumi di alimentazione e di controllo sono identiche e pari alla pressione di linea fornita dal rail; in tali condizioni risulta essere:

$$F_c + F_e > F_a$$

## 6.8. IMPIANTO DI RICIRCOLO GAS DI SCARICO (EGR)



- 6. elettrovalvola EGR
- 7. centralina iniezione
- 8. scambiatore di calore
- 9. collettore di scarico
- 10. corpo farfallato

**FUNZIONE:** l'impianto EGR permette di inviare alla aspirazione una parte (variabile dal 5 al 15%) dei gas di scarico, in determinate condizioni di funzionamento. Così facendo si abbassa la temperatura massima di combustione al di sotto dei 1800°C, oltre la quale, in condizioni di miscela magra, si ha la formazione di NOx

L'elettrovalvola EGR comandata dalla centralina elettronica svolge la funzione di reimmettere nell'aspirazione parte dei gas di scarico prelevati dal collettore di scarico.

Uno scambiatore di calore permette il parziale raffreddamento dei gas di scarico abbassando ulteriormente la temperatura della camera di combustione.

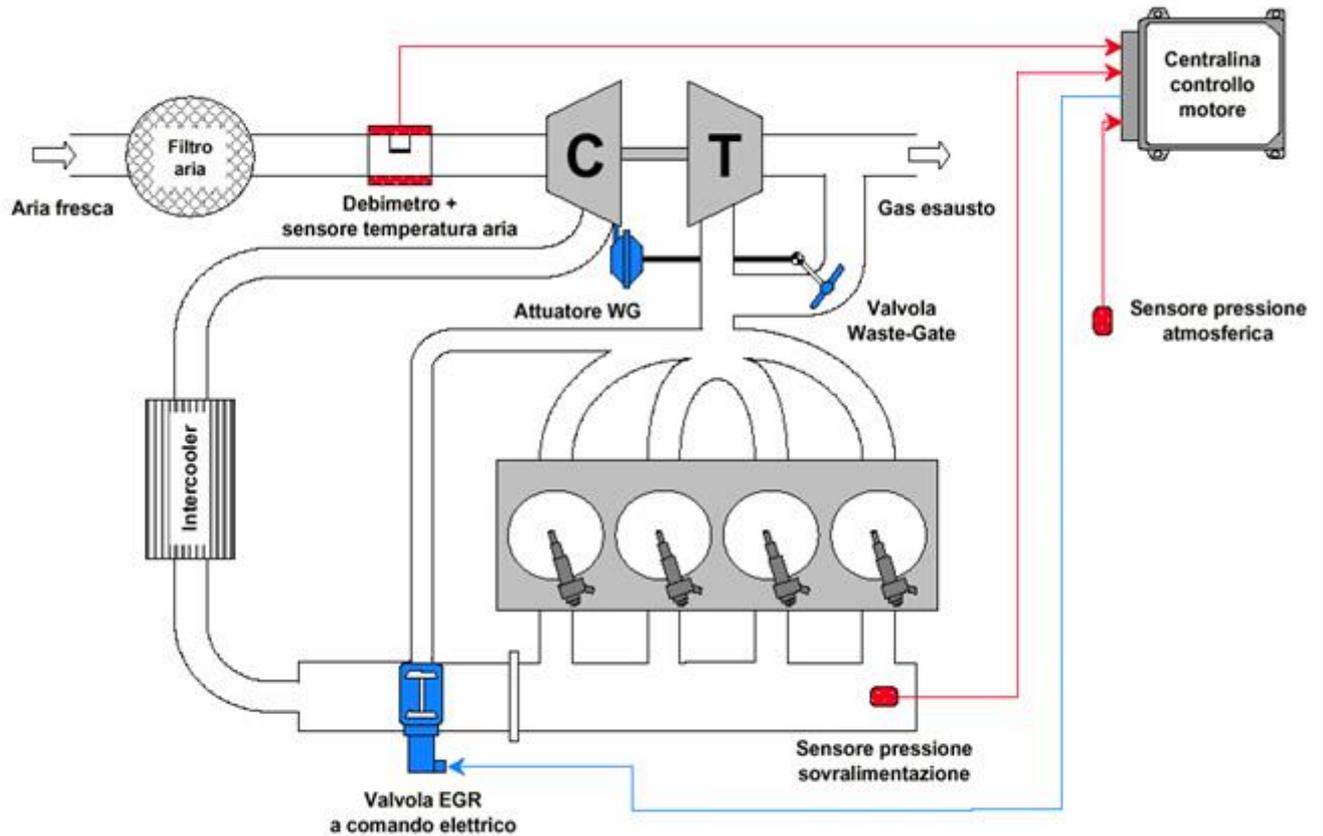
**FUNZIONAMENTO:** la centralina controllo motore, con temperatura liquido refrigerante >20°C e regime motore compreso tra 800 e 3000 giri / min, pilota con un segnale PWM l'elettrovalvola EGR.

La variazione del duty cycle di questo segnale consente alla bobina di spostare un attuatore, regolando così il flusso dei gas combusti dal collettore di scarico a quello di aspirazione, ottenendo due risultati:

- viene introdotta meno aria;
- viene abbassata la temperatura di combustione (per la presenza di gas inerti), riducendo di conseguenza la formazione di NOx;

La centralina è in grado di calcolare quantità di gas ricircolato per confronto tra la massa teorica aspirata per le date condizioni di regime motore (valore memorizzato nella sua mappatura) e la massa effettivamente aspirata che è quella che transita (e quindi viene misurata) attraverso il debimetro.

## 6.8.1. SCHEMA DI FUNZIONAMENTO DELL'EGR



## ALIMENTAZIONE MOTORI CNG

### 1. APPLICAZIONE DEL CNG IN CAMPO AUTOVEICOLISTICO

**COMBUSTIONE DEL CNG:** la combustione del metano con l'ossigeno dà origine solo al vapore d'acqua e all'anidride carbonica nel caso la combustione fosse ideale. Il metano infatti è una molecola semplice, formata da quattro atomi di idrogeno ed uno di carbonio. Tutto l'idrogeno reagisce formando acqua ed il carbonio si trasforma in anidride carbonica. Non si ha perciò formazione di altre molecole intermedie. Purtroppo la combustione non sempre è perfetta ed il metano non è puro. In realtà si ottengono anche tracce di sostanze inquinanti, in particolare il monossido di carbonio se la reazione avviene in carenza di ossigeno.

Una combustione perfetta implica che una parte di metano si combini con 17,2 parti di aria contro le 14,5 parti di benzina.

**PRESTAZIONI DEL CNG:** Il gas è iniettato nel motore in forma gassosa: questo comporta che le valvole della distribuzione, le loro sedi e le guida valvole funzionino senza apporto di lubrificazione di un fluido come la benzina o gasolio.

La miscela aria metano è più uniforme di una miscela aria carburante liquido perché realizzata da due gas, per cui risulta migliorata la combustione. Purtroppo il riempimento del cilindro è peggiore penalizzando le prestazioni del motore: il gas iniettato si espande nella camera di combustione, impedendo l'ingresso dell'aria e di altro metano.

Il metano, se acceso, tende a combinarsi meno violentemente con l'ossigeno rispetto alla benzina o al gasolio, quindi il fronte di fiamma nella camera di combustione si propaga più lentamente. Ciò richiede un maggiore anticipo di accensione di un motore a benzina.

Il metano ha un elevato potere antidetonante paragonabile ad una benzina da 130 ottani. Nei motori alimentati solo a gas naturale, per aumentarne la potenza e compensare le perdite per peggiore riempimento, si incrementa il rapporto di compressione.

**EMISSIONI INQUINANTI:** le emissioni di veicoli alimentati a gas naturale possono rispettare le più severe normative antinquinamento esistenti.

Le emissioni di idrocarburi incombusti, essendo poco reattive, non formano composti particolarmente inquinanti. La combustione del metano provoca pochissimo particolato, quindi si avranno meno incrostazioni di carbonio nel cilindro e sulle candele, inoltre i gas che trafilano oltre le fasce dei pistoni nel basamento del motore inquinano meno l'olio sempre per lo stesso motivo.

## 2. CICLO TERMODINAMICO DEL CNG

Il ciclo termodinamico seguito dal CNG all'interno del motore a combustione interna è perfettamente identico a quello seguito da un motore alimentato con benzina, che è un ciclo Otto o ad accensione comandata.

In linea di principio qualunque motore alimentato con benzina può essere alimentato con CNG (ovviamente tenendo conto delle differenti modalità di alimentazione del combustibile all'interno del condotto di aspirazione).

Le differenze di comportamento fisico del CNG rispetto alla benzina obbligano, però, ad una ottimizzazione del ciclo ad accensione comandata nel caso in cui il motore funzioni con CNG.

**RIEMPIMENTO DEL CILINDRO:** durante l'iniezione all'interno del condotto di aspirazione la benzina nebulizza, cioè forma tante minute goccioline che si miscelano con l'aria: questa nebulizzazione permette di massimizzare la superficie di contatto tra combustibile e comburente (l'ossigeno contenuto nell'aria) necessaria affinché allo scoccare della scintilla la benzina bruci completamente.

Il CNG non necessita di alcuna nebulizzazione perché spontaneamente si diffonde nell'aria; poiché però, quando viene iniettato nel condotto di aspirazione è ad una pressione maggiore di quella atmosferica, all'atto della iniezione, il CNG si espande, cioè aumenta di volume (come tutti i gas che effluiscono in un ambiente a pressione minore), a differenza della benzina che mantiene pressoché inalterato il suo volume.

All'interno della camera di combustione, perciò, entrerà una quantità di miscela minore, perché il CNG espanso sottrae volume altrimenti occupato dall'aria; una quantità di miscela minore nella camera di combustione comporta una minore quantità di CNG bruciato e questo procura una coppia erogata minore e quindi una potenza minore.

Per ovviare a questo problema, nei motori a sola alimentazione a CNG, viene aumentato il rapporto di compressione volumetrico, che permette di compensare la minore quantità di miscela in ingresso; l'aumento di rapporto di compressione volumetrico produce un aumento della coppia. Ovviamente nei veicoli a doppia alimentazione questo accorgimento non è possibile perché provocherebbe una maggiore probabilità di far detonare la benzina.

**VELOCITA' DI PROPAGAZIONE DELLA FIAMMA:** grazie alla sua proprietà di diffondersi spontaneamente nell'aria, il CNG brucia con maggiore gradualità; questo è un vantaggio, ma rende necessario, specialmente agli alti regimi, aumentare l'anticipo di accensione della miscela rispetto a quanto avviene nel caso della benzina.

**2.1. PRESTAZIONI DI UN MOTORE ALIMENTATO A CNG****Dati motore**

	1581 16v	BIPOWER	BLUPOWER	GPL	1910 JTD
Alesaggio ( mm)	86.4 80.5 (**)	86.4 80.5 (**)	86.4	80.5	82
Corsa (mm)	67.4 78.4 (**)	67.4 78.4 (**)	67.4	78.4	90.4
Cilindrata totale (cm3)	1581 1596 (**)	1581 1596 (**)	1581	1596	1910
Rapporto di compressione	12,5 : 1 10,5 : 1 (**)	12,5 : 1 10,5 : 1 (**)	12,5 : 1	10,5 : 1	18,45 : 1
Potenza massima ( KW CEE)	76	76 (68)*	70	76	77 85 (**)
Potenza massima ( CV CEE)	103	103 (92)*	95	103	105 110 (**) 115 (***)
Regime di potenza max. (giri/1')	5750	5750	5750	5750	4000
Coppia massima (Nm CEE)	144 145 (**)	144 (145) (**) (130)*	133	145	200 203 (***)
Coppia massima (Kgm CEE)	14.7 14.8 (**)	14.7 14.8 (**) (13.3)*	13.6	14.8	20.4 20.7 (***)
Regime coppia massima ( giri/1')	4000	4000	4000	4000	1500
Regime minimo (giri/1')	800±50 700±50 (**)	800±50	800±50	700±50	850±20

(\*) Funzionamento a Metano

(\*\*) Versioni Euro 3

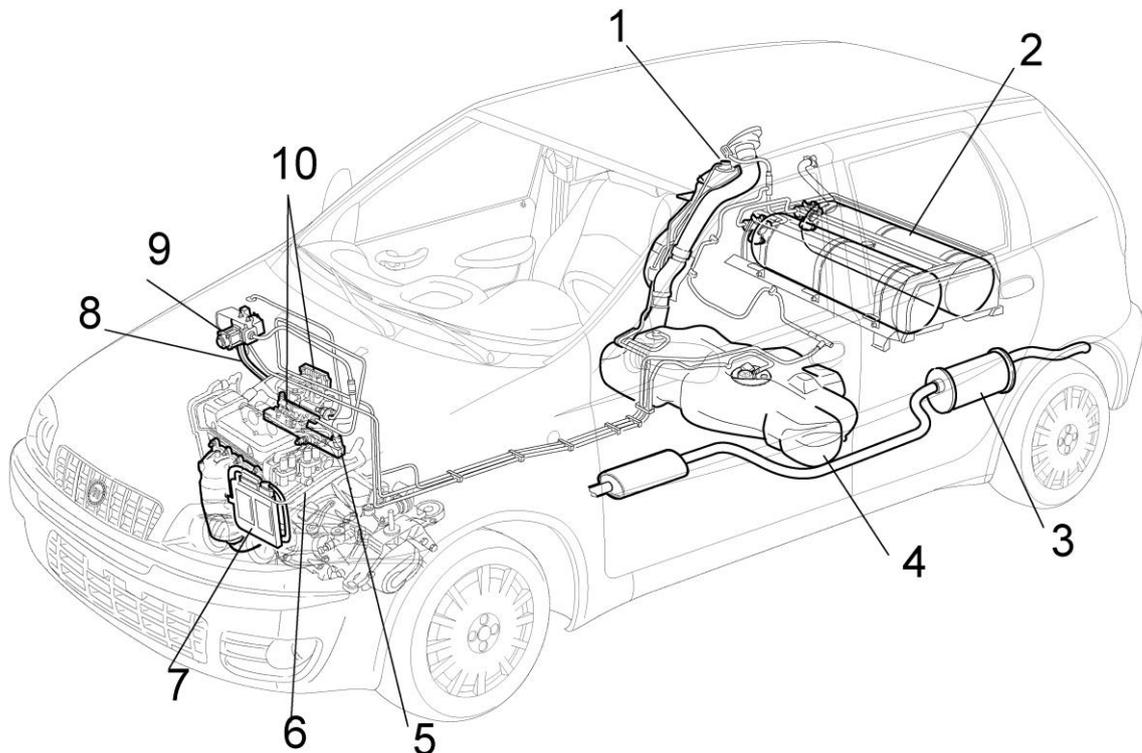
(\*\*\*) MY 2003

Nella tabella sopra, sono riportati i dati caratteristici dei motori che equipaggiano la vettura Multipla.

Come si può notare guardando le colonne relative ai motori 1581 16v benzina, Bipower e Blupower (motori che condividono la stessa struttura e cilindrata e, nel caso del motore Bipower lo stesso rapporto di compressione volumetrico del benzina), la coppia massima erogata dal motore alimentato a benzina è pari a 145 Nm a fronte di 130 Nm per l'alimentazione a metano nel caso del veicolo a doppia alimentazione; ciò è dovuto al peggior rendimento volumetrico del motore quando questo è alimentato a metano; nel caso del veicolo Blupower, che ha un rapporto di compressione volumetrico più alto, la coppia è pari a 133 Nm.

Anche per la potenza massima erogata si ha lo stesso fenomeno.

### 3. IMPIANTO DI ALIMENTAZIONE CNG



- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| 1. Tubazione introduzione metano | 6. Motore                                   |
| 2. Bombole metano                | 7. Centralina controllo motore              |
| 3. Impianto di scarico           | 8. Tubazione colleg. riduttore di pressione |
| 4. Serbatoio benzina             | 9. Riduttore di pressione CNG               |
| 5. Collettore cng con iniettori  | 10. Collettore benzina con iniettori        |

**VEICOLI BIPOWER:** nei veicoli Bi-Power, a doppia alimentazione, sono presenti due circuiti di alimentazione fisicamente e completamente separati (se si escludono i collegamenti elettrici), uno che permette l'alimentazione della benzina, uno che permette l'alimentazione del CNG, che confluiscono entrambi nel collettore di aspirazione; esisteranno perciò due serbatoi, due serie di tubazioni, due collettori ed, infine, due serie, di iniettori; i due impianti funzionano, in linea di principio, in maniera esattamente uguale (sono entrambi sistemi di iniezione sequenziale fasata) gestiti da due centraline controllo motore separate (ma interconnesse elettronicamente).

**VEICOLI BLUPOWER:** in questi veicoli, non essendo presente l'alimentazione benzina, è del tutto assente il relativo impianto di iniezione; anche in questo caso il tipo di gestione della iniezione è funzionalmente identica all'omologo motore alimentato a benzina.

### 3.1. COMPONENTI IMPIANTO DI ALIMENTAZIONE CNG

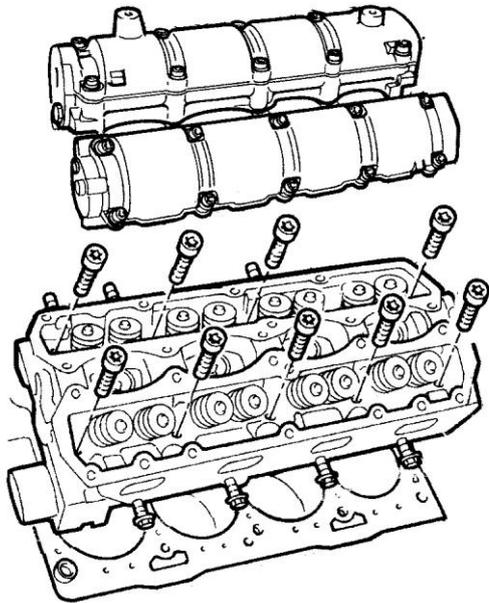
COMPONENTE	FUNZIONE	COLLEGAMENTI PRINCIPALI
<b>TESTA CILINDRI</b>	Stessa funzione che su veicolo a benzina; differiscono per alcuni particolari costruttivi	
<b>BOMBOLA CNG</b>	Provvede ad immagazzinare il metano ad una pressione di 200 bar ed in condizioni di sicurezza	La (o le) bombola è collegata fluidicamente con la tubazione di ricarica e con la tubazione di mandata verso motore; presenta una elettrovalvola di blocco che è elettricamente collegata con la centralina iniezione metano
<b>INTERRUTTORE INERZIALE</b>	In caso di urto provvede ad interrompere la alimentazione elettrica alla elettropompa combustibile (benzina) ed alle elettrovalvole presenti sulle bombole al fine di impedire fuoriuscite di combustibile	Elettricamente collegato alla elettropompa combustibile ed alle elettrovalvole bombole
<b>GRUPPO RIDUTTORE PRESSIONE CNG</b>	Riduce il valore di pressione da quello che regna nelle bombole (200 bar alla massima capacità) al valore di iniezione (9 bar circa)	Collegato fluidicamente alla tubazione di mandata bombola ed al rail; presenta un collegamento idraulico con il circuito di raffreddamento motore; elettricamente collegato alla centralina metano
<b>SENSORE DI PRESSIONE CNG</b>	Provvede a rilevare il valore di pressione che c'è nel riduttore di pressione, lato alta pressione	Elettricamente collegato alla centralina metano
<b>INIETTORI E RAIL CNG</b>	Il rail provvede ad alimentare gli iniettori, i quali, a loro volta, iniettano il metano all'interno del condotto di aspirazione	Il rail è collegato alla uscita del riduttore di pressione; gli iniettori sono collegati elettricamente alla centraline
<b>COMMUTATORE BENZINA – METANO</b>	Permette all'utente di selezionare il tipo di combustibile da utilizzare; segnala all'utente il livello di metano rimanente ed il tipo di combustibile effettivamente utilizzato	Elettricamente collegato alla centralina controllo motore

**CENTRALINA  
ALIMENTAZIONE  
METANO**

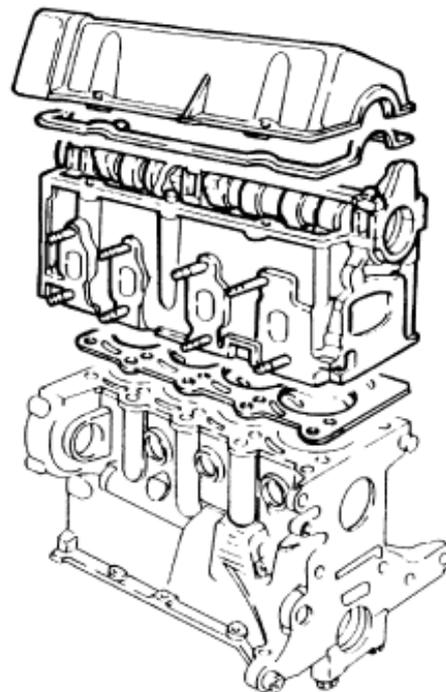
Controlla e gestisce il funzionamento di tutti componenti dell'impianto di alimentazione secondo i segnali rilevati da opportuni sensori e secondo quanto memorizzato nella sua mappatura

Questa centralina è collegata via rete CAN con la centralina iniezione benzina (per veicoli Bi-Power)

### 3.2. TESTA CILINDRI



Testa per motore 16v tipo Multipla



Testa per motore 8 v tipo Punto

La testa cilindri è di tipo monolitico in lega di alluminio. Rispetto alla testa cilindri per alimentazione benzina presenta condotti di aspirazione interni di diametro maggiore, inoltre le sedi valvole scarico e di aspirazione sono in materiale specifico, per prevenire l'ossidazione da parte dei prodotti di combustione del metano. Per lo stesso motivo sulle valvole di aspirazione in corrispondenza del fungo valvola, è applicato un riporto di Eatonite 6, una lega di ferro e nickel particolarmente resistente che conferisce una eccellente stabilità dimensionale in questa zona soggetta a corrosione, ossidazione ed alte temperature.

### 3.3. BOMBOLE



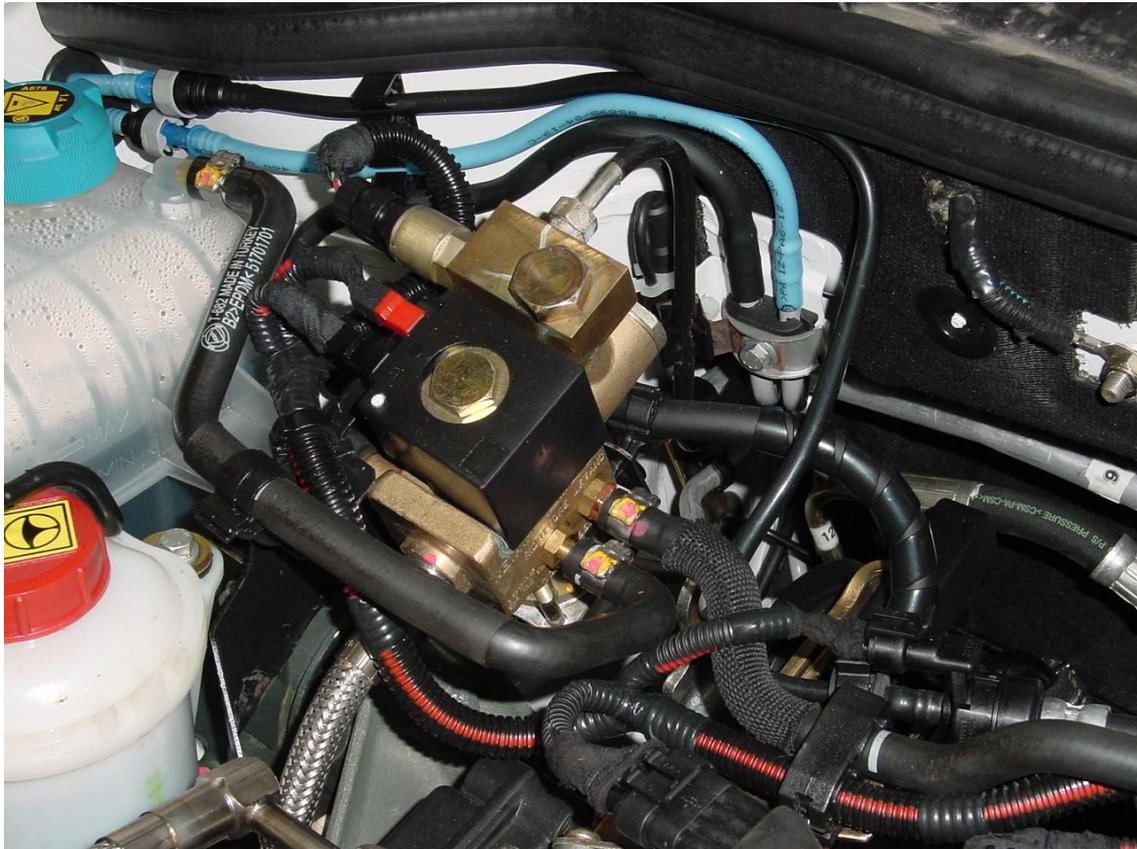
Il metano (o CNG) è immagazzinato, compresso ad una pressione di 200 bar, in un certo numero di bombole di colore rosso, posizionate nel vano di carico (Punto Van e non e Ducato non RST) o sotto il pianale (Multipla, Ducato RST, Doblò) e protette da una specifica struttura in ferro ricoperta da un rivestimento parafiamma; le bombole vengono riempite tramite un apposito bocchettone, provvisto di valvola di non ritorno. Una seconda valvola di non ritorno è posta nel vano passaruota posteriore destro per impedire al metano, durante la fase di mandata, di confluire nel tratto di tubazione che giunge al bocchettone di riempimento.

Un'elettrovalvola, posta su ciascuna bombola, intercetta il flusso di metano verso il sistema di alimentazione quando il motore si arresta.

Sul gruppo di valvole sono poste una pastiglia fusibile che permette di far defluire il metano verso l'esterno in caso di raggiungimento di temperature elevate, e di un limitatore di flusso che limita il flusso di metano in uscita dalla bombola).

Le bombole in fase di progettazione sono dimensionate per resistere ad una pressione di 400 bar, sono costruite, per normativa, in acciaio e, quando collaudate, vengono sottoposte ad una pressione di 300 bar.

### 3.4. RIDUTTORE DI PRESSIONE



**COSTITUZIONE:** il gruppo riduttore di pressione è installato all'interno del vano motore; esso comprende il riduttore di pressione vero e proprio, una elettrovalvola di intercettazione e da un sensore di pressione che rileva la pressione del metano lato alta pressione.

La tubazione di alta pressione porta il metano direttamente dalle bombole fino al riduttore stesso; la tubazione di bassa pressione collega l'uscita del riduttore di pressione al collettore di iniezione.

E' presente un ulteriore coppia di tubazioni che costituiscono il collegamento del riduttore di pressione con il circuito di raffreddamento del motore.

**FUNZIONE:** la funzione del riduttore di pressione è quella di ridurre il valore di pressione del metano da quello presente nelle bombole (circa 200 bar quando le bombole sono completamente piene) a quello necessario a pilotare gli iniettori (circa  $9 \pm 1$  bar); inoltre il gruppo riduttore di pressione, grazie alla presenza del sensore di pressione, rileva la pressione che c'è nelle bombole, la quale, essendo proporzionale alla quantità di metano immagazzinata, fornisce alla centralina di controllo motore una stima della quantità di metano residua presente nelle bombole, in modo da passare automaticamente alla alimentazione a benzina, qualora la pressione delle bombole fosse insufficiente ad iniettare il metano nel collettore di aspirazione.

### 3.5. RAIL ED ELETTROINIETTORI



**RAIL:** il collettore di iniezione ha la funzione di ricevere il metano a bassa pressione uscente dal riduttore di pressione e di distribuirlo ai vari iniettori.

**COLLEGAMENTI:** il collettore di iniezione presenta un collegamento con il riduttore di pressione metano e quattro sedi all'interno delle quali sono calzati i quattro iniettori fissati al collettore stesso tramite delle staffe; la tenuta è garantita da O-ring.

**ELETTROINIETTORI:** gli elettroiniettori hanno la funzione di iniettare il metano all'interno del collettore di aspirazione durante la fase di aspirazione; sono in numero pari al numero dei cilindri, perciò vengono attivati secondo la stessa sequenza con cui i cilindri sono in fase di aspirazione.

Sono normalmente chiusi e vengono comandati in apertura dalla centralina elettronica che invia un segnale di tensione ai connettori elettrici.

**COSTITUZIONE E FUNZIONAMENTO:** gli elettroiniettori sono dotati di una bocca di collegamento con il collettore di iniezione, da una bocca di collegamento con il collettore di aspirazione e di una connessione elettrica con la centralina; la bocca di collegamento con il collettore di aspirazione viene chiusa da un otturatore a spillo tenuto in posizione da una molla; l'otturatore è solidale meccanicamente ad una ancora in materiale ferroso.

Le connessioni elettriche provvedono a collegare un avvolgimento elettrico, che se alimentato, provvede ad attirare l'ancora magnetica; il movimento dell'ancora, vincendo la reazione della molla, solleva l'otturatore che fa effluire il metano.