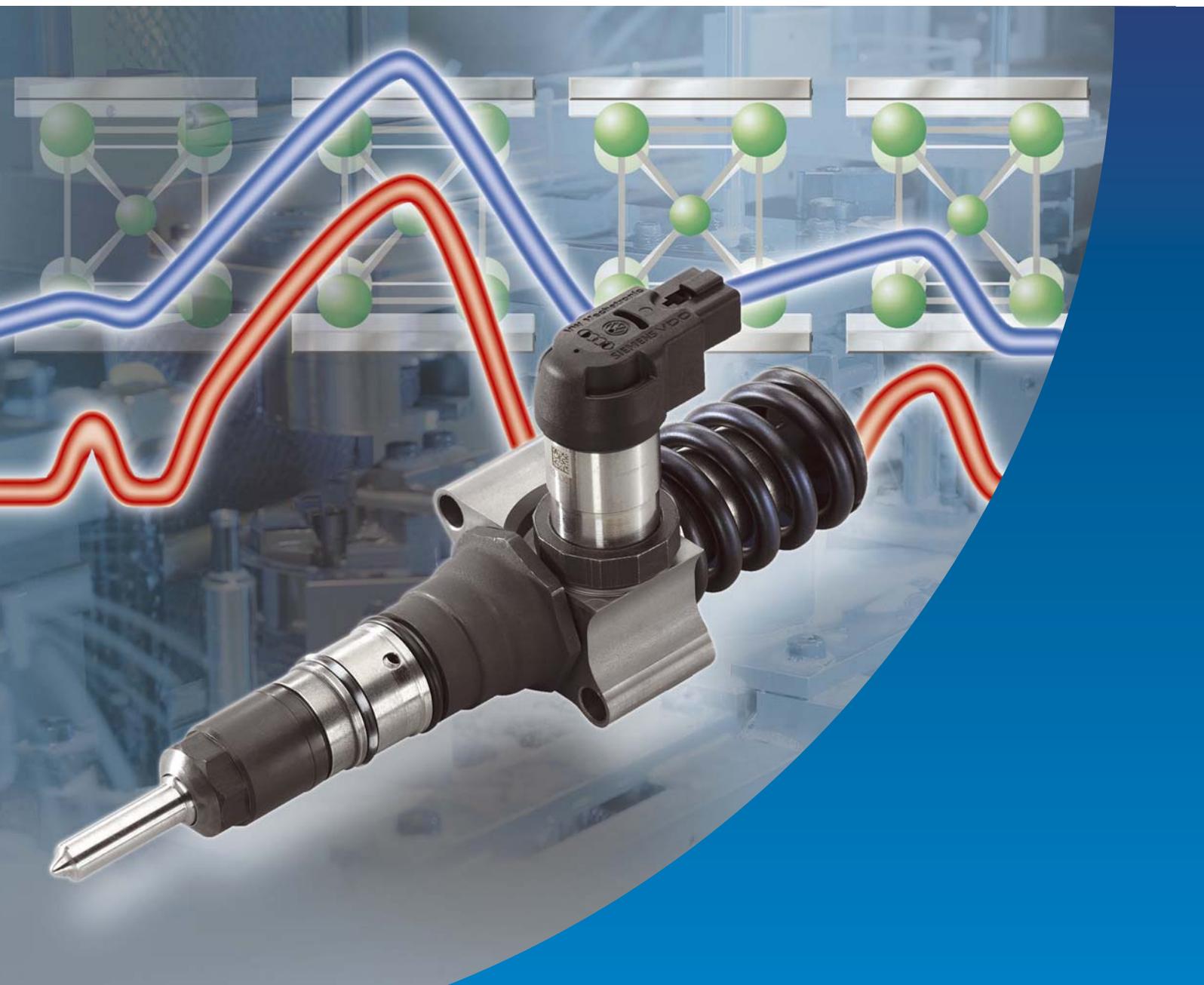




**Programma autodidattico n° 352**

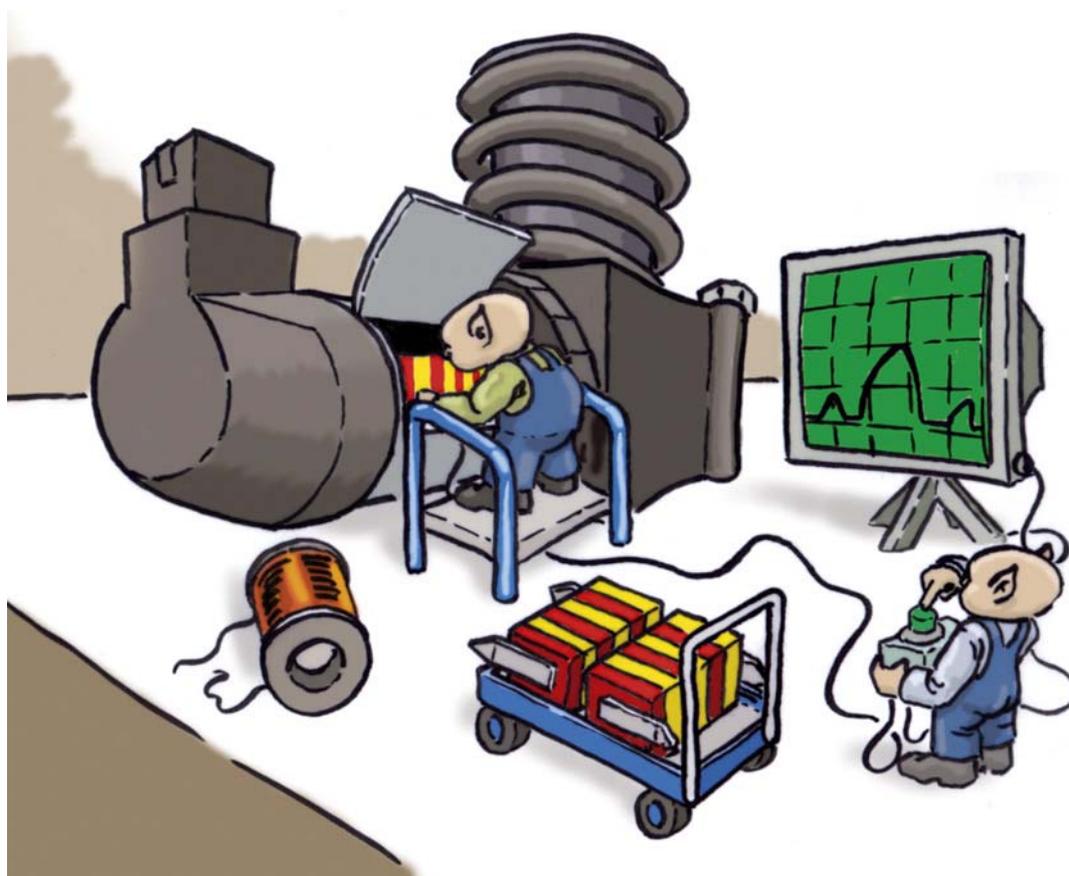
**Unità iniettore-pompa con tecnologia piezo**

Struttura e funzionamento



Visto il basso consumo di carburante e le notevoli prestazioni, il trionfo dei motori diesel è inarrestabile. Ma nonostante ciò, anche i motori diesel devono soddisfare esigenze sempre crescenti riguardo a emissioni, comfort di guida e potenza. Soddisfazione dei clienti, protezione dell'ambiente ed adempimento delle norme di legge sono gli obiettivi primari, raggiungibili solo attraverso un costante perfezionamento.

Grazie all'adozione dell'iniettore-pompa e alla sua continua evoluzione, sono stati raggiunti notevoli vantaggi rispetto alla concorrenza nei settori pressione e precisione d'iniezione nonché rendimento. In collaborazione con la Siemens VDO Automotive AG è stato sviluppato un iniettore-pompa che, oltre all'ulteriore miglioramento dei noti vantaggi, offre una flessibilità finora sconosciuta nella gestione della preiniezione, dell'iniezione principale e della postiniezione. Migliore carburazione, maggiore rendimento e minore rumorosità sono i risultati orientati al futuro.



S352\_002

**NUOVO**



**Attenzione  
Avvertenza**



**Il programma autodidattico spiega la struttura e il funzionamento di dispositivi di nuovo sviluppo! I contenuti non vengono aggiornati.**

Per le vigenti istruzioni per la prova, la regolazione e la riparazione, consultare l'apposita documentazione



<b>Introduzione</b> .....	<b>4</b>	
Generalità .....	4	
I perfezionamenti .....	5	
<b>Struttura</b> .....	<b>8</b>	
Panoramica .....	8	
La valvola piezoelettrica .....	9	
Il vano della molla del pulverizzatore .....	11	
<b>Iniezione</b> .....	<b>13</b>	
La preiniezione .....	13	
L'iniezione principale .....	16	
La postiniezione .....	18	
<b>Service</b> .....	<b>20</b>	
<b>Verifichi le Sue cognizioni</b> .....	<b>23</b>	

# Introduzione



## Generalità

L'unità iniettore-pompa con valvola piezoelettrica (versione: PPD 1.1) è il perfezionamento dell'iniettore-pompa con elettrovalvola. Come lo rivela già il nome, l'elettrovalvola è stata sostituita da una valvola piezoelettrica comandabile con maggiore velocità e precisione. Oltre a ciò è stato migliorato il comando meccanico delle differenti pressioni d'iniezione all'interno dell'iniettore-pompa, per cui è stato possibile eliminare, per esempio, il pistone by-pass permettendo così di ridurre il volume d'alta pressione a favore del rendimento.

Per evitare costi aggiuntivi per una rivisitazione dei motori, sono state mantenute le misure d'ingombro e il fissaggio con 2 viti dell'iniettore-pompa con elettrovalvola (PDE-P2).

Le nuove unità iniettore-pompa verranno montate nel nuovo motore TDI di 2,0l, 125kW, a 4 valvole e in un secondo tempo in altri motori TDI con 4 valvole per cilindro.

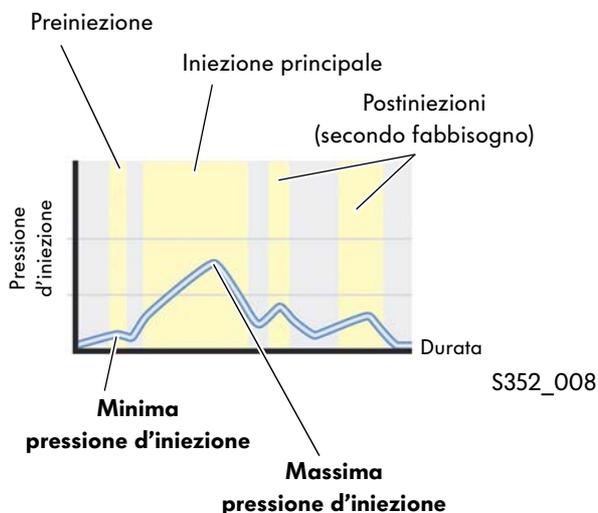
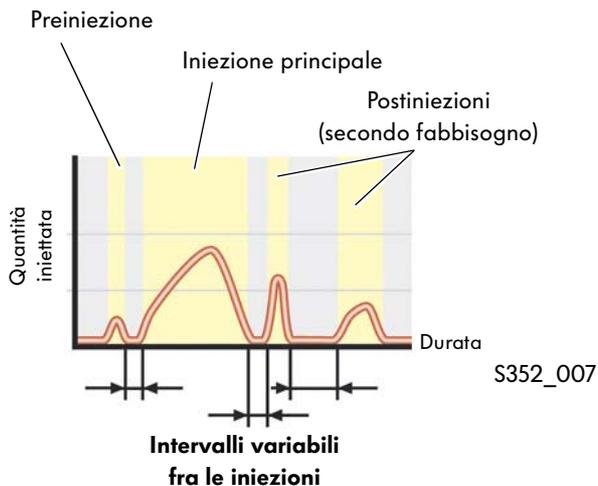


S352\_005

Per la produzione dell'iniettore-pompa con valvola piezoelettrica è stata fondata, in collaborazione con la Siemens VDO Automotive AG, la Volkswagen Mechatronic GmbH & Co. KG. Il nuovo stabilimento avrà sede a Stollberg in Sassonia.

Attualmente sono 200 i dipendenti occupati nella produzione del nuovo iniettore-pompa.

## I perfezionamenti



## Rumorosità

La tipica rumorosità dei motori TDI al minimo, non deriva in prima linea dalla combustione, bensì dal rumore causato dagli iniettori-pompa. Questi rumori vengono causati dalle rapide e forti variazioni della pressione nell'unità iniettore-pompa, e vengono trasmessi al motore attraverso il comando dell'iniettore-pompa.

Grazie al funzionamento più rapido e più preciso della valvola piezoelettrica, è ora possibile ridurre la rumorosità alle variazioni di pressione.

La valvola piezoelettrica può venire comandata con una precisione tale da permettere di influire sulla

## Gestione delle fasi d'iniezione

Dato che la nuova valvola piezoelettrica commuta con una velocità ca. quattro volte superiore a quella della precedente elettrovalvola, è possibile una sua chiusura e riapertura per ogni fase d'iniezione. Grazie a ciò, si ottiene una gestione più flessibile e più precisa delle fasi d'iniezione e delle quantità da iniettare.

## Pressione d'iniezione

Ogni fase d'iniezione richiede una propria pressione. Per esempio, per la preiniezione occorre una minima pressione mentre per l'iniezione principale ne occorre una molto alta. Essendo stata estesa la fascia di pressioni d'iniezione (130-2200 bar), è stato possibile apportare migliorie anche in questo settore. La conseguenza è una riduzione delle emissioni e la possibilità di aumentare la potenza.

pressurizzazione e la depressurizzazione nelle singole fasi d'iniezione.

I rumori meccanici trasmessi dal comando vengono ridotti grazie al minore diametro della pompante. Di conseguenza, anche le forze occorrenti per l'azionamento dell'iniettore-pompa sono minori.



# Introduzione

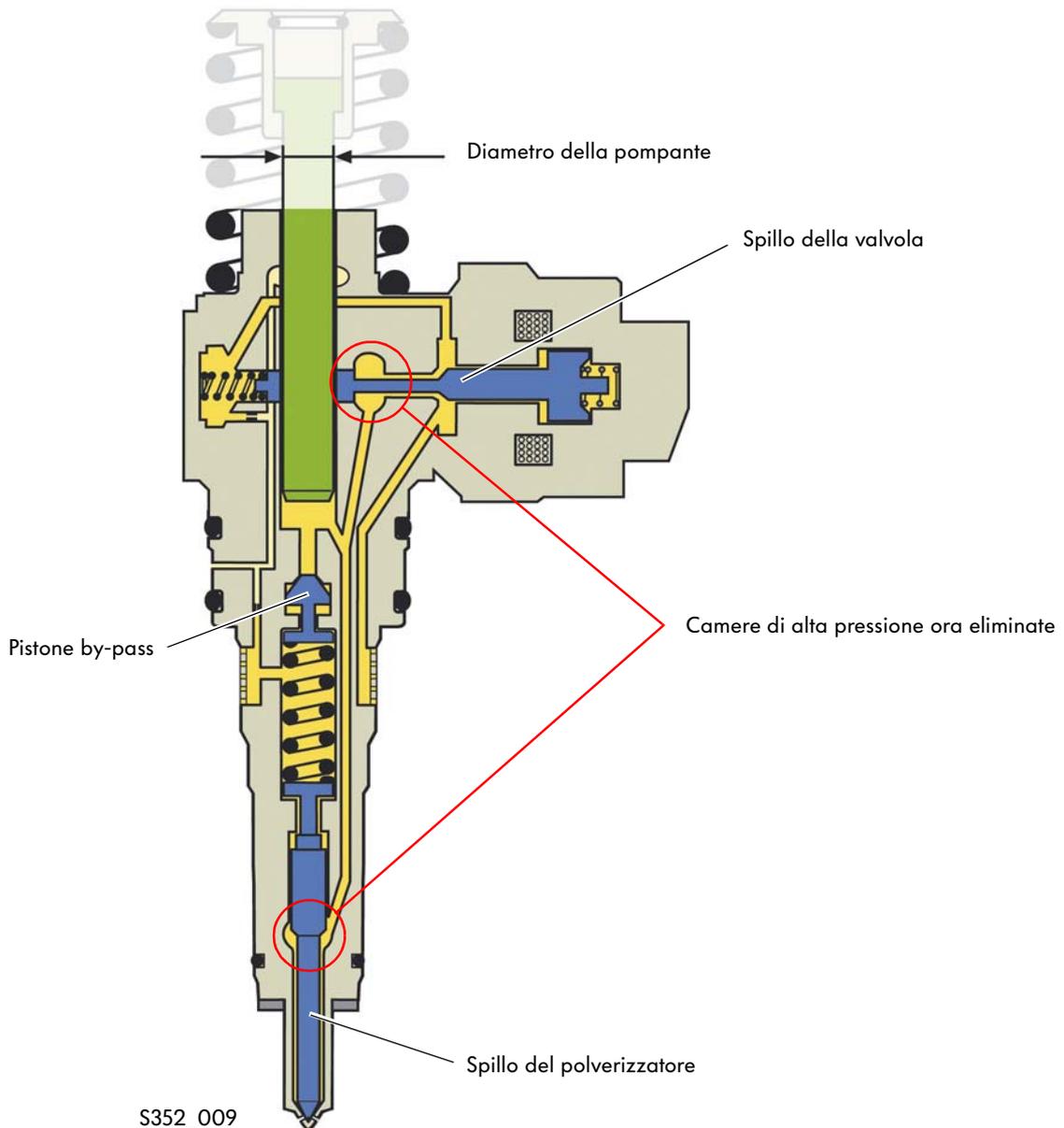


## Rendimento

In questo caso, un maggiore rendimento significa minori forze d'azionamento e quindi anche minore consumo di carburante. Questo maggiore rendimento viene ottenuto grazie all'eliminazione delle camere di alta pressione e del pistone by-pass.

In questo modo, il volume dell'alta pressione è inferiore, per cui basta un diametro di 6,35mm della pompante per raggiungere le necessarie quantità da iniettare.

### Iniettore-pompa con elettrovalvola

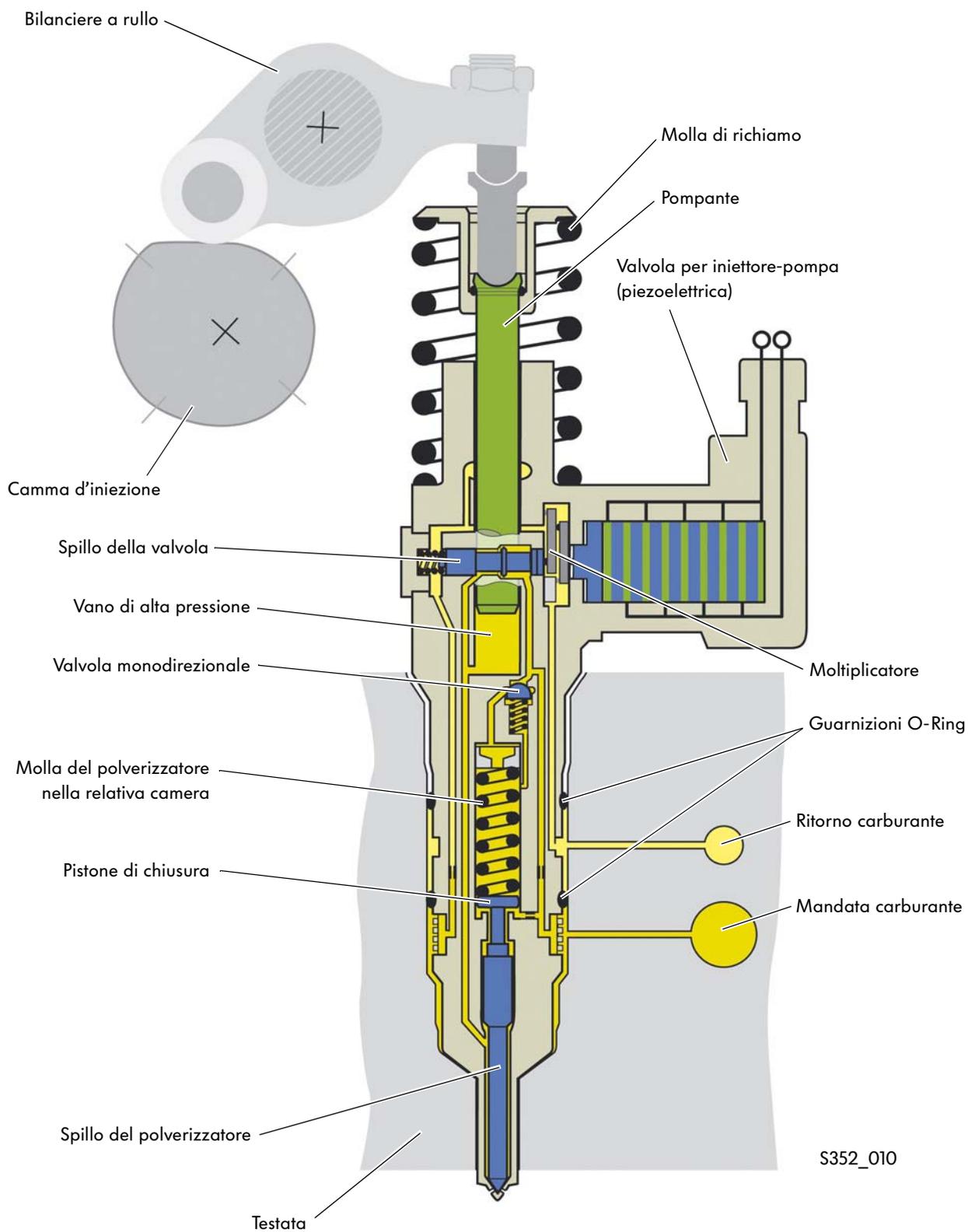


## Riassunto dei dati tecnici



	<b>Iniettore-pompa con valvola piezoelettrica (PPD 1.1)</b>	<b>Iniettore-pompa con elettrovalvola (PDE-P2)</b>
Diametro pompante [mm]	6,35	8,0
Minima pressione d'iniezione [bar]	130	160
Massima pressione d'iniezione [bar]	2200	2050
Numero di preiniezioni possibili	0-2 (variabile)	1 (fissa)
Numero di postiniezioni possibili	0-2 (variabile)	0 oppure 2
Intervallo fra preiniezione, iniezione principale e postiniezione [° angolo di manovella]	> 6 (variabile)	ca. 6-10 (fisso)
Quantità preiniettata [mm <sup>3</sup> ]	a piacimento (> ca. 0,5)	ca. 1-3
Gestione della preiniezione	valvola piezoelettrica (elettronicamente)	pistone by-pass (meccanico-idraulico)
Pressurizzazione per l'iniezione principale	pistone di chiusura, valvola monodirezionale	pistone by-pass

## Panoramica



# La valvola piezoelettrica

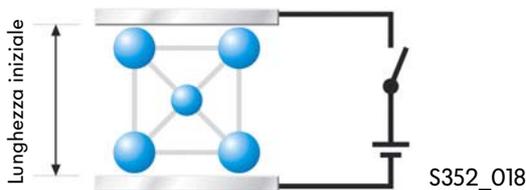
La più importante innovazione apportata al nuovo iniettore-pompa è la valvola piezoelettrica che sostituisce l'elettrovalvola finora utilizzata. La valvola piezoelettrica funziona con maggiore velocità e la corsa di commutazione può essere comandata tramite la tensione alimentata. La valvola è costituita da un attuatore piezoelettrico con cassetta e collegamento a spina, dal moltiplicatore e dallo spillo valvola nel corpo della pompante.



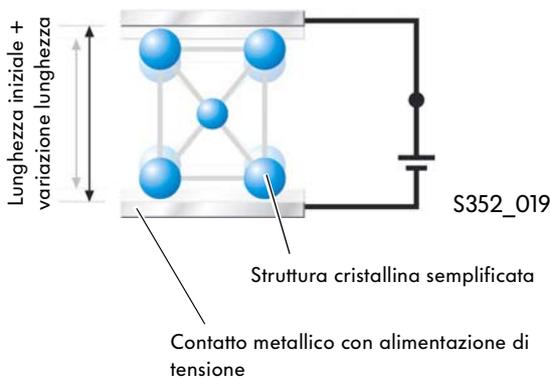
## Effetto piezoelettrico inverso

(struttura cristallina semplificata di un elemento piezoelettrico)

### Elemento piezoelettrico senza tensione U



### Elemento piezoelettrico con tensione U



### Variazione della lunghezza di un elemento piezoelettrico



## Attuatore piezoelettrico

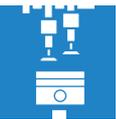
Piezo (greco) = premere

Un noto campo d'impiego per elementi piezoelettrici è la sensoristica, in cui viene esercitata pressione sull'elemento piezoelettrico e si forma una tensione misurabile. Questo comportamento di una struttura cristallina viene chiamato effetto piezoelettrico.

Nell'utilizzo di un attuatore piezoelettrico tale comportamento viene sfruttato in senso inverso. Viene adottato un effetto piezoelettrico inverso. Ossia, all'elemento piezoelettrico viene applicata una tensione e la struttura cristallina dell'elemento reagisce mediante variazione della lunghezza.

La variazione della lunghezza di un elemento piezoelettrico è in proporzione alla tensione applicata. Questo significa, che la variazione della lunghezza dell'elemento piezoelettrico, ossia dell'attuatore piezoelettrico, può essere comandata per mezzo della tensione. La tensione per il comando dell'elemento piezoelettrico s'aggira fra 100V e 200V.

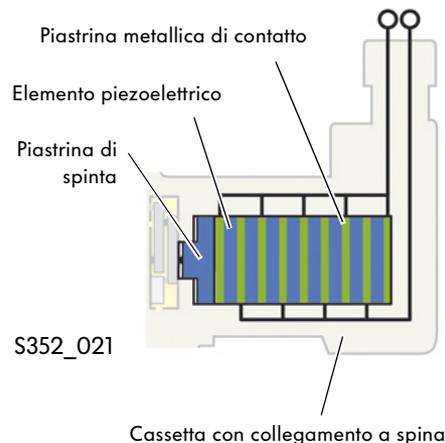
# Struttura



Un elemento piezoelettrico ha uno spessore di ca. 0,08mm che con tensione applicata varia solo del 0,15%. Per ottenere una corsa di commutazione massima di ca. 0,04mm si devono impilare diversi elementi piezoelettrici. In questa pila piezoelettrica (denominata anche «piezo-stack»), i singoli elementi piezoelettrici sono separati fra loro da piastrine di contatto metalliche (alimentazione di tensione).

Unitamente alla piastrina di spinta, la «piezo-stack» forma l'attuatore piezoelettrico.

## Attuatore piezoelettrico (rappresentazione schematica)

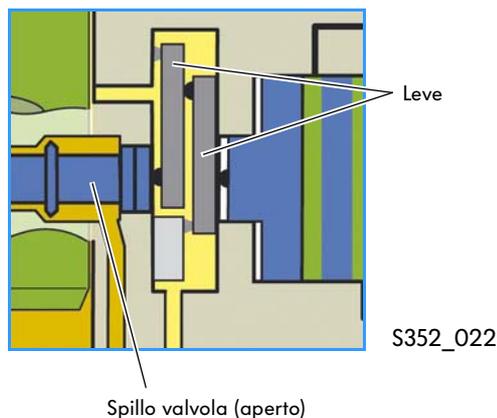


## Moltiplicatore

L'attuatore piezoelettrico ha una corsa di commutazione di ca. 0,04mm. Allo spillo della valvola occorre una corsa di commutazione di ca. 0,1mm. Per compensare questa differenza viene adottato un moltiplicatore sotto forma di leveraggio.

Quando l'attuatore piezoelettrico non è attivato, il moltiplicatore è in posizione di riposo.

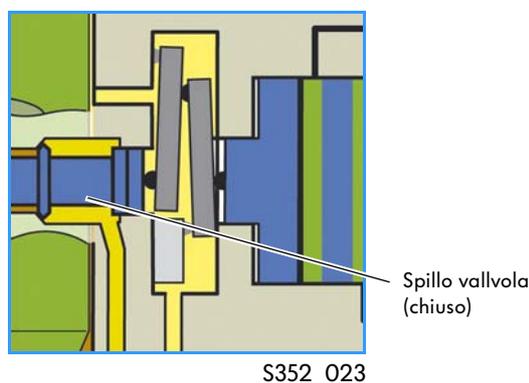
### Moltiplicatore in posizione di riposo



Quando l'attuatore piezoelettrico viene attivato, la piastrina di spinta preme sul moltiplicatore il quale, grazie al rapporto del leveraggio, allunga la corsa di commutazione a ca. 0,1mm.

Lo spillo della valvola è chiuso e la pressione d'iniezione viene aumentata.

### Moltiplicatore azionato



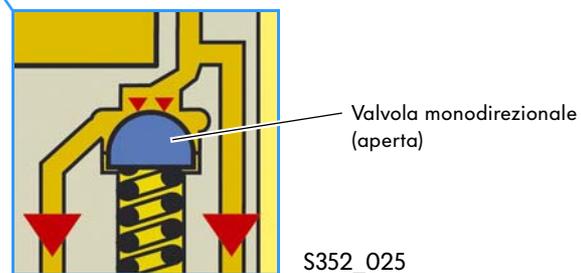
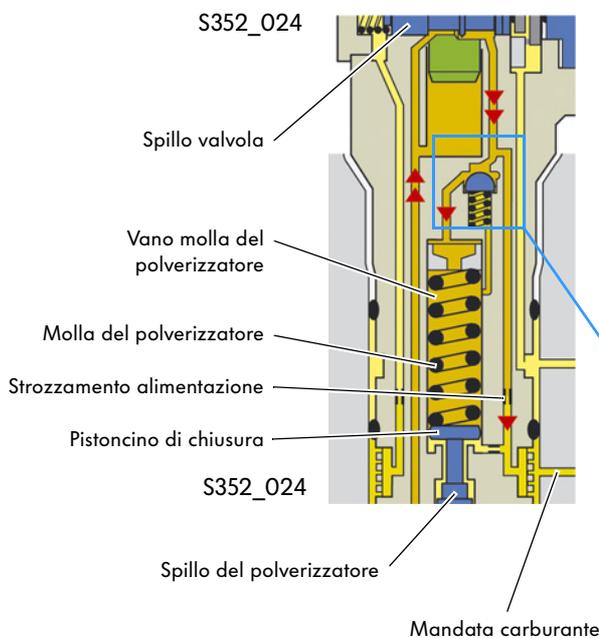
## Il vano della molla del polverizzatore

In questo vano si trova la molla del polverizzatore che, da un lato, provvede alla chiusura dello spillo del polverizzatore e, dall'altro, impedisce un'apertura anticipata quando inizia la fase d'iniezione. L'elasticità della molla del polverizzatore (forza di chiusura dello spillo del polverizzatore) deve soddisfare esigenze molto differenti. Per esempio, alla preiniezione lo spillo del polverizzatore deve aprire già ad una bassa pressione del carburante, mentre all'iniezione principale deve aprire solo quando il carburante ha raggiunto una pressione elevata. Oltre a ciò, dopo una fase d'iniezione lo spillo deve chiudere molto rapidamente. Affinché l'elasticità della molla del polverizzatore soddisfi tutte queste esigenze è necessario che, per esempio per l'iniezione principale e per la chiusura dello spillo del polverizzatore, l'azione della molla venga assistita dal carburante ad alta pressione nel vano della molla. Questo viene realizzato tramite una valvola monodirezionale ed il pistoncino di chiusura.

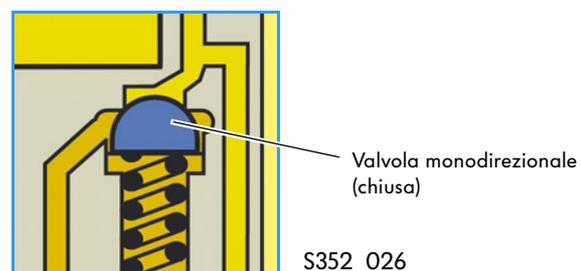


### Valvola monodirezionale

Alla fine di ogni fase d'iniezione, il vano della molla del polverizzatore viene riempito con carburante ad alta pressione, che viene poi depressurizzato bypassando lo spillo valvola e ritornando nella mandata dove viene accumulato dallo strozzamento nell'alimentazione. L'alta pressione fa aprire la valvola monodirezionale che apre il passaggio verso il vano molla del polverizzatore.



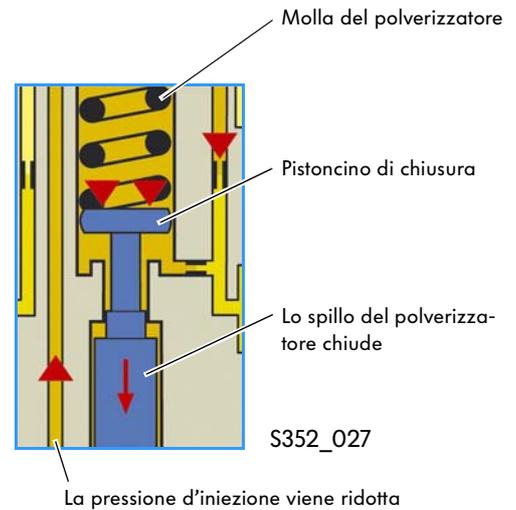
Il carburante ad alta pressione viene depressurizzato nel tratto di mandata. La caduta di pressione del carburante fa chiudere la valvola monodirezionale. La pressione accumulata nel vano molla del polverizzatore viene così mantenuta.



## Pistoncino di chiusura

### Chiusura dello spillo del polverizzatore

Alla conclusione di una fase d'iniezione la camera della molla del polverizzatore viene riempita con carburante ad alta pressione. Il carburante pressurizzato preme sul pistoncino di chiusura e carica la molla del polverizzatore durante la chiusura dello spillo del polverizzatore. Una chiusura rapida dello spillo del polverizzatore agisce positivamente sulle emissioni e sostituisce la funzione del pistoncino by-pass, previsto nell'iniettore-pompa con elettrovalvola.



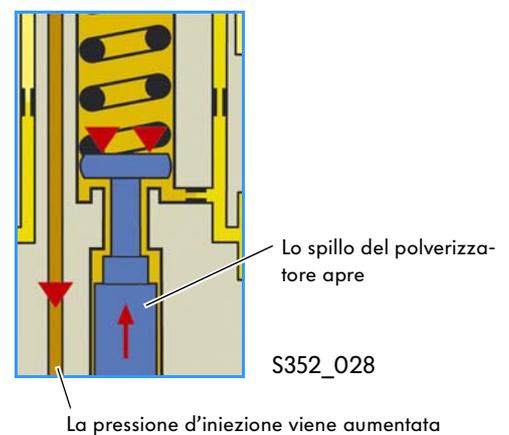
### Apertura dello spillo del polverizzatore

Il carburante ad alta pressione, trattenuto a termine di una fase d'iniezione dalla valvola monodirezionale nel vano della molla del polverizzatore, influisce sull'inizio della successiva fase d'iniezione.

Anche in questo caso il carburante ad alta pressione carica la molla del polverizzatore impedendo così che lo spillo del polverizzatore apra troppo presto.

La fase d'iniezione inizia con una pressione elevata.

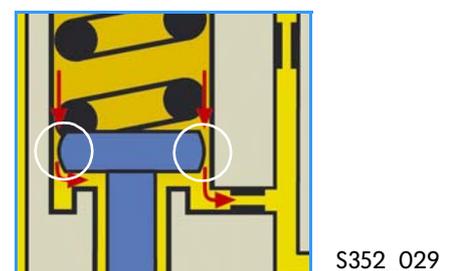
Questa pressione elevata è particolarmente importante per la combustione e per limitare la formazione di emissioni durante l'iniezione principale.



### Depressurizzazione

Per la preiniezione occorre una bassa pressione d'iniezione. Pertanto, dopo un ciclo d'iniezione (preiniezione, iniezione principale e postiniezione) deve poter essere ridotta la pressione del carburante nel vano della molla del polverizzatore. Questo viene ottenuto grazie ad una fessura di trafilamento al pistoncino di chiusura. Fra i singoli cicli d'iniezione la pressione del carburante si riduce, la molla del polverizzatore non viene più caricata e la preiniezione può iniziare con una pressione bassa.

### Fessura di trafilamento al pistoncino di chiusura



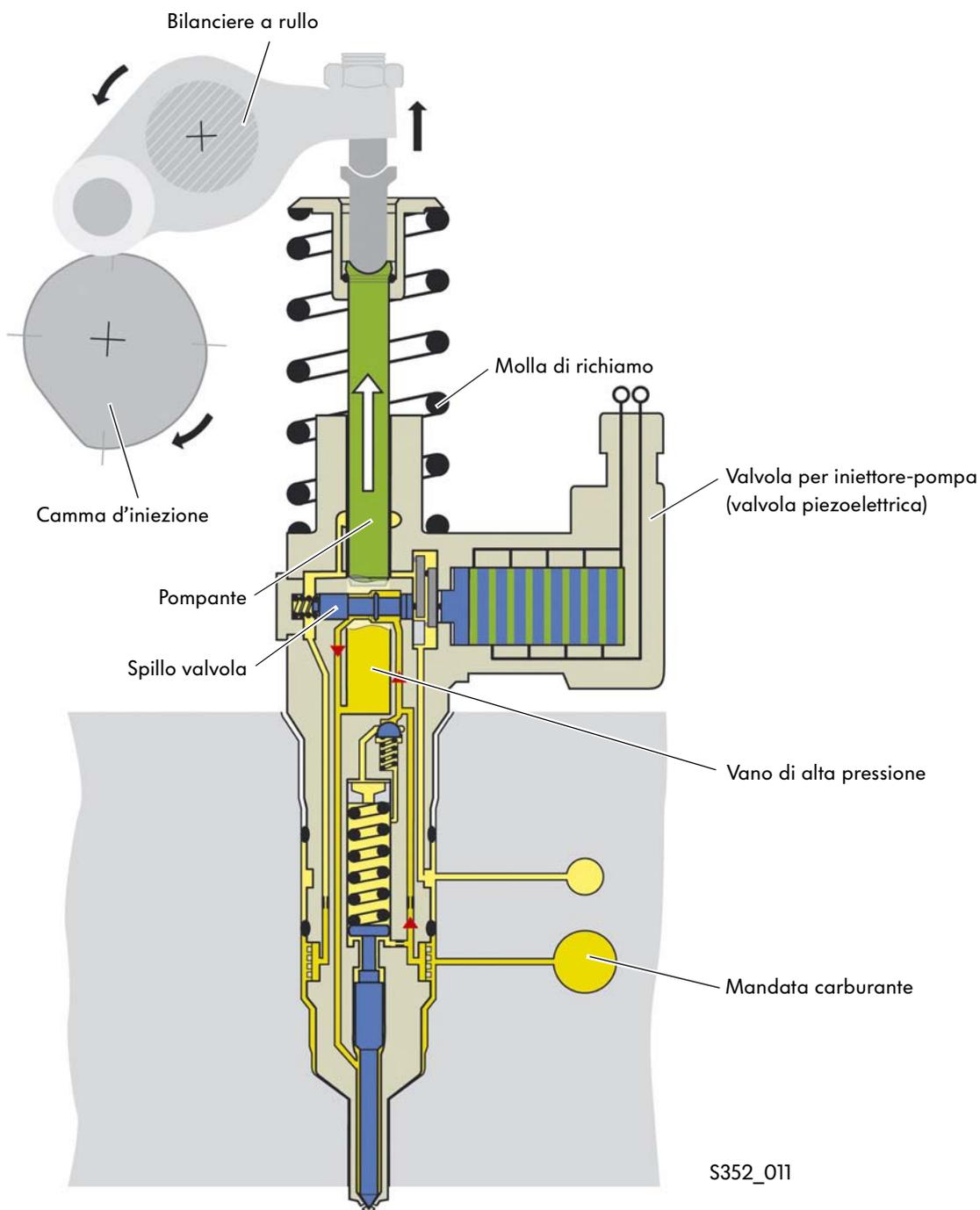
## La preiniezione

### Riempimento del vano di alta pressione

A causa del movimento della camma d'iniezione e della conseguente risalita del bilanciere a rullo, la molla di richiamo spinge verso l'alto la pompante. Data la speciale sagoma della camma d'iniezione, si ottiene un movimento di risalita lento.

Il vano di alta pressione aumenta.

La valvola piezoelettrica non è attivata ed il relativo spillo è quindi aperto. Il carburante proveniente dalla mandata può quindi riempire il vano di alta pressione.



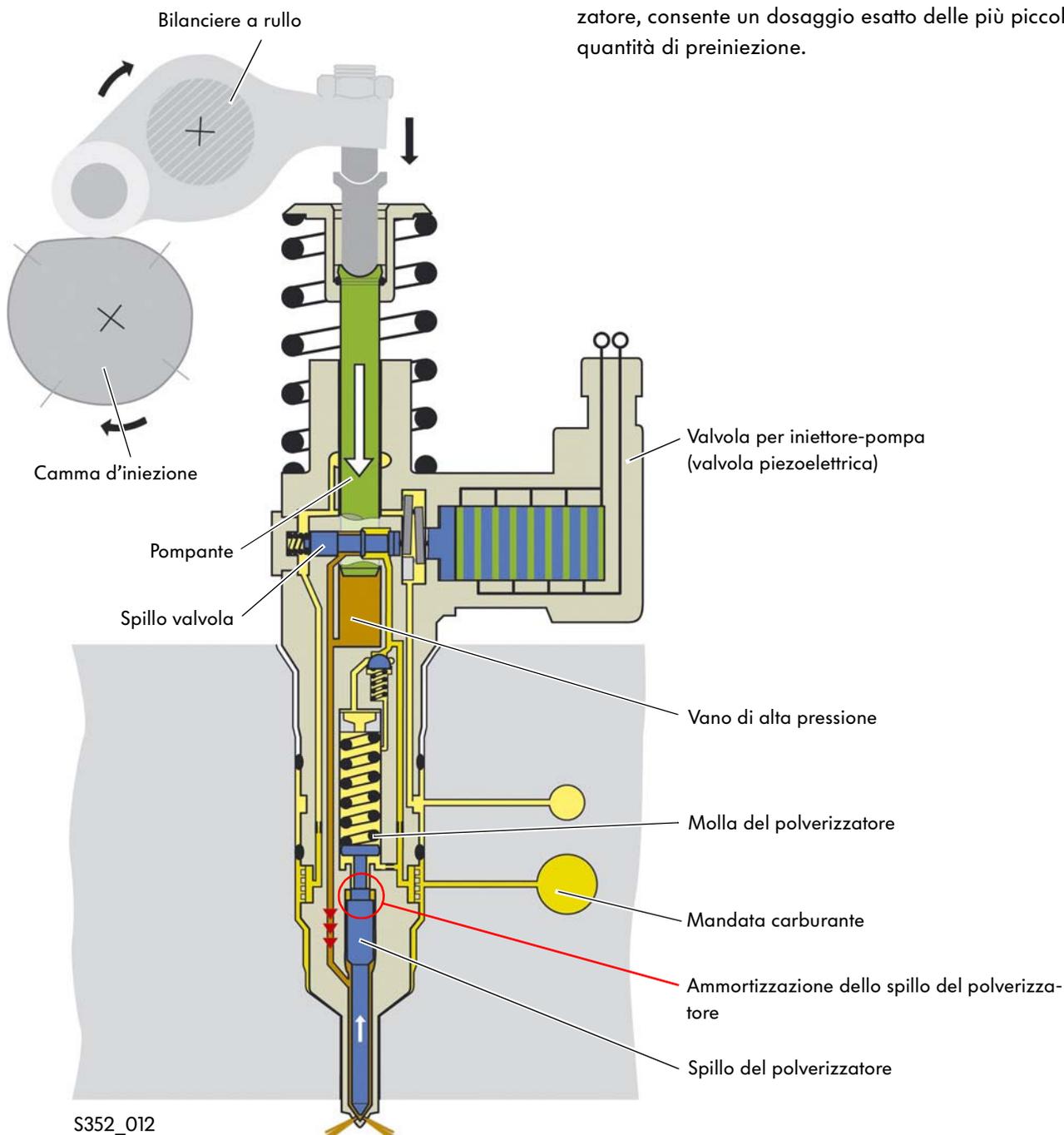
# Iniezione

## Inizia la preiniezione

Tramite il bilanciere a rullo, la camma d'iniezione spinge velocemente verso il basso la pompante. Il carburante viene spinto indietro nel condotto di mandata finché la valvola piezoelettrica non viene attivata e quindi chiusa. Dopo la chiusura della valvola piezoelettrica il carburante viene compresso ed ha inizio la pressurizzazione. A partire da 130 bar la pressione del carburante supera la forza della molla

del pulverizzatore. Lo spillo del pulverizzatore viene sollevato ed inizia la preiniezione.

L'ammortizzazione dello spillo del pulverizzatore avviene come nell'iniettore-pompa con elettrovalvola. Durante la preiniezione, la corsa dello spillo del pulverizzatore viene limitata da un cuscinetto idraulico fra spillo e corpo del pulverizzatore. Questa limitazione nella corsa di apertura dello spillo del pulverizzatore, consente un dosaggio esatto delle più piccole quantità di preiniezione.



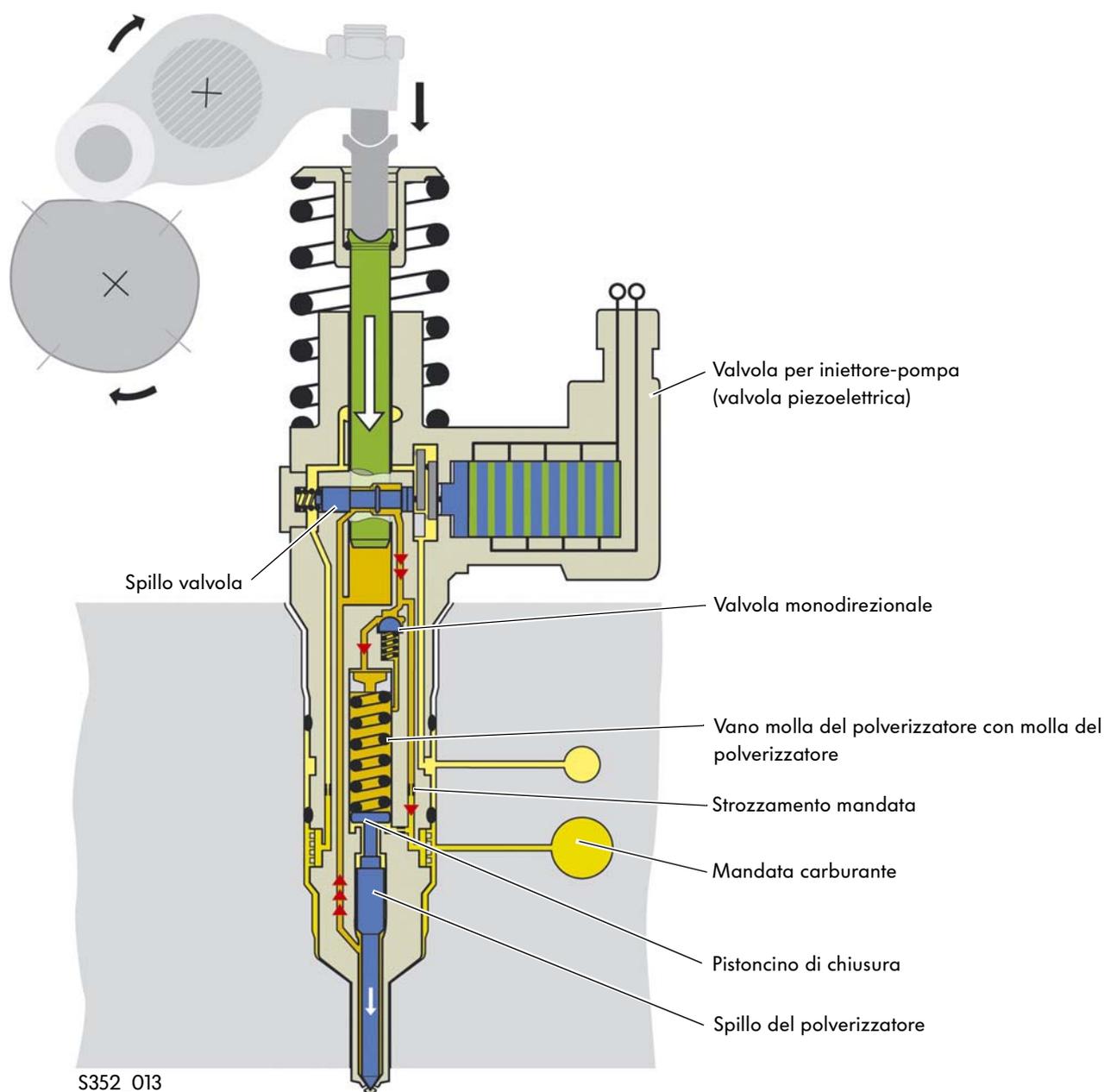
## Conclusione della preiniezione

La preiniezione viene conclusa dall'apertura dello spillo valvola da parte della valvola piezoelettrica. L'alta pressione del carburante viene ridotta nel condotto di mandata e lo spillo del pulverizzatore viene chiuso dalla molla del pulverizzatore.

La molla del pulverizzatore viene caricata dall'alta pressione del carburante defluente che viene trattenuto dallo strozzamento nella mandata e che, attraverso la valvola monodirezionale che si apre,

perviene nel vano molla del pulverizzatore. Questo carburante ad alta pressione preme sul pistoncino di chiusura ed accelera così la chiusura dello spillo del pulverizzatore.

A seconda delle condizioni di funzionamento del motore, la centralina del motore può attivare una o due preiniezioni per ogni ciclo d'iniezione.



# Iniezione

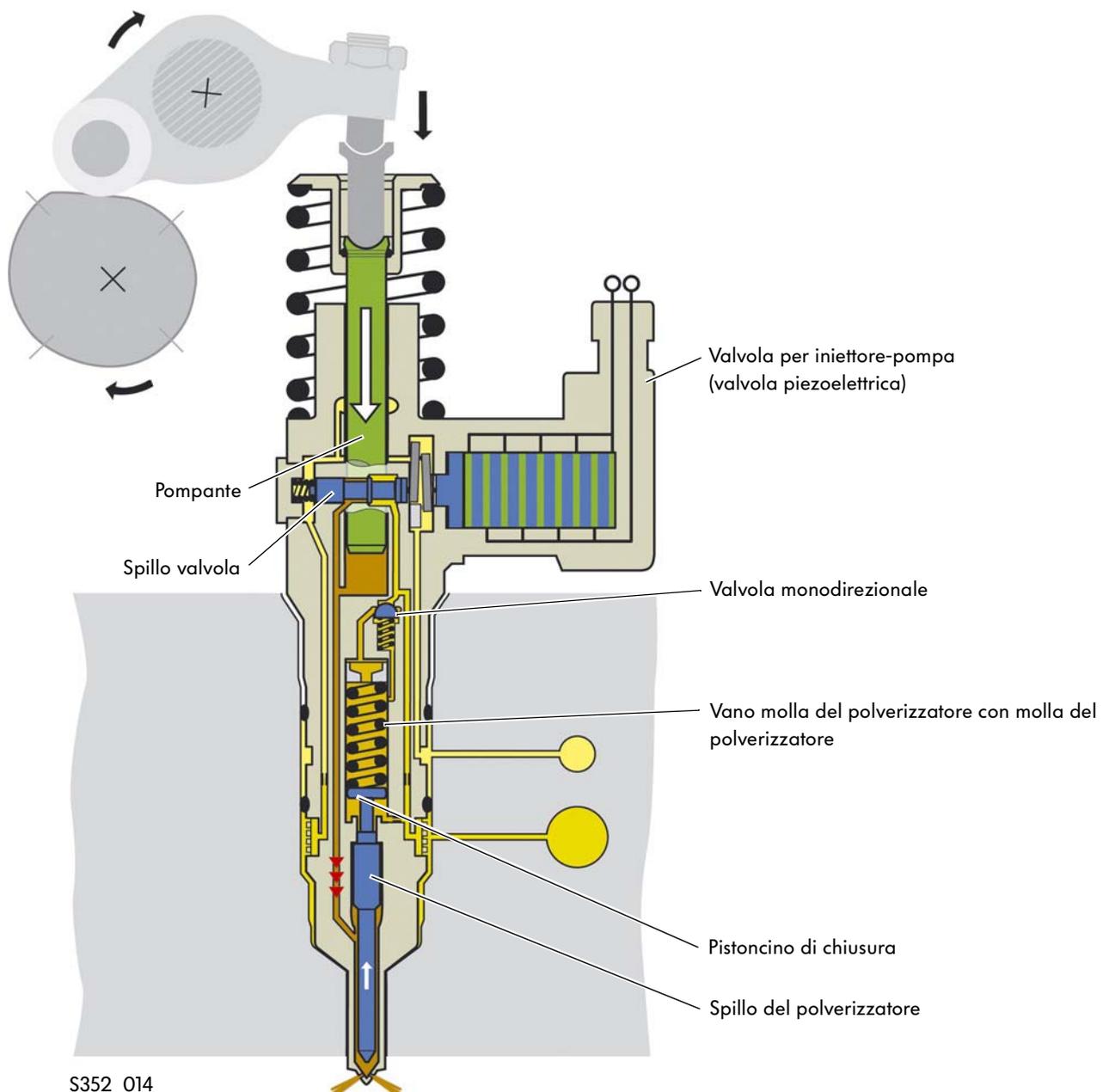
## L'iniezione principale

### Inizia l'iniezione principale

La pompante viene spinta ulteriormente verso il basso. Dopo la chiusura dello spillo valvola, il carburante viene nuovamente pressurizzato e quindi può iniziare l'iniezione principale. Affinché durante l'iniezione principale lo spillo del pulverizzatore apra solo a partire da una pressione superiore, la molla del pulverizzatore viene caricata dalla pressione del carburante nel vano del pulverizzatore.

Questa alta pressione del carburante è stata generata dopo la preiniezione, viene mantenuta dalla chiusura della valvola monodirezionale nel vano del pulverizzatore e preme sul pistoncino di chiusura.

Con motore alla massima potenza la pressione d'iniezione sale fino a 2200 bar.

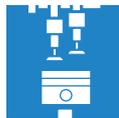
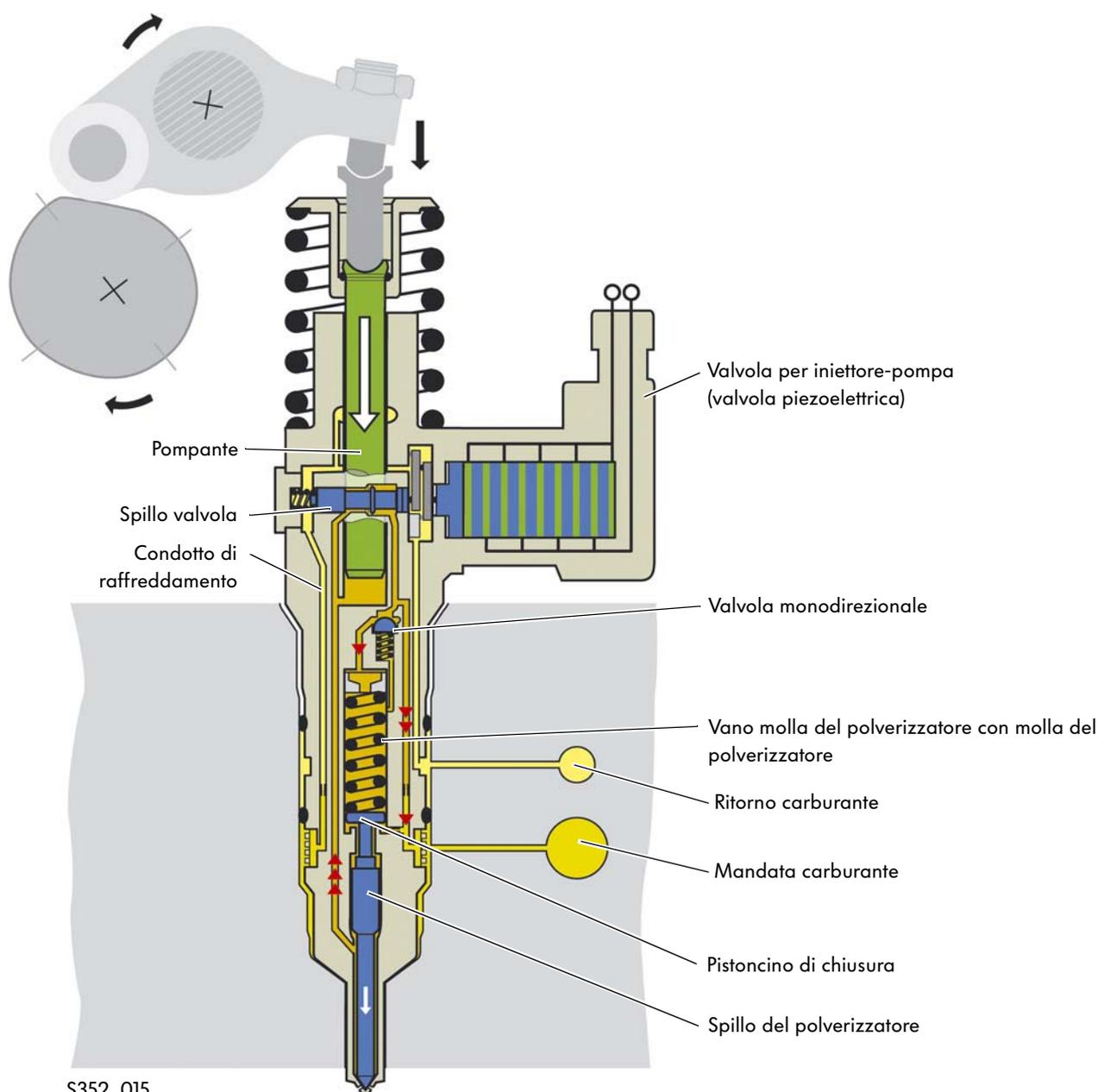


## Conclusione dell'iniezione principale

L'iniezione principale viene conclusa con l'apertura dello spillo valvola. Come dopo la preiniezione, la pressione del carburante diminuisce nel condotto di mandata e nel vano molla del polverizzatore. Lo spillo del polverizzatore viene chiuso dalla molla del polverizzatore e dal pistoncino di chiusura.

Il raffreddamento avviene come nell'iniettore-pompa con elettrovalvola. Il carburante fluisce strozzato dal

condotto di mandata, attraverso l'iniettore-pompa, nel condotto di ritorno, e fa defluire anche il carburante di rifiuto dalla pompante.



# Iniezione

## La postiniezione

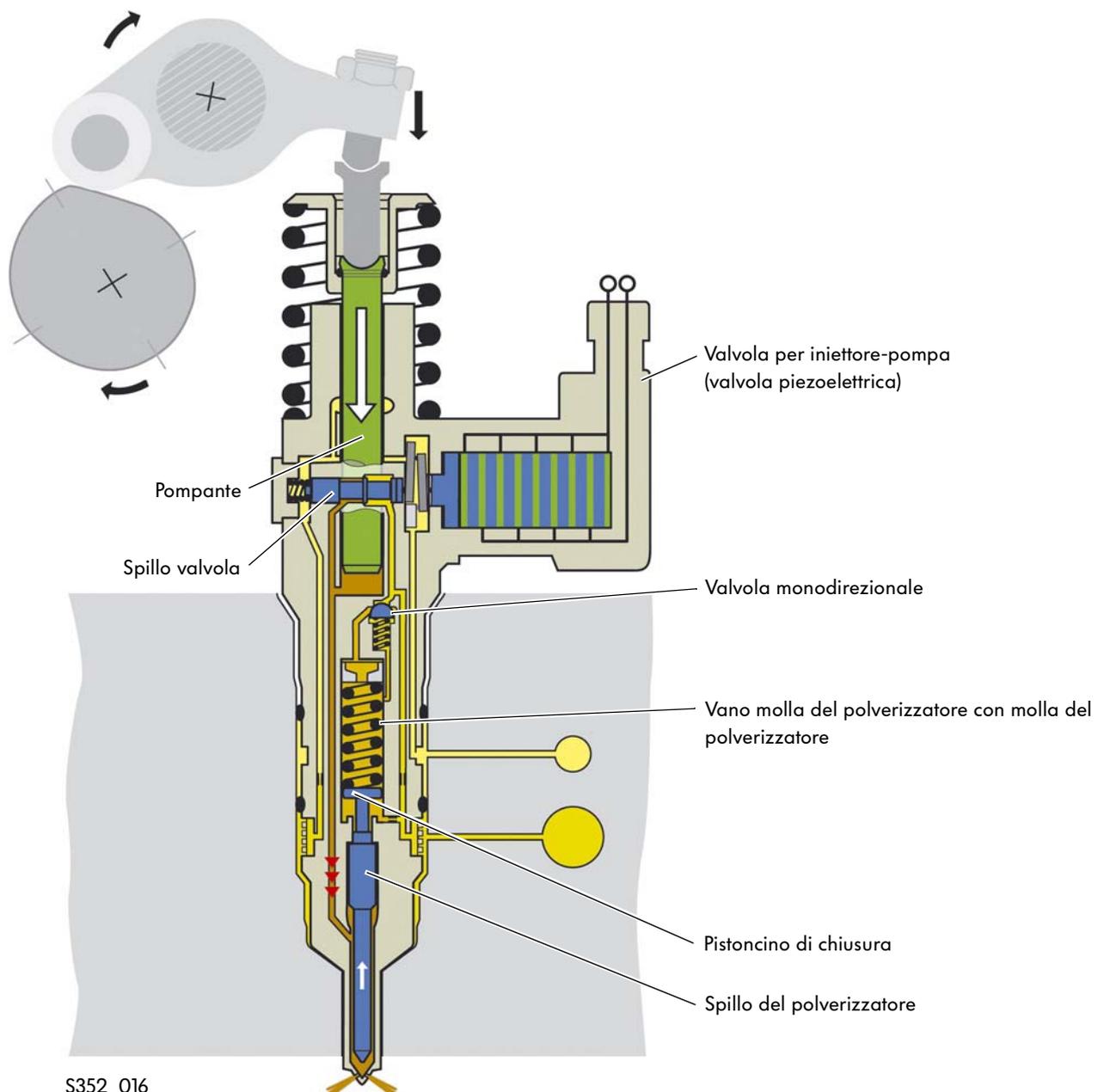
### Inizia la postiniezione

Lo svolgimento delle postiniezioni viene spiegato sulla scorta di una fase di postiniezione. Nella pratica vengono avviate generalmente due postiniezioni che sono però essenzialmente identiche.

Postiniezioni vengono avviate solo quando lo richiede la rigenerazione del filtro antiparticolato.

La pompante si muove ulteriormente verso il basso e la postiniezione inizia dopo che lo spillo valvola è chiuso e dopo che è stata raggiunta la pressione di apertura del pulverizzatore.

La postiniezione funziona come un'iniezione principale, ma con la differenza che quantità iniettata e pressione d'iniezione possono essere inferiori perché la durata dell'iniezione è più corta.

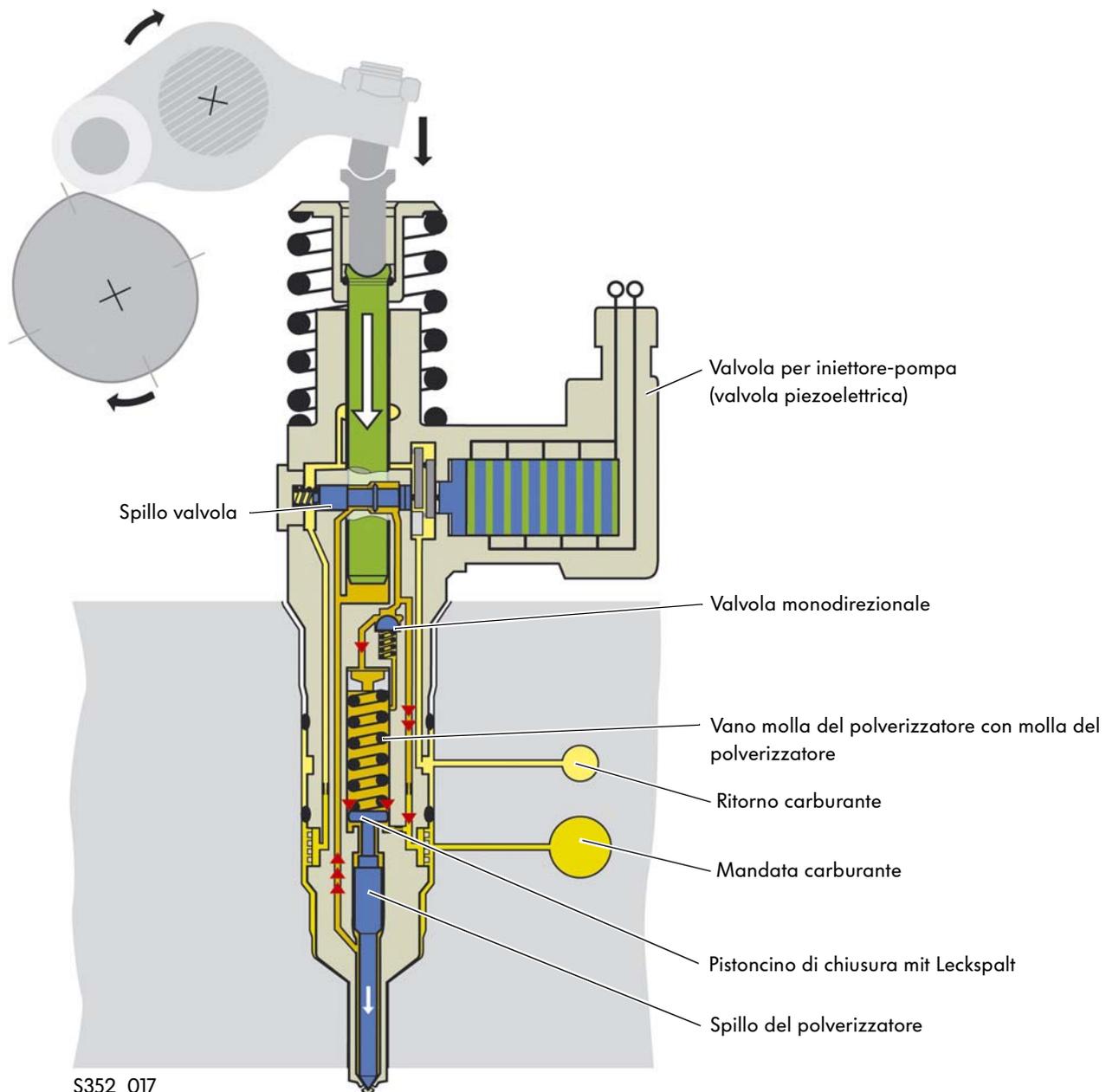


## Conclusione della postiniezione

La postiniezione viene conclusa con l'apertura dello spillo valvola. L'alta pressione del carburante viene ridotta e lo spillo del pulverizzatore chiude.

In questo momento, nel vano molla del pulverizzatore il carburante viene nuovamente portato ad alta pressione tramite la valvola monodirezionale aperta. Affinché alla successiva preiniezione il carburante possa venire nuovamente iniettato con bassa

pressione, è necessario che prima di allora il carburante ad alta pressione possa defluire dal vano molla del pulverizzatore. Il tempo fra i singoli cicli d'iniezione è sufficiente per il deflusso del carburante attraverso la fessura di trafileamento al pistoncino di chiusura.



S352\_017

## Diagnosi

### Sorveglianza della valvola per iniettore-pompa (valvola piezoelettrica)

Assieme al nuovo iniettore-pompa con valvola piezoelettrica viene adottata anche una nuova centralina del motore, la Simos PPD 1.

La diagnosi della Simos PPD 1 è simile a quella della Motronic con iniettore-pompa con elettrovalvola.

Viene misurato l'effettivo momento di chiusura dello spillo valvola sulla scorta di una piega nell'andamento della tensione (BIP = Beginning of Injection Period = inizio dell'iniezione). Questa piega nella curva della tensione viene generata dall'impatto dello spillo valvola nella sede valvola e dalla conseguente forza in opposizione alla direzione in cui si muove l'attuatore piezoelettrico.

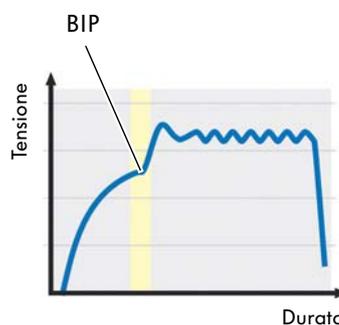
Per la misurazione viene generato un impulso di prova ogni 5 iniezioni, per chiudere lo spillo valvola senza influssi perturbanti (per es. alta pressione del carburante).

### Simos PPD 1



S352\_031

### Andamento della tensione valvola piezoelettrica



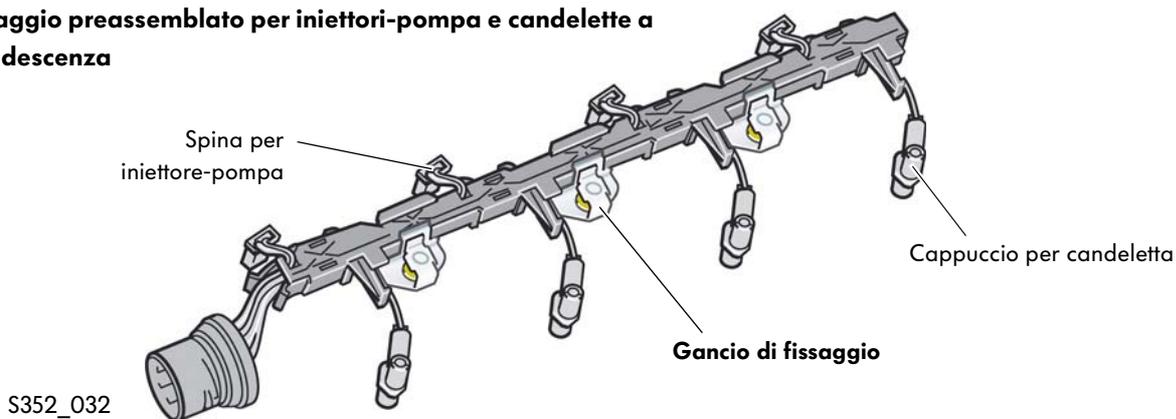
S352\_030

### Valore superiore o inferiore al limite di regolazione

Se il BIP non si trova all'interno di un determinato limite di regolazione, viene registrato in ogni caso un guasto nella memoria guasti. Secondo il tipo di guasto accertato, l'iniettore-pompa interessato continua ad essere attivato oppure viene escluso. Con un'esclusione si prevengono ulteriori guasti all'iniettore-pompa e al motore.

## Smontaggio e rimontaggio

### Cablaggio preassemblato per iniettori-pompa e candele a incandescenza

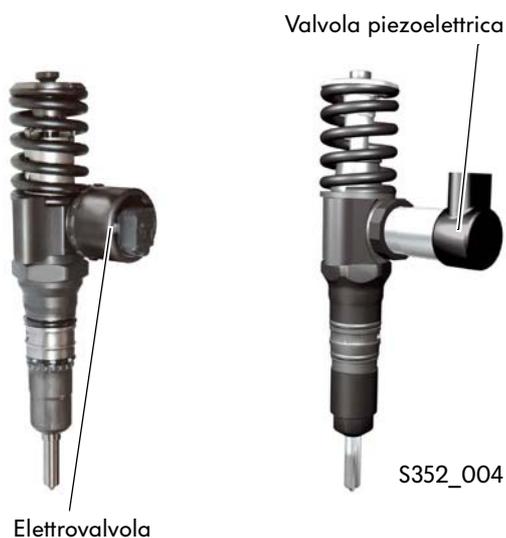


Allo smontaggio o al montaggio del cablaggio preassemblato per iniettori-pompa e candele a incandescenza, non è consentito staccare la canalina per cavi dai ganci di fissaggio. Aprendo i ganci di fissaggio e togliendo la canalina si può causare la rottura di un cavo. In ELSA troverà informazioni dettagliate riguardo al procedimento!



### Misure d'ingombro e avvitatura

L'iniettore-pompa con elettrovalvola (PDE-P2/ 2 viti di fissaggio) e l'iniettore-pompa con valvola piezoelettrica hanno le medesime misure d'ingombro e la medesima avvitatura alla testata. Ma la sostituzione di un iniettore-pompa con elettrovalvola con un iniettore-pompa con valvola piezoelettrica non è possibile a causa delle differenze nei collegamenti e nelle gestioni.



## Versioni di iniettori-pompa con valvola piezoelettrica

Esistono due versioni di iniettore-pompa con valvola piezoelettrica, il modello precedente (PPD 1.0) e il modello descritto nel presente programma autodidattico (PPD 1.1). Il modello precedente viene già montato nel motore TDI di 2,0l, 103kW a 4 valvole della Passat, a partire dal model year 2006 e nella produzione viene sostituito gradatamente con il modello attuale (PPD 1.1). Queste due versioni si differenziano esternamente solo per il numero categorico stampatovi, e non vanno scambiati in caso di sostituzione. Un montaggio misto di entrambe le versioni causa un funzionamento irregolare del motore.

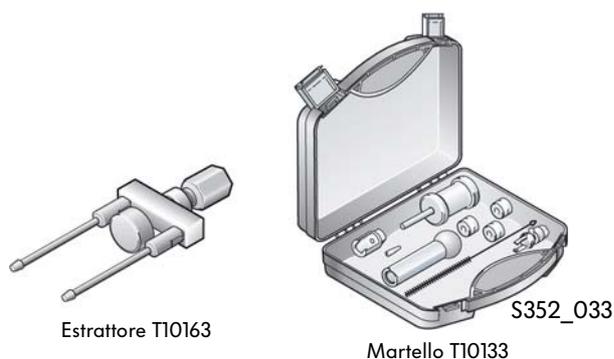


Osservare l'aspetto esterno e il numero categorico dei vari iniettori-pompa, per evitare confusioni in caso di sostituzione.



## Informazioni riguardo ad attrezzi speciali

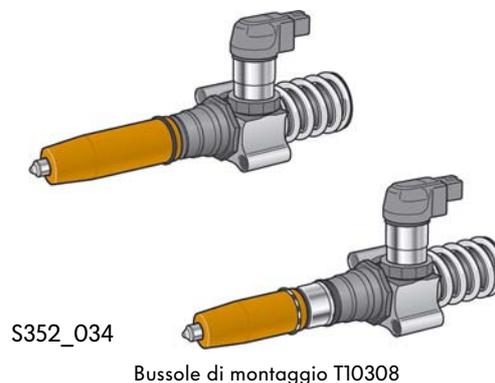
L'estrattore T10163 unitamente al martello T10133 non viene usato solo per lo smontaggio dell'iniettore-pompa con valvola piezoelettrica, bensì anche per il montaggio dello stesso.



Estrattore T10163

Martello T10133

Per l'iniettore-pompa con valvola piezoelettrica vengono usate le nuove bussole di montaggio T10308 per montare le guarnizioni O-Ring.



S352\_034

Bussole di montaggio T10308



In ELSA troverà informazioni dettagliate riguardo al procedimento!

# Verifichi le Sue cognizioni

## Quale risposta è corretta?

Possono essere giuste una, diverse o tutte le risposte.

### 1. Quale affermazione riguardante l'iniettore-pompa con valvola piezoelettrica è corretta?

- a) Con l'eliminazione dell'elettrovalvola non è più necessario un collegamento con la centralina del motore. Le pressioni d'iniezione vengono regolate in modo puramente meccanico con l'ausilio del pistoncino di chiusura.
- b) La valvola piezoelettrica è così veloce che può venire aperta e chiusa per ogni fase d'iniezione (preiniezione, iniezione principale, postiniezione).
- c) A causa della riduzione del diametro della pompante, l'iniettore-pompa con valvola piezoelettrica ha un volume di alta pressione minore, per cui è adatto solo per motori di piccola cilindrata.
- d) Date le minori forze d'azionamento e la migliore taratura del cambiamento di pressione all'interno dell'iniettore-pompa, è stato possibile ridurre la rumorosità.

### 2. Completate le seguenti affermazioni.

- a) Effetto piezoelettrico inverso significa, che un elemento piezoelettrico viene ....., quando viene applicata tensione.
- b) Affinché l'iniezione principale inizi con una pressione superiore a quella della preiniezione, la molla del polverizzatore viene caricata dal .....

### 3. Smontando o montando gli iniettori-pompa con valvola piezoelettrica si deve osservare che ...

- a) devono venire smontati assieme al cablaggio preassemblato.
- b) le misure d'ingombro ed il fissaggio (con due viti) corrispondono a quelli dell'iniettore-pompa con elettrovalvola.
- c) il cablaggio preassemblato può essere smontato solo al completo (canalina e ganci di fissaggio).

3. b), c)

2. b) pistoncino di chiusura/pressione del carburante

2. a) ingrandito (anche: esteso)

1. b), d)

**Soluzioni!**



© VOLKSWAGEN AG, Wolfsburg  
Con riserva di tutti i diritti, incluse le modifiche tecniche.  
000.2811.66.50 Aggiornamento tecnico 03.2005

Volkswagen AG  
Service Training VK-21  
Brieffach 1995  
38436 Wolfsburg