



NOx Reduction Systems

▼ IN QUESTO NUMERO

INTRODUZIONE

2

LA COMBUSTIONE E I
GAS DI SCARICO

2

NORMATIVA
ANTI-INQUINAMENTO

4

MISURE PER
LA RIDUZIONE DELLE
EMISSIONI

6

SISTEMI DI RIDUZIONE
CATALITICA SELETTIVA SCR
(SELECTIVE
CATALYTIC REDUCTION)

8

ESEMPI DI COSTRUTTORI
CHE INTEGRANO IL SISTEMA
DI RIDUZIONE NOX
CON ADBLUE

15

MANUTENZIONE DEI
SISTEMI DI RIDUZIONE
NOX CON ADBLUE

17

INTRODUZIONE

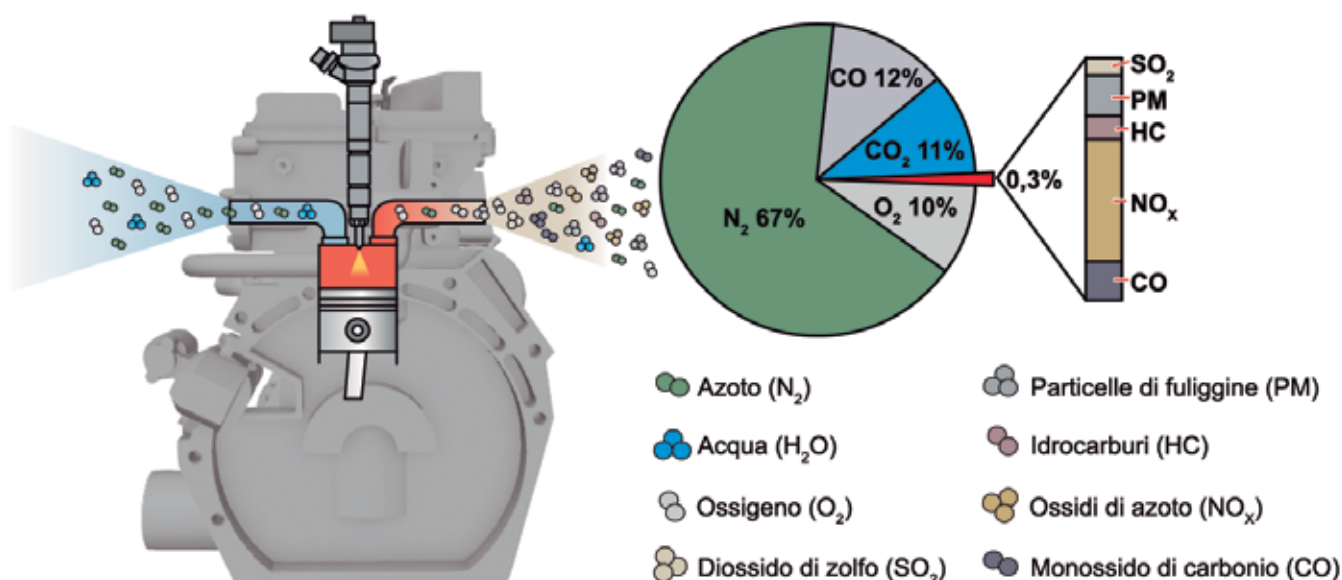
Una delle sostanze più nocive per le persone e l'ambiente prodotte dai motori di combustione sono gli **ossidi di azoto e i loro derivati**. Secondo i livelli massimi di inquinamento ambientale fissati dalle città, il diossido di azoto NO_2 non dovrebbe superare i **200 mg/m^3** .

In realtà, spesso in condizioni meteorologiche avverse, questi livelli arrivano a triplicarsi, il che costituisce un grave rischio per la salute pubblica. Gli ossidi di azoto vengono prevalentemente prodotti durante la combustione del motore diesel, quando il regime di rotazione del motore è lento e la quantità di gasolio iniettato è limitata. Poiché il motore funziona senza limiti di aria aspirata, in queste condizioni la miscela di aria/combustibile risulta magra, perciò rimane molta aria che non partecipa direttamente alla combustione. Poiché l'aria è composta principalmente da azoto (78%) e ossigeno (21%), il resto di questi elementi che non partecipa alla combustione, reagisce a causa delle temperature elevate della camera di combustione, creando inquinamento dell'aria e

gli ossidi di azoto (NO_x), che provocano seri problemi correlati all'inquinamento nelle grandi città.

Di conseguenza, le case automobilistiche hanno sviluppato diverse soluzioni per ridurre, trasformare e controllare le emissioni di ossidi di azoto. Una di queste soluzioni è l'utilizzo dell'**agente AdBlue** per ridurre gli ossidi di azoto mediante trasformazione.

AdBlue è un marchio registrato con cui si commercializza un prodotto denominato tecnicamente AUS32 (Aqueous Urea Solution, soluzione di urea al 32,5%). Il suo obiettivo è di ridurre le emissioni di ossidi di azoto NO_x nei motori Diesel. A tale scopo viene applicato un processo chiamato SCR (Selective Catalytic Reduction, riduzione catalitica selettiva). Tale processo avviene in un catalizzatore specifico per l'accumulo e la riduzione dei NO_x .



LA COMBUSTIONE E I GAS DI SCARICO

La combustione

La combustione è una reazione chimica continua in cui un elemento-**combustibile**, in questo caso il gasolio, reagisce e si lega a un altro elemento, il **comburente** (ossigeno). Durante la combinazione rapida del combustibile con l'ossigeno viene rilasciata energia termica e luminosa, mentre viene prodotto un ossido. La combustione è una **reazione esotermica** poiché durante tale processo viene rilasciato calore. I tipi più frequenti di combustibili sono i materiali organici contenenti carbonio e idrogeno.

In un motore diesel, la **combustione ideale** avviene quando la quantità totale di combustibile reagisce con l'ossigeno generando come unici prodotti: **azoto (N_2)**, **diossido di carbonio (CO_2)** e **acqua (H_2O)**. Ciò significa che il combustibile si è completamente ossidato, vale a dire che si è completamente bruciato. Tuttavia, in realtà a causa del-



le caratteristiche intrinseche della combustione e al fatto che durante la combustione esiste una variazione continua della proporzione della miscela tra aria e combustibile, **la combustione ideale in pratica non avviene.**

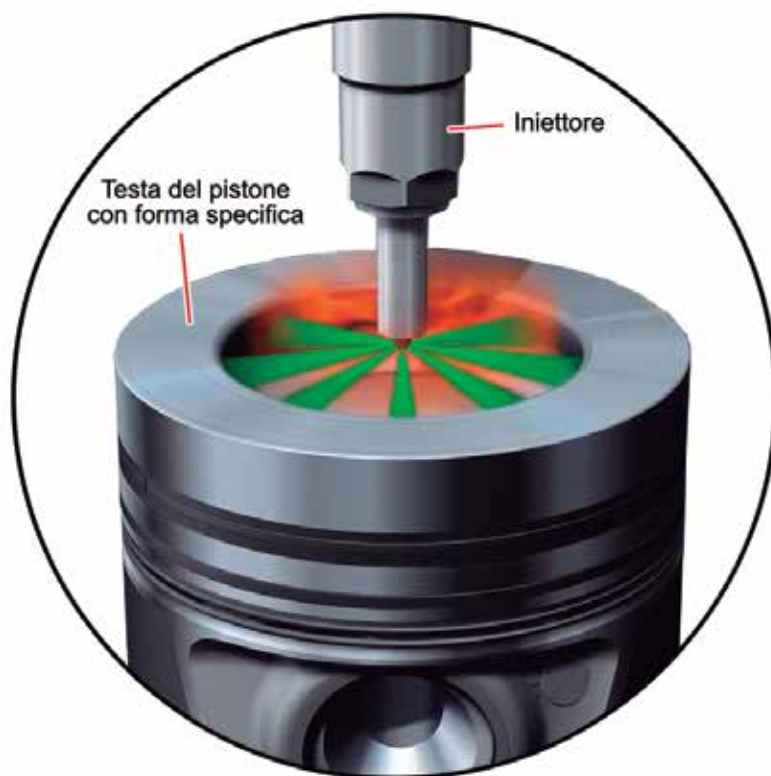
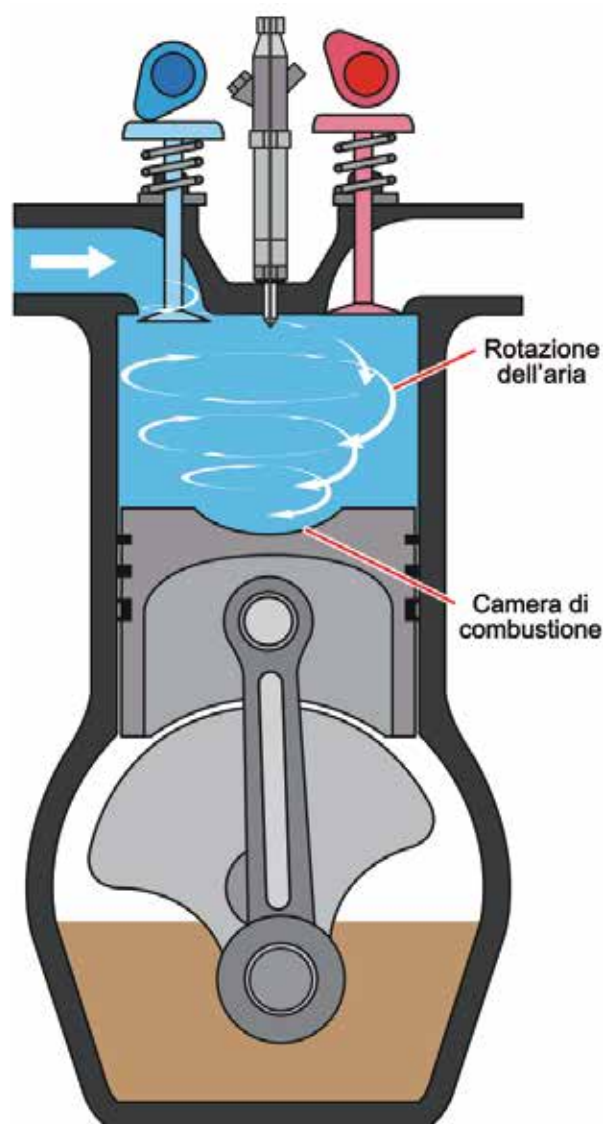
La combustione reale (incompleta), genera, oltre a O_2 , N_2 , CO_2 e H_2O , diversi prodotti secondari tossici come: carbonio parzialmente ossidato **PM** (fuliggine), monossido di carbonio **CO**, idrocarburi incombusti **HC**, ossidi di azoto **NO_x** derivati dell'ossidazione dell'azoto e del diossido di zolfo **SO₂** come prodotto secondario di una combustione parziale dello zolfo contenuto nel combustibile diesel.

I costruttori di motori Diesel hanno studiato e lavorato molto alla progettazione di ciascun componente che partecipa in modo diretto alla combustione (modifiche endomotorie) con l'obiettivo di ottenere una combustione che si avvicini il più possibile a quella ideale. I componenti meccanici e i processi che sono stati più studiati e ottimizzati sono: le camere di combustione, le valvole, i pistoni, i collettori di aspirazione e di scarico, i sistemi di ricircolo dei gas di scarico, i sistemi di preriscaldamento, gli iniettori e il processo di iniezione. Il risultato di questo lavoro è stato il miglioramento dei fattori più influenti nello sviluppo della combustione:

- **Il dosaggio del combustibile:** Quanto migliore sarà la polverizzazione del combustibile, tanto migliore sarà la combustione, poiché il particolato di combustibile sarà di dimensioni inferiori e presenterà una maggiore superficie di contatto tra combustibile e comburente (ossigeno). Per tale motivo sono state potenziate le pompe di inie-

zione in grado di somministrare oltre 2000 bar di pressione. Sono stati migliorati inoltre gli iniettori, aumentando il numero di orifici di iniezione e riprogettando l'orientamento dei getti di iniezione, il numero di iniezioni, la precisione dei tempi e della durata dell'iniezione. Tutto questo è stato possibile grazie alla rapidità di calcolo delle gestioni elettroniche di iniezione e all'evoluzione dei sistemi di lavorazione dei componenti.

- **Il tempo di residenza:** Si tratta del tempo durante il quale la miscela di aria e combustibile resta nella camera di combustione, ottenuta nella testa di ciascun pistone. Durante questo periodo di tempo, la miscela deve raggiungere la maggiore ossidazione possibile. Ciò ha riguarda direttamente la temperatura della camera di combustione, il rapporto di compressione e la geometria delle camere di combustione.
- **La turbolenza:** È uno dei fattori determinanti per una buona combustione. La velocità di ingresso dell'aria nella camera di combustione e il suo movimento sotto forma di vortice sono determinanti per ottenere un buon grado di omogeneità tra aria e combustibile. In tal modo il numero massimo di gocce di combustibile viene circondato da aria fresca. I costruttori cercano di migliorare la turbolenza tramite la progettazione delle valvole e dei condotti di aspirazione.



I gas di scarico

Nonostante tutte le misure adottate dai costruttori per migliorare i fattori influenti e le condizioni di combustione attraverso la riprogettazione delle componenti sopraelencate, la verità è che lo sviluppo della **combustione reale** è ancora ben lontano dalla **combustione completa ideale**.

Esistono numerose variabili che influiscono, con scarsa possibilità di controllo: la variazione della temperatura operativa, la variazione del regime di rotazione del motore, la qualità del gasolio, la variazione della portata di iniezione in funzione della richiesta di coppia, ecc. Di conseguenza, il motore produce gas di scarico nocivi a seconda delle condizioni di funzionamento:

Emissioni del motore con poca accelerazione e carichi bassi

In queste condizioni c'è molta aria (O_2 e N_2) e poco gasolio. Di conseguenza, c'è un eccesso di ossigeno (O_2) ed è presente molto azoto N_2 . La temperatura di picco della combustione provoca la reazione di questi elementi formando ossidi di azoto NO_x . Poiché è presente poco gasolio, viene prodotto poco CO e pochi idrocarburi incombusti (HC).

Emissioni del motore con giri del motore elevati e carichi alti

Per accelerare, nel motore diesel viene aumentata la quantità di combustibile iniettato, viene rilasciato più calore che produce una maggiore pressione, che spinge il pistone con più forza. Esiste una maggiore proporzione di gasolio rispetto all'aria che entra nel cilindro (N e O_2). Durante la combustione si consuma quasi tutto l'ossigeno (O_2), e in tal modo si genera più monossido di carbonio (CO) e idrocarburi incombusti (HC) e meno ossidi di azoto (NO_x), perciò non c'è praticamente ossigeno (O_2) residuo dalla combustione.

La quantità elevata di combustibile e il breve tempo disponibile per effettuare la combustione quando il carico e il regime di rotazione del motore sono elevati comporta la formazione di particelle solide. Le particelle solide sono costituite dal combustibile che non ha avviato il processo di ossidazione. L'idrogeno degli idrocarburi si dissocia dal carbonio e si combina con l'ossigeno dell'aria per formare acqua (H_2O) e in tal modo il carbonio si raggruppa formando concentrazioni che sono solide viste le dimensioni, e delle quali una piccola parte è costituita da particelle visibili (10-20%) mentre il resto è invisibile a occhio nudo.

Il fatto che la proporzione dei gas inquinanti sia diversa in presenza di regimi elevati e bassi e allo stesso tempo sia diversa con un carico alto o basso, provoca la richiesta di complementi antinquinamento specifici da parte del motore Diesel in ogni situazione, il che rende più complessa la tecnologia di depurazione dei gas di scarico.

L'incremento delle prestazioni dei motori Diesel nel corso degli ultimi anni influisce sulla composizione dei gas di scarico. La pressione e la temperatura maggiori durante la combustione implicano una maggiore produzione di NO_x .

I NO_x vengono prodotti tramite combustione con poco combustibile e molto ossigeno, in condizioni di pressione e temperatura elevate. Si tratta di gas tossici e molto radioattivi la cui concentrazione è limitata a un massimo di **200 mg/m³**.

Sono alcuni dei gas che provocano la pioggia acida. Inoltre, nelle grandi città provocano il cosiddetto "smog **fotochimico**". Si tratta di una **nebbia marrone** che produce diversi effetti sulle persone; irritazione del sistema respiratorio e degli occhi anche con brevi esposizioni. In caso di esposizioni prolungate può provocare malattie respiratorie croniche, cardiovascolari e cerebrovascolari.



NORMATIVA ANTI-INQUINAMENTO

La legislazione europea sulle emissioni inquinanti è l'insieme delle norme che disciplinano i limiti accettabili per le emissioni di gas rilasciati dai motori a combustione interna. Tutti i veicoli nuovi venduti negli Stati membri dell'Unione europea devono rispettare tali norme. La normativa sulle emissioni è definita in una serie di direttive che l'Unione Europea adotta progressivamente e le cui restrizioni sono sempre più severe a causa del continuo aumento dei livelli di inquinamento ambientale.

Nel 2001, la Commissione Europea ha lanciato il **programma CAFE (Clean Air For Europe)**. Una delle conclusioni del programma è stata la necessità di ridurre le emissioni nel settore dei trasporti, come parte di una strategia globale per migliorare la qualità dell'aria. L'Unione Europea sta rilasciando a tale scopo, sotto forma di direttive, diversi ordini per i suoi Paesi membri affinché rispettino alcuni impegni in materia di emissioni inquinanti. Tali direttive sono la EURO I, EURO

II, EURO III, EURO IV, EURO V e EURO VI, ognuna delle quali è più rigida di quelle precedenti.

La conformità alla normativa si determina verificando il funzionamento di un motore in una serie di test prima della sua immissione sul mercato. Le emissioni di ossidi di azoto (NO_x), idrocarburi (HC), monossido di carbonio (CO) e di particelle di fuliggine (PM) sono regolamentate per la maggior parte dei veicoli, e vengono applicate norme diverse in base alle caratteristiche degli stessi.

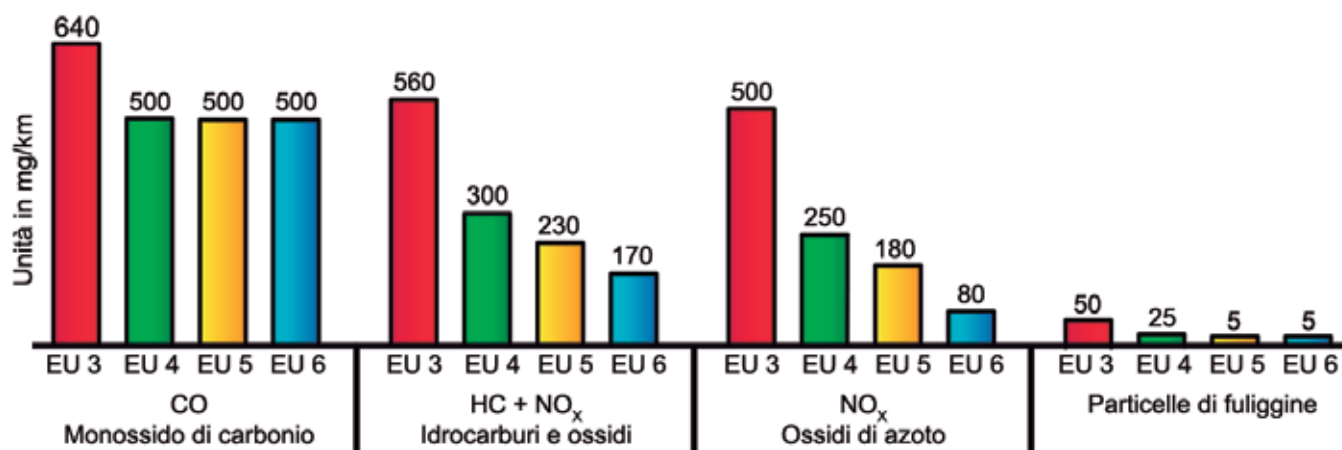
La quantità massima consentita di prodotti secondari presente nelle emissioni di gas provenienti da autoveicoli si riassume nelle seguenti tabelle in base al tipo di gas rilasciato, alla data di entrata in vigore della normativa e al livello di restrizione corrispondente a seconda che il motore sia a benzina o a diesel, e viene espressa in grammi per km:

Diesel						
Typ	Datum	CO	HC	HC + NOx	NOx	PM
Euro 1	Luglio 1992	2,72	-	0,97	-	0,14
Euro 2	Gennaio 1996	1	-	0,7 (*) - 0,9 (**)	-	0,08 (*) - 0,10 (**)
Euro 3	Gennaio 2000	0,64	-	0,56	0,50	0,050
Euro 4	Gennaio 2005	0,50	-	0,30	0,23	0,025
Euro 5	Settembre 2009	0,50	-	0,23	0,18	0,005
Euro 6	Settembre 2014	0,50	-	0,17	0,08	0,0045

* Motore a iniezione indiretta ** Motore a iniezione diretta

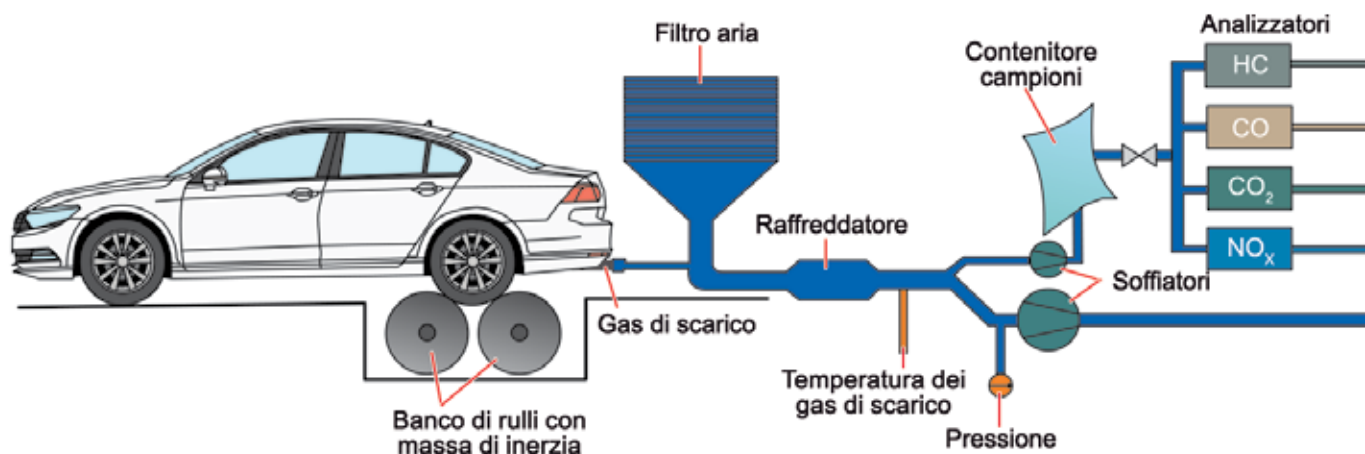
Diesel						
Type	Date	CO	HC	HC + NOx	NOx	PM
Euro 1	Luglio 1992	2,72	-	0,97	-	-
Euro 2	Gennaio 1996	2,2	-	0,5	-	-
Euro 3	Gennaio 2000	2,3	0,2	-	0,15	-
Euro 4	Gennaio 2005	1	0,1	-	0,08	-
Euro 5	Settembre 2009	1	0,1	-	0,06	0,005
Euro 6	Settembre 2014	1	0,1	-	0,06	0,0045

Il grafico riporta la riduzione progressiva in base al tipo di gas emesso e alla direttiva Euro applicabile.



Per simulare le emissioni di un veicolo che circola su strada, si utilizza un **banco prova a rulli**, sul quale si cerca di riprodurre le **condizioni di funzionamento reali**.

Grazie a questo test si ottengono misurazioni degli elementi inquinanti in modo rappresentativo. A tale scopo è stato definito un ciclo di guida che simula le condizioni normali di utilizzo del veicolo.



Per analizzare le emissioni dei gas di scarico esistono diversi costruttori che vendono analizzatori di gas per motori a benzina e a diesel.

I più comuni per i **motori a benzina** sono analizzatori di **quattro o cinque gas**, che grazie a una sonda collegata all'uscita del silenziatore

posteriore, consentono di effettuare test delle emissioni e di verificare che i valori delle sostanze inquinante rientrino nei limiti consentiti.

Per i **motori diesel** si utilizza inoltre un **analizzatore di opacità**, chiamato **opacimetro**.

MISURE PER LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI INQUINANTI

A partire dalle informazioni presentate finora è possibile affermare che i costruttori stanno adottando due tipi di misure per ridurre i gas inqui-

nanti. Tali misure si possono classificare come misure esomotorie e misure endomotorie.

Misure esomotorie

Sono le modifiche e le integrazioni tecniche applicate agli elementi esterni al motore. Di seguito vengono descritte quelle più importanti:

Catalizzatore di ossidazione

La sua funzione principale è ossidare il monossido di carbonio (CO) e trasformarlo in diossido di carbonio (CO₂) e gli idrocarburi incombusti (HC) in diossido di carbonio (CO₂) e acqua (H₂O). Per tale motivo vengono chiamati (CO + HC) a **“due vie”**. Esistono anche catalizzatori di ossidazione a **“tre vie”** (integrati principalmente nei motori a benzina), che oltre a trasformare il CO e gli HC, trasformano anche gli ossidi di azoto (NO_x) in ossigeno e azoto. Tuttavia, **nei motori diesel vengono impiegati esclusivamente i catalizzatori a “due vie”**, visto che i

motori Diesel lavorano con eccesso d'aria e per tale motivo rilasciano gas di scarico con un'elevata concentrazione di ossigeno (O₂) che impedisce la riduzione degli ossidi di azoto in azoto (N₂) e ossigeno (O₂). Per tale motivo, per ridurre i NO_x nei motori Diesel, i costruttori hanno sviluppato un **catalizzatore chiamato SCR che accumula e trasforma gli ossidi di azoto**.

Filtro di particolato, DPF (Diesel Particulate Filter)

Ha come scopo **trattenere le particelle di fuliggine** (solide) dei gas di scarico prodotti dai motori diesel. Quando il volume delle particelle è sufficientemente elevato, le elimina grazie alla combustione della fuliggine nel filtro stesso in base a cicli di rigenerazione. Alcuni costruttori impiegano **additivi** per incrementare la temperatura dei filtri di particolato fino a raggiungere la temperatura necessaria (+450°C) per poter ossidare le particelle in modo da trasformarle in CO₂ (gas).

Un'altra soluzione consiste nel posizionare il filtro di particolato assieme al catalizzatore di ossidazione subito dietro al collettore di scarico e alla turbina del turbocompressore. In tal modo si rende superfluo l'utilizzo di additivi, poiché la temperatura richiesta per la combustione delle particelle di fuliggine si ottiene grazie alla vicinanza delle camere di combustione. Tuttavia, un eccesso di temperatura nel tubo di scarico e nella camera di combustione **aumenta la formazione di NO_x**.



Misure endomotorie

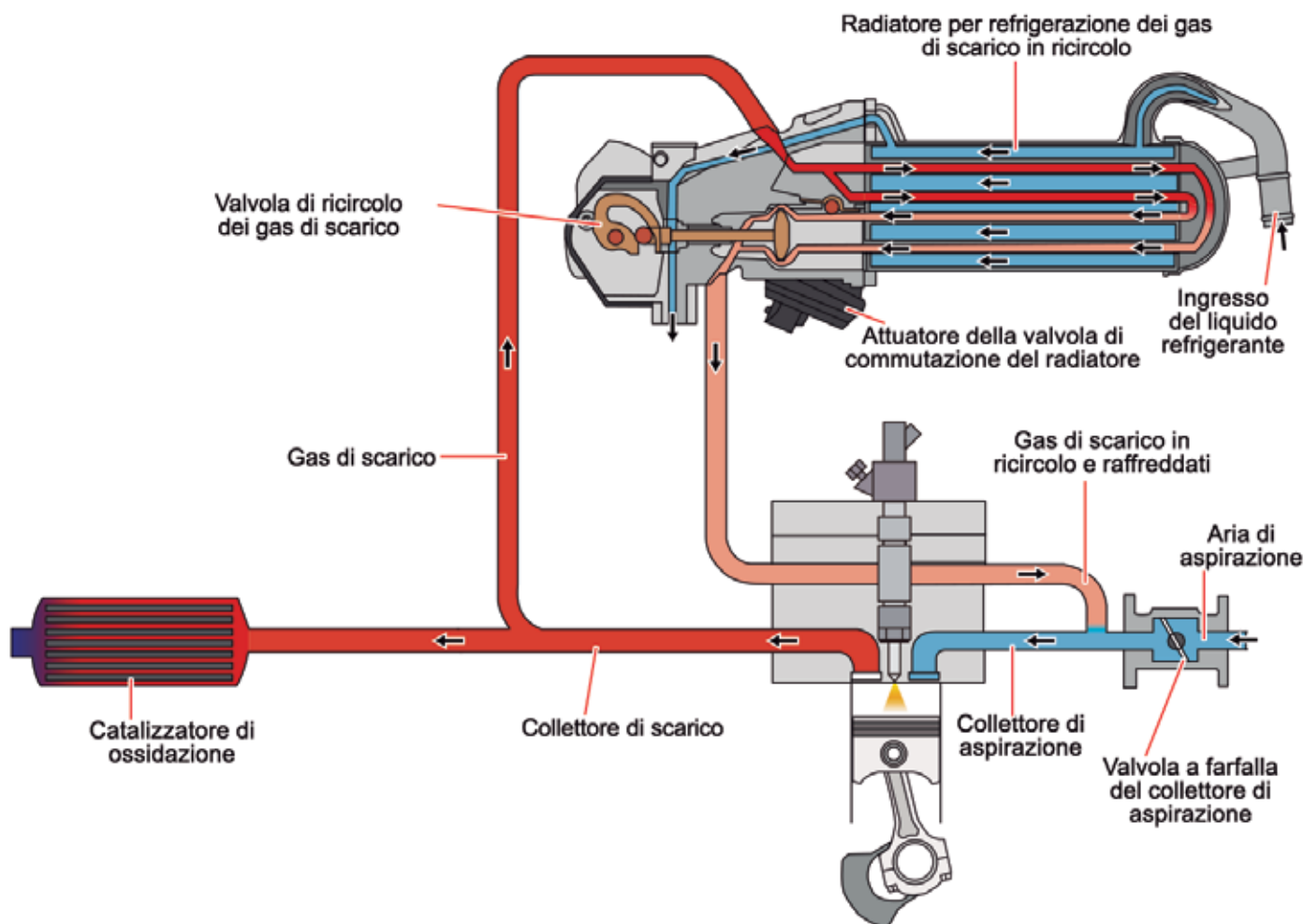
Sono le modifiche e le integrazioni tecniche applicate agli elementi interni del motore, volte a evitare la produzione di agenti inquinanti. Nei motori diesel, le misure più importanti sono:

Ricircolo dei gas di scarico (EGR)

L'obiettivo principale di questo sistema è la riduzione del volume effettivo di aria durante il riempimento dei cilindri, riducendo la quantità di ossigeno in eccesso durante la combustione e la riduzione della temperatura di picco durante la combustione. In tal modo è possibile **contribuire in misura elevata alla riduzione della formazione degli ossidi di azoto (NO_x)**, ma solo quando il carico del motore è basso.

Per migliorare la resa del sistema di ricircolo dei gas di scarico, viene integrato uno **scambiatore di calore** per ridurre la temperatura. I gas raffreddati assorbono più calore durante la combustione e per tale motivo viene ridotta la temperatura massima della stessa.

Ciononostante, questo sistema di ricircolo presenta alcuni **svantaggi**. Con l'aumento della quantità di gas di scarico messi in ricircolo si riduce la quantità di gas di scarico che arrivano alla turbina del turbocompressore, peggiorandone la risposta. Ciò porta la pressione di sovralimentazione a essere inferiore rispetto a quella richiesta affinché il motore risponda in modo adeguato. Inoltre, si consente che i gas di scarico sporchi entrino direttamente attraverso l'ingresso del collettore di aspirazione, il che causa l'accumulo di fuliggine nel sistema di aspirazione.



Ricircolo dei gas di scarico ad alta e bassa pressione

Al fine di ottenere la conformità alla **normativa anti-inquinamento Euro VI**, alcuni costruttori hanno scelto di integrare nei propri veicoli un

sistema di ricircolo dei gas di scarico più completo, in grado di funzionare integrando il ricircolo dei gas in due modi diversi:

Ricircolo dei gas di scarico ad alta pressione

In questo modo, i gas provenienti dal collettore di scarico vengono ricondotti verso il collettore di aspirazione mediante un condotto esterno, in modo simile ai sistemi di ricircolo tradizionali, ma con la differenza che in questo caso non è necessario integrare un refrigeratore di gas di scarico, poiché quando la temperatura è troppo elevata, viene impiegata la modalità di ricircolo dei gas di scarico **a bassa pressione**. Una valvola azionata mediante servomotore e controllata da sensori regola

il passaggio dei gas di scarico **ad alta pressione** in funzione delle condizioni di funzionamento del motore (in alcuni casi questa valvola deve essere raffreddata dal liquido refrigerante).

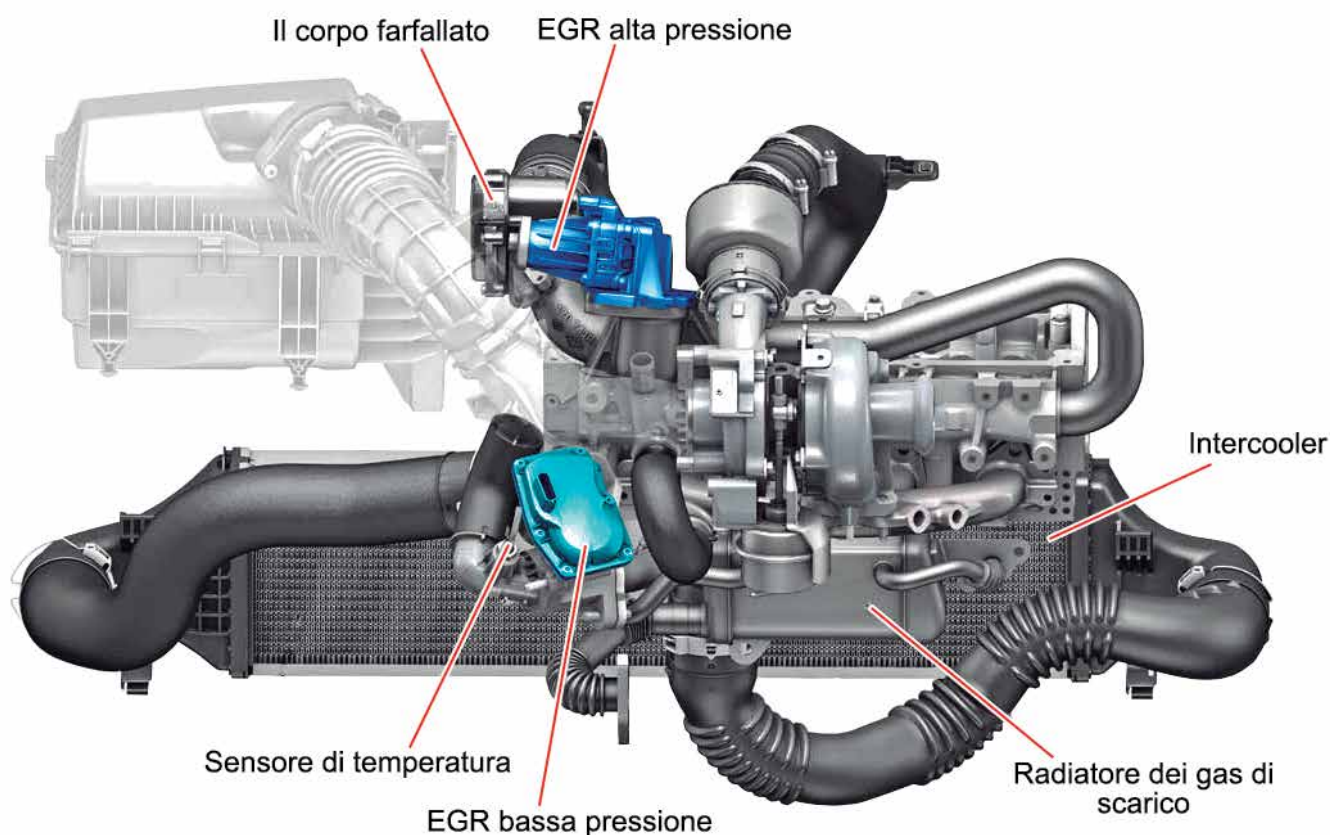
Questa modalità viene principalmente applicata quando la temperatura dei gas di scarico non è troppo elevata e il motore funziona a regime minimo o a basso carico.

Ricircolo dei gas di scarico a bassa pressione

In questa modalità, i gas provenienti dal filtro di particolato vengono ricondotti esternamente verso la **zona de aspirazione del turbocompressore**. A tale scopo attraversano inizialmente uno scambiatore di calore raffreddato da un liquido refrigerante che si trova all'uscita dello stesso DPF. Di seguito, una valvola azionata mediante servomotore e controllata da sensori regola l'aspirazione dei gas di scarico **a bassa pressione** in funzione delle condizioni di funzionamento del motore. I gas di scarico decarbonizzati e con contenuto di ossigeno ridotto vengono ricondotti sul lato di aspirazione del turbocompressore per essere miscelati all'aria di aspirazione e nuovamente raffreddati nell'intercooler (che talvolta utilizza il liquido refrigerante per ridurre la temperatura degli stessi). Infine, un'unità di comando a farfalla controlla il flusso globale dell'aria con gas di scarico introdotti nel collettore di aspirazione.

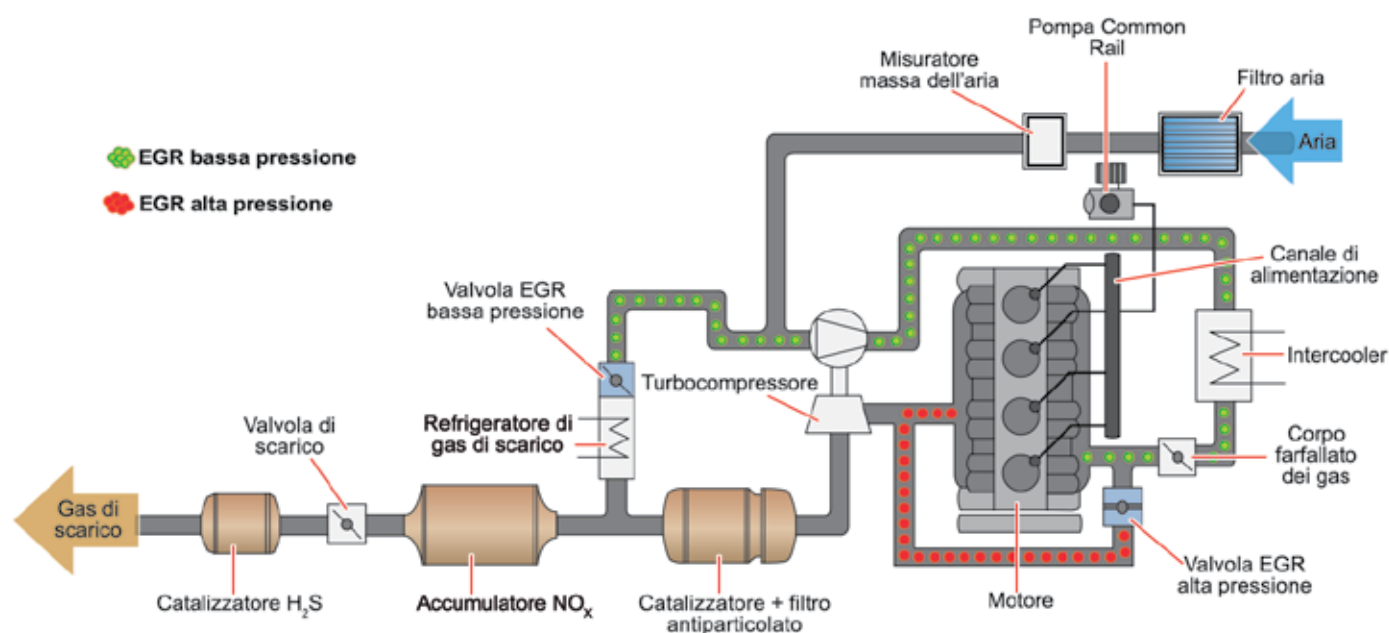
Vantaggi:

- I gas di scarico sono prive di particelle solide e vengono messi in ricircolo a temperatura inferiore.
- Non viene ridotta la portata dei gas di scarico nel turbocompressore, in modo tale che il motore risponda meglio in situazioni di elevato volume di gas di scarico riciccolati e di pressione di sovralimentazione elevata.
- I gas di scarico ricondotti verso il turbocompressore contribuiscono a mantenerne la velocità durante le variazioni di carico del motore e contengono meno ossigeno che è stato combinato nel catalizzatore.



L'unità di controllo del motore stabilisce se combinare la modalità di ricircolo dei gas di scarico in base ai segnali ricevuti dal regime del motore, la richiesta di coppia, la temperatura e la pressione dei gas di scarico nel modulo di depurazione e le informazioni delle sonde lambda. In tal modo si riesce a **ridurre l'ossigeno in eccesso della combustione e a ridurre la temperatura delle camere di combustione**

in un quadro di funzionamento del motore più vasto rispetto ai sistemi EGR tradizionali. Di conseguenza, il ricircolo dei gas di scarico non è solo possibile in condizioni di funzionamento del motore a basso carico o a regime minimo, ma anche con carichi medi con regimi medio-alti.



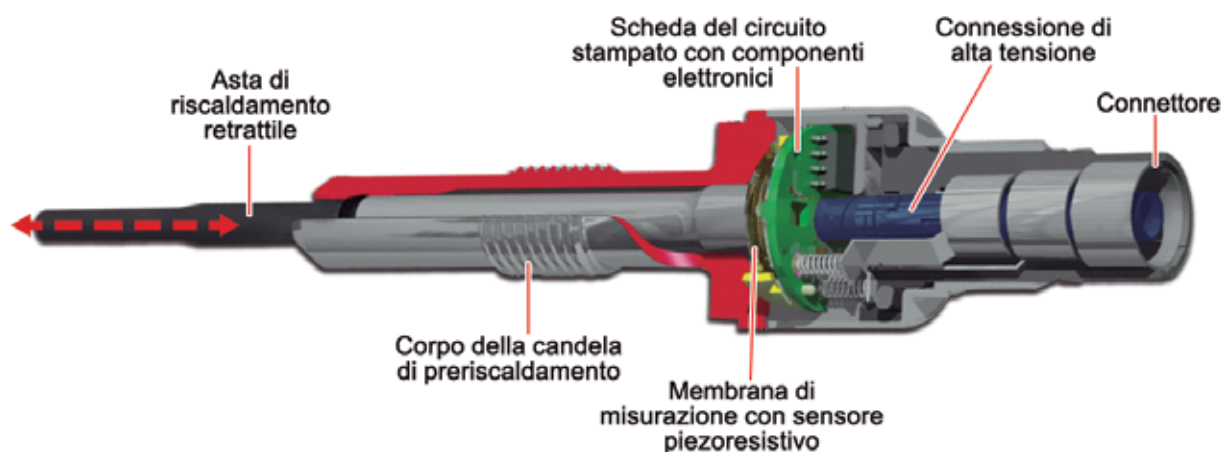
In definitiva, questo complesso sistema di riciclo dei gas di scarico favorisce in gran misura la **riduzione degli ossidi di azoto (NO_x)** poiché riduce la quantità di aria aspirata dal motore ($N_2 + O_2$).

Candelette di preriscaldamento con sensori di pressione

Sono degli elementi disposti nella camera di combustione dei motori diesel per consentire l'accensione a freddo. Le candelette di preriscaldamento con sensori di pressione, oltre a svolgere la funzione di riscaldare la camera di combustione, aggiungono la capacità di misurare la pressione presente in tale camera per evitare la formazione di emissioni inquinanti.

La funzione riscaldante si ottiene con una resistenza che consente il passaggio di un elevato flusso elettrico quando è fredda e richiede un riscaldamento rapido.

La particolarità della struttura meccanica di questa candeletta è la presenza di un'asta di riscaldamento retrattile. Tale asta o elettrodo rimane esposta alla camera di combustione da un lato, per cui si ritrae in base alla pressione all'interno del cilindro. All'altra estremità dell'asta, nella parte interna del riscaldatore superiore, un sensore di tipo piezoresistivo rileva il valore della pressione nella camera di combustione in tempo reale mediante la deformazione di una membrana di misurazione che riceve il movimento dell'asta sopracitata.



Le informazioni ottenute tramite questo sensore vengono filtrate e trasmesse all'unità di controllo del motore affinché quest'ultima adatti la portata e l'evoluzione dell'iniezione in tutta la fascia di giri del motore. In tal modo si ottimizza il processo di combustione per evitare la forma-

zione di **particelle e di ossidi di azoto** nei gas di scarico, e si amplia quindi il periodo di rigenerazione del filtro di particelle.

SISTEMI DI RIDUZIONE CATALITICA SELETTIVA SCR (SELECTIVE CATALYTIC REDUCTION)

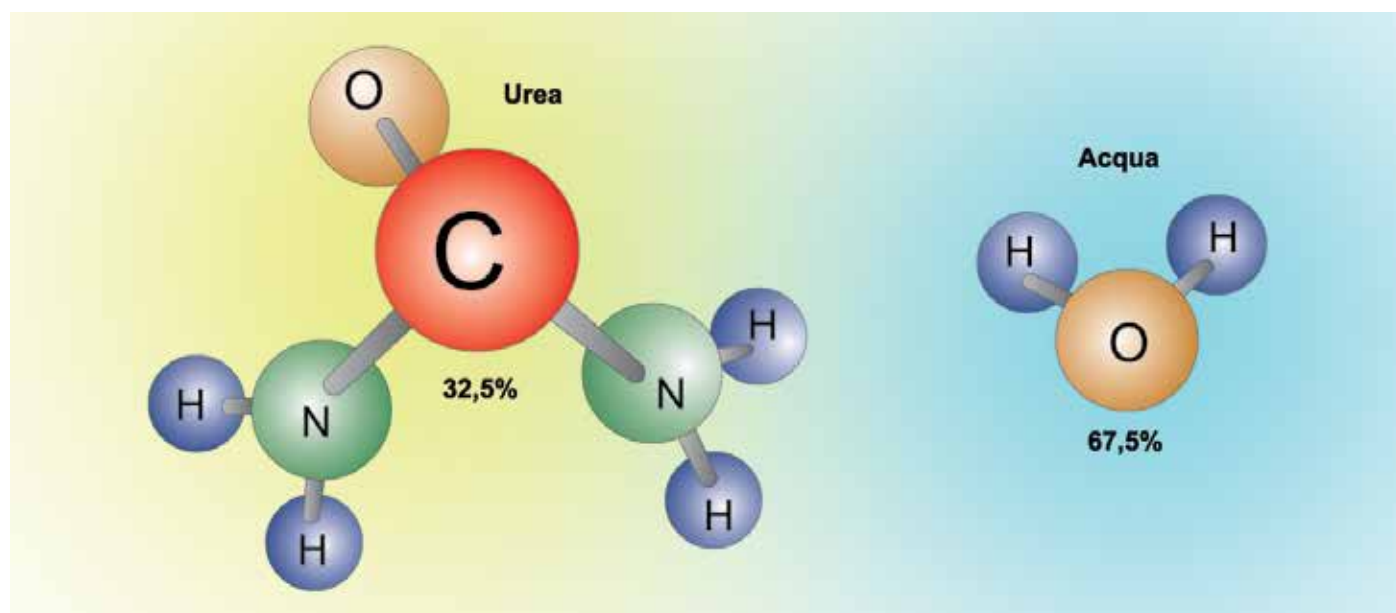
Per ridurre ulteriormente gli **ossidi di azoto (NO_x)** dei gas di scarico nei motori diesel, si trasformano in sostanze innocue. A tale scopo si utilizza un **catalizzatore** progettato per **ridurre unicamente** gli NO_x. La denominazione **SCR** si riferisce all'acronimo inglese (Selective Catalytic Reduction), **Riduzione Catalitica Selettiva**. Il catalizzatore SCR trasforma gli ossidi di azoto dei gas di scarico in azoto e (N₂) e acqua

(H₂O). Per farlo viene introdotto, prima del catalizzatore di riduzione, un **agente riducente** nel flusso dei gas di scarico. L'agente riducente che si utilizza è una **soluzione acquosa di urea**, che durante il processo di combinazione con gli ossidi di azoto si trasformerà in ammoniaca (NH₃). Tale agente apporta carbonio, azoto, idrogeno e ossigeno ai gas di scarico.

Agente riducente AdBlue

Si tratta di un agente riducente formato da una soluzione al 32,5% di **urea CO (NH₂)₂ diluita in acqua H₂O AUS32** (Aqueous Urea Solution 32,5%). Durante il processo di riduzione nel catalizzatore, l'urea si trasforma in CO₂ e ammoniaca NH₃. Questo è l'elemento che in realtà

trasformerà gli NO_x in N₂ e H₂O. Si utilizza urea diluita in acqua per ottenere un agente più sicuro durante la manipolazione, poiché l'ammoniaca è irritante per la pelle e le mucose. In tal modo AdBlue è conforme alle normative DIN70070 e ISO 22241.



Proprietà principali dell'agente AdBlue

- Punto di congelamento a -11° C.
- Si disgrega tra i 70 °C e gli 80 °C, producendo ammoniaca, che provoca irritazioni alle mucose olfattive.
- Può deteriorarsi in presenza di impurità o batteri.
- Bisogna proteggere i connettori elettrici poiché è molto penetrante.
- Quando viene rovesciata, l'urea contenuta può cristallizzarsi e produrre macchie bianche sulle superfici.

Indicazioni d'uso e gestione dell'agente AdBlue

- Utilizzare soltanto un agente riducente proveniente da contenitori che soddisfino la normativa autorizzata.
- Non inalare e non ingerire l'agente riducente.
- Se è stato estratto dal serbatoio, non riutilizzare l'agente riducente poiché potrebbe degradarsi.
- Per aggiungere l'agente riducente o rabboccare il serbatoio con lo stesso, bisogna utilizzare i recipienti e gli adattatori autorizzati dal costruttore.
- In caso di contatto con l'agente riducente, si consiglia di lavare immediatamente la parte interessata con acqua abbondante, poiché la sostanza può irritare la pelle, gli occhi e le vie respiratorie.
- In caso di rovesciamento, è necessario pulire con un panno umido e acqua fredda abbondante. Se l'agente si è cristallizzato, è necessario pulire con una spugna e dell'acqua calda.

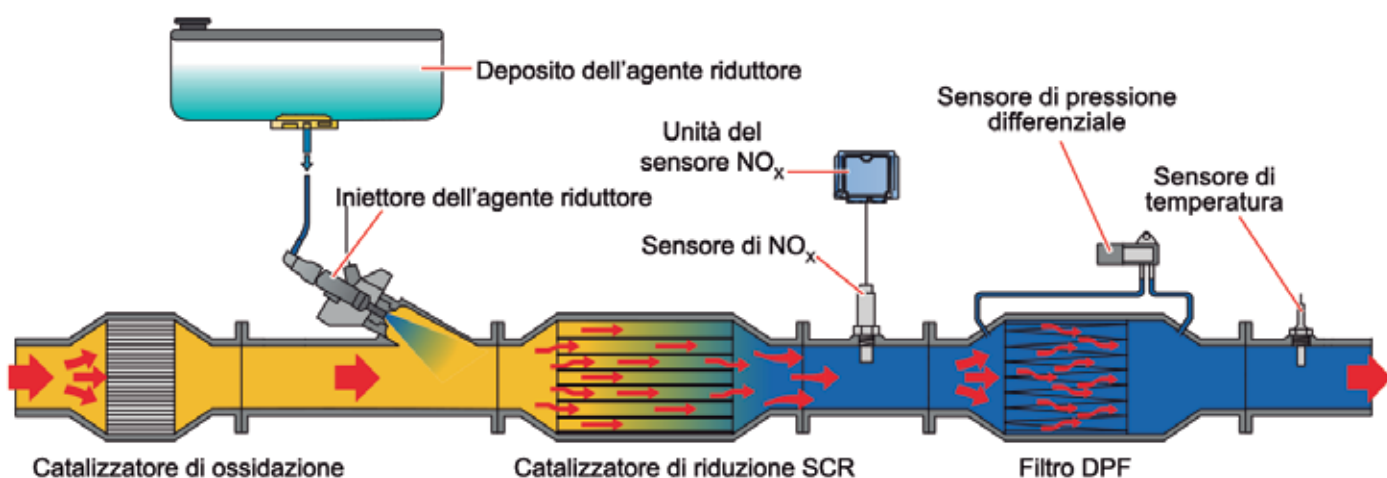
Architettura del sistema di gas di scarico con catalizzatore SCR

L'integrazione nella linea di scarico del catalizzatore SCR ha dato ai costruttori la possibilità di scegliere tra diverse combinazioni al momento dell'installazione assieme agli elementi di depurazione dei gas di scarico. Di conseguenza, si ottengono tre blocchi di trattamento differenziale la cui combinazione e disposizione può variare:

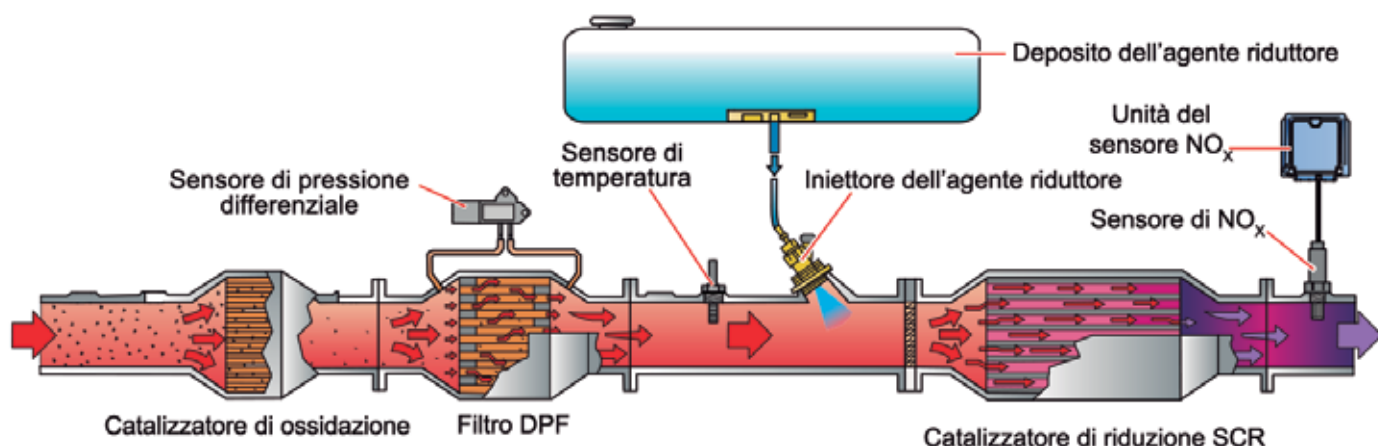
- Catalizzatore di ossidazione
- Filtro antiparticolato
- Catalizzatore di riduzione SCR

Con l'adozione del sistema SCR per la riduzione degli ossidi di azoto, si integra nel sistema di scarico un catalizzatore di riduzione. A seconda del costruttore del veicolo, l'installazione di quest'ultimo avverrà prima o dopo quella del filtro antiparticolato.

Sistema con catalizzatore prima del filtro antiparticolato



Sistema con catalizzatore dopo il filtro antiparticolato



Componenti del sistema SCR

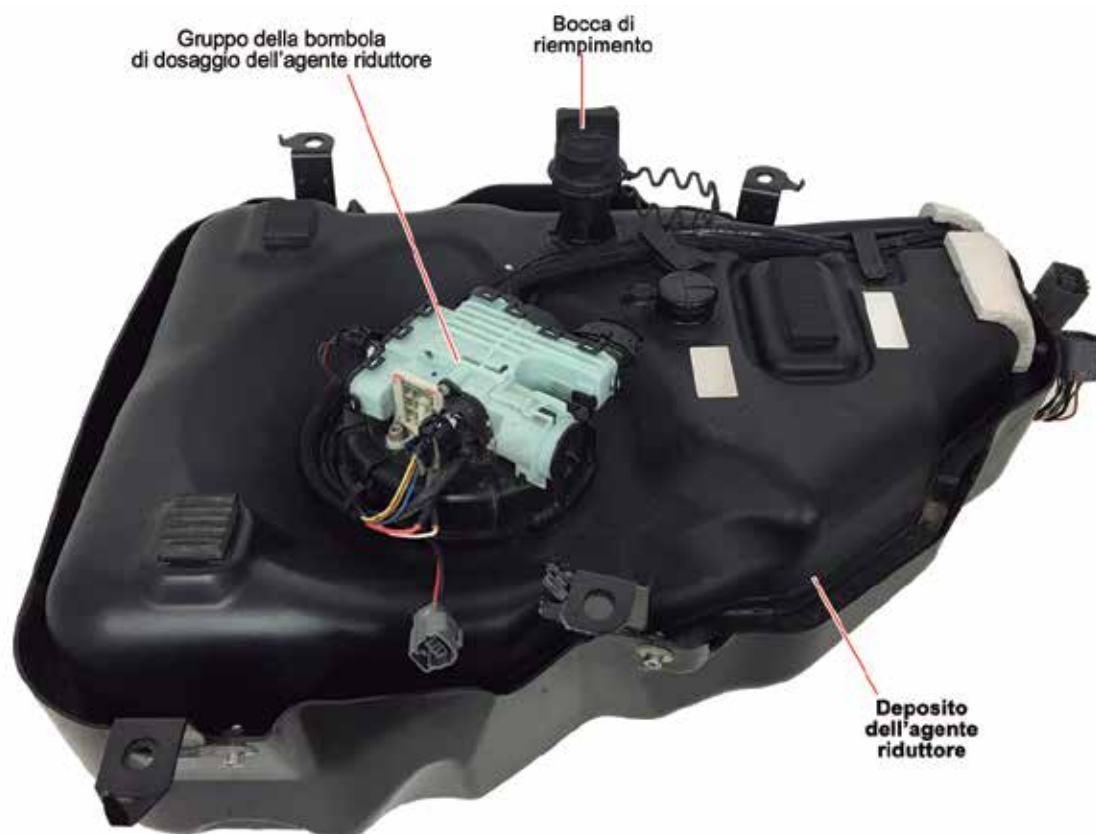
In termini generali, il sistema SCR è costituito dai seguenti elementi:

- Serbatoio dell'agente riducente
- Iniettore dell'agente riduttore
- Fase idrolitica
- Catalizzatore di riduzione
- Sensore di NO_x
- Unità di controllo del sensore di NO_x

Serbatoio dell'agente riducente

Solitamente si trova nella parte posteriore del veicolo e vicino al serbatoio del carburante. Possiede una capacità di circa 17-19 litri a seconda del costruttore e della cilindrata del motore. È realizzato in plastica e dispone di un bocchettone di riempimento. Qualora fosse necessario, è possibile aggiungere un agente riducente utilizzando un adattatore specifico.

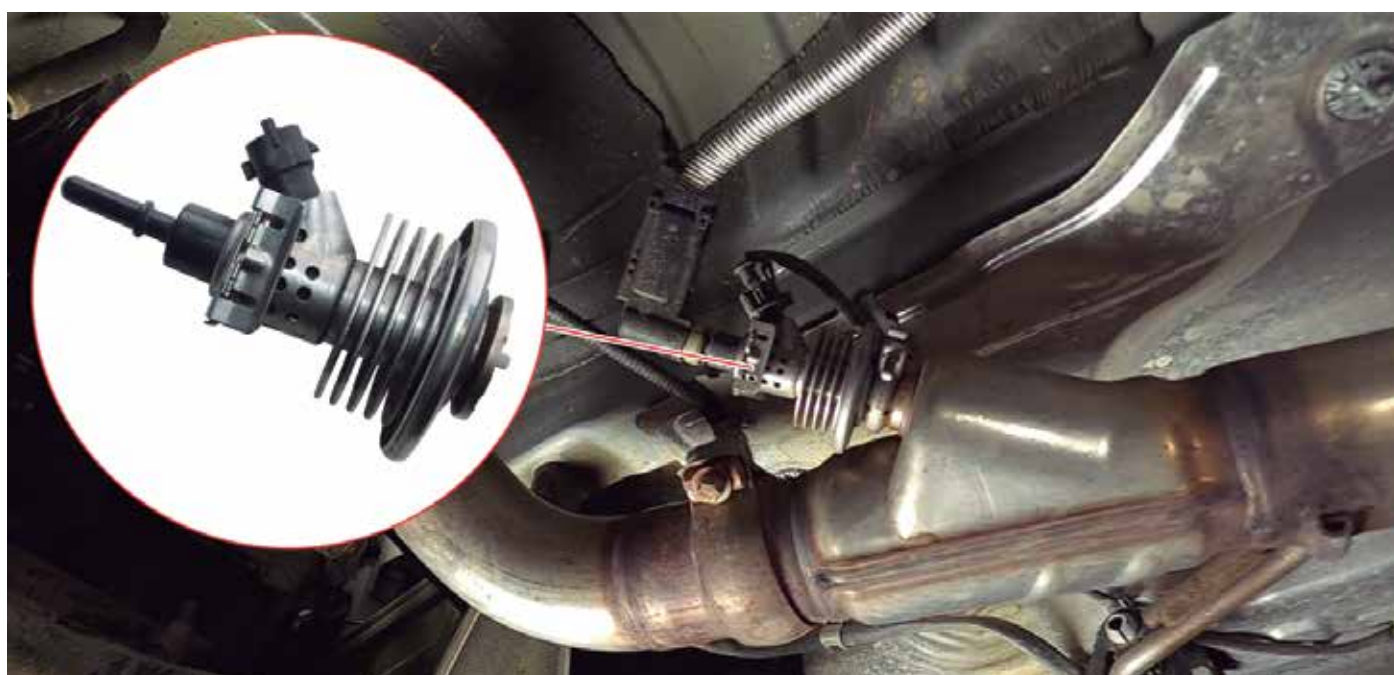
Nel serbatoio si trovano le componenti per il riscaldamento, per rilevare il livello dell'agente riducente e talvolta un modulo che integra altre componenti del sistema di dosaggio dell'agente riducente.



Iniettore dell'agente riduttore

Svolge la funzione di iniettare l'agente riducente nel flusso di gas di scarico prima del miscelatore. È orientato in modo tale che l'agente ri-

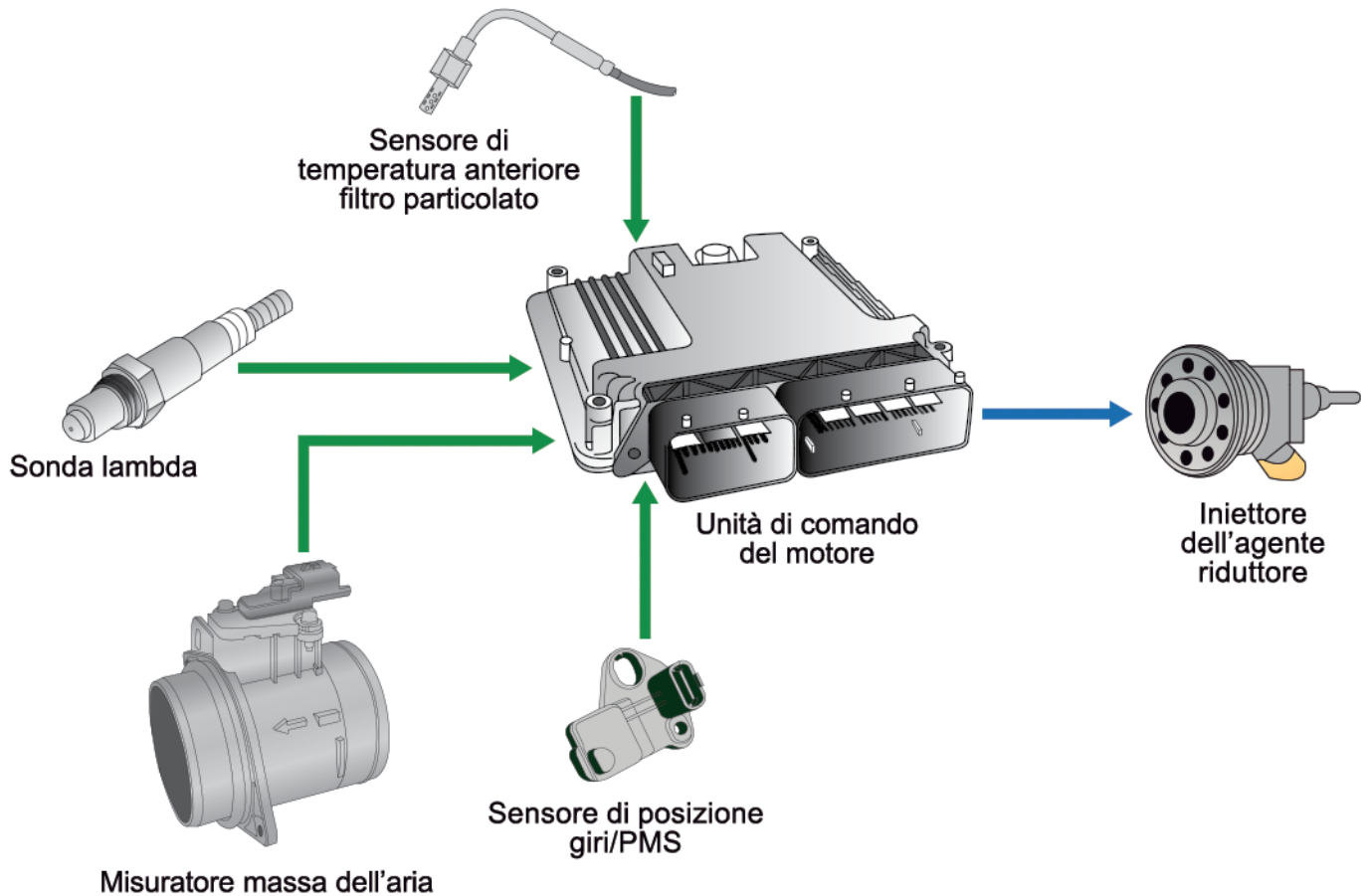
ducente venga introdotto nello stesso senso dei gas di scarico, per ottenere una maggiore omogeneità.



Calcolo della quantità di agente riducente da iniettare

L'unità di comando del motore calcola la quantità di agente riducente da iniettare in funzione di tre fattori principali: lo stato operativo del

motore, la temperatura dei gas di scarico e la concentrazione di ossidi di azoto dopo il catalizzatore di riduzione.

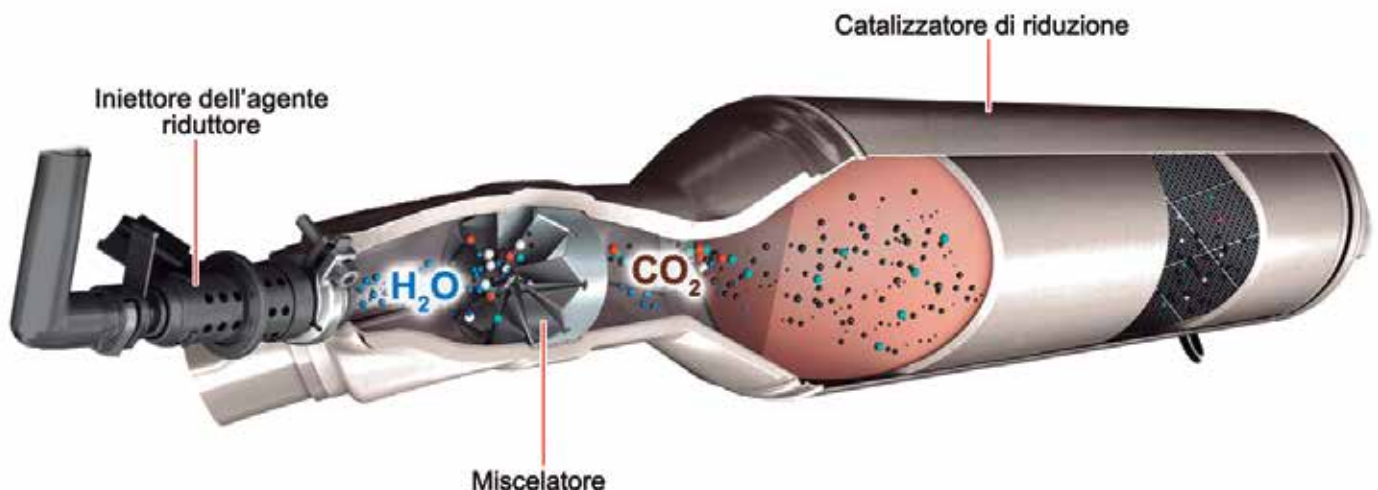


Fase idrolitica

Questo percorso va dall'iniettore dell'agente riducente fino al catalizzatore di riduzione. Nel percorso idrolitico viene interposto un miscelatore. Quando si inietta l'agente riducente e tramite l'azione del calore dei gas

di scarico, l'acqua contenuta nell'agente riducente evapora. L'agente riducente si disgrega mediante processo di termolisi in ammoniaca e acido isocianico.

Termolisi: Reazione nella quale un composto si separa in almeno altri due a causa dell'aumento della temperatura.



Viene poi prodotta l'idrolisi, nella quale l'acido isocianico reagisce con l'acqua. Una volta conclusa la fase idrolitica, l'agente riducente si disgrega e forma diossido di carbonio e ammoniaca. L'ammoniaca è la

sostanza che reagisce con gli ossidi di azoto nel catalizzatore di riduzione. La CO_2 è un gas non tossico.

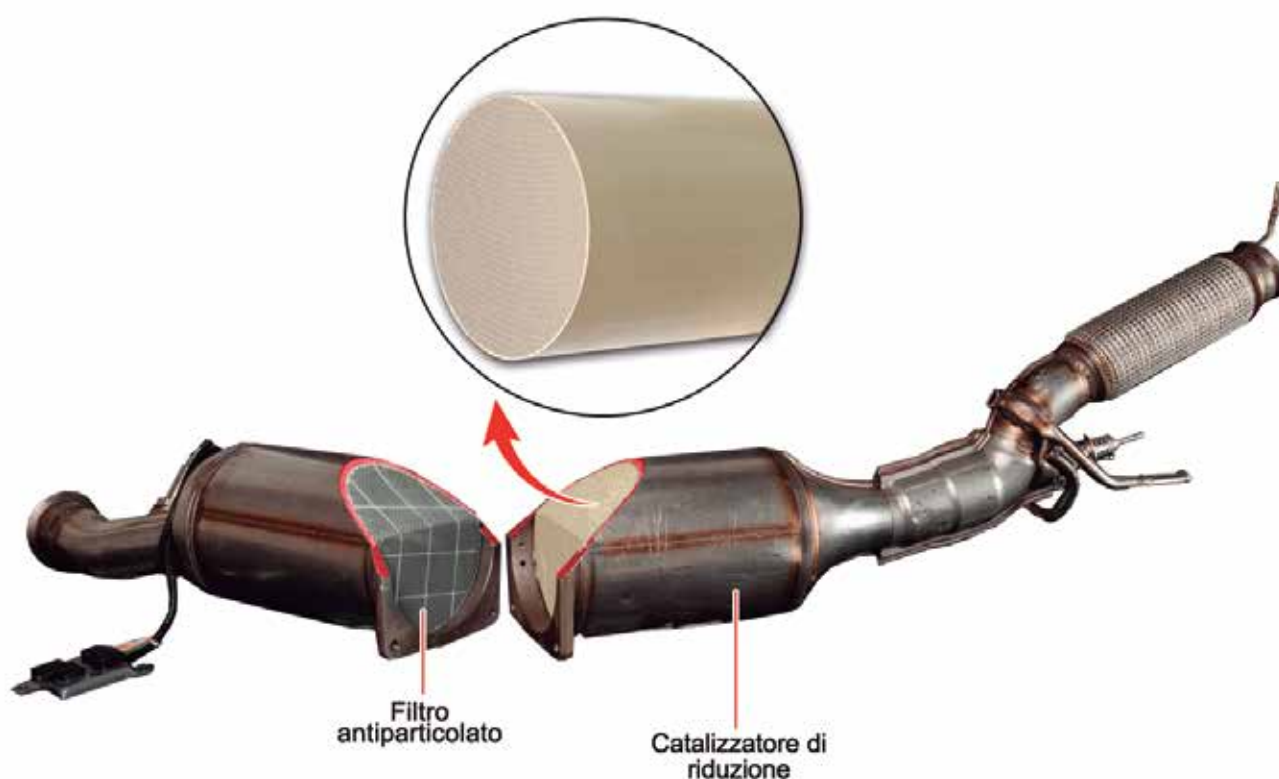
Idrolisi: Reazione chimica tra una molecola d'acqua e un'altra molecola.

Catalizzatore di riduzione

Può trovarsi davanti o dietro il filtro antiparticolato. Il catalizzatore di riduzione è operativo a partire da 200°C . Al suo interno si trova un corpo ceramico rivestito in zeolite di rame che forma una struttura porosa composta da alluminio, silicio e rame.

I gas di scarico e l'ammoniaca formata nella fase idrolitica entrano nel catalizzatore di riduzione in cui l'ammoniaca reagisce con gli ossidi di

azoto e forma azoto e acqua. Questa reazione avviene grazie al rivestimento di zeolite di rame e di conseguenza i gas all'uscita del catalizzatore sono composti da diossido di carbonio (CO_2), acqua (H_2O), ossigeno (O_2) e azoto (N_2), tutti elementi presenti nell'atmosfera allo stato naturale.



Sensore di NO_x

Si trova all'uscita del catalizzatore di riduzione. Il suo funzionamento è molto simile a quello di una sonda lambda a banda larga e l'intensità elettrica operativa è dell'ordine di microampere. Per tale motivo viene

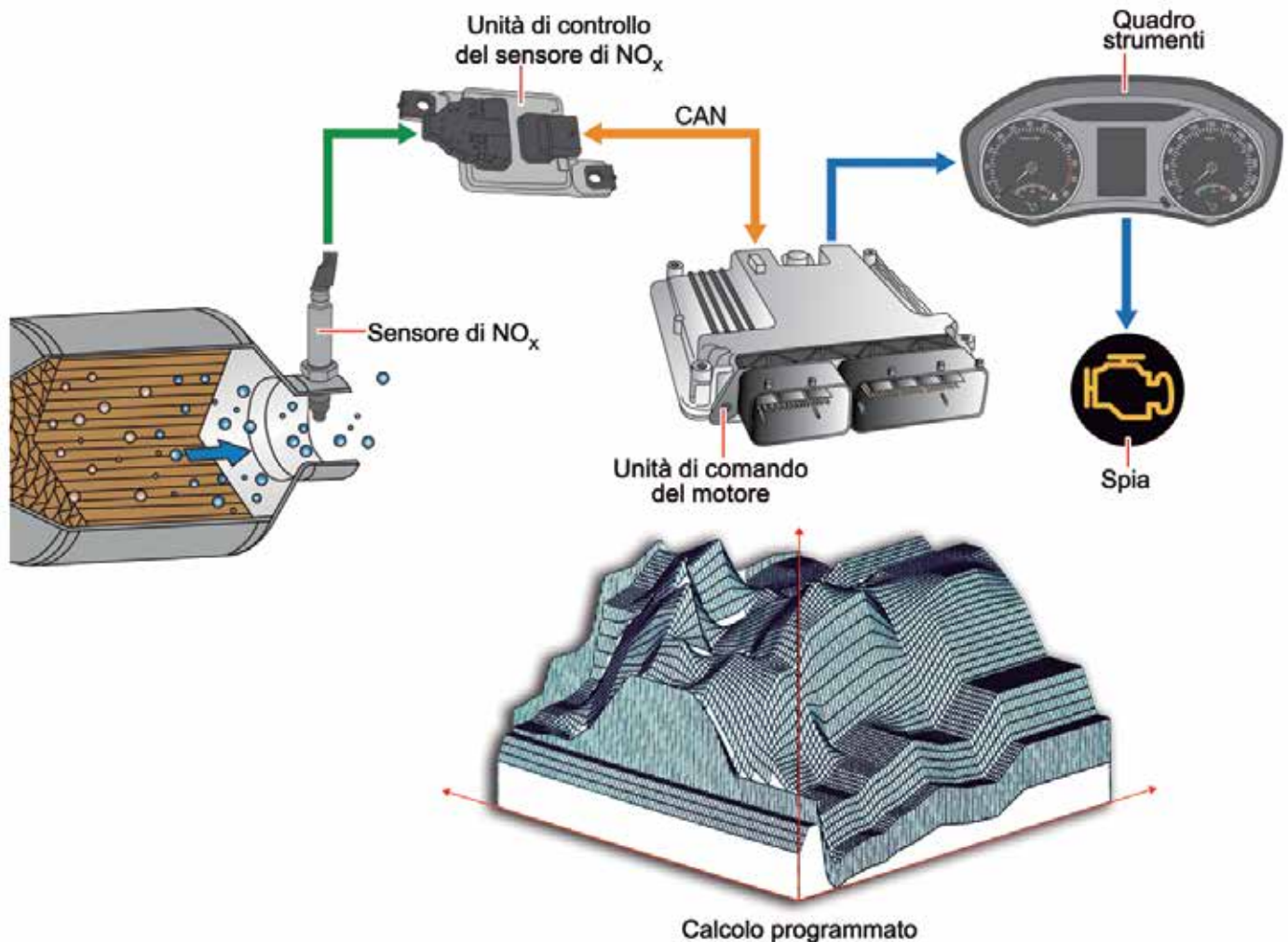
unito direttamente all'unità di controllo del sensore di NO_x, che è più vicina rispetto all'unità di comando del motore. La lunghezza del cavo del sensore influisce sull'intensità del segnale.



Unità di controllo del sensore di NO_x

Questa unità gestisce il segnale del sensore di NO_x e lo trasmette all'unità di comando tramite CAN-Bus per calcolare la resa del catalizzatore di riduzione e controllare il funzionamento del sistema SCR come fosse un'altra funzione del sistema EOBD di controllo dei dispositivi antinquinamento.

L'unità di comando del motore confronta il valore misurato con un modello di calcolo programmato. Se la resa non corrisponde al modello programmato, si attiva la spia delle emissioni di scarico.



ESEMPI DI COSTRUTTORI CHE INTEGRANO IL SISTEMA DI RIDUZIONE NOX CON ADBLUE

Molti costruttori hanno integrato questo sistema nei veicoli diesel per rispettare le norme di omologazione, ognuno con una denominazione diversa:

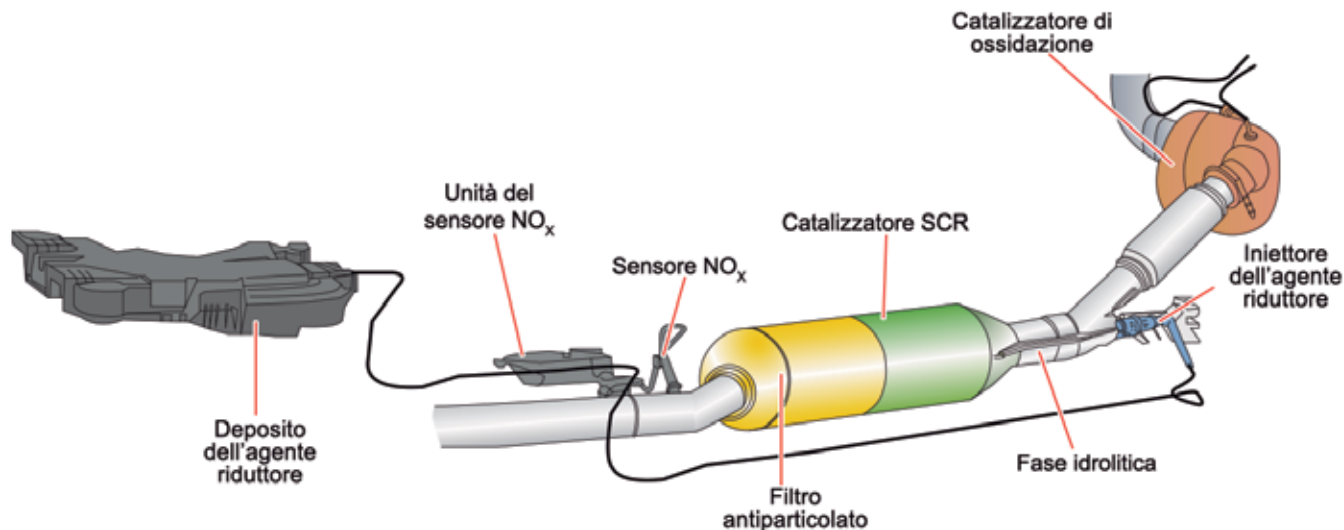
- Gruppo PSA "Blue HDI"
- Mercedes Benz "BlueTEC"
- BMW "Blue Performance"
- Bosch "DENOXTRONIC"

Di seguito vengono descritti i primi due esempi.

Gruppo PSA, Blue HDI

Si tratta di un'iniziativa del gruppo PSA per raggiungere la conformità alla normativa Euro VI mediante l'integrazione di un sistema di riduzione catalitica selettiva SCR (Selective Catalytic Reduction) che utilizza un agente riducente per ridurre le emissioni di ossidi di azoto. Chiamato **Blue HDI** in commercio, il primo modello di veicolo

a integrare questo sistema è stata la Citroën Gran C4 Picasso. La struttura della linea di depurazione dei gas di scarico consiste in un catalizzatore di ossidazione (DOC), nel catalizzatore SCR e nel filtro antiparticolato (FAP).



Il funzionamento del sistema Blue HDI è fondamentalmente quello già illustrato nei capitoli precedenti.

- Si inietta il liquido AdBlue nella linea di scarico.
- Il liquido AdBlue iniettato si mescola ai gas di scarico in un miscelatore che rende omogeneo il gas di scarico con l'agente polverizzato.
- La miscela resa omogenea passa attraverso il catalizzatore di riduzione SCR in cui trova gli ossidi di azoto accumulati e si converte in vapore acqueo (H_2O) e azoto (N_2).

Il serbatoio che serve per accumulare l'agente riducente AdBlue ha solitamente una capacità di 17 litri.

In questo caso, il gruppo PSA ha scelto di posizionare il **catalizzatore di riduzione SCR** al di sopra del filtro antiparticolato e vicino al collettore di scarico, affinché possa raggiungere rapidamente la temperatura

operativa. In tal modo è possibile ottenere un funzionamento efficace sin dalle prime fasi di riscaldamento del motore. L'obiettivo è che durante la guida in città il sistema sia già totalmente operativo.

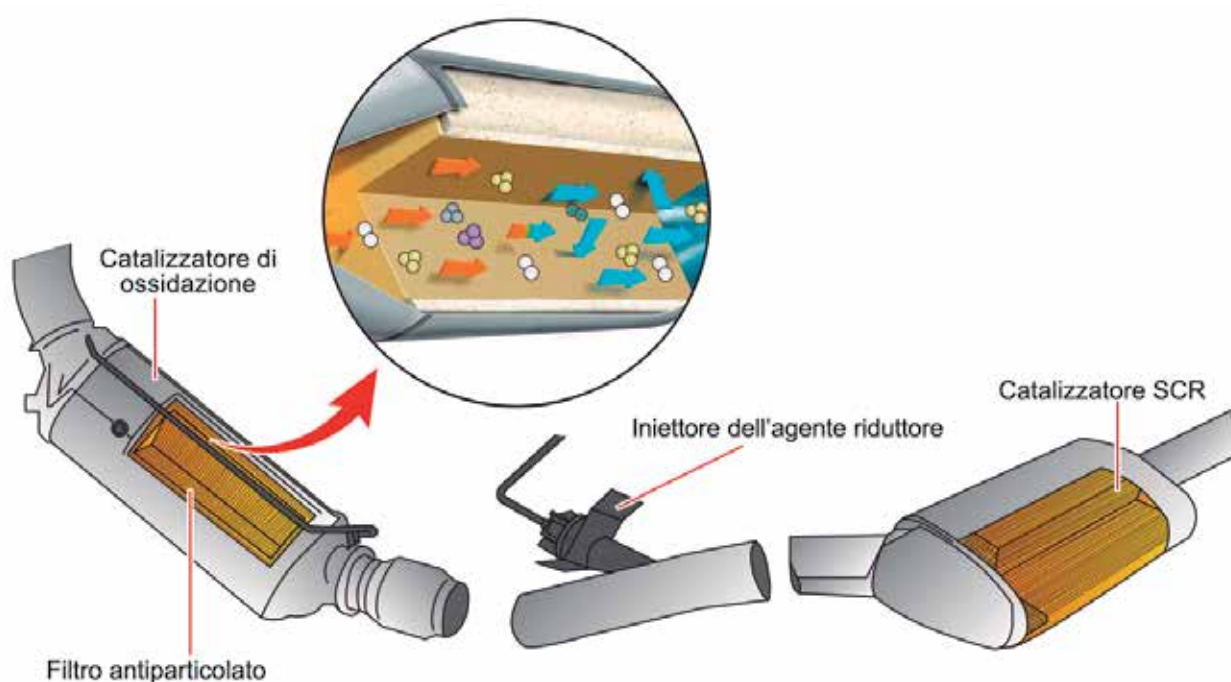
Inoltre, il gruppo PSA offre in alcuni dei suoi modelli Blue HDI la possibilità di combinare il motore con sistema SCR con il sistema **Start & Stop** e un **cambio automatico** più efficiente chiamato Efficient Tronic Gearbox ETG6. Questi modelli possono arrivare a ridurre le emissioni di ossidi di azoto (NOx) da 180 mg/km a 80 mg/km.

La tecnologia Blue HDI è disponibile nei veicoli dei marchi Peugeot, Citroën e DS. In generale si è ottenuta una riduzione del 90% degli NOx e delle emissioni CO_2 tra il 2% e il 4% rispetto ai veicoli diesel tradizionali.

Mercedes Benz, BlueTEC

Mercedes Benz introduce il sistema di **riduzione catalitica selettiva SCR (Selective Catalytic Reduction)** mediante **agente riducente AdBlue** nella gamma di motori che comprende i seguenti modelli: E350, ML350, GL350 e R350. La struttura del sistema è composta da

un **catalizzatore di ossidazione** assieme a un **filtro antiparticolato**, a un iniettore dell'agente riducente e al **catalizzatore di riduzione SCR** alla fine della linea di scarico.



Prima di utilizzare l'iniettore dell'agente riducente, nei primi veicoli con tecnologia BlueTEC si aggiungeva un catalizzatore accumulatore di NOx (DeNox) tra il catalizzatore di ossidazione e il filtro antiparticolato. Si tratta di un metodo di riduzione degli ossidi di azoto **non selettivo** che impiega i composti chimici adatti dei convertitori catalitici. Il **catalizzatore DeNOx**, assieme al **catalizzatore di riduzione SCR**, si occupa di ridurre gli ossidi provenienti dalla combustione incompleta.

Durante il funzionamento con miscela magra, il DeNox accumula gas NOx che si trasformano in seguito in N₂ e in H₂O nella fase di rigenerazione. In una miscela ricca viene generata ammoniaca, che viene stoccata nel catalizzatore SCR e quindi consumata durante il servizio

di miscela magra. Il filtro antiparticolato si occupa di accumulare le particelle di fuliggine. Durante il servizio di miscela magra, i NOx che non possono essere accumulati nel DeNOx si trasformano nel catalizzatore SCR in azoto molecolare e acqua con l'intervento dell'ammoniaca stoccata.

Poiché questo sistema non è sufficiente per poter soddisfare la normativa Euro 6 e il suo costo è molto elevato, è stata scelta un'alternativa più economica ed efficace, ovvero rinunciare al catalizzatore DeNOx e utilizzare l'iniettore di AdBlue affinché inietti direttamente nel catalizzatore SCR le sostanze necessarie per ridurre il NOx.

MANUTENZIONE DEI SISTEMI DI RIDUZIONE DI NOX CON ADBLUE

Allo scopo di garantire il corretto funzionamento del sistema di riduzione di NOx con AdBlue, sarà necessario aggiungere l'agente riducente attraverso ricariche periodiche. La ricarica può essere effettuata dall'utente stesso del veicolo senza doversi recare in officina, tranne che in presenza di guasti che interessano il sistema. Non è necessario alcun tipo di reset o di azzeramento per effettuare una diagnosi poiché esiste un sensore di livello reale.

A partire dalla **normativa antinquinamento Euro V** è richiesto che quando un veicolo utilizza un **agente o additivo** per il trattamento dei gas di scarico, **l'accensione del motore può essere bloccata** in mancanza del suddetto agente o in presenza di un guasto che aumenti i livelli delle emissioni al di sopra di quanto stabilito dalla normativa.

Il sistema è programmato per avvisare il conducente con un segnale sonoro e visivo ripetutamente e anticipatamente attraverso il quadro strumenti. In questo modo l'utente potrà effettuare la riparazione dell'agente riducente prima che l'unità di controllo impedisca l'avvio del motore.



Indicazioni nel quadro strumenti

- **Indicazione di livello basso dell'agente riducente AdBlue.** Indica anche l'autonomia residua in chilometri rispetto all'agente riducente presente nel serbatoio.
- **Indicazione di assenza di agente riducente AdBlue.** Indica la necessità di aggiungere agente AdBlue. Finché non verrà aggiunto l'agente riducente, non sarà possibile avviare il veicolo dopo averlo spento. Esistono dispositivi di diagnosi che consentono di annullare il blocco dell'accensione del motore consentendo di coprire una distanza massima di 50 chilometri.
- **Indicazioni relative a possibili guasti del sistema SCR.** A seconda della natura del guasto, il sistema SCR è programmato per consentire il funzionamento del motore in modo limitato prima di impedirne l'accensione una volta che il motore viene spento.



Ricarica AdBlue
Autonomia
2.400 km



Verificare AdBlue
Il motore non si
accenderà per 1.000 km



Ricarica AdBlue
Non è possibile
accendere il motore

Eure!Car[®]

CERTIFIED MASTERCLASSES

techn

auto



bilsteingroup[®]



Technical education for professional automotive repairers

www.eurecar.org





Uno sguardo sulla tecnologia automotive

La newsletter Eure!TechFlash è complementare al programma di formazione ADI Eure!Car e ha una missione chiara:

fornire una visione tecnica aggiornata delle innovazioni all'interno dell'ambiente automotive.

Con l'assistenza tecnica del Centro Tecnico AD (Spagna), e la collaborazione dei maggiori produttori di componenti, Eure!TechFlash mira a demistificare le nuove tecnologie rendendole trasparenti al fine di stimolare i riparatori professionisti a rimanere al passo con la tecnologia e a motivarli a investire continuamente nella formazione tecnica.

Eure!TechFlash verrà pubblicato da 3 a 4 volte l'anno.

Eure!Car
CERTIFIED MASTERCLASSES

Il livello di competenza tecnica del meccanico è vitale e, nel futuro, potrebbe risultare decisivo per garantire

il programma Eure!Car comprende un'ampia gamma di formazioni tecniche di alto profilo per i riparatori professionisti che vengono dispensate dalle organizzazioni nazionali AD e dai corrispondenti distributori di componenti in 39 nazioni.

la sopravvivenza stessa dell'attività del riparatore professionista.

Visitare www.eurecar.org per maggiori informazioni o per visionare i corsi di formazione.

Eure!Car è un'iniziativa di Autodistribution International, con sede a Kortenberg, Belgio (www.autodistribution.international). Il

Eure!Car a supporto dei partner industriali.



Advanced Driving Assistance Systems



Clausola esonerativa: Le informazioni contenute in questa guida non sono esaustive e sono date a puro titolo informativo. Non impegnano in modo alcuno la responsabilità del loro autore.