

II

(Atti adottati a norma dei trattati CE/Euratom la cui pubblicazione non è obbligatoria)

ATTI ADOTTATI DA ORGANI CREATI DA ACCORDI INTERNAZIONALI

Solo i testi originali UN/ECE hanno effetto giuridico nel quadro del diritto pubblico internazionale. Lo status e la data di entrata in vigore del presente regolamento devono essere controllati nell'ultima versione del documento UN/ECE TRANS/WP.29/343, reperibile al seguente indirizzo: <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocsts.html>.

Regolamento n. 49 della Commissione economica per l'Europa delle Nazioni Unite (UN/ECE) — Emissioni dei motori ad accensione spontanea e comandata (alimentati a GN e GPL)

Prescrizioni uniformi relative ai provvedimenti da prendere contro le emissioni di inquinanti gassosi e di particolato prodotte dai motori ad accensione spontanea destinati alla propulsione di veicoli e contro le emissioni di inquinanti gassosi prodotte dai motori ad accensione comandata alimentati con gas naturale o con gas di petrolio liquefatto destinati alla propulsione di veicoli

(Revisione 4)

comprendente tutto il testo valido fino a:

serie di emendamenti 05 — data di entrata in vigore:

SOMMARIO

CAPITOLO

1. Campo di applicazione
 2. Definizioni
 3. Domanda di omologazione
 4. Omologazione
 5. Prescrizioni e prove
 6. Installazione sul veicolo
 7. Famiglia di motori
 8. Conformità della produzione
 9. Conformità dei veicoli/motori in circolazione
 10. Sanzioni in caso di non conformità della produzione
 11. Modifica ed estensione dell'omologazione del tipo omologato
 12. Cessazione definitiva della produzione
 13. Disposizioni transitorie
 14. Denominazione e indirizzo dei servizi tecnici incaricati delle prove di omologazione e dei servizi amministrativi
- Appendice 1 — Procedimento per la prova di conformità della produzione quando la deviazione standard è soddisfacente

- Appendice 2 — Procedimento per la prova di conformità della produzione quando la deviazione standard è insoddisfacente o non disponibile
- Appendice 3 — Procedimento per la prova di conformità della produzione su richiesta del costruttore
- Appendice 4 — Determinazione dell'equivalenza dei sistemi

ALLEGATI

- Allegato 1 — Scheda informativa
 - Appendice 1 — Caratteristiche fondamentali del motore (capostipite) e informazioni relative all'effettuazione delle prove
 - Appendice 2 — Caratteristiche fondamentali della famiglia di motori
 - Appendice 3 — Caratteristiche fondamentali del tipo di motore all'interno della famiglia
 - Appendice 4 — Caratteristiche delle parti del veicolo in relazione con il motore
 - Appendice 5 — Informazioni relative al sistema OBD
- Allegato 2A — Comunicazione relativa al rilascio o all'estensione o al rifiuto o alla revoca dell'omologazione o alla cessazione definitiva della produzione di un motore ad accensione spontanea o alimentato a GN o di un motore ad accensione comandata alimentato a GPL in quanto entità tecnica per quanto riguarda le emissioni di inquinanti in applicazione del regolamento n. 49
 - Appendice 1 — Informazioni relative al sistema OBD
- Allegato 2B — Comunicazione relativa al rilascio o all'estensione o al rifiuto o alla revoca dell'omologazione o alla cessazione definitiva della produzione di un veicolo per quanto riguarda le emissioni di inquinanti gassosi e di particolato in applicazione del regolamento n. 49
- Allegato 3 — Esempi di disposizione dei marchi di omologazione
- Allegato 4A — Procedimento di prova
 - Appendice 1 — Cicli di prova ESC ed ELR
 - Appendice 2 — Ciclo di prova ETC
 - Appendice 3 — Tabella macchina dinamometrica ETC
 - Appendice 4 — Procedimento di misura e campionamento
 - Appendice 5 — Procedimento di taratura
 - Appendice 6 — Controllo del flusso di carbonio
 - Appendice 7 — Sistemi di analisi e campionamento
- Allegato 4B — Procedimento di prova per i motori ad accensione spontanea e i motori ad accensione comandata alimentati con gas naturale (GN) o gas di petrolio liquefatto (GPL) basato sul procedimento mondiale armonizzato di omologazione dei veicoli e motori pesanti [WHDC, regolamento tecnico mondiale (RTM) n. 4]
 - Appendice 1 — Tabella macchina dinamometrica WHTC
 - Appendice 2 — Carburante diesel di riferimento
 - Appendice 3 — Apparecchi di misura
 - Appendice 4 — Determinazione dell'equivalenza dei sistemi
 - Appendice 5 — Controllo del flusso di carbonio
 - Appendice 6 — Esempio di procedimento di calcolo
- Allegato 5 — Caratteristiche tecniche del carburante di riferimento prescritto per le prove di omologazione e per la verifica della conformità della produzione
- Allegato 6 — Esempio di procedimento di calcolo
- Allegato 7 — Procedimenti per la prova di durabilità dei sistemi di controllo delle emissioni
- Allegato 8 — Conformità dei veicoli/motori in circolazione

- Allegato 9A — Sistemi diagnostici di bordo (OBD)
- Appendice 1 — Prove di omologazione dei sistemi diagnostici di bordo (OBD)
- Allegato 9B — Prescrizioni tecniche relative ai sistemi diagnostici di bordo (OBD) per motori diesel montati su veicoli stradali (armonizzazione mondiale degli OBD, RTM n. 5)
- Appendice 1 — Omologazione dell'installazione dei sistemi OBD
- Appendice 2 — Malfunzionamenti — Illustrazione dello stato dei DTC — Illustrazione degli schemi di attivazione dell'MI e dei contatori
- Appendice 3 — Prescrizioni relative al monitoraggio
- Appendice 4 — Relazione di conformità tecnica
- Appendice 5 — Dati freeze-frame e dati a flusso
- Appendice 6 — Norme di riferimento
- Appendice 7 — Documentazione riguardante le informazioni relative all'OBD

1. CAMPO DI APPLICAZIONE

- 1.1. Il presente regolamento si applica ai veicoli delle categorie M e N 1/ e ai relativi motori, come indicato nella tabella A, per quanto riguarda le prove previste per questi motori nella tabella B. Esso si applica anche all'installazione dei motori sui veicoli.

Tabella A

Applicabilità

Categoria di veicoli 1	Massa massima	Motori ad accensione comandata			Motori ad accensione spontanea	
		Benzina	GN ^(a)	GPL ^(b)	Diesel	Etanolo
M ₁	≤ 3,5 t	—	—	—	—	—
	> 3,5 t	—	R49	R49	R49	R49
M ₂	—	—	R49	R49	R49 o R83 ^(c) ^(d)	R49
M ₃	—	—	R49	R49	R49	R49
N ₁	—	—	R49 o R83 ^(d)	R49 o R83 ^(d)	R49 o R83 ^(d)	R49
N ₂	—	—	R49	R49	R49 o R83 ^(c) ^(d)	R49
N ₃	—	—	R49	R49	R49	R49

^(a) Gas naturale

^(b) Gas di petrolio liquefatto

^(c) Il regolamento n. 83 si applica unicamente ai veicoli con massa di riferimento ≤ 2 840 kg per le estensioni di omologazioni rilasciate per veicoli delle categorie M₁ o N₁. 1/

^(d) «R49 o R83» significa che il costruttore può ottenere l'omologazione a norma del presente regolamento o a norma del regolamento n. 83. V. punto 1.2.

Tabella B

Prescrizioni

	Motori ad accensione comandata			Motori ad accensione spontanea	
	Benzina	GN	GPL	Diesel	Etanolo
Inquinanti gassosi	—	Sì	Sì	Sì	Sì
Particolato	—	Sì ^(a)	Sì ^(a)	Sì	Sì

	Motori ad accensione comandata			Motori ad accensione spontanea	
	Benzina	GN	GPL	Diesel	Etanolo
Fumo	—	—	—	Sì	Sì
Durabilità	—	Sì	Sì	Sì	Sì
Conformità in circolazione	—	Sì	Sì	Sì	Sì
OBD	—	Sì ^(b)	Sì ^(b)	Sì	Sì

^(a) Si applica solo allo stadio C della tabella 2 del punto 5.2.1.

^(b) Date di applicazione conformemente al punto 5.4.2.

1.2. Omologazioni equivalenti

Non occorre che siano omologati a norma del presente regolamento i seguenti veicoli o motori, se fanno parte di un veicolo omologato a norma del regolamento n. 83:

- motori ad accensione spontanea destinati ad essere montati in veicoli delle categorie N₁, N₂ ed M₂ 1/ e alimentati con carburante diesel;
- motori ad accensione comandata alimentati con gas naturale (GN) o gas di petrolio liquefatto (GPL) destinati ad essere montati in veicoli della categoria N₁; 1/
- veicoli delle categorie N₁, N₂ e M₂ 1/ muniti di motore ad accensione spontanea alimentati con carburante diesel e veicoli della categoria N₁ 1/ muniti di motore ad accensione comandata alimentati con gas naturale (GN) o gas di petrolio liquefatto (GPL).

2. DEFINIZIONI

2.1. Ai fini del presente regolamento si intende per:

«omologazione di un motore (di una famiglia di motori)» l'omologazione di un tipo di motore (famiglia di motori) relativamente al livello delle emissioni di inquinanti gassosi, particolato e fumo e al sistema diagnostico di bordo (OBD);

«omologazione di un veicolo» l'omologazione di un tipo di veicolo relativamente al livello delle emissioni di inquinanti gassosi, particolato e fumo prodotte dal motore, nonché al sistema diagnostico di bordo (OBD) e all'installazione del motore sul veicolo;

«strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni (AECS)» una strategia per il controllo delle emissioni che diventa operativa oppure modifica la strategia di base per il controllo delle emissioni per scopi specifici e in risposta ad un insieme di condizioni ambientali e/o operative, ad esempio velocità del veicolo, regime del motore, marcia innestata, temperatura o pressione di aspirazione;

«strategia di base per il controllo delle emissioni (BECS)» una strategia per il controllo delle emissioni che è operativa per tutto l'intervallo di regimi e di carico del motore se non viene attivata un'AECS. Sono esempi di BECS (l'elenco non è limitativo):

- la mappa della fasatura del motore,
- la mappa del ricircolo dei gas di scarico (EGR),
- la mappa del dosaggio del reagente catalitico per il sistema SCR;

«sistema combinato deNO_x-filtro antiparticolato» un sistema di post-trattamento del gas di scarico che riduce contemporaneamente le emissioni di ossidi di azoto (NO_x) e di particolato (PT);

«rigenerazione continua» il processo di rigenerazione di un sistema di post-trattamento del gas di scarico che si effettua in permanenza oppure almeno una volta per ogni prova ETC. Questo tipo di processo non richiede un procedimento di prova speciale;

«area di controllo» l'area compresa tra i regimi A e C del motore e tra il 25 e il 100 per cento di carico;

«potenza massima (P_{max}) dichiarata» la potenza massima in kW ECE (potenza netta) dichiarata dal costruttore nella domanda di omologazione;

«strategia di manomissione»

- a) un'AECS che riduce l'efficacia del sistema di controllo delle emissioni rispetto alla BECS in condizioni che si possono ragionevolmente verificare durante il normale funzionamento e utilizzo del veicolo,
- b) una BECS che discrimina tra il funzionamento durante una prova di omologazione standard e altre modalità di funzionamento e prevede un livello inferiore di controllo delle emissioni in condizioni sostanzialmente non contemplate nelle procedure di prova per l'omologazione;
- c) un OBD o una strategia di monitoraggio del controllo delle emissioni che discrimina tra il funzionamento durante una prova di omologazione standard e altre modalità di funzionamento e prevede un livello inferiore di capacità di monitoraggio (tempestivo e accurato) in condizioni sostanzialmente non contemplate nelle procedure di prova per l'omologazione;

«sistema deNO_x» un sistema di post-trattamento del gas di scarico concepito per ridurre le emissioni di ossidi di azoto (NO_x) [attualmente esistono catalizzatori passivi e attivi per NO_x con funzionamento in magro, adsorbitori di NO_x e sistemi di riduzione catalitica selettiva (SCR)];

«tempo di ritardo» il tempo che intercorre tra la variazione del componente da misurare al punto di riferimento e il raggiungimento di una risposta del sistema equivalente al 10 per cento del valore finale indicato (t₁₀). Per i componenti gassosi, equivale al tempo di trasporto del componente da misurare dalla sonda di campionamento al rivelatore. Ai fini del tempo di ritardo la sonda di campionamento è definita come punto di riferimento;

«motore diesel» un motore che funziona secondo il principio dell'accensione spontanea;

«prova ELR» un ciclo di prova costituito da una sequenza di gradini di carico a regimi costanti del motore da applicare conformemente al punto 5.2;

«prova ESC» un ciclo di prova costituito da 13 modalità a regime stazionario da applicare conformemente al punto 5.2;

«prova ETC» un ciclo di prova costituito da 1 800 modalità in condizioni transitorie, normalizzate secondo per secondo, da applicare conformemente al punto 5.2;

«elemento progettuale» per quanto riguarda un veicolo o un motore:

- a) ogni sistema di controllo, inclusi il software, i sistemi di controllo elettronici e la logica informatica,
- b) ogni taratura del sistema di controllo,

- c) il risultato dell'interazione dei sistemi,
- d) ogni elemento di hardware;

«difetto in relazione con le emissioni» un'anomalia o deviazione dalle tolleranze di produzione normali riguardante la progettazione, i materiali o la fabbricazione di un dispositivo, sistema o impianto che influenza qualsiasi parametro, caratteristica o componente del sistema di controllo delle emissioni. La mancanza di un componente può essere considerata un «difetto in relazione con le emissioni»;

«strategia per il controllo delle emissioni (ECS)» un elemento o insieme di elementi progettuali incorporato nel progetto generale di un sistema motore o veicolo ai fini del controllo delle emissioni allo scarico; è formata da una BECS e da una serie di AECS;

«sistema di controllo delle emissioni» il sistema di post-trattamento del gas di scarico, i dispositivi elettronici di controllo del sistema motore e qualsiasi componente del sistema motore in relazione con le emissioni nella linea di scarico che fornisce un input o riceve un output da tali dispositivi di controllo e, se del caso, l'interfaccia di comunicazione (hardware e messaggi) tra le unità elettroniche di controllo del sistema motore (EECU) e ogni altra unità di controllo del motopropulsore o del veicolo per quanto riguarda la gestione delle emissioni;

«sistema di monitoraggio del controllo delle emissioni» il sistema che assicura il corretto funzionamento delle misure di controllo degli NO_x attuate nel sistema motore conformemente alle prescrizioni del punto 5.5;

«modalità in difetto di segnale» un'AECS che viene attivata allorché il sistema OBD individua un malfunzionamento della ECS che provoca l'attivazione della spia di malfunzionamento (MI) e che non richiede un input dal componente o sistema guasto;

«famiglia di sistemi di post-trattamento» un raggruppamento, operato dal costruttore, comprendente motori che sono conformi alla definizione di famiglia di motori, ma che sono ulteriormente classificati in base all'utilizzo di un sistema simile di post-trattamento del gas di scarico. Tale classificazione serve per le prove attinenti al programma di accumulo di esercizio volte a stabilire i fattori di deterioramento conformemente all'allegato 7 del presente regolamento e per il controllo della conformità dei veicoli/motori in circolazione conformemente all'allegato 8 del presente regolamento;

«sistema motore» il motore, il sistema di controllo delle emissioni e l'interfaccia di comunicazione (hardware e messaggi) tra le unità elettroniche di controllo (EECU) del sistema motore e qualsiasi altra unità di controllo del motopropulsore o del veicolo;

«famiglia di motori» un raggruppamento, operato dal costruttore, comprendente sistemi motore che, in base alle caratteristiche di progettazione di cui al punto 7 del presente regolamento, hanno caratteristiche di emissioni allo scarico simili; tutti i componenti della famiglia devono essere conformi ai valori limite di emissione applicabili;

«intervallo dei regimi di funzionamento del motore» l'intervallo di regimi del motore più frequentemente utilizzato durante il funzionamento del motore nell'impiego reale e compreso tra il basso e l'alto regime definiti nell'allegato 4A, appendice 1 del presente regolamento;

«regimi A, B e C del motore» i regimi di prova compresi nell'intervallo di regimi di funzionamento del motore da usare per la prova ESC e per la prova ELR, conformemente all'allegato 4A, appendice 1 del presente regolamento;

«regolazione del motore» una configurazione specifica del motore/veicolo che comprende la strategia per il controllo delle emissioni (ECS), un'unica classe di prestazioni del motore (la curva di pieno carico omologata) e un insieme di limitatori di coppia, se questi sono utilizzati;

«tipo di motore» una categoria di motori che non differiscono per quanto riguarda aspetti essenziali quali le caratteristiche del motore definite nell'allegato 1 del presente regolamento;

«sistema di post-trattamento del gas di scarico» un catalizzatore (di ossidazione o a tre vie), filtro antiparticolato, sistema deNO_x, sistema combinato deNO_x-filtro antiparticolato o qualsiasi altro dispositivo di riduzione delle emissioni montato a valle del motore. Questa definizione esclude il sistema di ricircolo dei gas di scarico che, se installato, è considerato parte integrante del sistema motore;

«motore a gas» un motore ad accensione comandata alimentato con gas naturale (GN) o gas di petrolio liquefatto (GPL);

«inquinanti gassosi» monossido di carbonio, idrocarburi [assumendo un rapporto CH pari a 1,85 per il carburante diesel, 2,525 per il GPL e 2,93 per il GN (NMHC), e per la molecola CH₃O un rapporto pari a 0,5 per i motori ad accensione spontanea a etanolo], metano (assumendo un rapporto CH pari a 4 per il GN) e ossidi di azoto, questi ultimi espressi in biossido di azoto (NO₂) equivalente;

«alto regime (n_{hi})» il più alto regime di rotazione del motore al quale si ottiene il 70 per cento della potenza massima dichiarata;

«basso regime (n_{lo})» il più basso regime di rotazione del motore al quale si ottiene il 50 per cento della potenza massima dichiarata;

«difetto funzionale importante»⁽¹⁾ malfunzionamento permanente o temporaneo di qualsiasi sistema di post-trattamento del gas di scarico che può determinare un aumento immediato o ritardato delle emissioni gassose o di particolato del sistema motore e che non può essere valutato adeguatamente dal sistema OBD;

«malfunzionamento»

- a) qualsiasi deterioramento o guasto, anche di tipo elettrico, del sistema di controllo delle emissioni tale da determinare un livello di emissioni superiore ai valori limite per l'OBD oppure, se del caso, l'incapacità di raggiungere le prestazioni funzionali del sistema di post-trattamento del gas di scarico, con conseguente emissione di uno o più inquinanti regolamentati a un livello superiore ai valori limite per l'OBD;
- b) qualsiasi caso in cui il sistema OBD non è in grado di rispettare quanto prescritto dal presente regolamento in materia di monitoraggio.

Il costruttore può tuttavia considerare come malfunzionamento anche un deterioramento o guasto che determini emissioni non superiori ai valori limite per l'OBD;

«spia di malfunzionamento (MI)» un indicatore visivo che segnala chiaramente un malfunzionamento al conducente del veicolo con le modalità indicate dal presente regolamento;

«motore a regolazione multipla» un motore per il quale è prevista più di una regolazione del motore;

«gruppo di gas GN» uno dei gruppi H o L definiti nella norma europea EN 437 del novembre 1993;

«potenza netta» la potenza in kW ottenuta al banco di prova all'estremità dell'albero a gomiti, o di un suo equivalente, misurata secondo il metodo di misura della potenza definito nel regolamento n. 85;

«OBD» un sistema diagnostico di bordo per il controllo delle emissioni, il quale è in grado di individuare un malfunzionamento e di identificare l'area probabile del malfunzionamento per mezzo di codici di guasto inseriti nella memoria di un computer;

⁽¹⁾ Il punto 5.4.1 del presente regolamento prevede la rilevazione di guasti funzionali importanti invece del monitoraggio del degrado o della perdita di efficienza catalitica/filtrante del sistema di post-trattamento del gas di scarico. Esempi di guasti funzionali importanti sono contenuti nei punti 3.2.3.2 e 3.2.3.3 dell'allegato 9A del presente regolamento.

«famiglia di motori-OBDB» un raggruppamento, operato dal costruttore ai fini dell'omologazione del sistema ODB secondo le prescrizioni di cui all'allegato 9A del presente regolamento, comprendente sistemi motore che hanno parametri progettuali del sistema ODB comuni conformemente al punto 7.3 del presente regolamento;

«opacimetro» lo strumento progettato per misurare l'opacità delle particelle di fumo mediante il principio dell'estinzione della luce;

«motore capostipite» un motore scelto all'interno della famiglia di motori in modo che le sue caratteristiche di emissione siano rappresentative di tale famiglia di motori;

«dispositivo di post-trattamento del particolato» un sistema di post-trattamento del gas di scarico che riduce le emissioni inquinanti di particolato (PT) mediante separazione meccanica, aerodinamica, per diffusione o per inerzia;

«particolato» qualsiasi materiale raccolto su un materiale filtrante specificato dopo diluizione del gas di scarico con aria pulita filtrata facendo in modo che la temperatura non superi i 325 K (52 °C);

«carico percentuale» la frazione della coppia massima disponibile ad un dato regime del motore;

«rigenerazione periodica» il processo di rigenerazione di un dispositivo di controllo delle emissioni che si attiva periodicamente dopo meno di cento ore di normale funzionamento del motore. Durante i cicli di rigenerazione è possibile il superamento dei limiti di emissione;

«presa di potenza» un dispositivo azionato dal motore che serve ad alimentare un'apparecchiatura ausiliaria montata sul veicolo;

«regime nominale» il regime massimo a pieno carico consentito dal regolatore, ovvero, se non è presente il regolatore, il regime al quale si ottiene la potenza massima del motore indicata dal costruttore nell'allegato 1, appendice 2, punto 2;

«reagente» qualsiasi sostanza stoccata in un serbatoio a bordo del veicolo e fornita al sistema di post-trattamento del gas di scarico (all'occorrenza) su richiesta del sistema di controllo delle emissioni;

«ritaratura» registrazione di un motore a GN effettuata per ottenere da tale motore le stesse prestazioni (potenza, consumo di carburante) con gas naturale di un gruppo differente;

«regime di riferimento (n_{ref})» il regime da impiegare come valore pari al 100 per cento per denormalizzare i valori di regime relativo della prova ETC, conformemente all'allegato 4A, appendice 2 del presente regolamento;

«tempo di risposta» il tempo che intercorre tra una variazione rapida del componente da misurare al punto di riferimento e la corrispondente variazione della risposta del sistema di misura, dove la variazione del componente misurato corrisponde ad almeno il 60 per cento del fondo scala e si produce in meno di 0,1 secondi. Il tempo di risposta del sistema (t_{90}) è formato dal tempo di ritardo del sistema e dal tempo di salita del sistema (v. anche ISO 16183);

«tempo di salita» il tempo impiegato per il passaggio dal 10 per cento al 90 per cento del valore finale indicato ($t_{90}-t_{10}$). È la risposta della strumentazione dopo che il componente da misurare ha raggiunto lo strumento. Per il tempo di salita si definisce come punto di riferimento la sonda di campionamento;

«autoadattabilità» qualsiasi dispositivo del motore che permette di mantenere costante il rapporto aria/carburante;

«fumo» le particelle sospese nel flusso di gas di scarico di un motore diesel che assorbono, riflettono o rifrangono la luce;

«ciclo di prova» una sequenza di punti di prova aventi ciascuno un regime e una coppia definiti da far seguire al motore in condizioni operative stazionarie (prova ESC) o transitorie (prove ETC, ELR);

«limitatore di coppia» un dispositivo che limita temporaneamente la coppia massima del motore;

«tempo di trasformazione» il tempo che intercorre tra la variazione del componente da misurare alla sonda di campionamento e il raggiungimento di una risposta del sistema equivalente al 50 per cento del valore finale rilevato (t_{50}). Il tempo di trasformazione è utilizzato per l'allineamento dei segnali di diversi strumenti di misura;

«vita utile», per i veicoli ed i motori omologati a norma della riga B1, B2 o C della tabella del punto 5.2.1 del presente regolamento, la distanza e/o il periodo di tempo di cui al punto 5.3 (durabilità dei sistemi di controllo delle emissioni) del presente regolamento in cui deve essere assicurato il rispetto dei limiti di emissione di gas, fumo e particolato ai fini dell'omologazione;

«tipo di veicolo» una categoria di veicoli a motore che non differiscono per quanto riguarda aspetti essenziali quali le caratteristiche del motore definite nell'allegato 1 del presente regolamento;

«indice di Wobbe (inferiore W_l o superiore W_u)» il rapporto tra il potere calorifico di un gas per unità di volume e la radice quadrata della sua densità relativa nelle stesse condizioni di riferimento:

$$W = H_{\text{gas}} \times \sqrt{\rho_{\text{air}} / \rho_{\text{gas}}}$$

«fattore di spostamento λ (S_λ)» l'espressione che descrive la flessibilità richiesta ad un sistema di gestione del motore relativamente alla capacità di variare il rapporto di eccesso d'aria λ allorché il motore è alimentato con una composizione di gas diversa dal metano puro (per il calcolo di S_λ , v. allegato 7).

2.2. Simboli, abbreviazioni e norme internazionali

2.2.1. Simboli dei parametri di prova

Simbolo	Unità	Definizione
A_p	m^2	Area della sezione trasversale della sonda di campionamento isocinetico
A_e	m^2	Area della sezione trasversale del condotto di scarico
c	ppm/vol. per cento	Concentrazione
C_d	—	Coefficiente di efflusso dell'SSV-CVS
C_1	—	Idrocarburo carbonio 1 equivalente
d	m	Diametro
D_0	m^3/s	Intercetta della funzione di taratura della PDP
D	—	Fattore di diluizione
D	—	Costante della funzione di Bessel
E	—	Costante della funzione di Bessel
E_E	—	Efficienza riferita all'etano
E_M	—	Efficienza riferita al metano
E_Z	g/kWh	Emissione di NO_x interpolata del punto di controllo
f	1/s	Frequenza
f_a	—	Fattore atmosferico del laboratorio
f_c	s^{-1}	Frequenza di taglio del filtro di Bessel
F_s	—	Fattore stechiometrico
H	MJ/m^3	Potere calorifico
H_a	g/kg	Umidità assoluta dell'aria di aspirazione
H_d	g/kg	Umidità assoluta dell'aria di diluizione
i	—	Pedice indicante una singola modalità o misurazione istantanea
K	—	Costante di Bessel

Simbolo	Unità	Definizione
k	m ⁻¹	Coefficiente di assorbimento della luce
k _f		Fattore specifico per il carburante per la correzione da secco a umido
k _{h, D}	—	Fattore di correzione del valore di NO _x in funzione dell'umidità per motori diesel
k _{h, G}	—	Fattore di correzione del valore di NO _x in funzione dell'umidità per motori a gas
K _V		Funzione di taratura del CFV
k _{W, a}	—	Fattore di correzione da secco a umido per l'aria di aspirazione
k _{W, d}	—	Fattore di correzione da secco a umido per l'aria di diluizione
k _{W, e}	—	Fattore di correzione da secco a umido per il gas di scarico diluito
k _{W, r}	—	Fattore di correzione da secco a umido per il gas di scarico grezzo
L	per cento	Coppia percentuale riferita alla coppia massima per il motore di prova
L _a	m	Lunghezza efficace del cammino ottico
M _{ra}	g/mol	Massa molecolare dell'aria di aspirazione
M _{re}	g/mol	Massa molecolare del gas di scarico
m _d	kg	Massa del campione di aria di diluizione passata attraverso i filtri di campionamento del particolato
m _{ed}	kg	Massa totale del gas di scarico diluito nell'arco del ciclo
m _{edf}	kg	Massa del gas di scarico diluito equivalente nell'arco del ciclo
m _{ew}	kg	Massa totale del gas di scarico nell'arco del ciclo
m _f	mg	Massa del campione di particolato raccolto
m _{f, d}	mg	Massa del campione di particolato raccolto nell'aria di diluizione
m _{gas}	g/h o g	Portata massica delle emissioni gassose
m _{se}	kg	Massa del campione nell'arco del ciclo
m _{sep}	kg	Massa del campione di gas di scarico diluito passato attraverso i filtri di campionamento del particolato
m _{set}	kg	Massa del campione di gas di scarico sottoposto a doppia diluizione passato attraverso i filtri di campionamento del particolato
m _{ssd}	kg	Massa dell'aria di diluizione secondaria
N	per cento	Opacità
N _p	—	Giri totali della PDP nell'arco del ciclo
N _{p, i}	—	Giri della PDP nel corso di un intervallo di tempo
n	min ⁻¹	Regime del motore
n _p	s ⁻¹	Velocità della PDP
n _{hi}	min ⁻¹	Regime alto del motore
n _{lo}	min ⁻¹	Regime basso del motore
n _{ref}	min ⁻¹	Regime di riferimento del motore per la prova ETC
p _a	kPa	Pressione di vapore di saturazione dell'aria di aspirazione del motore
p _b	kPa	Pressione atmosferica totale
p _d	kPa	Pressione di vapore di saturazione dell'aria di diluizione
p _p	kPa	Pressione assoluta
p _r	kPa	Pressione del vapore acqueo dopo il bagno di raffreddamento
p _s	kPa	Pressione atmosferica a secco
p ₁	kPa	Depressione all'entrata della pompa
P(a)	kW	Potenza assorbita dai dispositivi applicati per la prova
P(b)	kW	Potenza assorbita dai dispositivi rimossi per la prova
P(n)	kW	Potenza netta non corretta

Simbolo	Unità	Definizione
P(m)	kW	Potenza misurata al banco prova
Q _{maw}	kg/h o kg/s	Portata massica dell'aria di aspirazione su umido
Q _{mad}	kg/h o kg/s	Portata massica dell'aria di aspirazione su secco
Q _{mdw}	kg/h o kg/s	Portata massica dell'aria di diluizione su umido
Q _{mdew}	kg/h o kg/s	Portata massica del gas di scarico diluito su umido
Q _{mdew, i}	kg/s	Portata massica istantanea del CVS su umido
Q _{medf}	kg/h o kg/s	Portata massica del gas di scarico diluito equivalente su umido
Q _{mew}	kg/h o kg/s	Portata massica del gas di scarico su umido
Q _{mf}	kg/h o kg/s	Portata massica del carburante
Q _{mp}	kg/h o kg/s	Portata massica del campione di particolato
Q _{vs}	dm ³ /min	Portata del campione nel banco di analisi
Q _{vt}	cm ³ /min	Portata del gas tracciante
Ω	—	Costante di Bessel
Q _s	m ³ /s	Portata volumica della PDP/CFV-CVS
Q _{SSV}	m ³ /s	Portata volumica dell'SSV-CVS
r _a	—	Rapporto tra l'area della sezione trasversale della sonda isocinetica e quella del condotto di scarico
r _d	—	Rapporto di diluizione
r _D	—	Rapporto tra diametri SSV-CVS
r _p	—	Rapporto tra pressioni SSV-CVS
r _s	—	Rapporto di campionamento
R _f	—	Fattore di risposta del FID
ρ	kg/m ³	Densità
S	kW	Regolazione del dinamometro
S _i	m ⁻¹	Indice di fumo istantaneo
S _λ	—	Fattore di spostamento λ
T	K	Temperatura assoluta
T _a	K	Temperatura assoluta dell'aria di aspirazione
t	s	Tempo di misurazione
t _c	s	Tempo di risposta elettrica
t _f	s	Tempo di risposta del filtro per la funzione di Bessel
t _p	s	Tempo di risposta fisica
Δt	s	Intervallo di tempo tra successivi dati di fumo (= 1/frequenza del campionamento)
Δt _i	s	Intervallo di tempo per la portata istantanea del CVS
τ	per cento	Trasmittanza del fumo
u	—	Rapporto tra la densità del componente del gas e la densità del gas di scarico
V ₀	m ³ /rev	Volume di gas pompato ad ogni giro dalla PDP
V _s	l	Volume del sistema del banco di analisi
W	—	Indice di Wobbe
W _{eff}	kWh	Lavoro nel ciclo effettivo dell'ETC
W _{rif}	kWh	Lavoro nel ciclo di riferimento dell'ETC
W _f	—	Fattore di ponderazione
W _{fe}	—	Fattore di ponderazione effettivo
X ₀	m ³ /rev	Funzione di taratura della portata volumica della PDP
Y _i	m ⁻¹	Indice di fumo medio di Bessel misurato su 1 s

2.2.2. Simboli dei componenti chimici

CH ₄	Metano
C ₂ H ₆	Etano
C ₂ H ₅ OH	Etanolo
C ₃ H ₈	Propano
CO	Monossido di carbonio
DOP	Diottilftalato
CO ₂	Biossido di carbonio
HC	Idrocarburi
NMHC	Idrocarburi non metanici
NO _x	Ossidi di azoto
NO	Ossido nitrico
NO ₂	Biossido di azoto
PT	Particolato

2.2.3. Abbreviazioni

CFV	Tubo Venturi a flusso critico
CLD	Rivelatore a chemiluminescenza
ELR	Prova europea di risposta al carico
ESC	Ciclo europeo in condizioni operative stazionarie
ETC	Ciclo europeo in condizioni operative transitorie
FID	Rivelatore a ionizzazione di fiamma
GC	Gascromatografo
HCLD	Rivelatore a chemiluminescenza riscaldato
HFID	Rivelatore a ionizzazione di fiamma riscaldato
LPG	Gas di petrolio liquefatto
NDIR	Analizzatore a infrarossi non dispersivo
NG	Gas naturale
NMC	Dispositivo di eliminazione (cutter) degli idrocarburi non metanici

2.2.4. Simboli della composizione del carburante

w _{ALF}	tenore di idrogeno nel carburante, percentuale in massa
w _{BET}	tenore di carbonio nel carburante, percentuale in massa
w _{GAM}	tenore di zolfo nel carburante, percentuale in massa
w _{DEL}	tenore di azoto nel carburante, percentuale in massa
w _{EPS}	tenore di ossigeno nel carburante, percentuale in massa
α	rapporto molare dell'idrogeno (H/C)
β	rapporto molare del carbonio (C/C)
γ	rapporto molare dello zolfo (S/C)
δ	rapporto molare dell'azoto (N/C)
ε	rapporto molare dell'ossigeno (O/C)

relativi a un carburante C_β H_α O_ε N_δ S_γ

β = 1 per i carburanti a base di carbonio, β = 0 per il carburante idrogeno

2.2.5. Norme a cui si fa riferimento nel presente regolamento

ISO 15031-1	ISO 15031-1: 2001 Road vehicles — Communication between vehicle and external equipment for emissions related diagnostics — Part 1: General information.
ISO 15031-2	ISO/PRF TR 15031-2: 2004 Road vehicles — Communication between vehicle and external equipment for emissions related diagnostics — Part 2: Terms, definitions, abbreviations and acronyms.
ISO 15031-3	ISO 15031-3: 2004 Road vehicles — Communication between vehicle and external equipment for emissions related diagnostics — Part 3: Diagnostic connector and related electrical circuits, specification and use.
SAE J1939-13	SAE J1939-13: Off-Board Diagnostic Connector.
ISO 15031-4	ISO DIS 15031-4.3: 2004 Road vehicles — Communication between vehicle and external equipment for emissions related diagnostics — Part 4: External test equipment.
SAE J1939-73	SAE J1939-73: Application Layer — Diagnostics.

ISO 15031-5	ISO DIS 15031-5.4: 2004 Road vehicles — Communication between vehicle and external equipment for emissions related diagnostics — Part 5: Emissions-related diagnostic services.
ISO 15031-6	ISO DIS 15031-6.4: 2004 Road vehicles — Communication between vehicle and external equipment for emissions related diagnostics — Part 6: Diagnostic trouble code definitions.
SAE J2012	SAE J2012: Diagnostic Trouble Code Definitions Equivalent to ISO/DIS 15031-6, 30 aprile 2002.
ISO 15031-7	ISO 15031-7: 2001 Road vehicles — Communication between vehicle and external equipment for emissions related diagnostics — Part 7: Data link security.
SAE J2186	SAE J2186: E/E Data Link Security, ottobre 1996.
ISO 15765-4	ISO 15765-4: 2001 Road vehicles — Diagnostics on Controller Area Network (CAN) — Part 4: Requirements for emissions-related systems.
SAE J1939	SAE J1939: Recommended Practice for a Serial Control and Communications Vehicle Network.
ISO 16185	ISO 16185: 2000 Road vehicles — engine family for homologation.
ISO 2575	ISO 2575: 2000 Road vehicles — Symbols for controls, indicators and tell-tales.
ISO 16183	ISO 16183: 2002 Heavy duty engines — Measurement of gaseous emissions from raw exhaust gas and of particulate emissions using partial flow dilution systems under transient test conditions.

3. DOMANDA DI OMOLOGAZIONE

3.1. Domanda di omologazione di un tipo di motore o di una famiglia di motori in quanto entità tecnica

3.1.1. La domanda di omologazione di un tipo di motore o di una famiglia di motori relativamente alle prescrizioni indicate nella tabella B del punto 1.1 deve essere presentata dal costruttore del motore o da un suo mandatario.

Se la domanda riguarda un motore dotato di sistema diagnostico di bordo (OBD), si applicano le prescrizioni di cui al punto 3.4.

3.1.2. La domanda deve essere accompagnata dai documenti, in triplice copia, indicati nel seguito e dai seguenti dati:

3.1.2.1. descrizione del tipo di motore o della famiglia di motori, a seconda dei casi, comprensiva dei dati di cui all'allegato 1 del presente regolamento.

3.1.3. Al servizio tecnico responsabile dell'esecuzione delle prove di omologazione definite nel punto 5 deve essere presentato un motore conforme alle caratteristiche del «tipo di motore» o del «motore capostipite» descritto nell'allegato 1.

3.2. Domanda di omologazione di un tipo di veicolo relativamente al motore

3.2.1. La domanda di omologazione di un tipo di veicolo relativamente alle prescrizioni riguardanti il suo motore, ovvero la famiglia di motori, indicate nella tabella B del punto 1.1 deve essere presentata dal costruttore del veicolo o da un suo mandatario.

Se la domanda riguarda un motore dotato di sistema diagnostico di bordo (OBD), si applicano le prescrizioni di cui al punto 3.4.

3.2.2. La domanda deve essere accompagnata dai documenti, in triplice copia, indicati nel seguito e dai seguenti dati:

3.2.2.1. descrizione del tipo di veicolo, delle parti del veicolo in relazione con il motore e del tipo di motore o della famiglia di motori, a seconda dei casi, comprensiva dei dati di cui all'allegato 1 del presente regolamento.

3.2.3. Il costruttore fornisce una descrizione della spia di malfunzionamento (MI) del sistema OBD che segnala al conducente del veicolo la presenza di un guasto.

Il costruttore fornisce una descrizione dell'indicatore e della modalità di avvertimento che segnala al conducente del veicolo l'esaurimento di un reagente prescritto.

3.2.4. Al servizio tecnico responsabile dell'esecuzione delle prove di omologazione definite nei punti 5 e 6 deve essere presentato un veicolo conforme alle caratteristiche del «tipo di veicolo» descritto nell'allegato 1.

3.3. **Domanda di omologazione di un tipo di veicolo con motore omologato**

3.3.1. La domanda di omologazione di un tipo di veicolo relativamente all'installazione di un motore omologato sul veicolo stesso deve essere presentata dal costruttore del motore o da un suo mandatario.

3.3.2. La domanda deve essere accompagnata dai documenti, in triplice copia, indicati nel seguito e dai seguenti dati:

3.3.2.1. descrizione del tipo di veicolo e delle parti del veicolo in relazione con il motore comprensiva dei dati di cui all'allegato 1, se del caso, e copia della scheda di comunicazione dell'omologazione (allegato 2A) relativa al motore o alla famiglia di motori, a seconda dei casi, in quanto entità tecnica installata nel tipo di veicolo.

3.3.3. Il costruttore fornisce una descrizione della spia di malfunzionamento (MI) del sistema OBD che segnala al conducente del veicolo la presenza di un guasto.

Il costruttore fornisce una descrizione dell'indicatore e della modalità di avvertimento che segnala al conducente del veicolo l'esaurimento di un reagente prescritto.

3.3.4. Al servizio tecnico responsabile dell'esecuzione delle prove di omologazione definite nel punto 6 deve essere presentato un veicolo conforme alle caratteristiche del «tipo di veicolo» descritto nell'allegato 1.

3.4. **Sistemi diagnostici di bordo**

3.4.1. La domanda di omologazione di un motore (famiglia di motori) dotato di sistema diagnostico di bordo (OBD) deve essere accompagnata dalle informazioni di cui all'allegato 1, appendice 1, punto 9 [descrizione del motore (capostipite)] e/o all'allegato 1, appendice 3, punto 6, (descrizione di un tipo di motore della famiglia) insieme a quanto segue.

3.4.1.1. Informazioni dettagliate scritte che descrivano per esteso le caratteristiche funzionali del sistema OBD, compreso un elenco di tutte le parti del sistema di controllo delle emissioni del motore in relazione con il sistema OBD, ovvero sensori, attuatori e componenti controllati dal sistema OBD.

3.4.1.2. All'occorrenza, dichiarazione del costruttore riguardante i parametri utilizzati come base per il monitoraggio di difetti funzionali importanti.

3.4.1.2.1. Il costruttore fornisce inoltre al servizio tecnico una descrizione dei guasti potenziali del sistema di controllo delle emissioni che producono effetti sulle emissioni. Queste informazioni devono essere discusse e concordate tra il servizio tecnico e il costruttore del veicolo, che devono pervenire ad un accordo.

- 3.4.1.3. All'occorrenza, descrizione dell'interfaccia di comunicazione (hardware e messaggi) tra l'unità elettronica di controllo del motore (EECU) e qualsiasi altra unità di controllo del motopropulsore o del veicolo qualora le informazioni scambiate abbiano effetti sul corretto funzionamento del sistema di controllo delle emissioni.
- 3.4.1.4. Se del caso, copia di altre omologazioni comprensive dei dati necessari per consentire l'estensione delle omologazioni.
- 3.4.1.5. All'occorrenza, i dati relativi alla famiglia di motori di cui al punto 7 del presente allegato.
- 3.4.1.6. Il costruttore descrive le disposizioni adottate per evitare la manomissione o la modifica dell'EECU o di qualsiasi parametro dell'interfaccia di cui al punto 3.4.1.3.

4. OMOLOGAZIONE

4.1. Concessione dell'omologazione per carburante universale

Ai fini della concessione dell'omologazione per carburante universale devono essere soddisfatte le seguenti prescrizioni.

- 4.1.1. Nel caso del carburante diesel o dell'etanolo, il motore capostipite deve essere conforme alle prescrizioni del presente regolamento relative al carburante di riferimento indicate nell'allegato 5.
- 4.1.2. Nel caso del gas naturale, si deve dimostrare che il motore capostipite è in grado di adattarsi a qualsiasi composizione di carburante reperibile sul mercato. In genere sono disponibili due tipi di gas naturale, ad elevato potere calorifico (gas H) e a basso potere calorifico (gas L); entrambi i gruppi, tuttavia, presentano una significativa variabilità e comprendono gas che differiscono in modo significativo per quanto riguarda il contenuto energetico espresso dall'indice di Wobbe e per quanto riguarda il fattore di spostamento λ (S_λ). Le formule per il calcolo dell'indice di Wobbe e di S_λ sono riportate nel punto 2.1. I gas naturali con fattore di spostamento λ compreso tra 0,89 e 1,08 ($0,89 \leq S_\lambda \leq 1,08$) sono considerati appartenenti al gruppo H, mentre i gas naturali con fattore di spostamento λ compreso tra 1,08 e 1,19 ($1,08 \leq S_\lambda \leq 1,19$) sono considerati appartenenti al gruppo L. La composizione dei carburanti di riferimento riflette le variazioni di S_λ .

Il motore capostipite deve rispettare i requisiti del presente regolamento con i carburanti di riferimento G_R (carburante 1) e G_{25} (carburante 2), le cui specifiche sono indicate nell'allegato 5, senza alcuna regolazione di adeguamento al carburante tra le due prove. Tuttavia, dopo il cambio del carburante è ammesso un periodo di adattamento della durata di un ciclo ETC in cui non si effettuano misure. Prima della prova, il motore capostipite deve essere rodato con la procedura indicata nell'allegato 4A, appendice 2, punto 3.

- 4.1.2.1. A richiesta del costruttore, il motore può essere provato con un terzo carburante (carburante 3) se il fattore di spostamento λ (S_λ) è compreso tra 0,89 (gruppo inferiore del G_R) e 1,19 (gruppo superiore del G_{25}), per esempio quando il carburante 3 è un carburante disponibile sul mercato. I risultati di questa prova possono essere utilizzati come base per la valutazione della conformità della produzione.
- 4.1.3. Nel caso di un motore alimentato a gas naturale autoadattabile al gruppo dei gas H da una parte e al gruppo dei gas L dall'altra, e che commuta tra il gruppo H e il gruppo L mediante un commutatore, il motore capostipite deve essere provato con il carburante di riferimento pertinente specificato nell'allegato 5 per ciascun gruppo, in ciascuna posizione del commutatore. I carburanti sono G_R (carburante 1) e G_{23} (carburante 3) per i gas del gruppo H e G_{25} (carburante 2) e G_{23} (carburante 3) per i gas del gruppo L. Il motore capostipite deve essere conforme alle prescrizioni del presente regolamento in entrambe le posizioni del commutatore senza alcuna regolazione di adeguamento al carburante tra le due prove in ciascuna posizione del commutatore. Tuttavia, dopo il cambio del carburante è ammesso un periodo di adattamento della durata di un ciclo ETC in cui non si effettuano misure. Prima della prova, il motore capostipite deve essere rodato con la procedura indicata nell'allegato 4A, appendice 2, punto 3.

4.1.3.1. A richiesta del costruttore, il motore può essere provato con un terzo carburante invece del G_{23} (carburante 3) se il fattore di spostamento λ (S_λ) è compreso tra 0,89 (gruppo inferiore del G_R) e 1,19 (gruppo superiore del G_{25}), per esempio quando il carburante 3 è un carburante disponibile sul mercato. I risultati di questa prova possono essere utilizzati come base per la valutazione della conformità della produzione.

4.1.4. Nel caso dei motori a gas naturale, il rapporto dei risultati di emissione «r» viene determinato come segue per ciascun inquinante:

$$r = \frac{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 2}}{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 1}}$$

o

$$r_a = \frac{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 2}}{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 3}}$$

e

$$r_b = \frac{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 1}}{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 3}}$$

4.1.5. Nel caso del GPL, si deve dimostrare che il motore capostipite è in grado di adattarsi a qualsiasi composizione di carburante che si possa trovare sul mercato. Nel caso del GPL vi sono variazioni della composizione C_3/C_4 . I carburanti di riferimento riflettono queste variazioni. Il motore capostipite deve essere conforme ai requisiti di emissione con i carburanti di riferimento A e B specificati nell'allegato 5 senza alcuna regolazione di adeguamento al carburante tra le due prove. Tuttavia, dopo il cambio del carburante è ammesso un periodo di adattamento della durata di un ciclo ETC in cui non si effettuano misure. Prima della prova, il motore capostipite deve essere rodato con la procedura indicata nell'allegato 4A, appendice 2, punto 3.

4.1.5.1. Il rapporto dei risultati di emissione «r» viene determinato come segue per ciascun inquinante:

$$r = \frac{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento B}}{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento A}}$$

4.2. **Concessione dell'omologazione per un gruppo di carburanti limitato**

Ai fini della concessione dell'omologazione per un gruppo di carburanti limitato devono essere soddisfatte le seguenti prescrizioni.

4.2.1. Omologazione per quanto riguarda le emissioni allo scarico di un motore funzionante con gas naturale e predisposto per funzionare o con i gas del gruppo H o con i gas del gruppo L

Il motore capostipite deve essere provato con il carburante di riferimento pertinente specificato nell'allegato 5 per il gruppo corrispondente. I carburanti sono G_R (carburante 1) e G_{23} (carburante 3) per i gas del gruppo H e G_{25} (carburante 2) e G_{23} (carburante 3) per i gas del gruppo L. Il motore capostipite deve essere conforme ai requisiti del presente regolamento senza alcuna regolazione di adeguamento al carburante tra le due prove. Tuttavia, dopo il cambio del carburante è ammesso un periodo di adattamento della durata di un ciclo ETC in cui non si effettuano misure. Prima della prova, il motore capostipite deve essere rodato con la procedura indicata nell'allegato 4A, all'appendice 2, punto 3.

4.2.1.1. A richiesta del costruttore, il motore può essere provato con un terzo carburante invece del G_{23} (carburante 3) se il fattore di spostamento λ (S_λ) è compreso tra 0,89 (gruppo inferiore del G_R) e 1,19 (gruppo superiore del G_{25}), per esempio quando il carburante 3 è un carburante disponibile sul mercato. I risultati di questa prova possono essere utilizzati come base per la valutazione della conformità della produzione.

4.2.1.2. Il rapporto dei risultati di emissione «r» viene determinato come segue per ciascun inquinante:

$$r = \frac{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 2}}{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 1}}$$

o

$$r_a = \frac{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 2}}{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 3}}$$

e

$$r_b = \frac{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 1}}{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 3}}$$

4.2.1.3. Alla consegna al cliente, il motore deve recare una targhetta (v. punto 4.11) con l'indicazione del gruppo di gas per il quale è omologato il motore.

4.2.2. Omologazione per quanto riguarda le emissioni allo scarico di un motore funzionante con gas naturale o GPL e predisposto per funzionare con una composizione specifica di carburante

4.2.2.1. Il motore capostipite deve essere conforme ai requisiti di emissione con i combustibili di riferimento G_R e G_{25} nel caso del gas naturale o con i combustibili di riferimento A e B nel caso del GPL, le cui caratteristiche tecniche sono precisate nell'allegato 5. Tra una prova e l'altra è ammessa la registrazione del sistema di alimentazione. Tale registrazione consiste in una ritaratura della base di dati del sistema di alimentazione, senza alcuna modifica della strategia di base di controllo o della struttura fondamentale della base di dati. Se necessario, è ammessa la sostituzione di elementi che influiscono direttamente sulla portata di carburante (come gli ugelli dell'iniettore).

4.2.2.2. A richiesta del costruttore, il motore può essere provato con i combustibili di riferimento G_R e G_{23} o con i combustibili di riferimento G_{25} e G_{23} , nel qual caso l'omologazione è valida solo per i gas del gruppo H o del gruppo L, rispettivamente.

4.2.2.3. Al momento della consegna al cliente, il motore deve recare una targhetta (v. punto 4.11) con la composizione del carburante per la quale il motore è stato tarato.

Omologazione dei motori a GN

	Punto 4.1: concessione dell'omologazione per carburante universale	Numero di prove eseguite	Calcolo di «r»	Punto 4.2: concessione dell'omologazione per un gruppo di carburanti limitato	Numero di prove eseguite	Calcolo di «r»
V. punto 4.1.2 Motore a GN adattabile a qualsiasi composizione di carburante	G _R (1) e G ₂₅ (2) a richiesta del costruttore il motore può essere provato con un ulteriore carburante disponibile sul mercato (3), se S _λ = 0,89 - 1,19	2 (max. 3)	$r = \frac{\text{carb. 2 (G}_{25}\text{)}}{\text{carb. 1 (G}_R\text{)}}$ e, se il motore è provato con un ulteriore carburante $r_a = \frac{\text{carb. 2 (G}_{25}\text{)}}{\text{carb. 3 (disp. sul mercato)}}$ e $r_b = \frac{\text{carb. 1 (G}_R\text{)}}{\text{carb. 3 (G}_{25}\text{ o disp. sul mercato)}}$			
V. punto 4.1.3 Motore a GN autoadattabile con commutatore	G _R (1) e G ₂₃ (3) per H e G ₂₅ (2) e G ₂₃ (3) per L a richiesta del costruttore il motore può esser provato con un carburante disponibile sul mercato (3) invece del G ₂₃ , se S _λ = 0,89 - 1,19	2 per il gruppo H e 2 per il gruppo L nella rispettiva posizione del commutatore 4	$r_b = \frac{\text{carb. 1 (G}_R\text{)}}{\text{carb. 3 (G}_{23}\text{ o disp. sul mercato)}}$ e $r_a = \frac{\text{carb. 2 (G}_{25}\text{)}}{\text{carb. 3 (G}_{23}\text{ o disp. sul mercato)}}$			
V. punto 4.2.1 Motore a GN predisposto per funzionare con i gas del gruppo H o i gas del gruppo L				G _R (1) e G ₂₃ (3) per H G ₂₅ (2) e G ₂₃ (3) per L a richiesta del costruttore il motore può esser provato con un carburante disponibile sul mercato (3) invece del G ₂₃ , se S _λ = 0,89 - 1,19	2 per il gruppo H o 2 per il gruppo L 2	$r_b = \frac{\text{carb. 1 (G}_R\text{)}}{\text{carb. 3 (G}_{23}\text{ o disp. sul mercato)}}$ per il gruppo H o $r_a = \frac{\text{carb. 2 (G}_{25}\text{)}}{\text{carb. 3 (G}_{23}\text{ o disp. sul mercato)}}$ per il gruppo L

	Punto 4.1: concessione dell'omologazione per carburante universale	Numero di prove eseguite	Calcolo di «r»	Punto 4.2: concessione dell'omologazione per un gruppo di carburanti limitato	Numero di prove eseguite	Calcolo di «r»
V. punto 4.2.2. Motore a GN predisposto per funzionare con una composizione specifica di carburante				G _R (1) e G ₂₅ (2), è ammessa la registrazione tra le prove a richiesta del costruttore il motore può essere provato con G _R (1) e G ₂₃ (3) per H G ₂₅ (2) e G ₂₃ (3) per L	2 o 2 per il gruppo H o 2 per il gruppo L 2	

Omologazione dei motori a GPL

	Punto 4.1: concessione dell'omologazione per carburante universale	Numero di prove eseguite	Calcolo di «r»	Punto 4.2: concessione dell'omologazione per un gruppo di carburanti limitato	Numero di prove eseguite	Calcolo di «r»
V. punto 4.1.5 Motore a GPL adattabile a qualsiasi composizione di carburante	carburante A e carburante B	2	$r = \frac{\text{carb. B}}{\text{carb. A}}$			
V. punto 4.2.2 Motore a GPL predisposto per funzionare con una composizione specifica di carburante				carburante A e carburante B, è ammessa la registrazione tra le prove	2	

4.3. **Omologazione di un componente di una famiglia di motori per quanto riguarda le emissioni allo scarico**

4.3.1. Con l'eccezione del caso citato al punto 4.3.2, l'omologazione di un motore capostipite viene estesa a tutti i componenti della famiglia, senza prove ulteriori, per qualsiasi composizione di carburante che rientri nel gruppo per il quale il motore capostipite è stato omologato (nel caso dei motori descritti al punto 4.2.2) o nello stesso gruppo di carburanti (nel caso dei motori descritti ai punti 4.1 o 4.2) per cui è stato omologato il motore capostipite.

4.3.2. Secondo motore di prova

Nel caso di una domanda di omologazione di un motore, o di un veicolo per quanto concerne il suo motore, allorché tale motore fa parte di una famiglia di motori, se l'autorità di omologazione stabilisce che, per quanto concerne il motore capostipite scelto, la domanda presentata non rappresenta tutta la famiglia di motori definita nell'allegato 1, appendice 2, essa può selezionare e provare un motore di riferimento alternativo e, se necessario, uno addizionale.

4.4. A ciascun tipo omologato deve essere assegnato un numero di omologazione. Le prime due cifre (attualmente 05, corrispondenti alla serie di emendamenti 05) indicano la serie di emendamenti che incorporano le principali modifiche tecniche più recenti apportate al regolamento alla data di rilascio dell'omologazione. Una parte contraente non può assegnare lo stesso numero a un altro tipo di motore o di veicolo.

4.5. Il rilascio, l'estensione o il rifiuto dell'omologazione o la cessazione definitiva della produzione di un tipo di motore o di veicolo ai sensi del presente regolamento devono essere comunicati alle parti dell'accordo del 1958 che applicano il presente regolamento mediante una scheda conforme al modello di cui agli allegati 2A o 2B, a seconda dei casi, del presente regolamento. Nella comunicazione devono essere indicati anche i valori misurati durante la prova.

4.6. Su ogni motore conforme a un tipo di motore omologato ai sensi del presente regolamento o su ogni veicolo conforme a un tipo di veicolo omologato ai sensi del presente regolamento deve essere apposto, in un punto ben visibile e facilmente accessibile, un marchio di omologazione internazionale costituito da:

4.6.1. un cerchio all'interno del quale è iscritta la lettera «E» seguita dal numero distintivo del paese che ha rilasciato l'omologazione ⁽¹⁾;

4.6.2. il numero del presente regolamento, seguito dalla lettera «R», da un trattino e dal numero di omologazione, a destra del cerchio di cui al punto 4.6.1.

⁽¹⁾ 1 per la Germania, 2 per la Francia, 3 per l'Italia, 4 per i Paesi Bassi, 5 per la Svezia, 6 per il Belgio, 7 per l'Ungheria, 8 per la Repubblica ceca, 9 per la Spagna, 10 per la Serbia, 11 per il Regno Unito, 12 per l'Austria, 13 per il Lussemburgo, 14 per la Svizzera, 15 (omesso), 16 per la Norvegia, 17 per la Finlandia, 18 per la Danimarca, 19 per la Romania, 20 per la Polonia, 21 per il Portogallo, 22 per la Federazione russa, 23 per la Grecia, 24 per l'Irlanda, 25 per la Croazia, 26 per la Slovenia, 27 per la Slovacchia, 28 per la Bielorussia, 29 per l'Estonia, 30 (omesso), 31 per la Bosnia-Erzegovina, 32 per la Lettonia, 33 (omesso), 34 per la Bulgaria, 35 (omesso), 36 per la Lituania, 37 per la Turchia, 38 (omesso), 39 per l'Azerbaijan, 40 per la ex Repubblica iugoslava di Macedonia, 41 (omesso), 42 per la Comunità europea (le omologazioni sono rilasciate dagli Stati membri utilizzando i rispettivi simboli ECE), 43 per il Giappone, 44 (omesso), 45 per l'Australia, 46 per l'Ucraina, 47 per il Sud Africa, 48 per la Nuova Zelanda, 49 per Cipro, 50 per Malta, 51 per la Repubblica di Corea, 52 per la Malaysia, 53 per la Thailandia e 56 per il Montenegro. I numeri successivi saranno attribuiti ad altri paesi secondo l'ordine cronologico di ratifica dell'accordo relativo all'adozione di prescrizioni tecniche uniformi applicabili all'omologazione e al riconoscimento reciproco dell'omologazione dei veicoli a motore, degli accessori e delle parti che possono essere installati e/o utilizzati sui veicoli a motore, oppure di adesione al medesimo accordo. I numeri così assegnati saranno comunicati alle parti contraenti dell'accordo dal Segretariato generale delle Nazioni Unite.

- 4.6.3. Tuttavia, il marchio di omologazione deve contenere dopo la lettera «R» un'altra lettera che permetta di distinguere le fasi di emissioni (limiti delle emissioni, OBD, ecc.) per le quali è stata rilasciata l'omologazione secondo quanto indicato nella tabella seguente:

Carattere	Riga ^(a)	Fase OBD I ^(b)	Fase OBD II	Durabilità e conformità in uso	Controllo NO _x ^(c)
B	B1(2005)	Sì	—	Sì	—
C	B1(2005)	Sì	—	Sì	Sì
D	B2(2008)	Sì	—	Sì	—
E	B2(2008)	Sì	—	Sì	Sì
F	B2(2008)	—	Sì	Sì	—
G	B2(2008)	—	Sì	Sì	Sì
H	C	Sì	—	Sì	—
I	C	Sì	—	Sì	Sì
J	C	—	Sì	Sì	—
K	C	—	Sì	Sì	Sì

^(a) Conformemente alle tabelle del punto 5.2.1 del presente regolamento.

^(b) Conformemente al punto 5.4 del presente regolamento, i motori a gas sono esclusi dalla fase OBD I.

^(c) Conformemente al punto 5.5 del presente regolamento.

- 4.6.3.1. Per i motori alimentati a GN il marchio di omologazione deve contenere, dopo il simbolo nazionale, un suffisso che permetta di distinguere il gruppo di gas per il quale è stata rilasciata l'omologazione. Tale marcatura deve essere:

4.6.3.1.1. H se il motore è omologato e tarato per gas del gruppo H;

4.6.3.1.2. L se il motore è omologato e tarato per gas del gruppo L;

4.6.3.1.3. HL se il motore è omologato e tarato per gas dei gruppi H e L;

4.6.3.1.4. Ht se il motore è omologato e tarato per una specifica composizione di gas del gruppo H e può essere trasformato per utilizzare un altro specifico gas del gruppo H mediante registrazione dell'alimentazione del motore;

4.6.3.1.5. Lt se il motore è omologato e tarato per una specifica composizione di gas del gruppo L e può essere trasformato per utilizzare un altro specifico gas del gruppo L previa registrazione dell'alimentazione del motore;

4.6.3.1.6. HLt se il motore è omologato e tarato per una specifica composizione di gas del gruppo H o del gruppo L e può essere trasformato per utilizzare un altro specifico gas del gruppo H o del gruppo L mediante registrazione dell'alimentazione del motore.

4.7. Se il veicolo o motore è conforme a un tipo omologato a norma di uno o diversi altri regolamenti allegati all'accordo, nel paese che ha concesso l'omologazione a norma del presente regolamento, non è necessario ripetere il simbolo di cui al punto 4.6.1. In tal caso, i numeri di regolamento e di omologazione ed i simboli supplementari di tutti i regolamenti applicati per l'omologazione a norma del presente regolamento sono indicati in colonne verticali a destra del simbolo di cui al punto 4.6.1.

4.8. Il marchio di omologazione deve essere collocato sulla targhetta dati apposta dal costruttore sul tipo omologato, o accanto ad essa.

4.9. Nell'allegato 3 del presente regolamento figurano alcuni esempi di disposizione dei marchi di omologazione.

4.10. Il motore omologato come entità tecnica deve recare, oltre al marchio omologato:

4.10.1. il marchio o la denominazione commerciale del costruttore del motore;

4.10.2. la descrizione commerciale del costruttore.

4.11. Targhette

Nel caso di motori alimentati a GN o GPL con omologazione limitata ad un gruppo di carburanti particolare, si applicano le targhette descritte in appresso.

4.11.1. Contenuto

Le targhette devono riportare le indicazioni seguenti.

Nel caso del punto 4.2.1.3, la targhetta deve riportare la dicitura «USARE SOLO GAS NATURALE GRUPPO H». Se del caso, sostituire «H» con «L».

Nel caso del punto 4.2.2.3, la targhetta deve riportare la dicitura «USARE SOLO GAS NATURALE DI COMPOSIZIONE ...» o «USARE SOLO GAS DI PETROLIO LIQUEFATTO DI COMPOSIZIONE ...» a seconda dei casi. La targhetta deve riportare tutte le informazioni indicate nelle appropriate tabelle dell'allegato 5, con i singoli componenti e i limiti specificati dal costruttore del motore.

Le lettere e le cifre devono avere un'altezza di almeno 4 mm.

Nota: se per mancanza di spazio non è possibile applicare tale targhetta, si può utilizzare un codice semplificato. In tal caso note esplicative contenenti tutte le suddette informazioni devono essere facilmente accessibili per la persona che riempie il serbatoio o esegue la manutenzione o riparazione del motore e dei suoi accessori, nonché per le autorità interessate. L'ubicazione e il contenuto di dette note esplicative sono stabiliti di concerto dal costruttore e dall'autorità che rilascia l'omologazione.

4.11.2. Proprietà

Le targhette devono essere in grado di durare per tutta la vita utile del motore e devono essere chiaramente leggibili e indelebili. Inoltre, devono essere apposte in modo tale che il loro fissaggio abbia una durata pari alla vita utile del motore e che non sia possibile asportarle senza distruggerle o cancellarle.

4.11.3. Posizionamento

Le targhette devono esser fissate ad una parte del motore che è necessaria per il normale funzionamento dello stesso e che in linea di massima non deve essere sostituita per tutta la vita del motore. Inoltre, devono essere posizionate in modo da essere facilmente visibili per una persona di altezza media dopo che il motore è stato completato con tutti i dispositivi occorrenti per il suo funzionamento.

4.12. Se la domanda di omologazione riguarda un tipo di veicolo relativamente al suo motore, le indicazioni di cui al punto 4.11 devono essere apposte anche in prossimità del bocchettone del carburante.

4.13. Se la domanda di omologazione riguarda un tipo di veicolo con motore omologato, le indicazioni di cui al punto 4.11 devono essere apposte anche in prossimità del bocchettone del carburante.

5. PRESCRIZIONI E PROVE
- 5.1. **Prescrizioni generali**
- 5.1.1. Dispositivi di controllo delle emissioni
- 5.1.1.1. I componenti che possono influire sulle emissioni di inquinanti gassosi e di particolato prodotte da motori diesel e a gas devono essere progettati, costruiti, montati e installati in modo che, in condizioni di impiego normali, il motore sia conforme alle prescrizioni del presente regolamento.
- 5.1.2. È vietato l'uso di strategie di manomissione.
- 5.1.2.1. È vietato l'impiego di motori a regolazione multipla finché nell'ambito del presente regolamento non saranno stabilite prescrizioni appropriate e dettagliate sui motori a regolazione multipla.
- 5.1.3. Strategia per il controllo delle emissioni
- 5.1.3.1. Ogni elemento progettuale e della strategia per il controllo delle emissioni (ECS) che può influire sulle emissioni di inquinanti gassosi e di particolato prodotte da motori diesel e sulle emissioni di inquinanti gassosi prodotte da motori a gas deve essere progettato, costruito, montato e installato in modo che, in condizioni di impiego normali, il motore sia conforme alle prescrizioni del presente regolamento. L'ECS è formata dalla strategia di base per il controllo delle emissioni (BECS) e, di norma, da una o più strategie ausiliarie per il controllo delle emissioni (AECS).
- 5.1.4. Prescrizioni relative alla strategia di base per il controllo delle emissioni
- 5.1.4.1. La strategia di base per il controllo delle emissioni (BECS) deve essere concepita in modo che, in condizioni di impiego normali, il motore sia conforme alle prescrizioni del presente regolamento. L'impiego normale non è limitato alle condizioni di impiego di cui al punto 5.1.5.4.
- 5.1.5. Prescrizioni relative alla strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni
- 5.1.5.1. L'installazione di una strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni (AECS) è ammessa purché tale strategia:
- a) funzioni solo in condizioni di impiego diverse da quelle specificate al punto 5.1.5.4 per gli scopi di cui al punto 5.1.5.5, oppure
 - b) sia attivata solo eccezionalmente nelle condizioni di impiego di cui al punto 5.1.5.4 per gli scopi di cui al punto 5.1.5.6 e solo per il tempo necessario a tali scopi.
- 5.1.5.2. L'uso di una strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni (AECS) operante nelle condizioni specificate al punto 5.1.5.4 e che abbia per effetto l'uso di una strategia per il controllo delle emissioni (ECS) diversa o modificata rispetto a quella abitualmente impiegata durante i cicli applicabili di prova delle emissioni è consentito se, conformemente alle prescrizioni di cui al punto 5.1.7, è dimostrato che non ne consegue una riduzione permanente dell'efficacia del sistema di controllo delle emissioni. In ogni altro caso, una siffatta strategia è considerata una strategie di manomissione.
- 5.1.5.3. L'uso di una strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni (AECS) non operante nelle condizioni specificate al punto 5.1.5.4 è consentito se, conformemente alle prescrizioni di cui al punto 5.1.7, è dimostrato che essa è la strategia minima necessaria per gli scopi di cui al punto 5.1.5.6 riguardanti la tutela dell'ambiente e altri aspetti tecnici. In ogni altro caso, una siffatta strategia è considerata una strategia di manomissione.

- 5.1.5.4. Conformemente al punto 5.1.5.1, nel funzionamento stazionario e transitorio si applicano le seguenti condizioni di impiego:
- altitudine non superiore a 1 000 metri (o equivalente pressione atmosferica di 90 kPa),
 - temperatura ambiente compresa tra 275 K e 303 K (tra 2 °C e 30 °C) ⁽¹⁾ ⁽²⁾ e;
 - temperatura del liquido di raffreddamento del motore compresa tra 343 K e 373 K (tra 70 °C e 100 °C).
- 5.1.5.5. L'installazione di una strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni (AECS) è ammessa purché tale strategia sia inclusa nella prova di omologazione applicabile e sia attivata conformemente al punto 5.1.5.6.
- 5.1.5.6. L'AECS deve essere attivata:
- solo da segnali di bordo che servono a proteggere contro i danni il motore (inclusa la protezione del dispositivo di trattamento dell'aria) e/o il veicolo,
 - per scopi quali la sicurezza di funzionamento, modalità in difetto di segnale e strategie di efficienza ridotta (limp home), o
 - per scopi quali la prevenzione di emissioni eccessive, l'avviamento a freddo o il riscaldamento, o
 - se è utilizzata per rinunciare al controllo di un inquinante regolamentato in condizioni ambientali o di funzionamento specifiche in modo da mantenere tutti gli altri inquinanti regolamentati entro i valori di emissione appropriati per il motore in questione. Il risultato complessivo di una tale AECS è la compensazione dei fenomeni che accadono naturalmente in modo da assicurare un controllo accettabile di tutti i componenti delle emissioni.
- 5.1.6. Prescrizioni per i limitatori di coppia
- 5.1.6.1. L'uso di un limitatore di coppia è consentito se tale limitatore è conforme alle prescrizioni del punto 5.1.6.2 o 5.5.5. In ogni altro caso, un limitatore di coppia è considerato una strategia di manomissione.
- 5.1.6.2. Un limitatore di coppia può essere installato su un motore o un veicolo alle condizioni seguenti:
- il limitatore di coppia è attivato solo da segnali a bordo per proteggere da danni il motopropulsore o il veicolo e/o per la sicurezza del veicolo, o per attivare la presa di potenza quando il veicolo è fermo oppure per garantire il corretto funzionamento del sistema deNO_x, e
 - il limitatore di coppia è attivato solo temporaneamente, e
 - il limitatore di coppia non modifica la strategia per il controllo delle emissioni (ECS), e
 - nel caso della protezione della presa di potenza o del motopropulsore, la coppia è limitata a un valore costante, indipendente dal regime del motore, senza mai superare la coppia a pieno carico, e

⁽¹⁾ Fino al 1° ottobre, si applica la seguente prescrizione: «temperatura ambiente compresa tra 279 K e 303 K (tra 6 °C e 30 °C)».

⁽²⁾ Questo intervallo di temperatura sarà riesaminato nell'ambito della revisione del presente regolamento, in particolare per quanto riguarda l'adeguatezza del limite inferiore della temperatura.

- e) il limitatore di coppia è attivato in modo da limitare le prestazioni di un veicolo al fine di incoraggiare il conducente a prendere i provvedimenti necessari per garantire il corretto funzionamento delle misure di controllo degli NO_x nel sistema motore.

5.1.7. Prescrizioni speciali per i sistemi elettronici di controllo delle emissioni

5.1.7.1. Documentazione richiesta

Il costruttore fornisce un fascicolo di documentazione che illustra ogni elemento progettuale e della strategia per il controllo delle emissioni (ECS), il limitatore di coppia del sistema motore e i sistemi con i quali esso controlla, direttamente o indirettamente, le variabili di output. La documentazione consta di due parti:

- a) il fascicolo di documentazione ufficiale, fornito al servizio tecnico al momento della presentazione della domanda di omologazione, comprende una descrizione completa dell'ECS e, se del caso, del limitatore di coppia. Tale documentazione può essere sommaria, purché dimostri che sono stati identificati tutti gli output permessi da una matrice ricavata dall'intervallo di controllo dei singoli input unitari. Tali informazioni sono accluse alla documentazione richiesta nel punto 3 del presente regolamento;
- b) il materiale supplementare indicante i parametri che sono modificati da ogni strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni (AECS) e le condizioni limite in cui funziona l'AECS. Il materiale supplementare comprende una descrizione della logica di controllo del sistema di alimentazione, delle strategie di fasatura e dei punti di commutazione in tutte le modalità di funzionamento. Esso comprende inoltre una descrizione del limitatore di coppia di cui al punto 5.5.5 del presente allegato.

Il materiale supplementare include inoltre la motivazione dell'uso di ogni AECS e materiali e dati di prova che dimostrino l'effetto sulle emissioni di gas di scarico di ogni AECS installata nel motore o veicolo. La motivazione dell'uso di un'AECS può essere fondata su dati di prova e/o su una solida analisi ingegneristica.

Il materiale supplementare rimane strettamente riservato ed è reso disponibile all'autorità di omologazione su richiesta di quest'ultima. L'autorità di omologazione mantiene la riservatezza su tale materiale.

5.1.8. Specificamente per l'omologazione di motori conformemente alla riga A delle tabelle di cui al punto 5.2.1 (motori normalmente non sottoposti alla prova ETC)

5.1.8.1. Nel verificare se una strategia o una misura sia da considerarsi una strategia di manomissione, secondo le definizioni del punto 2, l'autorità di omologazione e/o il servizio tecnico possono richiedere una prova aggiuntiva per l'individuazione degli NO_x mediante la prova ETC, che può essere eseguita congiuntamente alla prova di omologazione o alle procedure di controllo della conformità della produzione.

5.1.8.2. Nel verificare se una strategia o una misura sia da considerarsi una strategia di manomissione, secondo le definizioni del punto 2, è ammesso un margine addizionale del 10 per cento per il valore limite di NO_x appropriato.

5.1.9. Disposizioni concernenti la sicurezza del sistema elettronico

5.1.9.1. Ogni veicolo dotato di un'unità di controllo delle emissioni deve possedere caratteristiche tali da ostacolarne la modifica, tranne che nei limiti autorizzati dal costruttore. Il costruttore autorizza le modifiche, se esse sono necessarie per la diagnosi, la manutenzione programmata, l'ispezione, l'ammmodernamento o la riparazione del veicolo. Tutti i codici informatici riprogrammabili oppure i parametri operativi devono essere resistenti alla manomissione e assicurare un livello di protezione almeno equivalente a quello previsto dalla norma ISO 15031-7 (SAE J2186) a condizione che lo scambio di dati sulla sicurezza sia effettuato utilizzando i protocolli e il connettore diagnostico prescritto al punto 6 dell'allegato 9A del presente regolamento. Tutti i circuiti di memoria di taratura asportabili devono essere rivestiti di resina, racchiusi in un contenitore sigillato o protetti da un algoritmo elettronico e devono poter essere sostituiti soltanto per mezzo di procedure o attrezzi appositi.

- 5.1.9.2. I parametri computerizzati di funzionamento del motore devono poter essere sostituiti soltanto per mezzo di procedure o attrezzi appositi [ad es. componenti di computer saldati o rivestiti di resina racchiusi in un contenitore sigillato (o saldato)].
- 5.1.9.3. I costruttori devono prendere le misure necessarie per evitare la manomissione della regolazione della mandata massima di carburante mentre il veicolo è in circolazione.
- 5.1.9.4. Il costruttore può inoltrare all'autorità di omologazione una domanda di esenzione da una di queste prescrizioni per i veicoli che, verosimilmente, non richiedono tale protezione. I criteri che l'autorità prende in considerazione nel valutare una domanda di esenzione includono (senza peraltro limitarsi ad essi) la disponibilità corrente dei circuiti di memoria per le prestazioni, la capacità del veicolo di produrre prestazioni elevate e il probabile volume di vendite dello stesso.
- 5.1.9.5. I costruttori che utilizzano sistemi di codifica computerizzati programmabili (ad esempio Electrical Erasable Programmable Read-Only Memory, EEPROM) devono ostacolarne la riprogrammazione non autorizzata. I costruttori devono adottare strategie sofisticate per prevenire la manomissione e funzioni di protezione contro la scrittura che rendono necessario l'accesso elettronico a un computer esterno posto sotto il loro controllo del costruttore. L'autorità può approvare metodi alternativi che garantiscano un livello equivalente di protezione contro la manomissione.

5.2. **Specifiche relative alle emissioni di inquinanti gassosi, particolato e fumo**

Per le prove di omologazione in base alle righe B1 o B2 o alla riga C delle tabelle del punto 5.2.1 le emissioni sono determinate mediante le prove ESC, ELR ed ETC.

Per i motori a gas le emissioni gassose sono determinate mediante la prova ETC.

Le procedure di prova ESC ed ELR sono descritte nell'allegato 4A, appendice 1; la procedura di prova ETC nell'allegato 4A, appendici 2 e 3.

Le emissioni di inquinanti gassosi e di particolato, se del caso, e di fumo, se del caso, prodotte dal motore sottoposto a prova sono misurate mediante i metodi descritti nell'allegato 4A, appendice 4. L'allegato 4A, appendice 7 descrive i sistemi raccomandati di analisi degli inquinanti gassosi, campionamento del particolato e misura del fumo.

Il servizio tecnico può approvare altri sistemi o analizzatori se questi danno risultati equivalenti nel rispettivo ciclo di prova. La determinazione dell'equivalenza dei sistemi è basata su uno studio di correlazione tra il sistema considerato e uno dei sistemi di riferimento del presente regolamento effettuato su 7 (o più) coppie di campioni. Per le emissioni di particolato, solo i sistemi di diluizione a flusso totale o parziale corrispondenti alla norma ISO 16183 sono riconosciuti come sistemi di riferimento equivalenti. Con il termine «risultati» si intende il valore delle emissioni per il ciclo specifico. Le prove di verifica della correlazione devono essere eseguite presso lo stesso laboratorio, con la stessa cella di prova, sullo stesso motore e di preferenza in parallelo. L'equivalenza delle medie delle coppie di campioni è determinata mediante i dati statistici dei test F e t, come descritto nell'appendice 4 del presente regolamento, ottenuti con le condizioni di laboratorio, la cella di prova e il motore specifici. I valori fuori linea devono essere determinati conformemente alla norma UNI ISO 5725 ed esclusi dalla base di dati. Ai fini dell'introduzione di un nuovo sistema nel regolamento, la determinazione dell'equivalenza deve basarsi sul calcolo relativo a ripetibilità e riproducibilità di cui alla norma UNI ISO 5725.

5.2.1. Valori limite

La massa specifica del monossido di carbonio, degli idrocarburi totali, degli ossidi di azoto e del particolato, determinata secondo la prova ESC, e l'opacità del fumo, determinata secondo la prova ELR, non devono superare i valori indicati nella tabella 1.

La massa specifica del monossido di carbonio, degli idrocarburi non metanici, degli ossidi di azoto e del particolato, determinata secondo la prova ETC, non deve superare i valori indicati nella tabella 2.

Tabella 1

Valori limite — prove ESC e ELR

Riga	Massa di monossido di carbonio (CO) g/kWh	Massa di idrocarburi (HC) g/kWh	Massa di ossidi di azoto (NO _x) g/kWh	Massa di particolato (PT) g/kWh	Fumo m ⁻¹
A (2000)	2,1	0,66	5,0	0,10//0,13 ^(a)	0,8
B1 (2005)	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
B2 (2008)	1,5	0,46	2,0	0,02	0,5
C (EEV)	1,5	0,25	2,0	0,02	0,15

^(a) Per motori aventi cilindrata inferiore a 0,75 dm³ per cilindro e regime nominale superiore a 3 000 min⁻¹.

Tabella 2

Valori limite — prove ETC

Riga	Massa di monossido di carbonio (CO) g/kWh	Massa di idrocarburi non metanici (NMHC) g/kWh	Massa di (CH ₄) ^(a) g/kWh	Massa di ossidi di azoto (NO _x) g/kWh	Massa di particolato (PT) ^(b) g/kWh
A (2000)	5,45	0,78	1,6	5,0	0,16//0,21 ^(c)
B1 (2005)	4,0	0,55	1,1	3,5	0,03
B2 (2008)	4,0	0,55	1,1	2,0	0,03
C (EEV)	3,0	0,40	0,65	2,0	0,02

^(a) Solo per i motori a GN.

^(b) Non si applica ai motori a gas nelle fasi B1 e B2.

^(c) Per motori aventi cilindrata inferiore a 0,75 dm³ per cilindro e regime nominale superiore a 3 000 min⁻¹.

5.2.2. Misura degli idrocarburi per i motori diesel e a gas

5.2.2.1. Il costruttore può scegliere di misurare la massa degli idrocarburi totali (THC) anziché la massa degli idrocarburi non metanici nella prova ETC. In tal caso, il limite relativo alla massa degli idrocarburi totali è uguale a quello indicato nella tabella 2 per la massa degli idrocarburi non metanici.

5.2.3. Prescrizioni specifiche per i motori diesel

5.2.3.1. La massa specifica degli ossidi di azoto misurata nei punti di controllo casuali all'interno dell'area di controllo della prova ESC non deve superare di oltre il 10 per cento i valori interpolati dalle modalità di prova adiacenti (v. allegato 4A, appendice 1, punti 5.6.2 e 5.6.3).

5.2.3.2. L'indice di fumo al regime di prova casuale dell'ELR non deve superare di oltre il 20 per cento il più alto degli indici di fumo dei due regimi di prova adiacenti, o di oltre il 5 per cento il valore limite; si considera il valore più elevato.

5.3. Fattori di durabilità e deterioramento

5.3.1. Il costruttore deve dimostrare che il motore ad accensione spontanea o a gas, omologato a norma dei limiti di emissione di cui alla riga B1, B2 o C delle tabelle che figurano al punto 5.2.1, è conforme ai valori limite di emissione per la vita utile seguente:

- 5.3.1.1. 100 000 km oppure cinque anni, a seconda della condizione che si verifica per prima, per i motori destinati a essere montati su veicoli della categoria N_1 , $M_1 > 3,5$ tonnellate e M_2 ;
- 5.3.1.2. 200 000 km oppure sei anni, a seconda della condizione che si verifica per prima, per i motori destinati a essere montati su veicoli delle categorie N_2 , N_3 con massa totale tecnicamente ammissibile non superiore a 16 tonnellate e M_3 classe I, classe II, classe A e classe B con massa totale tecnicamente ammissibile non superiore a 7,5 tonnellate;
- 5.3.1.3. 500 000 km oppure sei anni, a seconda della condizione che si verifica per prima, per i motori destinati a essere montati su veicoli delle categorie N_3 con massa totale tecnicamente ammissibile superiore a 16 tonnellate e M_3 , classe III e classe B con massa totale tecnicamente ammissibile superiore a 7,5 tonnellate.
- 5.3.2. Ai fini del presente regolamento il costruttore determina i fattori di deterioramento da utilizzare per dimostrare che le emissioni gassose e di particolato di una famiglia di motori o di una famiglia di sistemi di post-trattamento del gas di scarico si conformano ai limiti di emissione specificati nelle tabelle che figurano al punto 5.2.1 per il periodo di durabilità di cui al punto 5.3.1.
- 5.3.3. Le procedure di dimostrazione della conformità di un motore o di una famiglia di sistemi di post-trattamento del gas di scarico ai limiti di emissione pertinenti nel periodo di durabilità appropriato figurano nell'allegato 7 del presente regolamento.
- 5.4. **Sistema diagnostico di bordo (OBD)**
- 5.4.1. Un motore ad accensione spontanea, omologato a norma dei limiti di emissione di cui alla riga B1 o C delle tabelle che figurano al punto 5.2.1, oppure un veicolo azionato da un tale motore, deve essere dotato di un sistema diagnostico di bordo («OBD») che segnali al conducente la presenza di un guasto qualora vengano superati i valori limite per l'OBD di cui alla riga B1 o C della tabella che figura al punto 5.4.4. Il sistema OBD per il controllo delle emissioni deve essere conforme alle prescrizioni dell'allegato 9A del presente regolamento.
- 5.4.1.1. Nel caso dei sistemi di post-trattamento del gas di scarico il monitoraggio effettuato dal sistema OBD può essere finalizzato all'individuazione di difetti funzionali importanti a carico dei componenti seguenti:
- a) catalizzatore, montato come unità separata, facente parte o no di un sistema de NO_x o di un filtro antiparticolato diesel;
 - b) sistema de NO_x , se in dotazione;
 - c) filtro antiparticolato diesel, se in dotazione;
 - d) sistema combinato de NO_x -filtro antiparticolato diesel.
- 5.4.2. A decorrere dal 1° ottobre 2008 per le nuove omologazioni e dal 1° ottobre 2009 per tutte le omologazioni, un motore ad accensione spontanea o a gas, omologato a norma dei limiti di emissione di cui alla riga B2 o C delle tabelle che figurano al punto 5.2.1, oppure un veicolo azionato da un tale motore, deve essere dotato di un sistema OBD che segnali al conducente la presenza di un guasto qualora vengano superati i valori limite per l'OBD di cui alla riga B2 o C della tabella che figura al punto 5.4.4. Il sistema diagnostico di bordo (OBD) per il controllo delle emissioni deve essere conforme alle prescrizioni dell'allegato 9A del presente regolamento.
- 5.4.3. Il sistema OBD deve inoltre includere un'interfaccia tra l'unità elettronica di controllo del motore («EECU») e qualsiasi altro sistema elettrico od elettronico del motore o del veicolo che fornisce un input o riceve un output dall'EECU e che influisce sul corretto funzionamento del sistema di controllo delle emissioni (ad esempio l'interfaccia tra l'EECU e un'unità elettronica di controllo della trasmissione).

5.4.4. I valori limite per l'OBD sono i seguenti:

Riga	Motori ad accensione spontanea	
	Massa di ossidi di azoto (NO _x) g/kWh	Massa di particolato (PT) g/kWh
B1 (2005)	7,0	0,1
B2 (2008)	7,0	0,1
C (EEV)	7,0	0,1

5.4.5. Deve essere garantito un accesso illimitato e normalizzato al sistema OBD per le prove, la diagnosi, la manutenzione e la riparazione, coerentemente con le pertinenti disposizioni del regolamento ECE n. 83 e le disposizioni intese a garantire la compatibilità dei pezzi di ricambio con i sistemi OBD.

5.4.6. Produzione di motori in piccola serie

In alternativa alle prescrizioni presenti, i costruttori che producono un tipo di motore appartenente a una famiglia di motori-OBD e hanno una produzione annua a livello mondiale:

- a) inferiore a 500 unità all'anno possono ottenere l'omologazione in base alle prescrizioni del presente regolamento se il monitoraggio del motore riguarda solo la continuità dei circuiti e il monitoraggio del sistema di post-trattamento riguarda solo difetti funzionali importanti,
- b) inferiore a 50 unità all'anno possono ottenere l'omologazione in base alle prescrizioni del presente regolamento se il monitoraggio del sistema completo di controllo delle emissioni (motore e sistema di post-trattamento) riguarda solo la continuità dei circuiti.

Le autorità di omologazione notificano alle altre fonti contraenti le circostanze di ciascuna omologazione concessa in base a questa disposizione.

5.5. **Prescrizioni volte a garantire il corretto funzionamento delle misure di controllo degli NO_x**

5.5.1. Prescrizioni generali

5.5.1.1. Il presente punto si applica ai sistemi motore ad accensione spontanea indipendentemente dalla tecnologia utilizzata per conformarsi ai valori limite di emissione di cui alle tabelle del punto 5.2.1.

5.5.1.2. Date di applicazione

Le date di applicazione sono quelle indicate al punto 13 del presente regolamento.

5.5.1.3. Ogni sistema motore che rientra nel campo di applicazione del presente punto deve essere progettato, costruito e installato in modo da rispettare queste prescrizioni per tutta la vita utile del motore.

5.5.1.4. Il costruttore fornisce nell'allegato I la descrizione delle caratteristiche operative di un sistema motore che rientra nel campo di applicazione del presente punto.

5.5.1.5. Nella domanda di omologazione, se il sistema motore richiede l'uso di un reagente, il costruttore specifica le caratteristiche di tutti i reagenti consumati da ogni sistema di post-trattamento del gas di scarico, ad esempio tipo e concentrazione, temperatura di funzionamento, norme internazionali di riferimento, ecc.

- 5.5.1.6. Fatte salve le prescrizioni del punto 5.1, ogni sistema motore che rientra nel punto presente deve mantenere la funzione di controllo delle emissioni in tutte le condizioni normalmente previste nel territorio delle parti contraenti, in particolare a temperature ambiente basse.
- 5.5.1.7. Per i sistemi motore che richiedono l'utilizzo di un reagente, ai fini dell'omologazione il costruttore deve dimostrare al servizio tecnico che l'emissione di ammoniaca non supera, nel ciclo di prova applicabile alle emissioni, un valore medio di 25 ppm.
- 5.5.1.8. Per i sistemi motore che richiedono l'utilizzo di un reagente, ogni singolo serbatoio di reagente montato su un veicolo deve prevedere un sistema per il prelievo di un campione del fluido all'interno. Il punto di prelievo deve essere facilmente accessibile senza l'utilizzo di attrezzi o dispositivi speciali.
- 5.5.2. Prescrizioni relative alla manutenzione
- 5.5.2.1. Il costruttore fornisce o fa fornire a tutti i proprietari di veicoli o motori pesanti (heavy duty) istruzioni scritte in cui deve indicare che il funzionamento non corretto del sistema di controllo delle emissioni del veicolo provoca la segnalazione del problema al conducente mediante la spia di malfunzionamento (MI) e la riduzione delle prestazioni del motore.
- 5.5.2.2. Le istruzioni devono contenere le prescrizioni riguardanti l'impiego e la manutenzione appropriati dei veicoli e, se del caso, l'uso di reagenti consumabili.
- 5.5.2.3. Le istruzioni devono essere scritte in modo chiaro e con un linguaggio non tecnico, nella lingua del paese in cui è commercializzato oppure immatricolato il veicolo o motore pesante nuovo.
- 5.5.2.4. Le istruzioni devono specificare se il rifornimento dei reagenti consumabili deve essere effettuato dall'operatore del veicolo tra i normali intervalli di manutenzione e deve indicare il consumo previsto di reagente in base al tipo di veicolo pesante nuovo.
- 5.5.2.5. Le istruzioni devono specificare che, qualora sia indicato, l'utilizzo e il rifornimento di un reagente prescritto è obbligatorio affinché il veicolo sia conforme al certificato di conformità rilasciato per il tipo di veicolo o motore.
- 5.5.2.6. Le istruzioni devono specificare che l'uso di un veicolo che non consuma il reagente prescritto può costituire un reato, qualora il reagente sia necessario per la riduzione delle emissioni inquinanti, e che tale uso può far decadere qualsiasi condizione favorevole per l'acquisto o l'utilizzo del veicolo ottenuta nel paese di immatricolazione o in un altro paese in cui il veicolo è utilizzato.
- 5.5.3. Controllo degli NO_x
- 5.5.3.1. Il malfunzionamento del sistema motore per quanto riguarda il controllo delle emissioni di NO_x (ad esempio a causa della mancanza di un reagente prescritto, del malfunzionamento del flusso dell'EGR o della disattivazione dell'EGR) è determinato mediante il monitoraggio del livello di NO_x da parte di sensori posizionati nel flusso di gas di scarico.
- 5.5.3.2. Il superamento del valore limite applicabile indicato per gli NO_x nelle tabelle del punto 5.2.1 in misura superiore a 1,5 g/kWh determina la segnalazione al conducente mediante l'attivazione della spia MI di cui al punto 3.6.5 dell'allegato 9A del presente regolamento.
- 5.5.3.3. Inoltre, un codice di guasto non cancellabile che identifica il motivo del superamento dei livelli di NO_x di cui al punto 5.5.3.2 deve essere memorizzato conformemente al punto 3.9.2 dell'allegato 9A del presente regolamento per almeno 400 giorni o 9 600 ore di funzionamento del motore.

I motivi del superamento dei livelli di NO_x devono essere identificati almeno nei seguenti casi: serbatoio del reagente vuoto, interruzione dell'attività di dosaggio del reagente, qualità del reagente insufficiente, consumo di reagente troppo basso, malfunzionamento del flusso dell'EGR o disattivazione dell'EGR. In tutti gli altri casi il costruttore può fare riferimento a un codice di guasto non cancellabile «NO_x elevati — causa sconosciuta».

5.5.3.4. Se il livello di NO_x supera i valori limite per l'OBD indicati nella tabella del punto 5.4.4, un limitatore di coppia riduce le prestazioni del motore conformemente alle prescrizioni del punto 5.5.5 in modo chiaramente percepibile dal conducente del veicolo. Quando il limitatore di coppia è attivato, il conducente continua ad essere avvisato conformemente alle prescrizioni indicate nel punto 5.5.3.2 e un codice di guasto non cancellabile viene memorizzato conformemente al punto 5.5.3.3.

5.5.3.5 Nel caso dei sistemi motore che non utilizzano nessun sistema di post-trattamento al di fuori dell'EGR per il controllo delle emissioni di NO_x, il costruttore può utilizzare un metodo alternativo per rispettare le prescrizioni indicate nel punto 5.5.3.1 per la determinazione del livello di NO_x. Al momento dell'omologazione il costruttore deve dimostrare che il metodo alternativo è altrettanto rapido e preciso nella determinazione del livello NO_x quanto prescritto al punto 5.5.3.1 e che comporta conseguenze uguali a quelle indicate nei punti 5.5.3.2, 5.5.3.3 e 5.5.3.4.

5.5.4. Controllo del reagente

5.5.4.1. Nei veicoli per i quali occorre utilizzare un reagente per rispettare le prescrizioni del presente punto, il conducente deve essere informato del livello di reagente nel serbatoio del veicolo mediante uno specifico indicatore meccanico o elettronico posto sul cruscotto del veicolo. L'indicatore deve segnalare se il livello di reagente è inferiore:

- a) al 10 % del serbatoio o a una percentuale più elevata a scelta del costruttore, oppure
- b) al livello corrispondente alla distanza percorribile con il livello di riserva di carburante specificato dal costruttore.

L'indicatore del reagente deve essere situato vicino all'indicatore del livello del carburante.

5.5.4.2. Conformemente alle prescrizioni del punto 3.6.5 dell'allegato 9A del presente regolamento, l'esaurimento del reagente contenuto nel serbatoio deve essere segnalato al conducente.

5.5.4.3. Non appena il reagente contenuto nel serbatoio si esaurisce, oltre alle prescrizioni del punto 5.5.5 si applicano anche le prescrizioni del punto 5.5.4.2.

5.5.4.4. Il costruttore può scegliere di applicare i punti da 5.5.4.5 a 5.5.4.12 in alternativa al punto 5.5.3.

5.5.4.5. I sistemi motore devono essere dotati di un sistema per verificare se il fluido presente sul veicolo corrisponde alle caratteristiche del reagente dichiarate dal costruttore e registrate nell'allegato 1 del presente regolamento.

5.5.4.6. Se il fluido nel serbatoio del reagente non corrisponde alle caratteristiche minime dichiarate dal costruttore e registrate nell'allegato 1 del presente regolamento, si applicano le prescrizioni del punto 5.5.4.12.

5.5.4.7. I sistemi motore devono essere dotati di un sistema che permetta di determinare il consumo di reagente e di accedere dall'esterno alle informazioni sul consumo.

- 5.5.4.8. Il consumo medio di reagente e il consumo medio di reagente richiesto per il periodo completo precedente di 48 ore di funzionamento oppure per il periodo necessario per raggiungere un consumo di reagente di almeno 15 litri, se questo è più lungo, devono essere disponibili tramite la porta seriale del connettore diagnostico standard di cui al punto 6.8.3 dell'allegato 9A del presente regolamento.
- 5.5.4.9. Per monitorare il consumo di reagente devono essere controllati almeno i seguenti parametri del motore:
- livello del reagente nel serbatoio del veicolo,
 - flusso di reagente o iniezione di reagente il più vicino possibile, dal punto di vista tecnico, al punto di iniezione in un sistema di post-trattamento del gas di scarico.
- 5.5.4.10. Ogni deviazione superiore al 50 per cento del consumo medio di reagente e del consumo medio di reagente richiesto nel periodo di cui al punto 5.5.4.8 comporta l'applicazione delle misure indicate nel punto 5.5.4.12.
- 5.5.4.11. Se il dosaggio del reagente si interrompe devono essere applicate le misure indicate nel punto 5.5.4.12. Tali misure non sono necessarie qualora l'interruzione sia richiesta dall'ECU del motore perché le condizioni operative del motore sono tali per cui le prestazioni del motore in termini di emissioni non richiedono il dosaggio del reagente, a condizione che il costruttore abbia segnalato chiaramente all'autorità di omologazione quando si applicano tali condizioni operative.
- 5.5.4.12. Ogni scostamento riscontrato rispetto ai punti 5.5.4.6, 5.5.4.10 o 5.5.4.11 comporta le stesse conseguenze di cui ai punti 5.5.3.2, 5.5.3.3 o 5.5.3.4, nello stesso ordine.
- 5.5.5. Misure per contrastare la manomissione dei sistemi di post-trattamento del gas di scarico
- 5.5.5.1. Ogni sistema motore che rientra nel campo di applicazione del presente punto deve essere dotato di un limitatore di coppia la cui entrata in funzione segnala al conducente il funzionamento non corretto del sistema motore oppure l'utilizzo non corretto del veicolo e che incoraggia quindi la riparazione immediata di eventuali guasti.
- 5.5.5.2. Il limitatore di coppia deve attivarsi la prima volta che il veicolo si ferma dopo che si sono verificate le condizioni di cui ai punti 5.5.3.4, 5.5.4.3, 5.5.4.6, 5.5.4.10 o 5.5.4.11.
- 5.5.5.3. Se si attiva il limitatore di coppia, la coppia del motore non deve in nessun caso superare un valore costante pari al:
- 60 per cento della coppia massima del motore per i veicoli di categoria $N_3 > 16$ tonnellate, $M_1 > 7,5$ tonnellate, M_3/III e $M_3/B > 7,5$ tonnellate ⁽¹⁾;
 - 75 per cento della coppia massima del motore per i veicoli di categoria N_1 , N_2 , $N_3 \leq 16$ tonnellate, $3,5 < M_1 \leq 7,5$ tonnellate, M_2 , M_3/I , M_3/II , M_3/A e $M_3/B \leq 7,5$ tonnellate.
- 5.5.5.4. Le prescrizioni relative alla documentazione e al limitatore di coppia figurano ai punti da 5.5.5.5 a 5.5.5.8.
- 5.5.5.5. Una descrizione dettagliata scritta delle caratteristiche operative del sistema di monitoraggio del controllo delle emissioni e del limitatore di coppia deve essere acclusa conformemente alle prescrizioni relative alla documentazione di cui al punto 5.1.7.1, lettera b). In particolare il produttore deve fornire informazioni sugli algoritmi utilizzati dall'unità elettronica di controllo (ECU) per correlare la concentrazione di NO_x all'emissione specifica di NO_x (in g/kWh) nell'ETC, in conformità con il punto 5.5.6.5.

⁽¹⁾ Categorie definite nella risoluzione consolidata sulla costruzione dei veicoli (R.E.3).

- 5.5.5.6. Se le condizioni per l'attivazione vengono a mancare, il limitatore di coppia deve essere disattivato quando il motore è al minimo. Il limitatore di coppia non deve essere disattivato automaticamente se non è stato risolto il problema all'origine dell'attivazione.
- 5.5.5.7. Il limitatore di coppia non deve poter essere disattivato per mezzo di un commutatore o di un utensile usato per la manutenzione.
- 5.5.5.8. Il limitatore di coppia non si applica ai motori e ai veicoli utilizzati dalle forze armate, dai servizi di soccorso, dai pompieri e dalle ambulanze. La disattivazione permanente può essere effettuata unicamente dal produttore del motore o del veicolo; per consentire una corretta identificazione, all'interno della famiglia di motori deve essere designato un tipo speciale di motore.
- 5.5.6. Condizioni operative del sistema di monitoraggio del controllo delle emissioni
- 5.5.6.1. Il sistema di monitoraggio del controllo delle emissioni deve essere operativo:
- a) a tutte le temperature ambiente comprese tra 266 K e 308 K (-7 °C e 35 °C);
 - b) a un'altitudine inferiore a 1 600 m;
 - c) a una temperatura del liquido di raffreddamento del motore superiore a 343 K (70 °C).

Questo punto non si applica al monitoraggio del livello del reagente nel serbatoio, controllato in tutte le condizioni di utilizzo.

- 5.5.6.2. Il sistema di monitoraggio del controllo delle emissioni può essere disattivato quando è attiva una strategia di efficienza ridotta che determina una riduzione della coppia superiore al livello indicato al punto 5.5.5.3 per la categoria di veicoli specifica.
- 5.5.6.3. Se è attiva una modalità in difetto di segnale, il sistema di monitoraggio del controllo delle emissioni rimane operativo e conforme a quanto previsto al punto 5.5.
- 5.5.6.4. Il malfunzionamento delle misure di controllo degli NO_x deve essere individuato entro un massimo di quattro cicli di prova dell'OBD, definiti nell'allegato 9A, appendice 1, punto 6.1.
- 5.5.6.5. Gli algoritmi utilizzati dall'ECU per correlare l'effettiva concentrazione di NO_x alla specifica emissione di NO_x (in g/kWh) nell'ETC non sono considerati una strategia di manomissione.
- 5.5.6.6. Se un'AECS omologata dall'autorità competente conformemente al punto 5.1.5 diviene operativa, l'eventuale aumento del livello di NO_x provocato dal funzionamento dell'AECS può essere applicato al livello di NO_x indicato al punto 5.5.3.2. In tutti questi casi, l'influsso dell'AECS sul valore limite di NO_x deve essere descritto conformemente al punto 6.5.5.5.
- 5.5.7. Guasto del sistema di monitoraggio del controllo delle emissioni
- 5.5.7.1. Il sistema di monitoraggio del controllo delle emissioni deve essere sottoposto a monitoraggio per individuare eventuali guasti elettrici o la rimozione/disattivazione di sensori che potrebbero impedire l'individuazione di un aumento delle emissioni conformemente ai punti 5.5.3.2 e 5.5.3.4.

I sensori che influenzano la capacità diagnostica sono ad esempio quelli che misurano direttamente la concentrazione di NO_x o la qualità dell'urea e quelli usati per misurare il dosaggio dei reagenti, il livello e il consumo dei reagenti e il tasso di EGR.

5.5.7.2. Se viene confermato un guasto del sistema di monitoraggio del controllo delle emissioni, il conducente deve esserne immediatamente informato mediante l'attivazione del segnale di avvertimento di cui al punto 3.6.5 dell'allegato 9A del presente regolamento.

5.5.7.3. Se il guasto non è riparato entro 50 ore di funzionamento del motore, deve attivarsi il limitatore di coppia come previsto al punto 5.5.5.

A decorrere dalle date indicate ai punti 13.2.3 e 13.3.3, il periodo indicato al primo comma è ridotto a 36 ore.

5.5.7.4. Una volta che il sistema di monitoraggio del controllo delle emissioni ha stabilito che il guasto non è più presente, il codice o i codici di guasto possono essere eliminati dalla memoria del sistema, tranne nei casi elencati al punto 5.5.7.5, e il limitatore di coppia, se del caso, deve essere disattivato secondo quanto indicato al punto 5.5.5.6.

I codici di guasto relativi ad avarie del sistema di monitoraggio del controllo delle emissioni non devono poter essere eliminati dalla memoria del sistema con uno scanner generico.

5.5.7.5. In caso di rimozione o disattivazione di elementi del sistema di monitoraggio del controllo delle emissioni conformemente a quanto indicato al punto 5.5.7.1, un codice di guasto non cancellabile deve essere memorizzato conformemente al punto 3.9.2 dell'allegato 9A del presente regolamento per almeno 400 giorni o 9 600 ore di funzionamento del motore.

5.5.8. Dimostrazione del sistema di monitoraggio del controllo delle emissioni

5.5.8.1. Nella domanda di omologazione di cui al punto 3, il produttore deve dimostrare la conformità a quanto previsto in questo punto mediante l'effettuazione di prove al banco dinamometrico per motori conformemente ai punti da 5.5.8.2 a 5.5.8.7.

5.5.8.2. La conformità di una famiglia di motori o di una famiglia di motori-OBD alle prescrizioni del presente punto può essere dimostrata mediante l'effettuazione di prove sul sistema di monitoraggio del controllo delle emissioni di un componente della famiglia (motore capostipite), sempreché il costruttore dimostri all'autorità di omologazione che i sistemi di monitoraggio del controllo delle emissioni utilizzati all'interno della famiglia sono simili.

Questa dimostrazione può essere effettuata presentando alle autorità di omologazione elementi come algoritmi, analisi funzionali, ecc.

Il motore capostipite è scelto dal costruttore in accordo con l'autorità di omologazione.

5.5.8.3. Le prove sul sistema di monitoraggio del controllo delle emissioni prevedono le tre fasi seguenti.

a) Selezione

L'autorità sceglie un malfunzionamento delle misure di controllo degli NO_x o un guasto del sistema di monitoraggio del controllo delle emissioni in un elenco di malfunzionamenti fornito dal produttore.

b) Validazione

L'effetto del malfunzionamento viene validato misurando il livello di NO_x nell'arco dell'ETC al banco di prova per motori.

c) Dimostrazione

La reazione del sistema (riduzione della coppia, segnale di avvertimento, ecc.) viene dimostrata facendo funzionare il motore per quattro cicli di prova dell'OBD.

- 5.5.8.3.1. Per la fase di selezione, il costruttore fornisce all'autorità di omologazione una descrizione delle strategie di monitoraggio utilizzate per determinare il potenziale malfunzionamento delle misure di controllo degli NO_x e indica i guasti potenziali del sistema di monitoraggio del controllo delle emissioni che provocherebbero l'attivazione del limitatore di coppia o del solo segnale di avvertimento.

Esempi tipici di malfunzionamento ai fini di questo elenco sono: serbatoio del reagente vuoto, malfunzionamento che provoca l'interruzione del dosaggio del reagente, qualità insufficiente del reagente, malfunzionamento che provoca un basso consumo di reagente, flusso EGR non corretto o disattivazione dell'EGR.

L'autorità di omologazione seleziona in questo elenco un minimo di due e un massimo di tre malfunzionamenti del sistema di monitoraggio del controllo degli NO_x o guasti del sistema di monitoraggio del controllo delle emissioni.

- 5.5.8.3.2. Per la fase di validazione, si misurano le emissioni di NO_x in tutto il ciclo di prova ETC, secondo quanto previsto all'appendice 2 dell'allegato 4A. I risultati della prova ETC sono utilizzati per stabilire la reazione attesa del sistema di monitoraggio del controllo degli NO_x durante il processo di dimostrazione (riduzione della coppia e/o segnale di avvertimento). Il guasto viene simulato in modo che il livello di NO_x non superi di oltre 1 g/kWh uno qualsiasi dei valori indicati ai punti 5.5.3.2 o 5.5.3.4.

La validazione non è richiesta in caso di serbatoio del reagente vuoto o per dimostrare un guasto del sistema di monitoraggio del controllo delle emissioni.

Il limitatore di coppia deve essere disattivato durante il processo di validazione.

- 5.5.8.3.3. Per la fase di dimostrazione, il motore deve funzionare per un massimo di quattro cicli di prova dell'OBD.

Non deve essere presente nessun altro guasto oltre a quello preso in considerazione per la dimostrazione.

- 5.5.8.3.4. Prima dell'inizio della sequenza di prova di cui al punto 5.5.8.3.3, il sistema di monitoraggio di controllo delle emissioni deve essere impostato su «nessun guasto».

- 5.5.8.3.5. A seconda del livello di NO_x selezionato, il sistema deve attivare un segnale di avvertimento e, se del caso, il limitatore di coppia in qualsiasi momento prima della fine della sequenza di individuazione. La sequenza di individuazione può essere arrestata non appena il sistema di monitoraggio del controllo degli NO_x reagisce nel modo previsto.

- 5.5.8.4. Nel caso di un sistema di monitoraggio del controllo delle emissioni basato principalmente sul monitoraggio del livello di NO_x con i sensori posizionati nel flusso di gas di scarico, il costruttore può scegliere di monitorare direttamente talune funzionalità del sistema (ad esempio interruzione del dosaggio, valvola EGR chiusa) per determinare la conformità. In tal caso la dimostrazione deve essere effettuata sulla funzionalità prescelta.

- 5.5.8.5. Il livello di riduzione della coppia prescritto al punto 5.5.5.3 viene omologato con l'omologazione generale delle prestazioni del motore in applicazione del regolamento n. 85. Per il processo di dimostrazione, il produttore deve dimostrare all'autorità di omologazione l'inclusione del limitatore di coppia corretto nell'ECU del motore. Non sono necessarie misurazioni separate della coppia durante la dimostrazione.

- 5.5.8.6. In alternativa a quanto previsto ai punti 5.5.8.3.3 e 5.5.8.3.5, la dimostrazione dei sistemi di monitoraggio del controllo delle emissioni e del limitatore di coppia può essere effettuata eseguendo la prova sul veicolo. Il veicolo deve essere guidato su strada o su pista con i malfunzionamenti o guasti del sistema di monitoraggio del controllo delle emissioni prescelti per dimostrare che il segnale di avvertimento e il limitatore di coppia si attivano conformemente a quanto prescritto al punto 5.5 e in particolare ai punti 5.5.5.2 e 5.5.5.3.

- 5.5.8.7. Nel caso in cui per assicurare la conformità al punto 5.5 sia necessaria la memorizzazione di un codice di guasto non cancellabile, alla fine della sequenza di dimostrazione devono essere rispettate le seguenti tre condizioni:
- a) deve essere possibile confermare con lo scanner dell'OBD la presenza, nella memoria del computer dell'OBD, del corrispondente codice di guasto non cancellabile descritto al punto 5.5.3.3 e deve essere possibile provare all'autorità di omologazione che lo scanner non può cancellare tale codice;
 - b) deve essere possibile confermare il tempo trascorso durante la sequenza di individuazione con il segnale di avvertimento attivato leggendo il contatore non cancellabile di cui al punto 3.9.2 dell'allegato 9A del presente regolamento e deve essere possibile provare all'autorità di omologazione che lo scanner non può cancellare tale dato;
 - c) l'autorità di omologazione deve aver approvato gli elementi progettuali che dimostrano che questi dati non cancellabili rimangono memorizzati conformemente al punto 3.9.2 dell'allegato 9A del presente regolamento per almeno 400 giorni o 9 600 ore di funzionamento del motore.

6. INSTALLAZIONE SUL VEICOLO

- 6.1. Il motore deve essere installato sul veicolo in modo da rispettare le seguenti caratteristiche in relazione all'omologazione del motore:
- 6.1.1. la depressione all'aspirazione non deve superare quella specificata nell'allegato 2A per il motore omologato;
 - 6.1.2. la contropressione allo scarico non deve superare quella specificata nell'allegato 2A per il motore omologato;
 - 6.1.3. la potenza assorbita dai dispositivi azionati dal motore non deve superare quella specificata nell'allegato 2A per il motore omologato;
 - 6.1.4. il volume del sistema di scarico non deve differire di oltre il 40 per cento da quello specificato nell'allegato 2A per il motore omologato.

7. FAMIGLIA DI MOTORI

7.1. Parametri che definiscono la famiglia di motori

La famiglia di motori determinata dal costruttore del motore deve essere conforme alle disposizioni della norma ISO 16185.

7.2. Scelta del motore capostipite

7.2.1. Motori diesel

Il motore capostipite della famiglia deve essere selezionato in base al criterio principale della quantità più elevata di carburante erogata per ogni corsa al regime dichiarato di coppia massima. Nel caso in cui due o più motori condividano questo criterio principale, il motore capostipite è scelto in base al criterio secondario della quantità massima di carburante erogata per ogni corsa al regime nominale. In certi casi, l'autorità di omologazione può ritenere che il caso peggiore per quanto riguarda il livello delle emissioni di una famiglia possa essere caratterizzato meglio provando un secondo motore. Pertanto l'autorità di omologazione può selezionare un secondo motore da sottoporre a prova, sulla base di caratteristiche che indicano che esso può presentare i livelli massimi di emissioni all'interno della famiglia di motori.

Se la famiglia comprende motori che presentano altre caratteristiche variabili che probabilmente incidono sulle emissioni allo scarico, anche queste caratteristiche devono essere identificate e considerate nella scelta del motore capostipite.

7.2.2. Motori a gas

Il motore capostipite della famiglia deve essere scelto in base al criterio principale della massima cilindrata. Nel caso in cui due o più motori condividano questo criterio principale, il motore capostipite viene scelto utilizzando i criteri secondari nel seguente ordine:

- a) quantità più elevata di carburante erogata per ogni corsa al regime di potenza nominale dichiarato;
- b) fasatura di accensione più avanzata;
- c) tasso più basso di EGR;
- d) pompa dell'aria assente o con il più basso flusso effettivo d'aria.

In certi casi, l'autorità di omologazione può ritenere che il caso peggiore per quanto riguarda il livello delle emissioni di una famiglia possa essere caratterizzato meglio provando un secondo motore. Pertanto l'autorità di omologazione può selezionare un secondo motore da sottoporre a prova, sulla base di caratteristiche che indicano che esso può presentare i livelli massimi di emissioni all'interno della famiglia di motori.

7.3. Parametri che definiscono la famiglia di motori-OBD

La famiglia di motori-OBD può essere definita in base a parametri progettuali fondamentali comuni a tutti i sistemi motore della famiglia.

Si considerano appartenenti alla stessa famiglia di motori-OBD sistemi motore che hanno in comune i seguenti parametri fondamentali:

- a) metodi di monitoraggio OBD
- b) metodi di individuazione dei malfunzionamenti

a meno che il costruttore abbia dimostrato l'equivalenza di tali metodi mediante una dimostrazione tecnica o altre procedure appropriate.

Nota: motori che non appartengono alla stessa famiglia di motori possono tuttavia appartenere alla stessa famiglia di motori-OBD qualora siano soddisfatti i criteri sopra indicati.

8. CONFORMITÀ DELLA PRODUZIONE

Le procedure intese a garantire la conformità della produzione devono rispettare le disposizioni dell'appendice 2 dell'accordo (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev.2), nonché le disposizioni seguenti.

8.1. Ogni motore o veicolo recante il marchio di omologazione prescritto ai sensi del presente regolamento deve essere costruito in modo da risultare conforme, con riferimento alla descrizione riportata nella scheda di omologazione e nei relativi allegati, al tipo omologato.

8.2. In linea di principio, la conformità della produzione relativamente all'abbattimento delle emissioni viene controllata sulla base della descrizione riportata nella scheda di omologazione e nei relativi allegati.

8.3. Se si deve eseguire la misura delle emissioni inquinanti e se l'omologazione di un motore ha avuto una o più estensioni, le prove sono eseguite sul motore o sui motori descritti nel fascicolo informativo riguardante l'estensione in esame.

8.3.1. Conformità del motore per la prova delle emissioni inquinanti

Dopo la presentazione all'autorità, il costruttore non può eseguire alcuna regolazione sui motori selezionati.

8.3.1.1. Si scelgono a caso tre motori della serie. I motori sottoposti soltanto alle prove ESC ed ELR o soltanto alla prova ETC per l'omologazione in base alla riga A delle tabelle del punto 5.2.1 devono essere sottoposti alle prove previste in modo specifico per il controllo della conformità della produzione. Con l'assenso dell'autorità competente tutti gli altri motori omologati in base alle righe A, B1 o B2, o C delle tabelle del punto 5.2.1 sono sottoposti ai cicli di prova ESC ed ELR o al ciclo ETC per il controllo della conformità della produzione. I valori limite sono indicati al punto 5.2.1 del presente regolamento.

8.3.1.2. Se l'autorità competente è soddisfatta della deviazione standard della produzione indicata dal costruttore, le prove sono eseguite secondo l'appendice 1 del presente regolamento.

Se l'autorità competente non è soddisfatta della deviazione standard della produzione indicata dal costruttore, le prove sono eseguite secondo l'appendice 2 del presente regolamento.

Su richiesta del costruttore, le prove possono essere effettuate secondo l'appendice 3 del presente regolamento.

8.3.1.3. La produzione di una serie è considerata conforme o non conforme sulla base di una prova del motore mediante campionamento quando sia stata decisa l'accettazione per tutti gli inquinanti o il rigetto per un inquinante, conformemente ai criteri di prova applicati nella rispettiva appendice.

Quando sia stata decisa l'accettazione per un inquinante, questa non viene modificata da eventuali altre prove eseguite per giungere a una decisione in merito agli altri inquinanti.

Quando non sia stata decisa l'accettazione per tutti gli inquinanti né il rigetto per un inquinante, la prova viene ripetuta su un altro veicolo (v. figura 2).

Il costruttore può decidere in qualunque momento di interrompere le prove se non viene raggiunta una decisione, nel qual caso viene registrato un rigetto.

8.3.2. Le prove sono eseguite su motori nuovi. I motori alimentati a gas devono essere rodati utilizzando la procedura definita nel punto 3 dell'appendice 2 dell'allegato 4A.

8.3.2.1. Tuttavia, a richiesta del costruttore, le prove possono essere eseguite su motori diesel o a gas rodati per un periodo di tempo superiore a quello indicato al punto 8.3.2, fino ad un massimo di 100 ore di rodaggio. In questo caso il rodaggio è effettuato dal costruttore che deve impegnarsi a non eseguire alcuna regolazione su detti motori.

8.3.2.2. Se il costruttore chiede di eseguire un rodaggio in conformità del punto 8.3.2.1, questo può essere effettuato:

a) su tutti i motori sottoposti a prova, oppure

- b) sul primo motore sottoposto a prova, determinando un coefficiente di evoluzione calcolato come segue:
- i) si misurano le emissioni di inquinanti a zero e a «x» ore sul primo motore sottoposto a prova,
 - ii) si calcola per ciascun inquinante il coefficiente di evoluzione delle emissioni tra zero e «x» ore :
 - a. emissioni a «x» ore/emissioni a zero ore
 - b. il coefficiente può essere inferiore a 1.

Gli altri motori non sono sottoposti al rodaggio, ma alle loro emissioni a zero ore è applicato il coefficiente di evoluzione.

In questo caso, i valori da considerare sono:

- a) i valori a «x» ore per il primo motore,
- b) i valori a zero ore moltiplicati per il coefficiente di evoluzione per i motori successivi.

8.3.2.3. Per i motori diesel e a GPL, tutte queste prove possono essere eseguite con carburante normalmente in commercio. Tuttavia, a richiesta del costruttore, possono essere utilizzati i carburanti di riferimento descritti nell'allegato 5. Come descritto al punto 4 del presente regolamento, questo comporta l'effettuazione di prove con almeno due carburanti di riferimento per ogni motore a gas.

8.3.2.4. Per i motori a GN, tutte queste prove possono essere eseguite con carburante normalmente in commercio nel modo seguente:

- a) per motori marcati H, con un carburante normalmente in commercio del gruppo H ($0,89 \leq S_\lambda \leq 1,00$),
- b) per motori marcati L, con un carburante normalmente in commercio del gruppo L ($1,00 \leq S_\lambda \leq 1,19$),
- c) per i motori marcati HL, con un carburante normalmente in commercio del gruppo estremo del fattore di spostamento λ ($0,89 \leq S_\lambda \leq 1,19$).

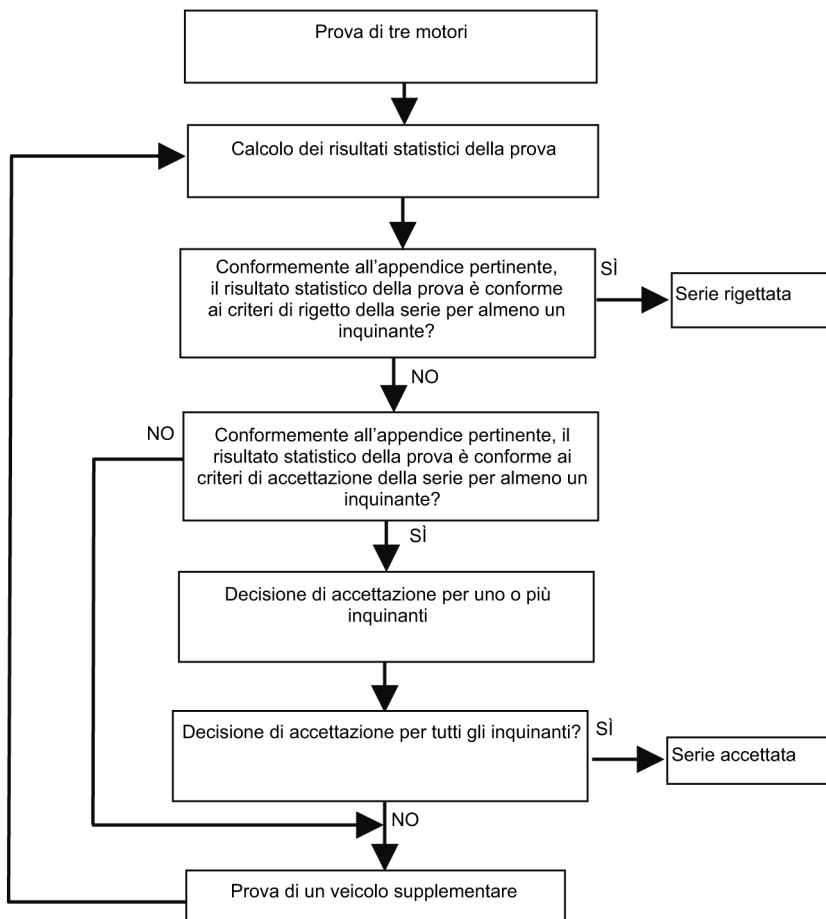
Tuttavia, a richiesta del costruttore, possono essere utilizzati i carburanti di riferimento descritti nell'allegato 5. Questo comporta l'effettuazione delle prove descritte nel punto 4 del presente regolamento.

8.3.2.5. In caso di controversia allorché utilizzando un carburante normalmente in commercio venga rilevata la non conformità di un motore a gas, le prove devono essere eseguite con il carburante di riferimento con il quale è stato provato il motore capostipite, o con l'eventuale carburante aggiuntivo 3 di cui ai punti 4.1.3.1 e 4.2.1.1 con il quale può essere stato provato il motore capostipite. I risultati devono poi essere convertiti mediante un calcolo che applica gli appropriati fattori «r», «r_a» o «r_b» come descritto nei punti 4.1.4, 4.1.5.1 e 4.2.1.2. Se «r», «r_a» o «r_b» sono inferiori a 1, non si effettua alcuna correzione. I risultati misurati e i risultati calcolati devono dimostrare che il motore rispetta i valori limite con tutti i carburanti pertinenti (carburanti 1, 2 e, se applicabile, carburante 3 nel caso dei motori a gas naturale e carburanti A e B nel caso dei motori a GPL).

- 8.3.2.6. Le prove di conformità della produzione di un motore a gas stabilite per il funzionamento con una composizione specifica del carburante devono essere eseguite sul carburante per il quale il motore è stato tarato.

Figura 2

Schema della prova di conformità della produzione



8.4. Diagnostica di bordo (OBD)

- 8.4.1. Se deve essere controllata la conformità della produzione del sistema OBD, il controllo deve essere eseguito conformemente alle prescrizioni seguenti.
- 8.4.2. Se l'autorità di omologazione stabilisce che la qualità della produzione sembra insufficiente, si preleva a caso un motore dalla serie e lo si sottopone alle prove di cui all'allegato 9A, appendice 1, del presente regolamento. Le prove possono essere eseguite su un motore che è stato sottoposto ad un rodaggio massimo di 100 ore.
- 8.4.3. La produzione è ritenuta conforme se il motore soddisfa le prescrizioni delle prove di cui all'allegato 9A, appendice 1, del presente regolamento.
- 8.4.4. Se il motore prelevato dalla serie non soddisfa le prescrizioni di cui al punto 8.4.2, dalla serie viene prelevato a caso un altro campione di quattro motori che vengono sottoposti alle prove di cui all'allegato 9A, appendice 1, del presente regolamento. Le prove possono essere eseguite su motori che sono stati sottoposti ad un rodaggio massimo di 100 ore.
- 8.4.5. La produzione è ritenuta conforme se almeno tre motori dal campione casuale di quattro motori soddisfano le prescrizioni delle prove di cui all'allegato 9A, appendice 1, del presente regolamento.

9. CONFORMITÀ DEI VEICOLI/MOTORI IN CIRCOLAZIONE
- 9.1. Ai fini del presente regolamento la conformità dei veicoli/motori in circolazione deve essere controllata periodicamente nell'arco della vita utile del motore montato su un veicolo.
- 9.2. Per quanto riguarda le omologazioni concesse per le emissioni, sono opportune misure supplementari per confermare la funzionalità dei dispositivi per il controllo delle emissioni durante la normale vita utile del motore montato su un veicolo e in condizioni normali di utilizzo.
- 9.3. Le procedure per confermare la conformità dei veicoli/motori in circolazione figurano nell'allegato 8 del presente regolamento.
10. SANZIONI IN CASO DI NON CONFORMITÀ DELLA PRODUZIONE
- 10.1. L'omologazione di un tipo di motore o di veicolo rilasciata in applicazione del presente regolamento può essere revocata se non sono soddisfatte le prescrizioni indicate al punto 8.1 o se i motori o i veicoli in questione non superano le prove di cui al punto 8.3.
- 10.2. Se una delle parti contraenti dell'accordo che applica il presente regolamento revoca un'omologazione precedentemente concessa, deve informarne immediatamente le altre parti contraenti che applicano il presente regolamento per mezzo di una scheda di comunicazione conforme al modello che figura negli allegati 2A o 2B del presente regolamento.
11. MODIFICA ED ESTENSIONE DELL'OMOLOGAZIONE DEL TIPO OMOLOGATO
- 11.1. Qualsiasi modifica del tipo omologato deve essere comunicata al servizio amministrativo che ha rilasciato l'omologazione. Detto servizio può:
- 11.1.1. ritenere che le modifiche effettuate non avranno verosimilmente ripercussioni negative di rilievo e che in ogni caso il tipo modificato sia ancora conforme alle prescrizioni; oppure
- 11.1.2. richiedere un'ulteriore relazione di prova al servizio tecnico incaricato delle prove.
- 11.2. La conferma o il rifiuto dell'omologazione, con l'indicazione delle modifiche apportate, devono essere comunicati alle parti contraenti dell'accordo che applicano il presente regolamento per mezzo della procedura indicata nel punto 4.5 precedente.
- 11.3. L'autorità competente che rilascia un'estensione di omologazione assegna un numero di serie all'estensione e ne informa le altre parti dell'accordo del 1958 che applicano il presente regolamento per mezzo di una scheda di comunicazione conforme al modello che figura negli allegati 2A o 2B del presente regolamento.
12. CESSAZIONE DEFINITIVA DELLA PRODUZIONE
- Se il titolare di un'omologazione cessa completamente la produzione del tipo omologato ai sensi del presente regolamento, ne informa l'autorità che ha rilasciato l'omologazione. A seguito di tale comunicazione, l'autorità informa le altre parti contraenti dell'accordo del 1958 che applicano il presente regolamento per mezzo di una scheda di comunicazione conforme al modello che figura negli allegati 2A o 2B del presente regolamento.
13. DISPOSIZIONI TRANSITORIE
- 13.1. **Disposizioni generali**
- 13.1.1. Dalla data ufficiale di entrata in vigore della serie 05 di emendamenti nessuna delle parti contraenti che applicano il presente regolamento può rifiutare di rilasciare un'omologazione ECE a norma del presente regolamento modificato dalla serie 05 di emendamenti.

- 13.1.2. Dalla data di entrata in vigore della serie 05 di emendamenti, le parti contraenti che applicano il presente regolamento rilasciano le omologazioni ECE unicamente se il motore è conforme alle prescrizioni del presente regolamento modificato dalla serie 05 di emendamenti.

Il motore deve essere sottoposto alle prove pertinenti indicate al punto 5 ed essere conforme ai punti 13.2.1, 13.2.2 e 13.2.3.

13.2. Nuove omologazioni

- 13.2.1. Fatte salve le disposizioni dei punti 13.4 e 13.5, dalla data di entrata in vigore della serie 05 di emendamenti del presente regolamento, le parti contraenti che applicano il presente regolamento concedono l'omologazione ECE per un motore solo se tale motore soddisfa:

- i limiti di emissione pertinenti indicati nelle righe B1, B2 o C delle tabelle di cui al punto 5.2.1 del presente regolamento;
- le prescrizioni sulla durabilità indicate nel punto 5.3;
- le prescrizioni sull'OBD indicate nel punto 5.4;
- le prescrizioni aggiuntive indicate nel punto 5.5.

Lettera	Data Nuovi tipi — tutti i tipi	Riga ^(a)	Fase OBD I ^(b)	Fase OBD II	Durabilità e conformità in circolazione	Controllo NO _x ^(c)
B	01/10/05 01/10/06	B1(2005)	SÌ	—	SÌ	—
C	09/11/06 01/10/07	B1(2005)	SÌ	—	SÌ	SÌ
D		B2(2008)	SÌ	—	SÌ	—
E		B2(2008)	SÌ	—	SÌ	SÌ
F		B2(2008)	—	SÌ	SÌ	—
G		B2(2008)	—	SÌ	SÌ	SÌ
H		C	SÌ	—	SÌ	—
I		C	SÌ	—	SÌ	SÌ
J		C	—	SÌ	SÌ	—
K		C	—	SÌ	SÌ	SÌ

^(a) Conformemente alle tabelle del punto 5.2.1 del presente regolamento.

^(b) Conformemente al punto 5.4 del presente regolamento, i motori a gas sono esclusi dalla fase OBD I.

^(c) Conformemente al punto 5.5 del presente regolamento.

- 13.2.2. Fatte salve le disposizioni dei punti 13.4 e 13.5, dal 9 novembre 2006 le parti contraenti che applicano il presente regolamento concedono l'omologazione ECE per un motore unicamente se il motore è conforme a tutte le condizioni indicate nel punto 13.2.1 e alle prescrizioni aggiuntive indicate nel punto 5.5 del presente regolamento.

- 13.2.3. Fatte salve le disposizioni dei punti 13.4.1 e 13.5, dal 1° ottobre 2008 le parti contraenti che applicano il presente regolamento concedono l'omologazione ECE per un motore solo se il motore soddisfa:
- i limiti di emissione pertinenti indicati nelle righe B2 o C delle tabelle di cui al punto 5.2.1;
 - le prescrizioni sulla durabilità indicate nel punto 5.3;
 - le prescrizioni sull'OBD indicate nel punto 5.4 (fase OB2 2);
 - le prescrizioni aggiuntive indicate nel punto 5.5.
- 13.3. **Limite di validità delle vecchie omologazioni**
- 13.3.1. Dalla data ufficiale di entrata in vigore della serie 05 di emendamenti, le omologazioni rilasciate in applicazione del presente regolamento modificato dalla serie 04 di emendamenti cessano di essere valide.
- 13.3.2. Dal 1° ottobre 2007, le omologazioni rilasciate in applicazione del presente regolamento modificato dalla serie 05 di emendamenti che non sono conformi alle prescrizioni di cui al punto 13.2.2 cessano di essere valide.
- 13.3.3. Dal 1° ottobre 2009, le omologazioni rilasciate in applicazione del presente regolamento modificato dalla serie 05 di emendamenti che non sono conformi alle prescrizioni di cui al punto 13.2.3 cessano di essere valide.
- 13.4. **Motori a gas**
- 13.4.1. Per i motori a gas non è richiesta la conformità alle prescrizioni di cui al punto 5.5.
- 13.4.2. Per i motori a gas non è richiesta la conformità alle prescrizioni di cui al punto 5.4.1 (fase OBD 1).
- 13.5. **Motori di ricambio per veicoli in circolazione**
- 13.5.1. Le parti contraenti che applicano il presente regolamento possono continuare a rilasciare omologazioni ai motori conformi alle prescrizioni del presente regolamento modificato da una serie precedente di emendamenti, o ad un qualsiasi livello del regolamento modificato dalla serie 05 di emendamenti, a condizione che il motore sia destinato ad essere utilizzato come motore di ricambio per un veicolo in uso e che a tale veicolo, alla data dell'immissione in servizio, si applicasse tale versione precedente del regolamento.
14. DENOMINAZIONE E INDIRIZZO DEI SERVIZI TECNICI INCARICATI DELLE PROVE DI OMOLOGAZIONE E DEI SERVIZI AMMINISTRATIVI
- Le parti dell'accordo del 1958 che applicano il presente regolamento devono comunicare al Segretariato delle Nazioni Unite la denominazione e l'indirizzo dei servizi tecnici incaricati delle prove di omologazione e dei servizi amministrativi che rilasciano l'omologazione, ai quali devono essere inviate le schede di omologazione, estensione, rifiuto o revoca dell'omologazione rilasciate in altri paesi.
-

Appendice 1

Procedimento per la prova di conformità della produzione quando la deviazione standard è soddisfacente

1. La presente appendice descrive il procedimento da applicare per verificare la conformità della produzione per le emissioni inquinanti quando la deviazione standard della produzione indicata dal costruttore è soddisfacente.
2. Con una dimensione minima del campione di tre motori, il procedimento di campionamento è fissato in modo che la probabilità che un lotto sia accettato con il 40 per cento di motori difettosi sia 0,95 (rischio del produttore = 5 per cento), mentre la probabilità che un lotto sia accettato con il 65 per cento di motori difettosi sia 0,10 (rischio del consumatore = 10 per cento).
3. Per ciascuno degli inquinanti indicati al punto 5.2.1 del presente regolamento si applica il procedimento seguente (v. figura 2).

Siano:

- L = il logaritmo naturale del valore limite dell'inquinante;
 x_i = il logaritmo naturale del valore misurato (dopo aver applicato il fattore di deterioramento appropriato) per il motore «i» del campione
s = una stima della deviazione standard della produzione (dopo aver calcolato il logaritmo naturale delle misurazioni);
n = il numero dei campioni esaminati

4. Per ciascun campione si calcola la somma delle deviazioni standard rispetto al limite con la seguente formula:

$$\frac{1}{s} \sum_{i=1}^n (L - x_i)$$

5. Successivamente:
 - a) se il risultato statistico della prova è superiore al valore di accettazione per la dimensione del campione indicata nella tabella 3, viene presa una decisione di accettazione per l'inquinante;
 - b) se il risultato statistico della prova è inferiore al valore di rigetto per la dimensione del campione indicata nella tabella 3, viene presa una decisione di rigetto per l'inquinante;
 - c) altrimenti, si effettua la prova su un motore supplementare conformemente al punto 8.3.1 applicando il procedimento di calcolo al campione maggiorato di un'unità.

Tabella 3

Limiti di accettazione e di rigetto del piano di campionamento dell'appendice 1

Dimensione minima del campione: 3

Numero totale dei motori sottoposti a prova (dimensione del campione)	Valore di accettazione A_n	Valore di rigetto B_n
3	3,327	- 4,724
4	3,261	- 4,790
5	3,195	- 4,856
6	3,129	- 4,922
7	3,063	- 4,988
8	2,997	- 5,054
9	2,931	- 5,120
10	2,865	- 5,185
11	2,799	- 5,251
12	2,733	- 5,317
13	2,667	- 5,383
14	2,601	- 5,449
15	2,535	- 5,515
16	2,469	- 5,581
17	2,403	- 5,647
18	2,337	- 5,713

Numero totale dei motori sottoposti a prova (dimensione del campione)	Valore di accettazione A_n	Valore di rigetto B_n
19	2,271	- 5,779
20	2,205	- 5,845
21	2,139	- 5,911
22	2,073	- 5,977
23	2,007	- 6,043
24	1,941	- 6,109
25	1,875	- 6,175
26	1,809	- 6,241
27	1,743	- 6,307
28	1,677	- 6,373
29	1,611	- 6,439
30	1,545	- 6,505
31	1,479	- 6,571
32	- 2,112	- 2,112

Appendice 2

Procedimento per la prova di conformità della produzione quando la deviazione standard è insoddisfacente o non disponibile

1. La presente appendice descrive il procedimento da applicare per verificare la conformità della produzione per le emissioni inquinanti quando la deviazione standard della produzione indicata dal costruttore è insoddisfacente o non disponibile.
2. Con una dimensione minima del campione di tre motori, il procedimento di campionamento è fissato in modo che la probabilità che un lotto sia accettato con il 40 per cento di motori difettosi sia 0,95 (rischio del produttore = 5 per cento), mentre la probabilità che un lotto sia accettato con il 65 per cento di motori difettosi sia 0,10 (rischio del consumatore = 10 per cento).
3. I valori degli inquinanti di cui al punto 5.2.1 del presente regolamento, dopo l'applicazione del fattore di deterioramento (DF) appropriato, sono considerati logaritmi a distribuzione normale e devono essere trasformati nei corrispondenti logaritmi naturali. Siano m_0 e m rispettivamente le dimensioni minima e massima del campione ($m_0 = 3$ e $m = 32$) e sia n il numero dei campioni esaminati.
4. Se i logaritmi naturali delle misurazioni (dopo l'applicazione del DF appropriato) eseguite sulla serie sono x_1, x_2, \dots, x_n ed L è il logaritmo naturale del valore limite per l'inquinante, si definiscano:

$$d_i = x_i - L$$

$$\bar{d}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$$

$$v_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d}_n)^2$$

5. La tabella 4 mostra i valori di accettazione (A_n) e di rigetto (B_n) in funzione del numero dei campioni esaminati. Il risultato statistico della prova è dato dal rapporto \bar{d}_n/v_n e deve essere utilizzato nel modo seguente per determinare se la serie debba essere accettata o rigettata.

Per $m_0 \leq n \leq m$:

- a) serie accettata se $\bar{d}_n/v_n \leq A_n$,
- b) serie rigettata se $\bar{d}_n/v_n \geq B_n$,
- c) eseguire un'altra misura se $A_n < \bar{d}_n/v_n < B_n$.

6. Osservazioni

Per calcolare i valori successivi dei risultati statistici della prova, sono utili le seguenti formule ricorsive:

$$\bar{d}_n = \left(1 - \frac{1}{n}\right) \bar{d}_{n-1} + \frac{1}{n} d_n$$

$$v_n^2 = \left(1 - \frac{1}{n}\right) v_{n-1}^2 + \frac{(\bar{d}_n - d_n)^2}{n-1}$$

$$(n = 2, 3, \dots; \bar{d}_1 = d_1; v_1 = 0)$$

Tabella 4

Limiti di accettazione e di rigetto del piano di campionamento dell'appendice 2

Dimensione minima del campione: 3

Numero totale dei motori sottoposti a prova (dimensione del campione)	Valore di accettazione A_n	Valore di rigetto B_n
3	- 0,80381	16,64743
4	- 0,76339	7,68627
5	- 0,72982	4,67136

Numero totale dei motori sottoposti a prova (dimensione del campione)	Valore di accettazione A_n	Valore di rigetto B_n
6	- 0,69962	3,25573
7	- 0,67129	2,45431
8	- 0,64406	1,94369
9	- 0,61750	1,59105
10	- 0,59135	1,33295
11	- 0,56542	1,13566
12	- 0,53960	0,97970
13	- 0,51379	0,85307
14	- 0,48791	0,74801
15	- 0,46191	0,65928
16	- 0,43573	0,58321
17	- 0,40933	0,51718
18	- 0,38266	0,45922
19	- 0,35570	0,40788
20	- 0,32840	0,36203
21	- 0,30072	0,32078
22	- 0,27263	0,28343
23	- 0,24410	0,24943
24	- 0,21509	0,21831
25	- 0,18557	0,18970
26	- 0,15550	0,16328
27	- 0,12483	0,13880
28	- 0,09354	0,11603
29	- 0,06159	0,09480
30	- 0,02892	0,07493
31	- 0,00449	0,05629
32	0,03876	0,03876

Appendice 3

Procedimento per la prova di conformità della produzione su richiesta del costruttore

1. La presente appendice descrive il procedimento da applicare per verificare, su richiesta del costruttore, la conformità della produzione relativamente alle emissioni inquinanti.
2. Con una dimensione minima del campione di tre motori, il procedimento di campionamento è fissato in modo che la probabilità che un lotto sia accettato con il 30 per cento di motori difettosi sia 0,90 (rischio del produttore = 10 per cento), mentre la probabilità che un lotto sia accettato con il 65 per cento di motori difettosi sia 0,10 (rischio del consumatore = 10 per cento).
3. Per ciascuno degli inquinanti indicati al punto 5.2.1 del presente regolamento si applica il seguente procedimento (v. figura 2).

Siano:

L = il logaritmo naturale del valore limite dell'inquinante;

x_i = il logaritmo naturale del valore misurato (dopo aver applicato il DF appropriato) per il motore «i» del campione

s = una stima della deviazione standard della produzione (dopo aver calcolato il logaritmo naturale delle misurazioni);

n = il numero dei campioni esaminati

4. Si calcola per il campione il risultato statistico della prova quantificando il numero dei motori non conformi, cioè $x_i \geq L$.
5. Successivamente:
 - a) se il risultato statistico della prova è inferiore o uguale al valore di accettazione per la dimensione del campione indicata nella tabella 5, viene presa una decisione di accettazione per l'inquinante;
 - b) se il risultato statistico della prova è superiore o uguale al valore di rigetto per la dimensione del campione indicata nella tabella 5, viene presa una decisione di rigetto per l'inquinante;
 - c) altrimenti, si effettua la prova su un motore supplementare conformemente al punto 8.3.1 del presente regolamento applicando il procedimento di calcolo al campione maggiorato di un'unità.

I valori di accettazione e di rigetto indicati nella tabella 5 sono calcolati conformemente alla norma internazionale ISO 8422:1991.

Tabella 5

Limiti di accettazione e di rigetto del piano di campionamento dell'appendice 3

Dimensione minima del campione: 3

Numero totale dei motori sottoposti a prova (dimensione del campione)	Valore di accettazione	Valore di rigetto
3	—	3
4	0	4
5	0	4
6	1	5
7	1	5
8	2	6
9	2	6
10	3	7
11	3	7
12	4	8
13	4	8
14	5	9
15	5	9
16	6	10
17	6	10
18	7	11
19	8	9

Appendice 4

Determinazione dell'equivalenza dei sistemi

La determinazione dell'equivalenza dei sistemi conformemente al punto 5.2 del presente allegato si effettua sulla base di uno studio di correlazione tra il sistema in considerazione e uno dei sistemi di riferimento del presente regolamento; lo studio si esegue su almeno 7 coppie di campioni utilizzando i cicli di prova appropriati. I criteri di equivalenza da applicare sono il test F e il test t bilaterale di Student.

Questo metodo statistico esamina l'ipotesi che la deviazione standard della popolazione e il valore medio di un'emissione misurata con il sistema candidato non differiscano dalla deviazione standard e dal valore medio della popolazione per tale emissione misurata con il sistema di riferimento. L'ipotesi deve essere provata sulla base di un livello di significatività dei valori F e t pari al 5 per cento. I valori F e t critici per 7-10 coppie di campioni sono indicati nella tabella più avanti. Se i valori F e t calcolati in base alle formule seguenti sono superiori ai valori F e t critici, il sistema candidato non è equivalente.

La procedura da seguire è indicata in appresso. Le lettere R e C si riferiscono rispettivamente al sistema di riferimento e a quello candidato.

- Si effettuano almeno 7 prove con il sistema candidato e con il sistema di riferimento, preferibilmente funzionanti in parallelo. Il numero delle prove corrisponde a n_R e n_C .
- Si calcolano i valori medi x_R e x_C e le deviazioni standard s_R e s_C .
- Si calcola il valore F nel modo seguente:

$$F = \frac{S_{\text{major}}^2}{S_{\text{minor}}^2}$$

(la maggiore delle due deviazioni standard S_R o S_C deve essere nel numeratore)

- Si calcola il valore t nel modo seguente:

$$t = \frac{|x_C - x_R|}{\sqrt{(n_C - 1) \times s_C^2 + (n_R - 1) \times s_R^2}} \times \sqrt{\frac{n_C \times n_R \times (n_C + n_R - 2)}{n_C + n_R}}$$

- Si confrontano i valori F e t calcolati con i valori F e t critici corrispondenti al rispettivo numero di test indicato nella tabella sotto. Per campioni di dimensioni più grandi, si consultano le tabelle statistiche per il livello di significatività del 5 per cento (confidenza 95 per cento).
- I gradi di libertà (df) si determinano nel modo seguente:

per il test F: $df = n_R - 1/n_C - 1$

per il test t: $df = n_C + n_R - 2$

Valori F e t per le dimensioni del campione selezionate:

Dimensione del campione	Test F		Test t	
	df	F _{crit}	df	t _{crit}
7	6/6	4,284	12	2,179
8	7/7	3,787	14	2,145
9	8/8	3,438	16	2,120
10	9/9	3,179	18	2,101

- L'equivalenza si determina nel modo seguente:

- se $F < F_{\text{crit}}$ e $t < t_{\text{crit}}$, il sistema candidato è equivalente al sistema di riferimento del presente regolamento;
- se $F \geq F_{\text{crit}}$ e $t \geq t_{\text{crit}}$, il sistema candidato è diverso dal sistema di riferimento del presente regolamento;

ALLEGATO 1

SCHEMA INFORMATIVA

La presente scheda informativa, utilizzata ai fini dell'omologazione a norma del regolamento n. 49, è relativa ai provvedimenti da attuare contro le emissioni di inquinanti gassosi e di particolato prodotte da motori ad accensione spontanea destinati all'installazione su veicoli e ai provvedimenti da attuare contro le emissioni di inquinanti gassosi prodotte da motori ad accensione comandata alimentati con gas naturale o con gas di petrolio liquefatto destinati all'installazione su veicoli.

Tipo di veicolo/motore capostipite/tipo di motore ⁽¹⁾

0. DATI GENERALI

0.1. Marca (nome del costruttore)

0.2. Tipo e denominazione commerciale (indicare eventuali varianti):

0.3. Mezzi di identificazione del tipo e loro posizione, se marcati sul veicolo

0.4. Categoria del veicolo (se del caso)

0.5. Categoria del motore diesel/a GN/a GPL/a etanolo ⁽¹⁾

0.6. Nome e indirizzo del costruttore

0.7. Posizione e modo di fissaggio delle targhette e delle iscrizioni regolamentari

0.8. Posizione e modo di fissaggio del marchio di omologazione ECE per componenti ed entità tecniche indipendenti

0.9. Indirizzo dello o degli stabilimenti di montaggio.....

Allegati

1. Caratteristiche fondamentali del motore (capostipite) e informazioni relative all'effettuazione della prova (v. appendice 1)

2. Caratteristiche fondamentali della famiglia di motori (v. appendice 2)

3. Caratteristiche fondamentali dei tipi di motore della famiglia (v. appendice 3)

4. Caratteristiche delle parti del veicolo in relazione con il motore (v. appendice 4)

5. Fotografie e/o disegni del tipo di motore capostipite e, se del caso, del vano motore

6. Elenco degli altri eventuali allegati

Data e luogo

⁽¹⁾ Cancellare le diciture inutili.

Appendice 1

Caratteristiche fondamentali del motore (capostipite) e informazioni relative all'effettuazione delle prove ⁽¹⁾

1. **Descrizione del motore**
 - 1.1. Costruttore:
 - 1.2. Codice assegnato al motore dal costruttore:
 - 1.3. Ciclo: quattro tempi/due tempi ⁽²⁾:
 - 1.4. Numero e disposizione dei cilindri:
 - 1.4.1. Alesaggio: mm
 - 1.4.2. Corsa: mm
 - 1.4.3. Ordine di accensione:
 - 1.5. Cilindrata: cm³
 - 1.6. Rapporto volumetrico di compressione ⁽³⁾:
 - 1.7. Disegno della camera di combustione e del cielo del pistone:
 - 1.8. Sezione trasversale minima delle luci di entrata e di uscita: cm²
 - 1.9. Regime al minimo: min⁻¹
 - 1.10. Potenza massima netta: kW a min⁻¹
 - 1.11. Regime massimo ammesso: min⁻¹
 - 1.12. Coppia massima netta: Nm a min⁻¹
 - 1.13. Sistema di combustione: accensione spontanea/accensione comandata ⁽²⁾
 - 1.14. Carburante: diesel/GPL/GN-H/GN-L/GN-HL/etanolo ⁽²⁾
 - 1.15. Sistema di raffreddamento
 - 1.15.1. A liquido
 - 1.15.1.1. Natura del liquido:
 - 1.15.1.2. Pompa di circolazione: sì/no ⁽²⁾
 - 1.15.1.3. Caratteristiche o marca e tipo (se applicabile):
 - 1.15.1.4. Rapporto di trasmissione (se applicabile):
 - 1.15.2. Ad aria
 - 1.15.2.1. Ventola: sì/no ⁽²⁾
 - 1.15.2.2. Caratteristiche o marca e tipo (se applicabile):
 - 1.15.2.3. Rapporto di trasmissione (se applicabile):
 - 1.16. Temperatura consentita dal costruttore
 - 1.16.1. Raffreddamento a liquido: temperatura massima all'uscita: K

⁽¹⁾ Nel caso di motori e sistemi non convenzionali, il costruttore deve fornire dettagli equivalenti a quelli specificati.⁽²⁾ Cancellare le diciture inutili.⁽³⁾ Specificare la tolleranza.

- 1.16.2. Raffreddamento ad aria: punto di riferimento
 Temperatura massima in corrispondenza del punto di riferimento: K
- 1.16.3. Temperatura massima dell'aria all'uscita del refrigeratore intermedio di aspirazione (se applicabile):
- 1.16.4. Temperatura massima del gas di scarico nel punto del condotto di scarico adiacente alla flangia esterna del collettore di scarico o turbocompressore: K
- 1.16.5. Temperatura del carburante: min K, max K
 per motori diesel all'ingresso della pompa di iniezione, per motori a gas in corrispondenza dello stadio finale del regolatore di pressione
- 1.16.6. Pressione del carburante: min kPa, max kPa
 in corrispondenza dello stadio finale del regolatore di pressione, solo per motori a GN
- 1.16.7. Temperatura del lubrificante: min K, max K
- 1.17. Compressore: sì/no (²)
- 1.17.1. Marca:
- 1.17.2. Tipo:
- 1.17.3. Descrizione del sistema (per es. pressione max di sovralimentazione, valvola limitatrice della pressione di sovralimentazione, se applicabile):
- 1.17.4. Refrigeratore intermedio: sì/no (²)
- 1.18. Sistema di aspirazione
 Depressione massima ammissibile all'aspirazione al regime nominale del motore e carico del 100 per cento, misurata conformemente al regolamento n. 24, serie 03 di emendamenti e nelle condizioni operative in esso indicate:
 kPa
- 1.19. Sistema di scarico
 Contropressione massima ammissibile allo scarico al regime nominale del motore e carico del 100 per cento, misurata conformemente al regolamento n. 24, serie 03 di emendamenti e nelle condizioni operative in esso indicate:
 kPa
 Volume del sistema di scarico: dm³
- 1.20. Unità elettronica di controllo del motore (EECU) (tutti i tipi di motore):
- 1.20.1. Marca:
- 1.20.2. Tipo:
- 1.20.3. Numeri di taratura del software:
- 2. Misure adottate contro l'inquinamento atmosferico**
- 2.1. Dispositivo per il ricircolo dei gas del basamento (descrizione e disegni):
- 2.2. Dispositivi supplementari contro l'inquinamento
 (se esistono e se non trattati in altri titoli)
- 2.2.1. Convertitore catalitico: sì/no (²)
- 2.2.1.1. Marca:
- 2.2.1.2. Tipo:
- 2.2.1.3. Numero di convertitori catalitici e di elementi:
- 2.2.1.4. Dimensioni, forma e volume dei convertitori catalitici:

- 2.2.1.5. Tipo di azione catalitica:
- 2.2.1.6. Contenuto totale di metalli nobili:
- 2.2.1.7. Concentrazione relativa:
- 2.2.1.8. Substrato (struttura e materiale):
- 2.2.1.9. Densità delle celle:
- 2.2.1.10. Tipo di involucro dei convertitori catalitici:
- 2.2.1.11. Posizione dei convertitori catalitici (ubicazione e distanza di riferimento nella linea di scarico):
- 2.2.1.12. Intervallo della normale temperatura operativa (K):
- 2.2.1.13. Reagenti consumabili (se del caso):
- 2.2.1.13.1. Tipo e concentrazione di reagente necessario per l'azione catalitica:
- 2.2.1.13.2. Intervallo della normale temperatura operativa del reagente:
- 2.2.1.13.3. Norma internazionale (se del caso):
- 2.2.1.13.4. Frequenza di rifornimento del reagente: continuo/manutenzione ⁽⁴⁾:
- 2.2.2. Sensore di ossigeno: sì/no ⁽²⁾
- 2.2.2.1. Marca:
- 2.2.2.2. Tipo:
- 2.2.2.3. Posizione:
- 2.2.3. Iniezione di aria: sì/no ⁽²⁾
- 2.2.3.1. Tipo (aria pulsata, pompa per aria, ecc.):
- 2.2.4. EGR: sì/no ⁽²⁾
- 2.2.4.1. Caratteristiche (marca, tipo, flusso, ecc.):
- 2.2.5. Trappola per particolato: sì/no ⁽²⁾
- 2.2.5.1. Dimensioni, forma e capacità della trappola per particolato:
- 2.2.5.2. Tipo e progetto della trappola per particolato:
- 2.2.5.3. Posizione (distanza di riferimento nella linea di scarico):
- 2.2.5.4. Metodo o sistema di rigenerazione, descrizione e/o disegno:
- 2.2.5.5. Intervallo della normale temperatura operativa (K) e della normale pressione operativa (kPa):
- 2.2.5.6. Nel caso di rigenerazione periodica:
- a) numero di cicli di prova ETC tra 2 rigenerazioni (n1):
- b) numero di cicli di prova ETC durante la rigenerazione (n2):
- 2.2.6. Altri sistemi: sì/no ⁽²⁾
- 2.2.6.1. Descrizione e funzionamento:

3. Alimentazione del carburante

3.1. Motori diesel

⁽⁴⁾ Cancellare le diciture inutili.

- 3.1.1. Pompa di alimentazione
- Pressione ⁽³⁾: kPa o curva caratteristica ⁽²⁾:
- 3.1.2. Sistema di iniezione
- 3.1.2.1. Pompa
- 3.1.2.1.1. Marca:
- 3.1.2.1.2. Tipo:
- 3.1.2.1.3. Mandata: mm³ ⁽³⁾ per corsa al regime di min⁻¹
a iniezione massima, o curva caratteristica ⁽²⁾ ⁽³⁾
- Indicare il metodo utilizzato: su motore/su banco prova pompe ⁽²⁾
- Se dotato di controllo della sovralimentazione, specificare la mandata di carburante e la pressione di sovralimentazione caratteristiche in funzione del regime
- 3.1.2.1.4. Anticipo dell'iniezione
- 3.1.2.1.4.1. Curva dell'anticipo dell'iniezione ⁽³⁾:
- 3.1.2.1.4.2. Fasatura statica di iniezione ⁽³⁾:
- 3.1.2.2. Condotti di iniezione
- 3.1.2.2.1. Lunghezza: mm
- 3.1.2.2.2. Diametro interno: mm
- 3.1.2.2.3. Common rail, marca e tipo:
- 3.1.2.3. Iniettore
- 3.1.2.3.1. Marca:
- 3.1.2.3.2. Tipo:
- 3.1.2.3.3. Pressione di apertura: kPa ⁽³⁾
o curva caratteristica ⁽²⁾ ⁽³⁾:
- 3.1.2.4. Regolatore
- 3.1.2.4.1. Marca:
- 3.1.2.4.2. Tipo:
- 3.1.2.4.3. Regime di inizio dell'interruzione a pieno carico: min⁻¹
- 3.1.2.4.4. Regime massimo a vuoto: min⁻¹
- 3.1.2.4.5. Regime di minimo: min⁻¹
- 3.1.3. Sistema di avviamento a freddo
- 3.1.3.1. Marca:
- 3.1.3.2. Tipo:
- 3.1.3.3. Descrizione:
- 3.1.3.4. Dispositivo di avviamento ausiliario:
- 3.1.3.4.1. Marca:
- 3.1.3.4.2. Tipo:

- 3.2. Motori a gas ⁽⁵⁾
 - 3.2.1. Carburante: gas naturale/GPL ⁽²⁾
 - 3.2.2. Regolatore di pressione o vaporizzatore/regolatore di pressione ⁽³⁾
 - 3.2.2.1. Marca:
 - 3.2.2.2. Tipo:
 - 3.2.2.3. Numero degli stadi di riduzione della pressione:
 - 3.2.2.4. Pressione nello stadio finale: min kPa, max kPa
 - 3.2.2.5. Numero di punti di regolazione principali: ...
 - 3.2.2.6. Numero di punti di regolazione del minimo:
 - 3.2.2.7. Numero di certificazione:
 - 3.2.3. Sistema di alimentazione: unità di miscelazione/iniezione di gas/iniezione di liquido/iniezione diretta ⁽²⁾
 - 3.2.3.1. Regolazione del titolo della miscela:
 - 3.2.3.2. Descrizione del sistema e/o diagramma e disegni:
 - 3.2.3.3. Numero di certificazione:
 - 3.2.4. Unità di miscelazione
 - 3.2.4.1. Numero:
 - 3.2.4.2. Marca:
 - 3.2.4.3. Tipo:
 - 3.2.4.4. Posizione:
 - 3.2.4.5. Possibilità di regolazione:
 - 3.2.4.6. Numero di certificazione:
 - 3.2.5. Iniezione nel collettore di ammissione
 - 3.2.5.1. Iniezione: punto singolo/punti multipli ⁽²⁾
 - 3.2.5.2. Iniezione: continua/fasatura simultanea/fasatura sequenziale ⁽²⁾
 - 3.2.5.3. Dispositivi di iniezione
 - 3.2.5.3.1. Marca:
 - 3.2.5.3.2. Tipo:
 - 3.2.5.3.3. Possibilità di regolazione:
 - 3.2.5.3.4. Numero di certificazione:
 - 3.2.5.4. Pompa di alimentazione (se applicabile):
 - 3.2.5.4.1. Marca:
 - 3.2.5.4.2. Tipo:
 - 3.2.5.4.3. Numero di certificazione:
 - 3.2.5.5. Iniettore:
 - 3.2.5.5.1. Marca:

⁽⁵⁾ Nel caso di sistemi predisposti in modo diverso, fornire informazioni equivalenti (per il punto 3.2).

- 3.2.5.5.2. Tipo:
- 3.2.5.5.3. Numero di certificazione:
- 3.2.6. Iniezione diretta
- 3.2.6.1. Pompa di iniezione/regolatore della pressione ⁽²⁾
- 3.2.6.1.1. Marca:
- 3.2.6.1.2. Tipo:
- 3.2.6.1.3. Fasatura dell'iniezione:
- 3.2.6.1.4. Numero di certificazione:
- 3.2.6.2. Iniettore
- 3.2.6.2.1. Marca:
- 3.2.6.2.2. Tipo:
- 3.2.6.2.3. Pressione di apertura o curva caratteristica ⁽³⁾:
- 3.2.6.2.4. Numero di certificazione:
- 3.2.7. Unità elettronica di controllo (ECU)
- 3.2.7.1. Marca:
- 3.2.7.2. Tipo:
- 3.2.7.3. Possibilità di regolazione:
- 3.2.8. Apparecchiature specifiche per il carburante di tipo GN
- 3.2.8.1. Variante 1
- (solo nel caso dell'omologazione di motori per diverse composizioni specifiche di carburante)
- 3.2.8.1.1. Composizione del carburante:
- | | | | | | | |
|---|-------------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| metano (CH ₄): | base: | % mol | min | % mol | max | % mol |
| etano (C ₂ H ₆): | base: | % mol | min | % mol | max | % mol |
| propano (C ₃ H ₈): | base: | % mol | min | % mol | max | % mol |
| butano (C ₄ H ₁₀): | base: | % mol | min | % mol | max | % mol |
| C5/C5+: | base: | % mol | min | % mol | max | % mol |
| ossigeno (O ₂): | base: | % mol | min | % mol | max | % mol |
| gas inerti (N ₂ , He ecc): | base: | % mol | min | % mol | max | % mol |
- 3.2.8.1.2. Iniettore
- 3.2.8.1.2.1. Marca:
- 3.2.8.1.2.2. Tipo:
- 3.2.8.1.3. Altro (se applicabile)
- 3.2.8.2. Variante 2
- (solo nel caso di omologazione per varie composizioni specifiche di carburante)
4. **Distribuzione**
- 4.1. Alzata massima delle valvole e angoli di apertura e chiusura riferiti ai punti morti o dati equivalenti:
- 4.2. Intervalli di riferimento e/o di regolazione ⁽²⁾:

5. **Sistema di accensione (solo motori con accensione a scintilla)**

- 5.1. Tipo di sistema di accensione: bobina comune e candele/bobina singola e candele/bobina sulla candela/altro (specificare) ⁽²⁾
- 5.2. Unità di comando dell'accensione
- 5.2.1. Marca:
- 5.2.2. Tipo:
- 5.3. Curva/mappa dell'anticipo di accensione ⁽²⁾ ⁽³⁾:
- 5.4. Fasatura dell'accensione ⁽³⁾: gradi prima del punto morto superiore ad un regime di min⁻¹ e una MAP di Pa
- 5.5. Candele
- 5.5.1. Marca:
- 5.5.2. Tipo:
- 5.5.3. Distanza tra gli elettrodi: mm
- 5.6. Bobina di accensione
- 5.6.1. Marca:
- 5.6.2. Tipo:

6. **Dispositivi azionati dal motore**

Il motore deve essere presentato alla prova completo dei dispositivi ausiliari necessari per il suo funzionamento (per esempio ventola, pompa dell'acqua, ecc.) conformemente a quanto specificato nel regolamento n. 24, serie 03 di emendamenti, allegato 10, punto 5.1.1 e nelle condizioni operative in esso indicate.

6.1. Dispositivi ausiliari da montare per la prova

Se non è possibile o opportuno montare i dispositivi ausiliari sul banco prova, è necessario determinare la potenza da essi assorbita e sottrarla alla potenza del motore misurata su tutta l'area di funzionamento del ciclo o dei cicli di prova.

6.2. Dispositivi ausiliari da rimuovere per la prova

I dispositivi ausiliari necessari solo per il funzionamento del veicolo (per esempio compressore dell'aria, sistema di condizionamento dell'aria ecc.) devono essere rimossi per la prova. Se non è possibile rimuovere i dispositivi ausiliari, è necessario determinare la potenza da essi assorbita e aggiungerla alla potenza del motore misurata su tutta l'area di funzionamento del ciclo o dei cicli di prova.

7. **Informazioni aggiuntive sulle condizioni di prova**

7.1. Lubrificante usato

7.1.1. Marca:

7.1.2. Tipo:

(Se lubrificante e carburante sono miscelati dichiarare la percentuale d'olio nella miscela):

7.2. Apparecchiature azionate dal motore (se applicabile)

La potenza assorbita dai dispositivi ausiliari deve essere determinata solo

- a) se non sono applicati al motore dispositivi ausiliari necessari per il suo funzionamento e/o
- b) se sono applicati al motore dispositivi ausiliari non necessari per il suo funzionamento.

7.2.1. Elenco e dettagli per l'identificazione:

7.2.2. Potenza assorbita a vari regimi del motore indicati:

Dispositivi ausiliari	Potenza assorbita (kW) a vari regimi						
	mini- mo	regime basso	regime alto	regime A ^(a)	regime B ^(a)	regime C ^(a)	regime di rif. ^(b)
P(a) Ausiliari necessari per il funziona- mento del motore (da sottrarre alla potenza del motore misurata) v. punto 5.1.1 del regolamento n. 24/02, allegato 10							
P(b) Ausiliari non occorrenti per il funzionamento del motore (da aggiungere alla potenza del motore misurata) v. punto 5.1.2 del rego- lamento n. 24/02, allegato 10							

^(a) Prova ESC.
^(b) Solo prova ETC.

8. **Prestazioni del motore**8.1. Regimi ^(c)Basso regime (n_{lo}): min⁻¹Alto regime (n_{hi}): min⁻¹

per i cicli ESC e ELR

minimo: min⁻¹regime A: min⁻¹regime B: min⁻¹regime C: min⁻¹

per il ciclo ETC

regime di riferimento: min⁻¹

8.2. Potenza del motore (misurata conformemente al regolamento n. 24, serie 03 di emendamenti) in kW

	Regime del motore				
	minimo	regime A ^(c)	regime B ^(c)	regime C ^(c)	regime di rif. ^(b)
P(m) Potenza misurata al banco prova					
P(a) Potenza assorbita dagli ausiliari da montare per la prova (punto 5.1.1 del regolamento n. 24/02, alle- gato 10)					
a) se montati					
b) se non montati	0	0	0	0	0

^(c) Specificare la tolleranza; non deve essere superiore a ± 3 per cento del valore dichiarato dal costruttore.

	Regime del motore				
	minimo	regime A ^(a)	regime B ^(a)	regime C ^(a)	regime di rif. ^(b)
P(b) Potenza assorbita dagli ausiliari da rimuovere per la prova (punto 5.1.2 del regolamento n. 24/02, allegato 10) a) se montati b) se non montati	0	0	0	0	0
P(n) Potenza netta del motore = P(m) - P(a) + P(b)					

^(a) Prova ESC.

^(b) Solo prova ETC.

8.3. Regolazioni del dinamometro (kW)

Le regolazioni del dinamometro per le prove ESC e ELR e per il ciclo di riferimento della prova ETC devono essere basate sulla potenza netta P(n) del motore del punto 8.2. Si raccomanda di installare il motore sul banco prova nelle condizioni nette. In questo caso, P(m) e P(n) sono uguali. Se non è possibile o opportuno far funzionare il motore in queste condizioni, le regolazioni del dinamometro devono essere corrette per rapportarle alle condizioni nette utilizzando la formula indicata in precedenza.

8.3.1. Prove ESC e ELR

Calcolare le regolazioni del dinamometro secondo la formula dell'allegato 4A, Appendice 1, punto 1.2.

Carico percentuale	Regime del motore			
	minimo	regime A	regime B	regime C
10	...			
25	...			
50	...			
75	...			
100				

8.3.2. Prova ETC

Se il motore non viene sottoposto a prova nelle condizioni nette, il costruttore del motore deve fornire la formula di correzione per la conversione della potenza misurata o del lavoro misurato nel ciclo, determinati secondo l'allegato 4A, appendice 2, punto 2, nella potenza netta o nel lavoro netto prodotto nel ciclo per tutta l'area di funzionamento del ciclo; tale formula deve essere approvata dal servizio tecnico.

9. Sistema diagnostico di bordo (OBD)

9.1. Descrizione scritta e/o disegno dell'MI 4:

9.2. Elenco e funzione di tutti i componenti monitorati dal sistema OBD:

9.3. Descrizione scritta (principi generali di funzionamento dell'OBD) di:

9.3.1. Motori diesel/a gas

9.3.1.1. Monitoraggio del catalizzatore

9.3.1.2. Monitoraggio del sistema deNOx

9.3.1.3. Monitoraggio del filtro antiparticolato diesel

- 9.3.1.4. Monitoraggio del sistema elettronico di alimentazione
 - 9.3.1.5. Altri componenti monitorati dal sistema OBD
 - 9.4. Criteri di attivazione dell'MI (numero definito di cicli di guida o metodo statistico):
 - 9.5. Elenco di tutti i codici di uscita OBD e dei formati utilizzati (ciascuno corredato di spiegazione):

 - 10. **Limitatore di coppia**
 - 10.1. Descrizione dell'attivazione del limitatore di coppia
 - 10.2. Descrizione della limitazione della curva di pieno carico
-

Appendice 2

Caratteristiche fondamentali della famiglia dei motori**1. Parametri comuni**

- 1.1. Ciclo di combustione:
- 1.2. Fluido di raffreddamento:
- 1.3. Numero di cilindri ⁽¹⁾:
- 1.4. Cilindrata unitaria:
- 1.5. Metodo di aspirazione dell'aria:
- 1.6. Tipo/caratteristiche progettuali della camera di combustione:
- 1.7. Valvole e luci, configurazione, dimensioni e numero:
- 1.8. Sistema di alimentazione del carburante:
- 1.9. Sistema di accensione (motori a gas):
- 1.10. Varie:
- a) sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione ⁽¹⁾:
- b) ricircolo dei gas di scarico ⁽¹⁾:
- c) iniezione/emulsione di acqua ⁽¹⁾:
- d) iniezione di aria ⁽¹⁾:
- 1.11. Post-trattamento del gas di scarico ⁽¹⁾:
- Dimostrazione di rapporto identico (o minimo per il motore capostipite): capacità del dispositivo/erogazione di carburante per corsa in base ai numeri di diagramma:

2. Elenco della famiglia di motori

- 2.1. Nome della famiglia di motori diesel:
- 2.1.1. Specifiche dei motori della famiglia:

	Motore capostipite				
Tipo di motore					
N. cilindri					
Regime nominale (min ⁻¹)					
Carburante erogato per corsa (mm ³)					
Potenza netta nominale (kW)					
Regime di coppia massima (min ⁻¹)					
Carburante erogato per corsa (mm ³)					
Coppia massima (Nm)					
Regime di minimo (min ⁻¹)					
Cilindrata del motore (percentuale rispetto al motore capostipite)					100

2.2. Nome della famiglia di motori a gas:

2.2.1. Specifiche dei motori della famiglia:

					Motore capostipite
Tipo di motore					
N. cilindri					
Regime nominale (min ⁻¹)					
Carburante erogato per corsa (mm ³)					
Potenza netta nominale (kW)					
Regime di coppia massima (min ⁻¹)					
Carburante erogato per corsa (mm ³)					
Coppia massima (Nm)					
Regime di minimo (min ⁻¹)					
Cilindrata del motore (percentuale rispetto al motore capostipite)					100
Fasatura dell'accensione					
Flusso EGR					
Pompa dell'aria sì/no					
Portata effettiva della pompa dell'aria					

(¹) Se non applicabile, segnare n.a.

Appendice 3

Caratteristiche fondamentali del tipo di motore all'interno della famiglia ⁽¹⁾

1. **Descrizione del motore**
 - 1.1. Costruttore:
 - 1.2. Codice assegnato al motore dal costruttore:
 - 1.3. Ciclo: quattro tempi/due tempi ⁽²⁾:
 - 1.4. Numero e disposizione dei cilindri:
 - 1.4.1. Alesaggio: mm
 - 1.4.2. Corsa: mm
 - 1.4.3. Ordine di accensione:
 - 1.5. Cilindrata: cm³
 - 1.6. Rapporto volumetrico di compressione ⁽³⁾:
 - 1.7. Disegno della camera di combustione e del cielo del pistone:
 - 1.8. Sezione trasversale minima delle luci di entrata e di uscita: cm²
 - 1.9. Regime al minimo: min⁻¹
 - 1.10. Potenza massima netta: kW a min⁻¹
 - 1.11. Regime massimo ammesso: min⁻¹
 - 1.12. Coppia massima netta: Nm a min⁻¹
 - 1.13. Sistema di combustione: accensione spontanea/accensione comandata ⁽²⁾
 - 1.14. Carburante: diesel/GPL/GN-H/GN-L/GN-HL/etanolo ⁽²⁾
 - 1.15. Sistema di raffreddamento
 - 1.15.1. A liquido
 - 1.15.1.1. Natura del liquido:
 - 1.15.1.2. Pompa di circolazione: sì/no ⁽²⁾
 - 1.15.1.3. Caratteristiche o marca e tipo (se applicabile):
 - 1.15.1.4. Rapporto di trasmissione (se applicabile):
 - 1.15.2. Ad aria
 - 1.15.2.1. Ventola: sì/no ⁽²⁾
 - 1.15.2.2. Caratteristiche o marca e tipo (se applicabile):
 - 1.15.2.3. Rapporto di trasmissione (se applicabile):
 - 1.16. Temperatura consentita dal costruttore
 - 1.16.1. Raffreddamento a liquido: temperatura massima all'uscita: K
 - 1.16.2. Raffreddamento ad aria: punto di riferimento:
 Temperatura massima in corrispondenza del punto di riferimento: K
 - 1.16.3. Temperatura massima dell'aria all'uscita del refrigeratore intermedio di aspirazione (se applicabile): K

- 1.16.4. Temperatura massima del gas di scarico nel punto del condotto di scarico adiacente alla flangia esterna del collettore di scarico o turbocompressore: K
- 1.16.5. Temperatura del carburante: min K, max K
per motori diesel all'ingresso della pompa di iniezione, per motori a gas in corrispondenza dello stadio finale del regolatore di pressione
- 1.16.6. Pressione del carburante: min kPa,
max kPa
in corrispondenza dello stadio finale del regolatore di pressione, solo per motori a GN
- 1.16.7. Temperatura del lubrificante: min K, max K
- 1.17. Compressore: sì/no (²)
- 1.17.1. Marca:
- 1.17.2. Tipo:
- 1.17.3. Descrizione del sistema (per es. pressione max di sovralimentazione, valvola limitatrice della pressione di sovralimentazione, se applicabile):
- 1.17.4. Refrigeratore intermedio: sì/no (²)
- 1.18. Sistema di aspirazione
Depressione massima ammissibile all'aspirazione al regime nominale del motore e carico del 100 per cento, misurata conformemente al regolamento n. 24, serie 03 di emendamenti e nelle condizioni operative in esso indicate: kPa
- 1.19. Sistema di scarico
Contropressione massima ammissibile allo scarico al regime nominale del motore e carico del 100 per cento, misurata conformemente al regolamento n. 24, serie 03 di emendamenti e nelle condizioni operative in esso indicate: kPa
Volume del sistema di scarico: dm³
- 1.20. Unità elettronica di controllo del motore (EECU) (tutti i tipi di motore):
- 1.20.1. Marca:
- 1.20.2. Tipo:
- 1.20.3. Numeri di taratura del software:
- 2. Misure contro l'inquinamento atmosferico**
- 2.1. Dispositivo per il ricircolo dei gas del basamento (descrizione e disegni):
- 2.2. Dispositivi supplementari contro l'inquinamento (se esistono e se non trattati in altri titoli)
- 2.2.1. Convertitore catalitico: sì/no (²)
- 2.2.1.1. Marca:
- 2.2.1.2. Tipo:
- 2.2.1.3. Numero di convertitori catalitici e di elementi:
- 2.2.1.4. Dimensioni, forma e volume dei convertitori catalitici:
- 2.2.1.5. Tipo di azione catalitica:
- 2.2.1.6. Contenuto totale di metalli nobili:
- 2.2.1.7. Concentrazione relativa:
- 2.2.1.8. Substrato (struttura e materiale):

- 2.2.1.9. Densità delle celle:
- 2.2.1.10. Tipo di involucro dei convertitori catalitici:
- 2.2.1.11. Posizione dei convertitori catalitici (ubicazione e distanza di riferimento nella linea di scarico):
- 2.2.1.12. Intervallo della normale temperatura operativa (K):
- 2.2.1.13. Reagenti consumabili (se del caso):
- 2.2.1.13.1. Tipo e concentrazione di reagente necessario per l'azione catalitica:
- 2.2.1.13.2. Intervallo della normale temperatura operativa del reagente:
- 2.2.1.13.3. Norma internazionale (se del caso):
- 2.2.1.13.4. Frequenza di rifornimento del reagente: continuo/manutenzione (*):
- 2.2.2. Sensore di ossigeno: sì/no (²)
- 2.2.2.1. Marca:
- 2.2.2.2. Tipo:
- 2.2.2.3. Posizione:
- 2.2.3. Iniezione di aria: sì/no (²)
- 2.2.3.1. Tipo (aria pulsata, pompa per aria, ecc.):
- 2.2.4. EGR: sì/no (²)
- 2.2.4.1. Caratteristiche (marca, tipo, flusso, ecc.):
- 2.2.5. Trappola per particolato: sì/no (²)
- 2.2.5.1. Dimensioni, forma e capacità della trappola per particolato:
- 2.2.5.2. Tipo e progetto della trappola per particolato:
- 2.2.5.3. Posizione (distanza di riferimento nella linea di scarico):
- 2.2.5.4. Metodo o sistema di rigenerazione, descrizione e/o disegno:
- 2.2.5.5. Intervallo della normale temperatura operativa (K) e della normale pressione operativa (kPa):
- 2.2.5.6. Nel caso di rigenerazione periodica:
- a) numero di cicli di prova ETC tra 2 rigenerazioni (n1)
- b) numero di cicli di prova ETC durante la rigenerazione (n2):
- 2.2.6. Altri sistemi: sì/no (²)
- 2.2.6.1. Descrizione e funzionamento:
- 3. Alimentazione del carburante**
- 3.1. Motori diesel
- 3.1.1. Pompa di alimentazione
- Pressione (³): kPa o curva caratteristica (²):
- 3.1.2. Sistema di iniezione
- 3.1.2.1. Pompa
- 3.1.2.1.1. Marca:

- 3.1.2.1.2. Tipo:
- 3.1.2.1.3. Mandata: ... mm³ ⁽³⁾ per corsa al regime di ... min⁻¹ a iniezione massima, o curva caratteristica ⁽²⁾ ⁽³⁾ ..
Indicare il metodo utilizzato: su motore/su banco prova pompe ⁽²⁾
Se dotato di controllo della sovralimentazione, specificare la mandata di carburante e la pressione di sovralimentazione caratteristiche in funzione del regime
- 3.1.2.1.4. Anticipo dell'iniezione
- 3.1.2.1.4.1. Curva dell'anticipo dell'iniezione ⁽³⁾:
- 3.1.2.1.4.2. Fasatura statica di iniezione ⁽³⁾:
- 3.1.2.2. Condotti di iniezione
- 3.1.2.2.1. Lunghezza:mm
- 3.1.2.2.2. Diametro interno:mm
- 3.1.2.2.3. Common rail, marca e tipo:
- 3.1.2.3. Iniettore
- 3.1.2.3.1. Marca:
- 3.1.2.3.2. Tipo:
- 3.1.2.3.3. Pressione di apertura:kPa ⁽³⁾ o curva caratteristica ⁽²⁾ ⁽³⁾:
- 3.1.2.4. Regolatore
- 3.1.2.4.1. Marca:
- 3.1.2.4.2. Tipo:
- 3.1.2.4.3. Regime di inizio dell'interruzione a pieno carico: min⁻¹
- 3.1.2.4.4. Regime massimo a vuoto: min⁻¹
- 3.1.2.4.5. Regime di minimo: min⁻¹
- 3.1.3. Sistema di avviamento a freddo
- 3.1.3.1. Marca:
- 3.1.3.2. Tipo:
- 3.1.3.3. Descrizione:
- 3.1.3.4. Dispositivo di avviamento ausiliario:
- 3.1.3.4.1. Marca:
- 3.1.3.4.2. Tipo:
- 3.2. Motori a gas ⁽⁵⁾
- 3.2.1. Carburante: gas naturale/GPL ⁽²⁾
- 3.2.2. Regolatore di pressione o vaporizzatore/regolatore di pressione ⁽³⁾
- 3.2.2.1. Marca:
- 3.2.2.2. Tipo:
- 3.2.2.3. Numero degli stadi di riduzione della pressione:
- 3.2.2.4. Pressione nello stadio finale: min. kPa, max. kPa

- 3.2.2.5. Numero di punti di regolazione principali:
- 3.2.2.6. Numero di punti di regolazione del minimo:
- 3.2.2.7. Numero di certificazione:
- 3.2.3. Sistema di alimentazione: unità di miscelazione/iniezione di gas/iniezione di liquido/iniezione diretta (2)
- 3.2.3.1. Regolazione del titolo della miscela:
- 3.2.3.2. Descrizione del sistema e/o diagramma e disegni:
- 3.2.3.3. Numero di certificazione:
- 3.2.4. Unità di miscelazione
- 3.2.4.1. Numero:
- 3.2.4.2. Marca:
- 3.2.4.3. Tipo:
- 3.2.4.4. Posizione:
- 3.2.4.5. Possibilità di regolazione:
- 3.2.4.6. Numero di certificazione:
- 3.2.5. Iniezione nel collettore di ammissione
- 3.2.5.1. Iniezione: punto singolo/punti multipli (2)
- 3.2.5.2. Iniezione: continua/fasatura simultanea/fasatura sequenziale (2)
- 3.2.5.3. Dispositivi di iniezione
- 3.2.5.3.1. Marca:
- 3.2.5.3.2. Tipo:
- 3.2.5.3.3. Possibilità di regolazione:
- 3.2.5.3.4. Numero di certificazione:
- 3.2.5.4. Pompa di alimentazione (se applicabile):
- 3.2.5.4.1. Marca:
- 3.2.5.4.2. Tipo:
- 3.2.5.4.3. Numero di certificazione:
- 3.2.5.5. Iniettore:
- 3.2.5.5.1. Marca:
- 3.2.5.5.2. Tipo:
- 3.2.5.5.3. Numero di certificazione:
- 3.2.6. Iniezione diretta
- 3.2.6.1. Pompa di iniezione/regolatore della pressione (2)
- 3.2.6.1.1. Marca:
- 3.2.6.1.2. Tipo:
- 3.2.6.1.3. Fasatura dell'iniezione:
- 3.2.6.1.4. Numero di certificazione:

- 3.2.6.2. Iniettore
- 3.2.6.2.1. Marca:
- 3.2.6.2.2. Tipo:
- 3.2.6.2.3. Pressione di apertura o curva caratteristica ⁽³⁾:
- 3.2.6.2.4. Numero di certificazione:
- 3.2.7. Unità elettronica di controllo (ECU)
- 3.2.7.1. Marca:
- 3.2.7.2. Tipo:
- 3.2.7.3. Possibilità di regolazione:
- 3.2.8. Apparecchiature specifiche per il carburante di tipo GN
- 3.2.8.1. Variante 1
- (solo nel caso dell'omologazione di motori per diverse composizioni specifiche di carburante)
- 3.2.8.1.1. Composizione del carburante:
- | | | | | | | |
|---|-------------|-------|-----------|-------|----------|-------|
| metano (CH ₄): | base: | % mol | min | % mol | max..... | % mol |
| etano (C ₂ H ₆): | base: | % mol | min | % mol | max..... | % mol |
| propano (C ₃ H ₈): | base: | % mol | min | % mol | max..... | % mol |
| butano (C ₄ H ₁₀): | base: | % mol | min | % mol | max..... | % mol |
| C5/C5+: | base: | % mol | min | % mol | max..... | % mol |
| ossigeno (O ₂): | base: | % mol | min | % mol | max..... | % mol |
| gas inerti (N ₂ , He ecc): | base: | % mol | min | % mol | max..... | % mol |
- 3.2.8.1.2. Iniettore
- 3.2.8.1.2.1. Marca:
- 3.2.8.1.2.2. Tipo:
- 3.2.8.1.3. Altro (se applicabile)
- 3.2.8.2. Variante 2
- (solo nel caso di omologazione per varie composizioni specifiche di carburante)
4. **Distribuzione**
- 4.1. Alzata massima delle valvole e angoli di apertura e chiusura riferiti ai punti morti o dati equivalenti:
- 4.2. Intervalli di riferimento e/o di regolazione ⁽²⁾:
5. **Sistema di accensione (solo motori con accensione a scintilla)**
- 5.1. Tipo di sistema di accensione: bobina comune e candele/bobina singola e candele/bobina sulla candela/altro (specificare) ⁽²⁾
- 5.2. Unità di comando dell'accensione
- 5.2.1. Marca:
- 5.2.2. Tipo:
- 5.3. Curva/mappa dell'anticipo di accensione ⁽²⁾ ⁽³⁾:

- 5.4. Fasatura dell'accensione ⁽³⁾:gradi prima del punto morto superiore ad un regime di min⁻¹
e una MAP di kPa
- 5.5. Candele
- 5.5.1. Marca:
- 5.5.2. Tipo:
- 5.5.3. Distanza tra gli elettrodi: mm
- 5.6. Bobina di accensione
- 5.6.1. Marca:
- 5.6.2. Tipo:
- 6. Sistema diagnostico di bordo (OBD)**
- 6.1. Descrizione scritta e/o disegno dell'MI ⁽⁴⁾:
- 6.2. Elenco e funzione di tutti i componenti monitorati dal sistema OBD:
- 6.3. Descrizione scritta (principi generali di funzionamento dell'OBD) di:
- 6.3.1. Motori diesel/a gas ⁽⁴⁾:
- 6.3.1.1. Monitoraggio del catalizzatore ⁽⁴⁾:
- 6.3.1.2. Monitoraggio del sistema deNOx ⁽⁴⁾:
- 6.3.1.3. Monitoraggio del filtro antiparticolato diesel ⁽⁴⁾:
- 6.3.1.4. Monitoraggio del sistema elettronico di alimentazione ⁽⁴⁾:
- 6.3.1.5. Altri componenti monitorati dal sistema OBD ⁽⁴⁾:
- 6.4. Criteri di attivazione dell'MI (numero definito di cicli di guida o metodo statistico):
- 6.5. Elenco di tutti i codici di uscita OBD e dei formati utilizzati (ciascuno corredato di spiegazione):
- 7. Limitatore di coppia**
- 7.1. Descrizione dell'attivazione del limitatore di coppia
- 7.2. Descrizione della limitazione della curva di pieno carico

⁽¹⁾ Da presentare per ogni motore della famiglia.

⁽²⁾ Cancellare le diciture inutili.

⁽³⁾ Specificare la tolleranza.

⁽⁴⁾ Cancellare le diciture inutili.

⁽⁵⁾ Nel caso di sistemi predisposti in modo diverso, fornire informazioni equivalenti (per il punto 3.2).

Appendice 4

Caratteristiche delle parti del veicolo in relazione con il motore

1. Depressione all'aspirazione al regime nominale del motore e carico del 100 per cento: kPa
2. Contropressione allo scarico al regime nominale del motore e carico del 100 per cento: kPa
3. Volume del sistema di scarico: cm³
4. Potenza assorbita dai dispositivi ausiliari azionati dal motore, misurata conformemente al regolamento n. 24, serie 03 di emendamenti, allegato 10, punto 5.1.1 e nelle condizioni operative in esso indicate ⁽¹⁾.

Dispositivi ausiliari	Potenza assorbita (kW) a vari regimi						
	minimo	regime basso	regime alto	regime A ^(a)	regime B ^(a)	regime C ^(a)	regime di rif. ^(b)
Dispositivi azionati dal motore (v. punto 5.1.1 del regolamento n. 24/03, allegato 10).							

^(a) Prova ESC.

^(b) Solo prova ETC.

⁽¹⁾ I dati devono essere specificati per ogni componente della famiglia.

Appendice 5

Informazioni relative al sistema OBD

1. Conformemente alle disposizioni del punto 5 dell'allegato 9A del presente regolamento, il costruttore del veicolo è tenuto a comunicare le informazioni supplementari sottoelencate per permettere la fabbricazione di pezzi di ricambio o di manutenzione compatibili con il sistema OBD, di strumenti di diagnosi e di apparecchiature di prova, sempreché tali informazioni non siano coperte da diritti di proprietà intellettuale o non consistano in cognizioni specifiche di cui siano depositari il costruttore o i fornitori del costruttore del dispositivo d'origine. Le informazioni fornite ai sensi del presente punto devono essere ripetute nella comunicazione di cui all'allegato 2A del presente regolamento:
 - 1.1. Descrizione del tipo e del numero dei cicli di precondizionamento utilizzati per l'omologazione originale del veicolo.
 - 1.2. Descrizione del tipo di ciclo di dimostrazione del sistema OBD utilizzato per l'omologazione iniziale del veicolo per quanto riguarda il componente monitorato dal sistema OBD.
 - 1.3. Descrizione completa di tutti i componenti sottoposti a rilevazione nell'ambito della strategia di individuazione dei guasti e di attivazione dell'MI (numero fisso di cicli di guida o metodo statistico), compreso l'elenco dei parametri secondari sottoposti a rilevazione per ogni componente monitorato dal sistema OBD. Elenco di tutti i codici di uscita dell'OBD e dei formati (con relativa spiegazione) utilizzati per i singoli componenti del motopropulsore in relazione con le emissioni e per i singoli componenti non in relazione con le emissioni, quando il monitoraggio del componente è utilizzato per determinare l'attivazione dell'MI.
 - 1.3.1. Le informazioni richieste possono essere comunicate, ad esempio, in una tabella come quella che segue, da accludere al presente allegato:

Componente	Codice di guasto	Strategia di monitoraggio	Criteri di individuazione dei guasti	Criteri di attivazione dell'MI	Parametri secondari	Precondizionamento	Prova di dimostrazione
Catalizzatore SCR	Pxxxx	Segnali dei sensori NOx 1 e 2	Differenza tra i segnali dei sensori 1 e 2	3° ciclo	Regime del motore, carico del motore, temperatura del catalizzatore, attività del reagente	3 cicli di prova dell'OBD (3 cicli ESC brevi)	Ciclo di prova dell'OBD (ciclo ESC breve)

- 1.3.2. Le informazioni che devono essere fornite ai sensi della presente appendice possono essere limitate all'elenco completo dei codici di guasto registrati dal sistema OBD, qualora non sia applicabile il punto 5.1.2.1 dell'allegato 9A del presente regolamento come nel caso dei pezzi di ricambio o componenti per la manutenzione. Le informazioni possono essere fornite ad esempio mediante la compilazione delle prime due colonne della tabella del punto 1.3.1 precedente.

Il fascicolo informativo completo deve essere messo a disposizione dell'autorità di omologazione insieme al materiale supplementare prescritto al punto 5.1.7.1 «Documentazione richiesta» del presente regolamento.

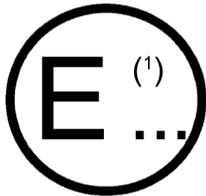
- 1.3.3. Le informazioni fornite ai sensi del presente punto devono essere ripetute nella comunicazione di cui all'allegato 2A del presente regolamento.

Qualora il punto 5.1.2.1 dell'allegato 9A del presente regolamento non sia applicabile, come nel caso dei pezzi di ricambio o componenti per la manutenzione, le informazioni di cui all'allegato 2A possono essere limitate a quelle indicate nel punto 1.3.2.

ALLEGATO 2A

COMUNICAZIONE

[formato massimo: A4 (210 × 297 mm)]



rilasciata da:

denominazione dell'amministrazione

.....
.....
.....

relativa a: (2) RILASCIO DELL'OMOLOGAZIONE
ESTENSIONE DELL'OMOLOGAZIONE
RIFIUTO DELL'OMOLOGAZIONE
REVOCA DELL'OMOLOGAZIONE
CESSAZIONE DEFINITIVA DELLA PRODUZIONE

di un motore o famiglia di motori ad accensione spontanea (diesel o a etanolo) o di un motore o famiglia di motori ad accensione comandata (a GN o GPL) (2) in quanto entità tecnica per quanto riguarda le emissioni di inquinanti in applicazione del regolamento n. 49, serie 05 di emendamenti

N. di omologazione N. di estensione.....

1. Marchio di fabbrica o commerciale del motore:

2. Tipo di motore / Famiglia di motori:

2.1. Codice apposto dal costruttore sul motore (3):

3. Tipo di combustione: accensione spontanea/accensione comandata (2)

3.1. Tipo di carburante:

4. Nome e indirizzo del costruttore:

5. Nome e indirizzo dell'eventuale mandatario del costruttore:
.....

6. Depressione massima ammissibile all'aspirazione (3): kPa

7. Contropressione massima ammissibile (3): kPa

8. Potenza massima ammissibile assorbita dai dispositivi azionati dal motore:
minimo: kW; basso regime:kW; alto regime:kW
regime A: kW; regime B: kW; regime C: kW
Regime di riferimento: kW

9. Volume del sistema di scarico: cm³

10. Eventuali limitazioni d'uso:.....

11. Livelli di emissioni del motore/motore capostipite (2)

11.1. Fase di emissioni (secondo la tabella del punto 4.6.3)

11.2. Prova ESC (se applicabile):

Fattore di deterioramento (DF): calcolato/assegnato (2)

Nella tabella seguente specificare i valori DF e le emissioni nella prova ESC:

Prova ESC				
DF	CO	THC	NO _x	PT
Emissioni	CO (g/kWh)	THC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	PT (g/kWh)
Misurate:				
Calcolate con DF:				

11.3. Prova ELR (se applicabile):

indice di fumo: m¹

11.4. Prova ETC:

Fattore di deterioramento (DF): calcolato/assegnato ⁽²⁾

Prova ETC					
DF	CO	NMHC	CH ₄	NO _x	PT
Emissioni	CO (g/kWh)	NMHC (g/kWh) ⁽²⁾	CH ₄ (g/kWh) ⁽²⁾	NO _x (g/kWh)	PT (g/kWh) ⁽²⁾
Misurate con rigenerazione:					
Misurate senza rigenerazione:					
Misurate/ponderate:					
Calcolate con DF:					

- 12. Motore presentato per le prove il:
- 13. Servizio tecnico incaricato delle prove di omologazione:
- 14. Data della relazione di prova rilasciata da tale servizio:
- 15. Numero della relazione di prova rilasciata da tale servizio:
- 16. Posizione del marchio di omologazione sul motore:
- 17. Motivi dell'estensione:.....
- 18. Luogo:
- 19. Data:
- 20. Firma:
- 21. Alla comunicazione sono allegati i seguenti documenti, che recano il numero di omologazione sopra indicato:
una copia dell'allegato 1 del presente regolamento, debitamente compilata e corredata dei disegni e degli schemi a cui si fa riferimento.

(¹) Numero distintivo del paese che la rilasciato/esteso/rifiutato/revocato l'omologazione (v. le disposizioni del presente regolamento in materia di omologazione).
 (²) Cancellare le diciture inutili.
 (³) Per ogni componente della famiglia.

*Appendice 1***Informazioni relative al sistema OBD**

Come indicato nell'allegato 1, appendice 4 del presente regolamento, le informazioni di cui alla presente appendice sono fornite dal costruttore del motore/veicolo per permettere la fabbricazione di pezzi di ricambio o di manutenzione compatibili con il sistema OBD, di strumenti di diagnosi e di apparecchiature di prova, sempreché tali informazioni non siano coperte da diritti di proprietà intellettuale o non consistano in cognizioni specifiche del costruttore o dei fornitori del costruttore del dispositivo di origine.

La presente appendice sarà messa a disposizione, senza discriminazioni, di ogni fabbricante di componenti, strumenti di diagnosi o apparecchiature di prova che ne faccia richiesta.

Conformemente alle disposizioni dell'allegato 1, appendice 4, punto 1.3.3, le informazioni prescritte dal presente punto sono identiche a quelle indicate in tale appendice.

1. Descrizione del tipo e del numero dei cicli di preconditionamento utilizzati per l'omologazione iniziale del veicolo.
 2. Descrizione del tipo di ciclo di dimostrazione del sistema OBD utilizzato per l'omologazione iniziale del veicolo per quanto riguarda il componente monitorato dal sistema OBD.
 3. Descrizione completa di tutti i componenti sottoposti a rilevamento nell'ambito della strategia di individuazione dei guasti e di attivazione dell'MI (numero fisso di cicli di guida o metodo statistico), compreso l'elenco dei parametri secondari sottoposti a rilevamento per ogni componente monitorato dal sistema OBD. Elenco di tutti i codici di uscita dell'OBD e dei formati (con relativa spiegazione) utilizzati per i singoli componenti del motore in relazione con le emissioni e per i singoli componenti non in relazione con le emissioni, quando il monitoraggio del componente è utilizzato per determinare l'attivazione dell'MI.
-

ALLEGATO 2B

COMUNICAZIONE

[formato massimo: A4 (210 × 297 mm)]



rilasciata da:

denominazione dell'amministrazione:

.....
.....
.....

Relativa a: ⁽²⁾ RILASCIO DELL'OMOLOGAZIONE
ESTENSIONE DELL'OMOLOGAZIONE
RIFIUTO DELL'OMOLOGAZIONE
REVOCA DELL'OMOLOGAZIONE
CESSAZIONE DEFINITIVA DELLA PRODUZIONE

di un veicolo per quanto riguarda le emissioni di inquinanti prodotte dal motore in applicazione del regolamento n. 49

N. di omologazione N. di estensione

1. Marchio di fabbrica o commerciale del motore:

1.1. Marca e tipo del motore:

1.2. Codice apposto dal costruttore sul motore:

.....

2. Marca e tipo del veicolo:

3. Nome e indirizzo del costruttore del veicolo:

4. Nome e indirizzo dell'eventuale mandatario del costruttore del veicolo:

.....

5. Depressione massima ammissibile all'aspirazione: kPa

6. Contropressione massima ammissibile: kPa

7. Potenza massima ammissibile assorbita dai dispositivi azionati dal motore:

minimo: kW; basso regime:kW; alto regime:kW

regime A: kW; regime B: kW; regime C: kW;

regime di riferimento: kW

8. Volume del sistema di scarico: cm³

9. Livelli di emissioni del motore/motore capostipite

9.1. Fase di emissioni (secondo la tabella del punto 4.6.3)

9.2. Prova ESC (se applicabile):

Fattore di deterioramento (DF): calcolato/assegnato ⁽²⁾

Nella tabella seguente specificare i valori DF e le emissioni nella prova ESC:

Prova ESC				
DF	CO	THC	NO _x	PT
Emissioni	CO (g/kWh)	THC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	PT (g/kWh)
Misurate:				
Calcolate con DF:				

9.3. Prova ELR (se applicabile):

Indice di fumo: m⁻¹

9.4. Prova ETC:

Fattore di deterioramento (DF): calcolato/assegnato ⁽²⁾

Prova ETC					
DF	CO	NMHC	CH ₄	NO _x	PT
Emissioni	CO (g/kWh)	NMHC (g/kWh) ⁽²⁾	CH ₄ (g/kWh) ⁽²⁾	NO _x (g/kWh)	PT (g/kWh) ⁽²⁾
Misurate con rigenerazione:					
Misurate con rigenerazione:					
Misurate/ponderate:					
Calcolate con DF:					

10. Motore presentato per le prove il:

11. Servizio tecnico incaricato delle prove di omologazione:

12. Data della relazione di prova rilasciata da tale servizio:

13. Numero della relazione di prova rilasciata da tale servizio:

14. Numero di omologazione del motore/famiglia di motori, se omologato in quanto entità tecnica:

15. Posizione del marchio di omologazione sul veicolo/motore ⁽²⁾:

16. Motivi dell'estensione:

17. Luogo:

18. Data:

19. Firma:

⁽¹⁾ Numero distintivo del paese che la rilasciato/esteso/rifiutato/revocato l'omologazione (v. le disposizioni del presente regolamento in materia di omologazione).

⁽²⁾ Cancellare le diciture inutili.

ALLEGATO 3

ESEMPI DI DISPOSIZIONE DEI MARCHI DI OMOLOGAZIONE

(v. tabella al punto 4.6.3. del presente regolamento)

- I. OMOLOGAZIONE «B» (riga B1, fase OBD 1, senza controllo degli NO_x).

ESEMPIO 1

Motori diesel

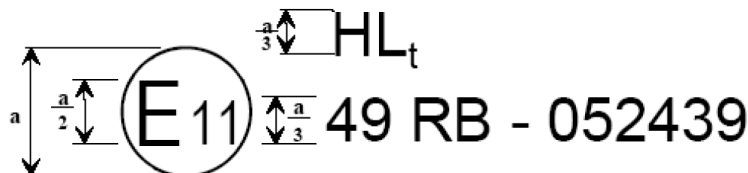


a = 8 mm min.

ESEMPIO 2

Motori a gas naturale (GN)

Il suffisso che segue il simbolo nazionale indica la qualificazione del carburante stabilita conformemente al punto 4.6.3.1 del presente regolamento.



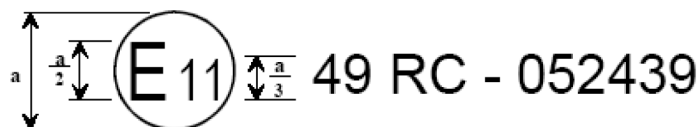
a = 8 mm min.

Il marchio di omologazione sopra riportato, apposto su un motore/veicolo, indica che il motore/veicolo è stato omologato nel Regno Unito (E11) in applicazione del regolamento n. 49 con il numero di omologazione 052439. Il marchio indica che l'omologazione è stata rilasciata conformemente al regolamento n. 49 modificato dalla serie 05 di emendamenti e che sono soddisfatte le fasi di emissioni pertinenti precisate nel punto 4.6.3 del presente regolamento.

- II. OMOLOGAZIONE «C» (riga B1, fase OBD 1, con controllo degli NO_x).

ESEMPIO 3

Motori diesel



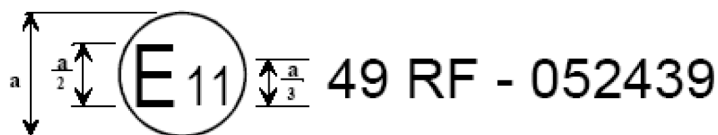
a = 8 mm min.

Il marchio di omologazione sopra riportato, apposto su un motore/veicolo, indica che il motore/veicolo è stato omologato nel Regno Unito (E11) in applicazione del regolamento n. 49 con il numero di omologazione 052439. Il marchio indica che l'omologazione è stata rilasciata conformemente al regolamento n. 49 modificato dalla serie 05 di emendamenti e che sono soddisfatte le fasi di emissioni pertinenti precisate nel punto 4.6.3 del presente regolamento.

III. OMOLOGAZIONE «F» (riga B2, fase OBD 2, senza controllo degli NO_x).

ESEMPIO 4

Motori a GPL



a = 8 mm min.

Il marchio di omologazione sopra riportato, apposto su un motore/veicolo, indica che il motore/veicolo è stato omologato nel Regno Unito (E11) in applicazione del regolamento n. 49 e con il numero di omologazione 052439. Il marchio indica che l'omologazione è stata rilasciata conformemente al regolamento n. 49 modificato dalla serie 05 di emendamenti e che sono soddisfatte le fasi di emissioni pertinenti precisate nel punto 4.6.3 del presente regolamento.

IV. OMOLOGAZIONE «G» (riga B2, fase OBD 2, con controllo degli NO_x).

ESEMPIO 5

Motori diesel



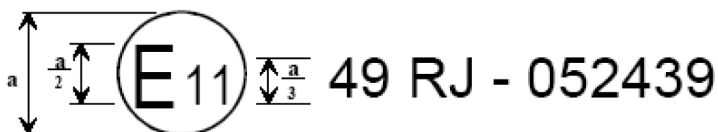
a = 8 mm min.

Il marchio di omologazione sopra riportato, apposto su un motore/veicolo, indica che il motore/veicolo è stato omologato nel Regno Unito (E11) in applicazione del regolamento n. 49 con il numero di omologazione 052439. Il marchio indica che l'omologazione è stata rilasciata conformemente al regolamento n. 49 modificato dalla serie 05 di emendamenti e che sono soddisfatte le fasi di emissioni pertinenti precisate nel punto 4.6.3 del presente regolamento.

V. OMOLOGAZIONE «J» (riga C, fase OBD 2, senza controllo degli NO_x).

ESEMPIO 6

Motori a GPL

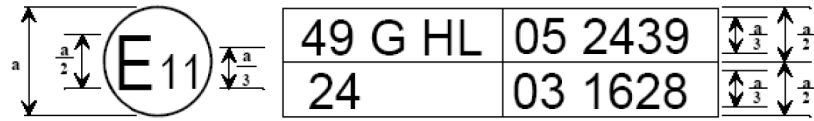


a = 8 mm min.

Il marchio di omologazione sopra riportato, apposto su un motore/veicolo, indica che il motore/veicolo è stato omologato nel Regno Unito (E11) in applicazione del regolamento n. 49 con il numero di omologazione 052439. Il marchio indica che l'omologazione è stata rilasciata conformemente al regolamento n. 49 modificato dalla serie 05 di emendamenti e che sono soddisfatte le fasi di emissioni pertinenti precisate nel punto 4.6.3 del presente regolamento.

- VI. MOTORE/VEICOLO OMOLOGATO IN APPLICAZIONE DI UNO O PIÙ REGOLAMENTI (v. punto 4.7 del presente regolamento)

ESEMPIO 7



Il marchio di omologazione sopra riportato, apposto su un motore/veicolo a gas naturale HL, indica che il motore/veicolo è stato omologato nel Regno Unito (E11) in applicazione del regolamento n. 49 (fase di emissioni G) e del regolamento n. 24 ⁽¹⁾. Le prime due cifre del numero di omologazione indicano che, alla data in cui sono state rilasciate le omologazioni, il regolamento n. 49 comprendeva la serie 05 di emendamenti e il regolamento n. 24 la serie 03 di emendamenti.

⁽¹⁾ Il secondo numero di regolamento è riportato unicamente a titolo di esempio.

ALLEGATO 4A

Procedimento di prova

1. INTRODUZIONE

1.1. Il presente allegato descrive i metodi per la determinazione delle emissioni di componenti gassosi, particolato e fumo prodotte dai motori sottoposti a prova. Sono descritti tre cicli di prova da applicarsi secondo le disposizioni del punto 5.2:

- a) il ciclo ESC, costituito da un ciclo di 13 modalità in regime stazionario,
- b) il ciclo ELR, costituito da una sequenza di gradini di carico a differenti regimi del motore; i gradini di carico sono parte integrante di uno stesso procedimento di prova e sono eseguiti in successione,
- c) il ciclo ETC, costituito da una sequenza di modalità transitorie normalizzate secondo per secondo.

1.2. La prova si esegue con il motore montato su banco di prova e collegato a un dinamometro.

1.3. **Principio di misura**

Le emissioni da misurare nel gas di scarico sono i componenti gassosi (monossido di carbonio, idrocarburi totali per i motori diesel nella sola prova ESC; idrocarburi non metanici per i motori diesel e a gas nella sola prova ETC; metano per i motori a gas nella sola prova ETC e ossidi di azoto), il particolato (solo motori diesel) e il fumo (motori diesel nella sola prova ELR). Inoltre, si usa spesso il biossido di carbonio come gas tracciante per determinare il rapporto di diluizione nei sistemi di diluizione a flusso parziale e a flusso totale. In base ai principi di buona pratica ingegneristica è consigliabile effettuare una misurazione generale del biossido di carbonio: questa rappresenta infatti un eccellente strumento per individuare problemi di misurazione durante l'esecuzione delle prove.

1.3.1. Prova ESC

Durante una sequenza prescritta di condizioni di funzionamento a caldo del motore, si esaminano in continuo le quantità di emissioni allo scarico di cui sopra prelevando un campione dal gas di scarico grezzo o diluito. Il ciclo di prova è costituito da un certo numero di modalità di regime e di potenza che coprono l'intervallo tipico di funzionamento dei motori diesel. Durante ciascuna modalità, si determinano la concentrazione di ciascun inquinante gassoso, il flusso di gas di scarico e la potenza in uscita, ponderando i valori misurati. Per la misura del particolato, i gas di scarico devono essere diluiti con aria ambiente condizionata utilizzando un sistema di diluizione a flusso parziale o totale. Il particolato deve essere raccolto su un filtro appropriato in proporzione ai fattori di ponderazione di ciascuna modalità. Il calcolo dei grammi di ciascun inquinante emesso per kilowattora (kWh) deve essere eseguito come descritto nell'appendice 1 del presente allegato. Inoltre gli NO_x devono essere misurati in tre punti all'interno dell'area di controllo scelta dal servizio tecnico e i valori misurati devono essere confrontati con i valori calcolati in base alle modalità del ciclo di prova adiacenti ai punti di prova scelti. La verifica del controllo degli NO_x garantisce l'efficacia del controllo delle emissioni del motore nell'intervallo tipico di funzionamento del motore.

1.3.2. Prova ELR

Si misura mediante un opacimetro il fumo emesso a caldo da un motore durante una prova di risposta a carichi prescritti. La prova consiste nel sottoporre il motore, a regime costante, a un carico dal 10 per cento al 100 per cento a tre differenti regimi. La prova deve essere inoltre eseguita a un quarto gradino di carico scelto dal servizio tecnico ⁽¹⁾ confrontando il valore con i valori dei gradini di carico precedenti. Il picco di emissione di fumo deve essere determinato usando un algoritmo di calcolo della media, descritto nell'appendice 1 del presente allegato.

1.3.3. Prova ETC

Durante un ciclo transitorio prescritto di condizioni di funzionamento a caldo del motore, basato su modelli di guida specifici definiti per i vari tipi di strade per i motori pesanti montati su autocarri e autobus, si esaminano gli inquinanti di cui sopra dopo avere diluito il gas di scarico totale con aria ambiente condizionata (sistema CVS con doppia diluizione per il particolato) oppure mediante la determinazione dei componenti gassosi nel gas di scarico grezzo e del particolato con un sistema di diluizione a flusso parziale. Utilizzando i segnali di retroazione relativi

⁽¹⁾ I punti di prova devono essere scelti utilizzando metodi statistici di randomizzazione approvati.

alla coppia motrice e al regime forniti dal dinamometro collegato al motore, si integra la potenza rispetto al tempo del ciclo in modo da ricavare il lavoro prodotto dal motore nell'arco del ciclo. Per un sistema CVS, la concentrazione di NO_x e HC deve essere determinata nell'arco del ciclo mediante integrazione del segnale dell'analizzatore. La concentrazione di CO, CO₂ e NMHC può essere determinata mediante integrazione del segnale dell'analizzatore o mediante campionamento con sacchetto. Qualora siano misurati nel gas di scarico grezzo, tutti i componenti gassosi devono essere determinati nell'arco dell'intero ciclo mediante integrazione del segnale dell'analizzatore. Per il particolato si deve raccogliere su un filtro adatto un campione proporzionale. Per calcolare i valori massici di emissione degli inquinanti si deve determinare la portata del gas di scarico grezzo o diluito nell'arco del ciclo. Dalla relazione tra i valori massici delle emissioni e il lavoro del motore si ricavano i grammi di ciascun inquinante emessi per kilowattora, come descritto nell'appendice 2 del presente allegato.

2. CONDIZIONI DI PROVA

2.1. Condizioni di prova del motore

2.1.1. Si misurano la temperatura assoluta (T_a) dell'aria di aspirazione del motore espressa in Kelvin e la pressione atmosferica riferita al secco (p_s) espressa in kPa, e si determina il parametro f_a nel modo seguente. Nei motori multicilindrici con gruppi di collettori di aspirazione distinti, come nel caso dei motori a «V», è ammessa la misurazione della temperatura media dei gruppi distinti.

a) per i motori ad accensione spontanea:

motori ad aspirazione naturale e con sovralimentatore meccanico:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right) \cdot \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0,7}$$

motori turbocompressi, con o senza raffreddamento dell'aria aspirata:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{0,7} \cdot \left(\frac{T_a}{298}\right)^{1,5}$$

b) per i motori con accensione a scintilla:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{1,2} \cdot \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0,6}$$

2.1.2. Validità della prova

Una prova è riconosciuta valida quando il parametro f_a soddisfa la relazione:

$$0,96 \leq f_a \leq 1,06$$

2.2. Motori con raffreddamento dell'aria di sovralimentazione

Si registra la temperatura dell'aria di sovralimentazione che, al regime della potenza massima dichiarata e a pieno carico, deve coincidere con un'approssimazione di ± 5 K con la temperatura massima dell'aria di sovralimentazione specificata nell'allegato 1, appendice 1, punto 1.16.3. La temperatura del fluido di raffreddamento non deve essere minore di 293 K (20 °C).

Se si usa un impianto di condizionamento dell'aria di sovralimentazione proprio della sala prova o un ventilatore esterno, la temperatura dell'aria di sovralimentazione, al regime della potenza massima dichiarata e a pieno carico, deve coincidere con un'approssimazione di ± 5 K con la temperatura massima dell'aria di sovralimentazione specificata nell'allegato 1, appendice 1, punto 1.16.3. Per tutto il ciclo di prova si utilizza la regolazione del dispositivo di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione necessaria per rispettare le condizioni di cui sopra.

2.3. Sistema di aspirazione aria del motore

Si utilizza un sistema di aspirazione aria del motore che presenti una limitazione dell'aspirazione d'aria coincidente con un'approssimazione di ± 100 Pa con il limite superiore del motore funzionante al regime di potenza massima dichiarata e a pieno carico.

2.4. Sistema di scarico del motore

Si utilizza un sistema di scarico che presenti una contropressione allo scarico coincidente con un'approssimazione di $\pm 1\,000$ Pa con il limite superiore del motore funzionante al regime di potenza massima dichiarata e a pieno carico e un volume coincidente con un'approssimazione di ± 40 per cento con quello specificato dal costruttore. È ammesso l'uso di un impianto di estrazione dei gas di scarico proprio della sala prova purché riproduca le condizioni effettive di funzionamento del motore. Il sistema di scarico deve essere conforme alle prescrizioni sul campionamento dei gas di scarico di cui al punto 3.4 dell'appendice 4 del presente allegato e all'appendice 7, punto 2.2.1, EP e punto 2.3.1, EP.

Se il motore è equipaggiato con un dispositivo di post-trattamento del gas di scarico, il condotto di scarico deve avere lo stesso diametro di quello effettivamente utilizzato per il motore per almeno 4 diametri del condotto a monte dell'ingresso dell'inizio della sezione di espansione che contiene il dispositivo di post-trattamento. La distanza tra la flangia del collettore di scarico o l'uscita del turbocompressore e il dispositivo di post-trattamento del gas di scarico deve essere uguale a quella utilizzata nella configurazione del veicolo o compresa entro i limiti indicati dal costruttore. La restrizione o contropressione allo scarico deve rispettare gli stessi criteri di cui sopra e può essere regolata con una valvola. Il contenitore del dispositivo di post-trattamento può essere rimosso durante le prove preparatorie e durante la mappatura del motore e sostituito con un contenitore equivalente avente un supporto catalizzatore inattivo.

2.5. Sistema di raffreddamento

Si usa un sistema di raffreddamento del motore avente una capacità sufficiente per mantenere il motore alle temperature di funzionamento normali prescritte dal costruttore.

2.6. Olio lubrificante

Le caratteristiche tecniche dell'olio lubrificante usato per la prova devono essere registrate e presentate con i risultati della prova come specificato nell'allegato 1, punto 7.1.

2.7. Carburante

Il carburante utilizzato deve essere il carburante di riferimento specificato nell'allegato 5.

La temperatura del carburante e il punto di misura devono essere specificati dal costruttore entro i limiti indicati nell'allegato 1, punto 1.16.5. La temperatura del carburante non deve essere inferiore a 306 K (33 °C). Se non è specificata, deve essere di $311\text{ K} \pm 5\text{ K}$ ($38\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$) all'ingresso del sistema di alimentazione del carburante.

Per i motori a GN e GPL, la temperatura del carburante e il punto di misura devono essere compresi nei limiti indicati nell'allegato 1, punto 1.16.5 o nell'allegato 1, appendice 3, punto 1.16.5 se il motore non è capostipite.

- 2.8. Se il motore è dotato di sistema di post-trattamento del gas di scarico, le emissioni misurate nel ciclo o nei cicli di prova devono essere rappresentative delle emissioni in condizioni reali di utilizzo. Nel caso di un motore dotato di sistema di post-trattamento del gas di scarico che richiede il consumo di un reagente, il reagente usato per tutte le prove deve essere conforme all'allegato 1, punto 2.2.1.13.

- 2.8.1. Per i sistemi di post-trattamento del gas di scarico a rigenerazione continua, le emissioni si misurano sul sistema di post-trattamento stabilizzato.

Il processo di rigenerazione si deve innescare almeno una volta durante la prova ETC e il costruttore deve dichiarare le condizioni normali in cui avviene la rigenerazione [carico di particolato carbonioso (soot), temperatura, contropressione allo scarico, ecc.].

Per controllare il processo di rigenerazione si devono effettuare almeno 5 prove ETC. Durante le prove si devono registrare la temperatura e la pressione allo scarico (temperatura a monte e a valle del sistema di post-trattamento, contropressione allo scarico, ecc.).

Il sistema di post-trattamento è considerato conforme se le condizioni dichiarate dal costruttore si riscontrano per un periodo sufficiente nel corso della prova.

Il risultato finale della prova è la media aritmetica dei diversi risultati delle prove ETC.

Se il sistema di post-trattamento del gas di scarico prevede una modalità di sicurezza che provoca il passaggio alla modalità di rigenerazione periodica, esso deve essere controllato conformemente al punto 2.8.2 del presente allegato. In questo caso specifico i limiti di emissione di cui alla tabella 2 del punto 5.2 possono essere superati e non devono essere ponderati.

- 2.8.2. Per i sistemi di post-trattamento del gas di scarico a rigenerazione periodica, le emissioni devono essere misurate nel sistema di post-trattamento stabilizzato in almeno due prove ETC, una mentre è in corso e due mentre non è in corso un evento di rigenerazione, e i risultati devono essere ponderati.

Il processo di rigenerazione deve innescarsi almeno una volta durante la prova ETC. Il motore può essere dotato di un interruttore capace di impedire o consentire il processo di rigenerazione, a condizione che tale operazione non abbia alcun effetto sulla taratura originale del motore.

Il costruttore dichiara le condizioni normali in cui avviene il processo di rigenerazione (carico di particolato carbonioso, temperatura, contropressione allo scarico, ecc.) e la durata dello stesso (n2). Il costruttore fornisce inoltre tutti i dati necessari per la determinazione del periodo di tempo tra due rigenerazioni (n1). L'esatta procedura di determinazione di tale periodo deve essere approvata dal servizio tecnico in base a criteri di buona pratica ingegneristica.

Il costruttore fornisce un sistema di post-trattamento con un carico tale da determinare l'innescio della rigenerazione durante la prova ETC. La rigenerazione non deve verificarsi durante la fase di condizionamento del motore.

Le emissioni medie tra fasi di rigenerazione si determinano in base alla media aritmetica di diverse prove ETC approssimativamente equidistanti. È consigliabile effettuare almeno una prova ETC quanto meno tempo possibile prima della prova di rigenerazione e una subito dopo la prova di rigenerazione. In alternativa il costruttore può fornire dati che dimostrano che le emissioni rimangono costanti (± 15 per cento) nel periodo tra le fasi di rigenerazione. In tal caso possono essere utilizzate le emissioni di una sola prova ETC.

Durante la prova di rigenerazione si registrano tutti i dati necessari per individuare la rigenerazione (emissioni di CO o NO_x, temperatura a monte e a valle del sistema di post-trattamento, contropressione allo scarico, ecc.).

Durante il processo di rigenerazione possono essere superati i limiti di emissione di cui alla tabella 2 del punto 5.2.

Le emissioni misurate devono essere ponderate conformemente alle disposizioni di cui ai punti 5.5 e 6.3 dell'appendice 2 del presente allegato; il risultato finale non deve superare i limiti indicati nella tabella 2 del punto 5.2.

Appendice 1

Cicli di prova ESC ed ELR**1. REGOLAZIONI DEL MOTORE E DEL BANCO DINAMOMETRICO****1.1 Determinazione dei regimi A, B e C del motore**

I regimi A, B e C devono essere dichiarati dal costruttore in conformità delle seguenti disposizioni.

L'alto regime n_{hi} deve essere determinato calcolando il 70 per cento della potenza netta $P(n)$ massima dichiarata, determinata conformemente all'allegato 1, punto 8.2. Il regime massimo al quale si ottiene questo valore di potenza sulla curva della potenza è definito n_{hi} .

Il basso regime n_{lo} deve essere determinato calcolando il 50 per cento della potenza netta $P(n)$ massima dichiarata, determinata conformemente all'allegato 1, punto 8.2. Il regime minimo al quale si ottiene questo valore di potenza sulla curva della potenza è definito n_{lo} .

I regimi A, B e C devono essere calcolati come segue:

$$\text{regime A} = n_{lo} + 25 \text{ per cento } (n_{hi} - n_{lo})$$

$$\text{regime B} = n_{lo} + 50 \text{ per cento } (n_{hi} - n_{lo})$$

$$\text{regime C} = n_{lo} + 75 \text{ per cento } (n_{hi} - n_{lo})$$

I regimi A, B e C possono essere verificati mediante uno dei seguenti metodi.

- a) Per una determinazione accurata di n_{hi} e n_{lo} , si effettua la misura su punti di prova addizionali durante l'omologazione della potenza del motore conformemente al regolamento n. 85. La potenza massima, n_{hi} e n_{lo} sono determinati in base alla curva di potenza e i regimi A, B e C del motore sono calcolati secondo le disposizioni di cui sopra.
- b) Si effettua la mappatura del motore lungo la curva di pieno carico, dal regime massimo a vuoto al regime minimo, utilizzando almeno 5 punti di misura per ogni intervallo di $1\ 000 \text{ min}^{-1}$ e punti di misura entro $\pm 50 \text{ min}^{-1}$ del regime alla potenza massima dichiarata. La potenza massima, n_{hi} e n_{lo} sono determinati in base a questa curva di mappatura e i regimi A, B e C del motore sono calcolati secondo le disposizioni di cui sopra.

Se i regimi A, B e C misurati coincidono con un'approssimazione di ± 3 per cento con i regimi dichiarati dal costruttore, per la prova delle emissioni si utilizzano i regimi dichiarati. Se per qualsiasi regime del motore viene superata la tolleranza, per la prova delle emissioni si utilizzano i regimi misurati.

1.2. Determinazione delle regolazioni del banco dinamometrico

Per calcolare i valori della coppia per le modalità di prova specificate in condizioni nette, specificate nell'allegato 1, punto 8.2, si determina sperimentalmente la curva di coppia a pieno carico. Si tiene conto, se del caso, della potenza assorbita dalle apparecchiature azionate dal motore. La regolazione del banco dinamometrico per ciascuna modalità di prova si calcola usando la formula:

$$s = P(n) * (L/100) \text{ se la prova viene eseguita in condizioni nette}$$

$$s = P(n) * (L/100) + (P(a) - P(b)) \text{ se la prova non viene eseguita in condizioni nette}$$

dove:

s = regolazione del banco dinamometrico, kW

P(n) = potenza netta del motore indicata nell'allegato 1, punto 8.2, kW

L = carico percentuale indicato al punto 2.7.1, percentuale

P(a) = potenza assorbita dai dispositivi ausiliari da montare indicata nell'allegato 1, punto 6.1.

P(b) = potenza assorbita dai dispositivi ausiliari da rimuovere indicata nell'allegato 1, punto 6.2.

2. ESECUZIONE DELLA PROVA ESC

Su richiesta del costruttore, si può eseguire una prova preparatoria (senza valore) per condizionare il motore e il sistema di scarico prima del ciclo di misura.

2.1. Preparazione del filtro di campionamento

Almeno un'ora prima della prova, si introduce ciascun filtro in una capsula di Petri parzialmente coperta e protetta contro la contaminazione da polvere e lo si pone in una camera di pesata per la stabilizzazione. Al termine del periodo di stabilizzazione si pesa ciascun filtro e si registra la tara. In seguito si conserva il filtro in una capsula di Petri chiusa o in un portafiltri sigillato fino al momento della prova. Il filtro deve essere utilizzato entro otto ore dalla rimozione dalla camera di pesata. Si registra la tara.

2.2. Installazione dell'apparecchiatura di misura

Si installano la strumentazione e le sonde di campionamento nel modo prescritto. Quando si utilizza un sistema di diluizione a flusso totale per la diluizione dei gas di scarico, il condotto di scarico deve essere collegato al sistema.

2.3. Avviamento del sistema di diluizione e del motore

Si avviano e si riscaldano il sistema di diluizione e il motore fino alla stabilizzazione di tutte le temperature e le pressioni al regime di potenza massima secondo le raccomandazioni del costruttore e la buona pratica ingegneristica.

2.4. Avviamento del sistema di campionamento del particolato

Si avvia il sistema di campionamento del particolato e lo si fa funzionare in derivazione (bypass). Il livello di fondo del particolato nell'aria di diluizione può essere determinato facendo passare aria di diluizione attraverso i filtri del particolato. Se si usa aria di diluizione filtrata, si può effettuare una misurazione unica prima o dopo la prova. Se l'aria di diluizione non è filtrata, si effettuano misurazioni all'inizio e al termine del ciclo e si provvede poi a calcolare la media dei valori.

2.5. Regolazione del rapporto di diluizione

L'aria di diluizione deve avere caratteristiche tali che la temperatura del gas di scarico diluito immediatamente a monte del filtro principale non superi i 325 K (52 °C) in nessuna modalità. Il rapporto di diluizione (q) non deve essere minore di 4.

Con i sistemi in cui si usa la misura della concentrazione di CO₂ o NO_x per il controllo del rapporto di diluizione, si misura il contenuto di CO₂ o NO_x dell'aria di diluizione all'inizio e al termine di ciascuna prova. Le concentrazioni di fondo di CO₂ o NO_x misurate nell'aria di diluizione prima e dopo la prova devono coincidere con una differenza massima di 100 ppm o 5 ppm, rispettivamente.

2.6. Controllo degli analizzatori

Si azzerano e si calibrano gli analizzatori delle emissioni. Si vuotano i sacchetti di campionamento, se sono utilizzati.

2.7. Ciclo di prova

2.7.1. Nel funzionamento al banco dinamometrico del motore di prova, si utilizza il seguente ciclo di 13 modalità:

Modalità numero	Regime del motore	Carico percentuale	Fattore di ponderazione	Durata delle modalità
1	minimo	—	0,15	4 minuti
2	A	100	0,08	2 minuti
3	B	50	0,10	2 minuti
4	B	75	0,10	2 minuti
5	A	50	0,05	2 minuti

Modalità numero	Regime del motore	Carico percentuale	Fattore di ponderazione	Durata delle modalità
6	A	75	0,05	2 minuti
7	A	25	0,05	2 minuti
8	B	100	0,09	2 minuti
9	B	25	0,10	2 minuti
10	C	100	0,08	2 minuti
11	C	25	0,05	2 minuti
12	C	75	0,05	2 minuti
13	C	50	0,05	2 minuti

2.7.2. Sequenza di prova

Si avvia la sequenza di prova. La prova deve essere eseguita con la sequenza di modalità indicata nel punto 2.7.1.

Si fa funzionare il motore per il tempo prescritto in ciascuna modalità, completando le variazioni di regime e di carico nei primi 20 secondi. Il regime deve essere mantenuto al livello specificato con una differenza massima di $\pm 50 \text{ min}^{-1}$ e la coppia specificata deve essere mantenuta al valore di coppia massima al regime di prova con una differenza massima di ± 2 per cento.

Su richiesta del costruttore, la sequenza di prova può essere ripetuta un numero di volte sufficiente per raccogliere sul filtro una massa di particolato più elevata. Il costruttore deve fornire una descrizione dettagliata delle procedure di valutazione e di calcolo dei dati. Le emissioni gassose devono essere determinate solo nel primo ciclo.

2.7.3. Risposta degli analizzatori

I dati forniti dagli analizzatori devono essere registrati su un registratore scrivente o misurati con un sistema equivalente di acquisizione dei dati mentre il gas di scarico fluisce attraverso gli analizzatori per tutta la durata del ciclo di prova.

2.7.4. Campionamento del particolato

Si utilizza un solo filtro per la procedura di prova completa. Si tiene conto dei fattori di ponderazione specificati per le singole modalità nella procedura del ciclo di prova prelevando un campione proporzionale alla portata massica del gas di scarico durante ciascuna modalità del ciclo. A questo scopo si possono regolare la portata del campione, il tempo di campionamento e/o il rapporto di diluizione in modo da rispettare il criterio relativo ai fattori di ponderazione effettivi di cui al punto 6.6.

Il tempo di campionamento per ogni modalità deve essere di almeno 4 secondi per 0,01 fattore di ponderazione. Il campionamento deve essere eseguito il più tardi possibile in ciascuna modalità. Il campionamento del particolato deve essere completato non più di 5 secondi prima del termine di ciascuna modalità.

2.7.5. Condizioni del motore

Durante ciascuna modalità, si registrano il regime e il carico del motore, la temperatura e la depressione dell'aria di aspirazione, la temperatura e la contropressione del gas di scarico, la portata di carburante e la portata d'aria o gas di scarico, la temperatura dell'aria di sovralimentazione, la temperatura del carburante e la sua umidità rispettando le prescrizioni relative a regime e carico (cfr. punto 2.7.2) durante il tempo di campionamento del particolato e comunque durante l'ultimo minuto di ciascuna modalità.

Si registra qualsiasi dato ulteriore occorrente per il calcolo (cfr. punti 4 e 5).

2.7.6. Controllo degli NO_x all'interno dell'area di controllo

Il controllo degli NO_x all'interno dell'area di controllo deve essere eseguito immediatamente dopo il completamento della modalità 13.

Prima di iniziare le misurazioni si condiziona il motore per 3 minuti nella modalità 13. Si effettuano tre misurazioni in differenti punti scelti dal servizio tecnico all'interno dell'area di controllo ⁽¹⁾. La durata di ciascuna misura è di 2 minuti.

⁽¹⁾ I punti di prova devono essere scelti utilizzando metodi statistici di randomizzazione approvati.

Il procedimento di misura è uguale a quello per la misura degli NO_x nel ciclo a 13 modalità e si effettua in conformità dei punti 2.7.3, 2.7.5 e 4.1 della presente appendice, e dell'appendice 4, punto 3.

Il calcolo si esegue conformemente al punto 4.

2.7.7. Controllo degli analizzatori al termine della prova

Terminato il controllo delle emissioni, si ricontra l'analizzatore con un gas di azzeramento e con lo stesso gas di calibrazione. La prova è considerata valida se la differenza tra i risultati prima e dopo la prova è inferiore al 2 per cento del valore del gas di calibrazione.

3. ESECUZIONE DELLA PROVA ELR

3.1. **Installazione dell'apparecchiatura di misura**

L'opacimetro e le sonde di campionamento, se del caso, devono essere montati a valle del silenziatore di scarico o degli eventuali dispositivi di post-trattamento, secondo le procedure generali di installazione specificate dal fabbricante dello strumento. Inoltre, devono essere rispettate, se del caso, le prescrizioni del punto 10 della norma ISO 11614.

Prima dei controlli di zero e fondo scala, si riscalda e si stabilizza l'opacimetro attenendosi alle raccomandazioni del fabbricante dello strumento. Se l'opacimetro è dotato di un sistema di aria di spurgo per evitare che l'ottica di misura si sporchi di particelle carboniose, si attiva anche questo sistema e lo si regola secondo le raccomandazioni del fabbricante.

3.2. **Controllo dell'opacimetro**

I controlli di zero e fondo scala devono essere eseguiti nella modalità di lettura dell'opacità perché la scala dell'opacità offre due punti di taratura definibili con precisione, cioè 0 per cento di opacità e 100 per cento di opacità. Il coefficiente di assorbimento della luce viene poi calcolato in modo corretto sulla base dell'opacità misurata e del valore di L_A, fornito dal fabbricante dell'opacimetro, quando lo strumento viene riportato nella modalità di lettura k per l'esecuzione della prova.

Si regola il valore letto dall'opacimetro con il fascio di luce non ostruito su 0,0 % ± 1,0 per cento di opacità. Allo stesso modo, si regola il valore letto dall'opacimetro quando nessuna luce può raggiungere il ricevitore su 100,0 % ± 1,0 % di opacità.

3.3. **Ciclo di prova**

3.3.1. Condizionamento del motore

Il riscaldamento del motore e del sistema deve essere eseguito alla potenza massima per stabilizzare i parametri del motore secondo le raccomandazioni del costruttore. La fase di preconditionamento deve inoltre proteggere la misurazione vera e propria dall'influenza di depositi rimasti nel sistema di scarico dopo una prova precedente.

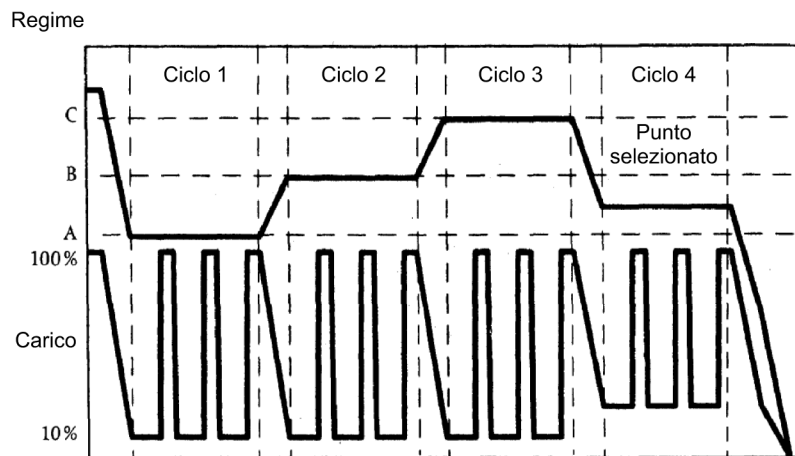
Quando il motore è stabilizzato, si avvia il ciclo entro 20 ± 2 s dal termine della fase di preconditionamento. Su richiesta del costruttore è ammessa l'esecuzione di una prova senza valore per un condizionamento ulteriore prima del ciclo di misura.

3.3.2. Sequenza di prova

La prova è costituita da una sequenza di tre gradini di carico a ciascuno dei tre regimi A (ciclo 1), B (ciclo 2) e C (ciclo 3) determinati secondo il punto 1.1. dell'allegato 4A, Appendice 1, a cui segue il ciclo 4 ad un regime compreso nell'area di controllo e ad un carico tra il 10 per cento e il 100 per cento, scelti entrambi dal servizio tecnico⁽¹⁾. Nel funzionamento del motore di prova al banco dinamometrico si procede secondo la sequenza mostrata in figura 3.

Figura 3

Sequenza della prova ELR



- Si fa funzionare il motore al regime A e al 10 per cento di carico per 20 ± 2 s. Il regime specificato deve essere mantenuto con una differenza massima di $\pm 20 \text{ min}^{-1}$ e la coppia specificata deve essere mantenuta al valore di coppia massima al regime di prova con una differenza massima di ± 2 per cento.
- Al termine di ciascun segmento si sposta rapidamente la leva di comando nella posizione di apertura totale e la si mantiene in tale posizione per 10 ± 1 s. Si applica il carico dinamometrico necessario per mantenere il regime del motore con un'approssimazione di $\pm 150 \text{ min}^{-1}$ per i primi 3 s e di $\pm 20 \text{ min}^{-1}$ per il resto del segmento.
- Si ripete due volte la sequenza descritta alle lettere a) e b).
- Al completamento del terzo gradino di carico, si regola il motore sul regime B e sul 10 per cento di carico entro 20 ± 2 s.
- Si esegue la sequenza da a) a c) con il motore funzionante al regime B.
- Al completamento del terzo gradino di carico, si regola il motore sul regime C e sul 10 per cento di carico entro 20 ± 2 s.
- Si esegue la sequenza da a) a c) con il motore funzionante al regime C.
- Al completamento del terzo gradino di carico, si regola il motore sul regime scelto e su qualunque carico superiore al 10 per cento entro 20 ± 2 s.
- Si esegue la sequenza da a) a c) con il motore funzionante al regime scelto.

3.4. Convalida del ciclo

Le deviazioni standard relative degli indici medi di fumo a ciascun regime di prova (SV_A , SV_B , SV_C , calcolati secondo il punto 6.3.3 della presente appendice in base a tre gradini successivi di carico a ciascun regime di prova) devono essere minori del valore più alto tra il 15 per cento del valore medio corrispondente e il 10 per cento del valore limite indicato nella tabella 1 del regolamento. Se la differenza è maggiore, si ripete la sequenza fino a quando tre gradini di carico successivi sono conformi ai criteri di convalida.

3.5. Controllo dell'opacimetro al termine della prova

La deriva dello zero dell'opacimetro dopo la prova non deve essere superiore al $\pm 5,0$ per cento del valore limite indicato nella tabella 1 del regolamento.

4. CALCOLO DEL FLUSSO DEL GAS DI SCARICO

4.1. **Determinazione del flusso massico del gas di scarico grezzo**

Per il calcolo delle emissioni contenute nel gas di scarico grezzo, è necessario conoscere il flusso del gas di scarico. La portata massica del gas di scarico deve essere determinata conformemente alle disposizioni di cui al punto 4.1.1 o 4.1.2. L'accuratezza della determinazione del flusso di gas di scarico deve essere il valore più elevato tra $\pm 2,5$ per cento del valore indicato e $\pm 1,5$ per cento del valore massimo del motore. È ammesso l'uso di metodi equivalenti (ad es. quelli descritti nell'appendice 2, punto 4.2 del presente allegato).

4.1.1. Metodo di misura diretta

La misura diretta del flusso di gas di scarico può essere effettuata utilizzando:

- a) dispositivi di misura di pressione differenziale, ad esempio il boccaglio di misura del flusso;
- b) flussometro a ultrasuoni;
- c) flussometro a vortici.

Devono essere prese opportune precauzioni allo scopo di evitare errori di misura che influirebbero sugli errori dei valori di emissione. In particolare è necessario aver cura di installare con attenzione il dispositivo nel sistema di scarico del motore, conformemente alle raccomandazioni del costruttore dello strumento e alla buona pratica ingegneristica. Le prestazioni e le emissioni del motore, in particolare, non devono essere modificate dall'installazione del dispositivo.

4.1.2. Metodo di misura dell'aria e del carburante

Con questo metodo si misura il flusso d'aria e di carburante. È necessario utilizzare flussometri dell'aria e flussometri del carburante conformi alla prescrizione relativa all'accuratezza totale di cui al punto 4.1. Il calcolo del flusso di gas di scarico si effettua nel modo seguente:

$$q_{mew} = q_{maw} + q_{mf}$$

4.2. **Determinazione del flusso massico del gas di scarico diluito**

Per calcolare le emissioni contenute nel gas di scarico diluito utilizzando un sistema di diluizione a flusso totale è necessario conoscere il flusso di gas di scarico diluito. Si misura la portata del gas di scarico diluito (q_{medw}) per ogni modalità utilizzando un sistema PDP-CVS, CFV-CVS o SSV-CVS e applicando alle formule generali di cui al punto 4.1 dell'appendice 2 del presente allegato. L'accuratezza deve essere pari a ± 2 per cento del valore indicato o migliore, e deve essere determinata come prescritto al punto 2.4 dell'appendice 5 del presente allegato.

5. CALCOLO DELLE EMISSIONI GASSOSE

5.1. **Valutazione dei dati**

Per la valutazione delle emissioni gassose si calcola la media dei valori registrati relativi agli ultimi 30 secondi di ciascuna modalità e si determinano le concentrazioni (conc) medie di HC, CO e NO_x durante ciascuna modalità in base alla media dei valori registrati e ai corrispondenti dati di taratura. È ammesso l'uso di un tipo differente di registrazione, purché assicurino un'acquisizione equivalente dei dati.

Per il controllo degli NO_x all'interno dell'area di controllo, le prescrizioni di cui sopra valgono solo per gli NO_x.

Il flusso del gas di scarico q_{mew} o, se del caso, il flusso del gas di scarico diluito q_{medw} devono essere determinati conformemente al punto 2.3 dell'appendice 4 del presente allegato.

5.2. **Correzione secco/umido**

La concentrazione misurata deve essere convertita nel valore su umido applicando le formule seguenti, salvo che la concentrazione sia già stata misurata su umido. La conversione deve essere effettuata per ogni singola modalità.

$$c_{umido} = k_W \times c_{secco}$$

Per il gas di scarico grezzo:

$$k_{W,r} = \left(1 - \frac{1,2442 \times H_a + 111,19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf}}{q_{mad}}}{773,4 + 1,2442 \times H_a + \frac{q_{mf}}{q_{mad}} \times k_f \times 1000} \right) \times 1,008$$

o

$$k_{W,r} = \left(1 - \frac{1,2442 \times H_a + 111,19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf}}{q_{mad}}}{773,4 + 1,2442 \times H_a + \frac{q_{mf}}{q_{mad}} \times k_f \times 1000} \right) / \left(1 - \frac{p_r}{p_b} \right)$$

o

$$k_{w,a} = \left(\frac{1}{1 + \alpha \times 0,005 \times (c_{CO_2} + c_{CO})} - k_{w1} \right) \times 1,008$$

in cui:

$$k_f = 0,055594 \times w_{ALF} + 0,0080021 \times w_{DEL} + 0,0070046 \times w_{EPS}$$

e

$$k_{w1} = \frac{1,608 \times H_a}{1000 + (1,608 \times H_a)}$$

dove:

- H_a = umidità dell'aria di aspirazione, g di acqua per kg di aria secca
- w_{ALF} = tenore di idrogeno nel carburante, percentuale in massa
- $q_{mf,i}$ = portata massica istantanea del carburante, kg/s
- $q_{mad,i}$ = portata massica istantanea dell'aria di aspirazione su secco, kg/s
- p_r = pressione del vapore acqueo dopo il bagno di raffreddamento, kPa
- p_b = pressione atmosferica totale, kPa
- w_{DEL} = tenore di idrogeno nel carburante, percentuale in massa
- w_{EPS} = tenore di ossigeno nel carburante, percentuale in massa
- α = rapporto molare dell'idrogeno nel carburante
- c_{CO_2} = concentrazione di CO₂ su secco, percentuale
- c_{CO} = concentrazione di CO su secco, percentuale

Per il gas di scarico diluito:

$$K_{we1} = \left(1 - \frac{\alpha \times \% c_{wCO_2}}{200} \right) - K_{w1}$$

o

$$K_{we2} = \left(\frac{(1 - K_{w1})}{1 + \frac{\alpha \times \% c_{dCO_2}}{200}} \right)$$

Per l'aria di diluizione:

$$K_{Wd} = 1 - K_{W1}$$

$$K_{W1} = \frac{1,608 \times \left[H_d \times \left(1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \left(\frac{1}{D} \right) \right]}{1000 + \left\{ 1,608 \times \left[H_d \times \left(1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \left(\frac{1}{D} \right) \right] \right\}}$$

Per l'aria di aspirazione:

$$K_{Wa} = 1 - K_{W2}$$

$$K_{W2} = \frac{1,608 \times H_a}{1000 + (1,608 \times H_a)}$$

dove:

H_a = umidità dell'aria di aspirazione, g di acqua per kg di aria secca

H_d = umidità dell'aria di diluizione, g di acqua per kg di aria secca

e può essere ricavato dalla misurazione dell'umidità relativa, del punto di rugiada, della pressione del vapore o della temperatura di bulbo secco/umido utilizzando le formule generalmente accettate.

5.3. Correzione del valore NO_x in funzione dell'umidità e della temperatura

Poiché l'emissione di NO_x dipende dalle condizioni dell'aria ambiente, si deve correggere la concentrazione di NO_x per tenere conto della temperatura e dell'umidità dell'aria ambiente applicando i fattori ricavati dalle formule seguenti. I fattori sono validi nella fascia tra 0 e 25 g/kg di aria secca.

a) per i motori ad accensione spontanea:

$$k_{h,D} = \frac{1}{1 - 0,0182 \times (H_a - 10,71) + 0,0045 \times (T_a - 298)}$$

in cui:

T_a = temperatura dell'aria di aspirazione, K

H_a = umidità dell'aria di aspirazione, g di acqua per kg di aria secca

dove:

H_a può essere ricavato dalla misurazione dell'umidità relativa, del punto di rugiada, della pressione del vapore o della temperatura di bulbo secco/umido utilizzando le formule generalmente accettate.

b) per i motori con accensione a scintilla:

$$k_{h,G} = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H_a - 0,862 \times 10^{-3} \times H_a^2$$

dove:

H_a può essere ricavato dalla misurazione dell'umidità relativa, del punto di rugiada, della pressione del vapore o della temperatura di bulbo secco/umido utilizzando le formule generalmente accettate.

5.4. Calcolo della portata massica delle emissioni

La portata massica delle emissioni (g/h) si calcola per ogni modalità nel modo seguente. Per il calcolo degli NO_x , si utilizza il fattore di correzione dell'umidità $k_{h,D}$, o $k_{h,G}$, a seconda dei casi, determinato in base al punto 5.3.

Si converte la concentrazione misurata nel valore su umido secondo le prescrizioni del punto 5.2, salvo che la concentrazione sia già stata misurata su umido. I valori di u_{gas} sono indicati alla tabella 6 per i componenti selezionati in base alle proprietà ideali del gas e ai carburanti considerati nel presente regolamento.

a) per il gas di scarico grezzo:

$$m_{\text{gas}} = u_{\text{gas}} \times c_{\text{gas}} \times q_{\text{mew}}$$

dove:

u_{gas} = rapporto tra la densità del componente del gas di scarico e la densità del gas di scarico

c_{gas} = concentrazione del componente nel gas di scarico grezzo, ppm

q_{mew} = portata massica del gas di scarico, kg/h

b) per il gas diluito

$$m_{\text{gas}} = u_{\text{gas}} \times c_{\text{gas,c}} \times q_{\text{mdew}}$$

dove:

u_{gas} = rapporto tra la densità del componente del gas di scarico e la densità dell'aria

$c_{\text{gas,c}}$ = concentrazione corretta in funzione del fondo del componente considerato nel gas di scarico diluito, ppm

q_{mdew} = portata massica del gas di scarico diluito, kg/h

dove:

$$c_{\text{gas,c}} = c - c_d \times \left[1 - \frac{1}{D} \right]$$

Il fattore di diluizione D si calcola come indicato nel punto 5.4.1 dell'appendice 2 del presente allegato.

5.5. Calcolo delle emissioni specifiche

Per tutti i singoli componenti, le emissioni (g/kWh) si calcolano nel modo seguente:

$$GAS_x = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (m_{GASi} \times W_{Fi})}{\sum_{i=1}^{i=n} (P(n)_i \times W_{Fi})}$$

dove:

m_{gas} è la massa del singolo gas

P_n è la potenza netta determinata secondo il punto 8.2 dell'allegato II.

I fattori di ponderazione utilizzati nel calcolo di cui sopra sono conformi al punto 2.7.1.

Tabella 6

Valori di u_{gas} nel gas di scarico grezzo e diluito per i vari componenti del gas di scarico

Carburante		NO _x	CO	THC/ NMHC	CO ₂	CH ₄	Densità
Diesel	Gas di scarico grezzo	0,001587	0,000966	0,000479	0,001518	0,000553	1,2943
	Gas di scarico diluito	0,001588	0,000967	0,000480	0,001519	0,000553	1,293

Carburante		NO _x	CO	THC/ NMHC	CO ₂	CH ₄	Densità
Etanolo	Gas di scarico grezzo	0,001609	0,000980	0,000805	0,001539	0,000561	1,2757
	Gas di scarico diluito	0,001588	0,000967	0,000795	0,001519	0,000553	1,293
GNC	Gas di scarico grezzo	0,001622	0,000987	0,000523	0,001552	0,000565	1,2661
	Gas di scarico diluito	0,001588	0,000967	0,000584	0,001519	0,000553	1,293
Propano	Gas di scarico grezzo	0,001603	0,000976	0,000511	0,001533	0,000559	1,2805
	Gas di scarico diluito	0,001588	0,000967	0,000507	0,001519	0,000553	1,293
Butano	Gas di scarico grezzo	0,001600	0,000974	0,000505	0,001530	0,000558	1,2832
	Gas di scarico diluito	0,001588	0,000967	0,000501	0,001519	0,000553	1,293

Note: — valori u del gas di scarico grezzo basati sulle proprietà ideali del gas a $\lambda = 2$, aria secca, 273 K, 101,3 kPa
 — valori u del gas di scarico diluito basati sulle proprietà ideali del gas e sulla densità dell'aria
 — valori u del GNC con accuratezza dello 0,2 % per la composizione massica C = 66-76 %; H = 22-25 %; N = 0-12 %
 — il valore u del GNC per gli HC corrisponde a CH_{2,93} (per gli HC totali si usa il valore u del CH₄)

5.6. Calcolo dei valori di controllo dell'area

Per i tre punti di controllo scelti conformemente al punto 2.7.6 l'emissione di NO_x deve essere misurata e calcolata come indicato nel punto 5.6.1, nonché determinata mediante interpolazione dalle modalità del ciclo di prova più prossime al rispettivo punto di controllo secondo il punto 5.6.2. I valori misurati devono essere poi confrontati con i valori interpolati utilizzando il procedimento indicato nel punto 5.6.3.

5.6.1. Calcolo dell'emissione specifica

Per ciascuno dei punti di controllo (Z), l'emissione specifica si calcola nel modo seguente:

$$m_{\text{NO}_x, Z} = 0,001587 \times c_{\text{NO}_x, Z} \times k_{h,D} \times q_{\text{mew}}$$

$$\text{NO}_x = \frac{m_{\text{NO}_x, Z}}{P(n)_Z}$$

5.6.2. Determinazione del valore di emissione in base al ciclo di prova

Per ciascuno dei punti di controllo, l'emissione di NO_x deve essere interpolata dalle quattro modalità del ciclo di prova adiacenti al punto di controllo Z scelto, come indicato nella figura 4. Per queste modalità (R, S, T, U), valgono le seguenti definizioni:

$$\text{regime}(R) = \text{regime}(T) = n_{RT}$$

$$\text{regime}(S) = \text{regime}(U) = n_{SU}$$

$$\text{carico percentuale}(R) = \text{carico percentuale}(S)$$

$$\text{carico percentuale}(T) = \text{carico percentuale}(U).$$

L'emissione di NO_x nel punto di controllo Z prescelto si calcola nel modo seguente:

$$E_Z = \frac{E_{RS} + (E_{TU} - E_{RS}) \times (M_Z - M_{RS})}{M_{TU} - M_{RS}}$$

e:

$$E_{TU} = \frac{E_T + (E_{TU} - E_T) \times (n_Z - n_{RT})}{n_{SU} - n_{RT}}$$

$$E_{RS} = \frac{E_R + (E_S - E_R) \times (n_Z - n_{RT})}{n_{SU} - n_{RT}}$$

$$M_{TU} = \frac{M_T + (M_U - M_T) \times (n_Z - n_{RT})}{n_{SU} - n_{RT}}$$

$$M_{RS} = \frac{M_R + (M_S - M_R) \times (n_Z - n_{RT})}{n_{SU} - n_{RT}}$$

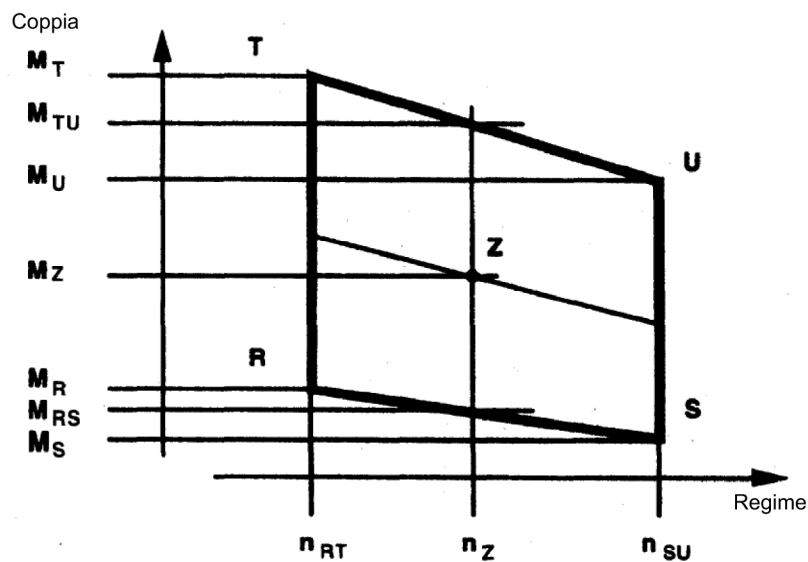
dove:

E_R, E_S, E_T, E_U = emissione specifica di NO_x delle modalità adiacenti calcolata secondo il punto 5.6.1.

M_R, M_S, M_T, M_U = coppia del motore nelle modalità adiacenti

Figura 4

Interpolazione del punto di controllo degli NO_x



5.6.3. Confronto dei valori di emissione relativi agli NO_x

L'emissione specifica di NO_x misurata nel punto di controllo Z ($\text{NO}_{x,Z}$) deve essere confrontata con il valore interpolato (E_Z) nel modo seguente:

$$\text{NO}_{x,\text{diff}} = 100 \times \frac{\text{NO}_{x,Z} - E_Z}{E_Z}$$

6. CALCOLO DELLE EMISSIONI DI PARTICOLATO

6.1. Valutazione dei dati

Per la valutazione del particolato si registra per ciascuna modalità la massa totale del campione (m_{sep}) che passa attraverso i filtri.

Si riporta il filtro nella camera di pesata e lo si condiziona per almeno un'ora ma non più di 80 ore, quindi lo si pesa. Per ottenere la massa del campione di particolato m_f si registra il peso lordo dei filtri e si sottrae la tara (v. punto 2.1).

Se occorre applicare una correzione del fondo, si registrano la massa dell'aria di diluizione (m_d) che passa attraverso il filtro e la massa del particolato ($m_{f,d}$). Se è stata effettuata più di una misurazione, si calcola il quoziente $m_{f,d}/m_d$ per ogni singola misurazione e in seguito si determina la media dei valori.

6.2. Sistema di diluizione a flusso parziale

I risultati di prova finali relativi all'emissione di particolato si calcolano nel modo seguente. Poiché sono possibili vari tipi di controllo del grado di diluizione, si possono utilizzare diversi metodi per il calcolo di q_{medf} . Tutti i calcoli devono essere basati sui valori medi delle singole modalità durante il periodo di campionamento.

6.2.1. Sistemi isocinetici

$$q_{medf} = q_{mew} \times r_d$$

$$r_d = \frac{q_{mdw} + (q_{mew} \times r_a)}{q_{mew} \times r_a}$$

dove r_a è il rapporto tra l'area della sezione trasversale della sonda isocinetica e quella del tubo di scarico:

$$r_a = \frac{A_p}{A_T}$$

6.2.2. Sistemi con misura della concentrazione di CO₂ o NO_x

$$q_{medf} = q_{mew} \times r_d$$

$$r_d = \frac{c_{wE} - c_{wA}}{c_{wD} - c_{wA}}$$

dove:

c_{wE} = concentrazione su umido del gas tracciante nel gas di scarico grezzo

c_{wD} = concentrazione su umido del gas tracciante nel gas di scarico diluito

c_{wA} = concentrazione su umido del gas tracciante nell'aria di diluizione

Le concentrazioni misurate su secco devono essere convertite nel valore su umido con il procedimento indicato nel punto 5.2 della presente appendice.

6.2.3. Sistemi con misura del CO₂ e metodo del bilancio del carbonio ⁽²⁾

$$q_{medf} = \frac{206,5 \times q_{mf}}{c_{(CO_2)_D} - c_{(CO_2)_A}}$$

dove:

$c_{(CO_2)_D}$ = concentrazione di CO₂ nel gas di scarico diluito

$c_{(CO_2)_A}$ = concentrazione di CO₂ nell'aria di diluizione

(concentrazioni in percentuale in volume su umido)

Questa equazione si basa sull'ipotesi del bilancio del carbonio (gli atomi di carbonio forniti al motore vengono emessi come CO₂) e si ricava nel modo seguente:

$$q_{medf} = q_{mew} \times r_d$$

e

$$r_d = \frac{206,5 \times q_{mf}}{q_{mew} \times [c_{(CO_2)_D} - c_{(CO_2)_A}]}$$

⁽²⁾ Il valore è valido solo per il carburante di riferimento specificato nell'allegato 5.

6.2.4. Sistemi con misura del flusso

$$q_{medf} = q_{mew} \times r_d$$

$$r_d = \frac{q_{mdew}}{q_{mdew} - q_{mdw}}$$

6.3. Sistema di diluizione a flusso totale

Tutti i calcoli devono basarsi sui valori medi delle singole modalità durante il periodo di campionamento. Si determina il flusso del gas di scarico diluito q_{mdew} conformemente al punto 4.1 dell'appendice 2 del presente allegato. La massa totale del campione m_{sep} si calcola con il procedimento indicato nel punto 6.2.1 dell'appendice 2 del presente allegato.

6.4. Calcolo della portata massica del particolato

La portata massica del particolato si calcola nel modo seguente. Se si utilizza un sistema di diluizione a flusso totale, si sostituisce q_{medf} determinato conformemente al punto 6.2 con q_{mdew} determinato conformemente al punto 6.3.

$$PT_{mass} = \frac{m_f}{m_{sep}} \times \frac{\overline{q_{medf}}}{1000}$$

$$\overline{q_{medf}} = \sum_{i=1}^{i=n} q_{medfi} \times W_{fi}$$

$$m_{sep} = \sum_{i=1}^{i=n} m_{sepi}$$

$$i = 1, \dots, n$$

La portata massica del particolato può essere corretta per tener conto del fondo nel modo seguente:

$$PT_{mass} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \times \sum_{i=1}^{i=n} \left(1 - \frac{1}{Di} \right) \times W_{fi} \right] \right\} \times \frac{\overline{q_{medf}}}{1000}$$

dove D è calcolato secondo il punto 5.4.1 dell'appendice 2 del presente allegato.

6.5. Calcolo dell'emissione specifica

L'emissione di particolato si calcola nel modo seguente:

$$PT = \frac{PT_{mass}}{\sum_{i=1}^{i=n} P_i \times W_{fi}}$$

6.6. Fattore di ponderazione effettivo

Il fattore di ponderazione effettivo W_{fei} si calcola per ciascuna modalità nel modo seguente:

$$W_{fei} = \frac{m_{sepi} \times \overline{q_{medf}}}{m_{sep} \times q_{medfi}}$$

Il valore dei fattori di ponderazione effettivi deve coincidere, con un'approssimazione di $\pm 0,003$ (0,005 per la modalità al minimo), con i fattori di ponderazione elencati al punto 2.7.1 della presente appendice.

7. CALCOLO DEGLI INDICI DI FUMO

7.1. **Algoritmo di Bessel**

Per calcolare gli indici medi su 1 s in base agli indici di fumo istantanei rilevati, convertiti secondo il punto 7.3.1, si usa l'algoritmo di Bessel. L'algoritmo emula un filtro passa-basso del secondo ordine e il suo uso richiede calcoli iterativi per determinare i coefficienti. I coefficienti sono funzione del tempo di risposta del sistema dell'opacimetro e della frequenza di campionamento. Il procedimento del punto 7.1.1 deve essere ripetuto tutte le volte che il tempo di risposta del sistema e/o la frequenza di campionamento cambiano.

7.1.1. Calcolo del tempo di risposta del filtro e delle costanti di Bessel

Il tempo di risposta di Bessel (t_F) richiesto è funzione dei tempi di risposta fisica ed elettrica del sistema dell'opacimetro specificati nell'appendice 4 del presente allegato e si calcola mediante la seguente equazione:

$$t_F = \sqrt{1 - (t_p^2 + t_e^2)}$$

dove:

t_p = tempo di risposta fisica, s

t_e = tempo di risposta elettrica, s

I calcoli per la stima della frequenza di intercettazione del filtro f_c sono basati su un segnale di ingresso a gradino da 0 a 1 in $\leq 0,01$ s (v. allegato 6). Il tempo di risposta è definito come il tempo trascorso tra il momento in cui il segnale in uscita di Bessel raggiunge il 10 per cento (t_{10}) e quello in cui raggiunge il 90 per cento (t_{90}) di questa funzione a gradino. Questo valore si ottiene mediante iterazione su f_c fino a quando $t_{90} - t_{10} \approx t_F$. La prima iterazione per f_c è data dalla formula seguente:

$$f_c = \frac{\pi}{10 \times t_F}$$

Le costanti E e K dell'algoritmo di Bessel si calcolano mediante le equazioni seguenti:

$$E = \frac{1}{(1 + \Omega \times \sqrt{(3 \times D) + D \times \Omega^2})}$$

$$K = 2 \times E \times (D \times \Omega^2 - 1) - 1$$

dove:

$$D = 0,618034$$

$$\Delta t = \frac{1}{\text{frequenza del campionamento}}$$

$$\Omega = \frac{1}{[\tan(\pi \times \Delta t \times f_c)]}$$

7.1.2. Calcolo dell'algoritmo di Bessel

Utilizzando i valori di E e K, si calcola la risposta media di Bessel su 1 s ad un segnale di ingresso a gradino S_i nel modo seguente:

$$Y_i = Y_{i-1} + E \times (S_i + 2 \times S_{i-1} + S_{i-2} - 4 \times Y_{i-2}) + K \times (Y_{i-1} - Y_{i-2})$$

dove:

$$S_{i-2} = S_{i-1} = 0$$

$$S_i = 1$$

$$Y_{i-2} = Y_{i-1} = 0$$

I tempi t_{10} e t_{90} devono essere interpolati. La differenza tra t_{90} e t_{10} definisce il tempo di risposta t_F per il valore di f_c considerato. Se il tempo di risposta non è sufficientemente prossimo al tempo di risposta richiesto, si continua l'iterazione fino a quando il tempo effettivo di risposta coincide con un'approssimazione dell'1 per cento con la risposta prescritta come segue:

$$((t_{90} - t_{10}) - t_F) \leq 0,01 \times t_F$$

7.2. Valutazione dei dati

Gli indici di fumo devono essere campionati con una frequenza minima di 20 Hz.

7.3. Determinazione del fumo

7.3.1. Conversione dei dati

Poiché l'unità di misura fondamentale di tutti gli opacimetri è la trasmittanza, per ottenere gli indici di fumo è necessario convertire la trasmittanza (τ) nel coefficiente di assorbimento della luce (k) come segue:

$$k = -\frac{1}{L_A} \times \ln\left(1 - \frac{N}{100}\right)$$

e

$$N = 100 - \tau$$

dove:

k = coefficiente di assorbimento della luce, m^{-1}

L_A = lunghezza efficace del cammino ottico indicata dal fabbricante dello strumento, m

N = opacità, percentuale

τ = trasmittanza, percentuale

La conversione deve essere effettuata prima di qualsiasi altra elaborazione dei dati.

7.3.2. Calcolo dell'indice di fumo medio di Bessel

La frequenza di taglio f_c corretta è quella che dà luogo al tempo di risposta del filtro t_F prescritto. Una volta determinata questa frequenza mediante il processo iterativo del punto 7.1.1, si calcolano le costanti E e K appropriate dell'algoritmo di Bessel. Si applica poi l'algoritmo di Bessel alla registrazione istantanea del fumo (valori di k) come descritto al punto 7.1.2:

$$Y_i = Y_{i-1} + E \times (S_i + 2 \times S_{i-1} + S_{i-2} - 4 \times Y_{i-2}) + K \times (Y_{i-1} - Y_{i-2})$$

L'algoritmo di Bessel è di tipo ricorsivo. Pertanto per avviare l'algoritmo sono necessari dei valori iniziali di ingresso S_{i-1} e S_{i-2} e dei valori iniziali di uscita Y_{i-1} e Y_{i-2} . Questi possono essere assunti pari a 0.

Per ciascun gradino di carico dei tre regimi A, B e C, si deve scegliere il valore massimo su 1 s (Y_{\max}) tra i singoli valori Y_i di ciascuna registrazione del fumo.

7.3.3. Risultato finale

Gli indici di fumo (SV) medi di ciascun ciclo (regime di prova) si calcolano come segue.

$$\text{Per il regime di prova A: } SV_A = (Y_{\max 1,A} + Y_{\max 2,A} + Y_{\max 3,A})/3$$

Per il regime di prova B: $SV_B = (Y_{\max 1,B} + Y_{\max 2,B} + Y_{\max 3,B})/3$

Per il regime di prova C: $SV_C = (Y_{\max 1,C} + Y_{\max 2,C} + Y_{\max 3,C})/3$

dove:

$Y_{\max 1}, Y_{\max 2}, Y_{\max 3}$ = indice di fumo medio di Bessel su 1 s più elevato in ciascuno dei tre gradini di carico

Il valore finale si calcola come segue:

$$SV = (0,43 \cdot SV_A) + (0,56 \cdot SV_B) + (0,01 \cdot SV_C)$$

*Appendice 2***Ciclo di prova ETC**

1. PROCEDIMENTO DI MAPPATURA DEL MOTORE

1.1. **Determinazione dell'intervallo dei regimi di mappatura**

Per generare l'ETC nella cella di prova, il motore deve essere mappato prima di ogni ciclo di prova per determinare la curva della coppia in funzione del regime. I regimi minimo e massimo di mappatura sono definiti come segue:

regime minimo di mappatura = regime di minimo

regime massimo di mappatura = valore più basso tra $n_{hi} \times 1,02$ e regime al quale la coppia a pieno carico scende a zero

1.2. **Realizzazione della mappa della potenza del motore**

Si riscalda il motore alla potenza massima per stabilizzare i parametri del motore secondo le raccomandazioni del costruttore e la buona pratica ingegneristica. Quando il motore è stabilizzato, si determina la mappa del motore come segue:

- a) si toglie il carico al motore e lo si fa funzionare al minimo;
- b) si fa funzionare il motore al regime minimo di mappatura in condizioni di pieno carico della pompa di iniezione;
- c) si aumenta il regime del motore ad una media di $8 \pm 1 \text{ min}^{-1}/\text{s}$ dal minimo al massimo regime di mappatura e si registrano il regime e la coppia con una frequenza di campionamento di almeno un punto al secondo.

1.3. **Generazione della curva di mappatura**

Si collegano tutti i punti dato registrati al punto 1.2 mediante interpolazione lineare tra i punti. La curva di coppia risultante è la curva di mappatura da usare per convertire i valori di coppia normalizzati del ciclo del motore nei valori di coppia effettivi per il ciclo di prova, come descritto al punto 2 della presente appendice.

1.4. **Mappatura alternativa**

Se un costruttore ritiene che le tecniche di mappatura di cui sopra non siano sicure o non siano rappresentative di un dato motore, è ammesso l'uso di tecniche alternative. Queste tecniche di mappatura devono soddisfare la finalità delle procedure di mappatura specificate, cioè determinare la coppia massima disponibile a tutti i regimi del motore raggiunti durante i cicli di prova. Ogni deviazione rispetto alle tecniche di mappatura specificate nel presente punto giustificata da motivi di sicurezza o rappresentatività deve essere approvata dal servizio tecnico insieme con la motivazione del suo uso. In nessun caso, tuttavia, si devono usare curve continue discendenti del regime per motori regolati o turbocompressi.

1.5. **Prove ripetitive**

Non è necessario mappare il motore prima di ciascun ciclo di prova. Il motore deve essere rimappato prima del ciclo di prova se:

- a) è trascorso un tempo eccessivo da quando è stata effettuata l'ultima mappatura, secondo una valutazione ingegneristica,
o
- b) il motore è stato sottoposto a modifiche fisiche o ritature che potrebbero influire sulle sue prestazioni.

2. GENERAZIONE DEL CICLO DI PROVA DI RIFERIMENTO

Il ciclo di prova transitorio è descritto nell'appendice 3 del presente allegato. Il ciclo di riferimento si ottiene convertendo nel modo seguente i valori normalizzati di coppia e regime nei valori effettivi.

2.1. Regime effettivo

Il regime deve essere denormalizzato usando la seguente equazione:

$$\text{Regime effettivo} = \frac{\% \text{ regime (regime di riferimento - regime di minimo)}}{100} + \text{regime di minimo}$$

Il regime di riferimento (n_{ref}) corrisponde ai valori di regime pari al 100 per cento specificati nella tabella della macchina dinamometrica dell'appendice 3. Esso è definito come segue (v. figura 1 del regolamento):

$$n_{\text{ref}} = n_{i0} + 95 \text{ per cento} \cdot (n_{hi} - n_{i0})$$

dove n_{hi} e n_{i0} sono specificati secondo il punto 2 o determinanti secondo il punto 1.1 dell'appendice 1 del presente allegato.

2.2. Coppia effettiva

La coppia è normalizzata sulla coppia massima al rispettivo regime. I valori di coppia del ciclo di riferimento devono essere denormalizzati nel modo seguente utilizzando la curva di mappatura determinata secondo il punto 1.3 della presente appendice:

$$\text{coppia effettiva} = (\% \text{ coppia} \times \text{coppia massima}/100)$$

per il regime effettivo corrispondente determinato al punto 2.1 della presente appendice.

Per i valori di coppia negativi dei punti di trascinamento («m»), ai fini della generazione del ciclo di riferimento si devono adottare valori denormalizzati determinati in uno dei modi seguenti:

- 40 per cento negativo della coppia positiva disponibile al punto di regime associato;
- mappatura della coppia negativa richiesta per trascinare il motore dal regime di mappatura minimo al regime di mappatura massimo;
- determinazione della coppia negativa richiesta per trascinare il motore al regime di minimo e al regime di riferimento e interpolazione lineare tra questi due punti.

2.3. Esempio della procedura di denormalizzazione

L'esempio che segue illustra l'applicazione della procedura di denormalizzazione ai seguenti punti sperimentali:

percentuale regime = 43

percentuale coppia = 82

Dati i seguenti valori:

regime di riferimento = 2 200 min⁻¹

regime di minimo = 600 min⁻¹

si ottengono

regime effettivo = $(43 \times (2\,200 - 600)/100) + 600 = 1\,288 \text{ min}^{-1}$

coppia effettiva = $(82 \times 700/100) = 574 \text{ Nm}$

dove la coppia massima osservata in base alla curva di mappatura a 1 288 min⁻¹ è pari a 700 Nm.

3. ESECUZIONE DELLA PROVA DELLE EMISSIONI

Su richiesta del costruttore, si può eseguire una prova preparatoria (senza valore) per condizionare il motore e il sistema di scarico prima del ciclo di misura.

I motori alimentati a GN e GPL devono essere condizionati con la prova ETC. Il motore deve funzionare per almeno due cicli ETC e fino a quando le emissioni di CO misurate nell'arco di un ciclo ETC non superano di oltre il 10 per cento le emissioni di CO misurate nel precedente ciclo ETC.

3.1. Preparazione dei filtri di campionamento (se applicabile)

Almeno un'ora prima della prova, si introduce ciascun filtro in una capsula di Petri parzialmente coperta e protetta dalla contaminazione da polvere e lo si pone in una camera di pesata per la stabilizzazione. Al termine del periodo di stabilizzazione si pesa ciascun filtro e si registra la tara. In seguito si conserva il filtro in una capsula di Petri chiusa o in un portafiltri sigillato fino al momento della prova. Il filtro deve essere utilizzato entro otto ore dalla rimozione dalla camera di pesata. Si registra la tara.

3.2. Installazione dell'apparecchiatura di misura

Si installano la strumentazione e le sonde di campionamento nel modo prescritto. Si collega il condotto di scarico al sistema di diluizione a flusso totale, se usato.

3.3. Avviamento del sistema di diluizione e del motore

Si avviano e si riscaldano il sistema di diluizione e il motore fino alla stabilizzazione di tutte le temperature e le pressioni alla potenza massima secondo le raccomandazioni del costruttore e i principi di buona pratica ingegneristica.

3.4. Avviamento del sistema di campionamento del particolato (solo per motori diesel)

Si avvia il sistema di campionamento del particolato e lo si fa funzionare in derivazione (bypass). Il livello di fondo del particolato nell'aria di diluizione può essere determinato facendo passare aria di diluizione attraverso i filtri del particolato. Se si usa aria di diluizione filtrata, si può effettuare una misurazione unica prima o dopo la prova. Se l'aria di diluizione non è filtrata, si effettuano misurazioni all'inizio e al termine del ciclo e si provvede poi a calcolare la media dei valori.

Si avviano e si riscaldano il sistema di diluizione e il motore fino alla stabilizzazione di tutte le temperature e le pressioni secondo le raccomandazioni del costruttore e i principi di buona pratica ingegneristica.

Se la rigenerazione del sistema di post-trattamento è di tipo periodico, essa non deve innescarsi durante il riscaldamento del motore.

3.5. Regolazione del sistema di diluizione

Le portate del sistema di diluizione (flusso totale o parziale) devono essere regolate in modo da evitare la condensazione dell'acqua nel sistema e ottenere una temperatura superficiale massima di 325 K (52 °C) o minore sulla faccia del filtro (v. punto 2.3.1 dell'allegato 7, DT).

3.6. Controllo degli analizzatori

Si azzerano e si calibrano gli analizzatori delle emissioni. Si svuotano i sacchetti di campionamento, se sono utilizzati.

3.7. Procedura di avviamento del motore

Si avvia il motore stabilizzato secondo la procedura di avviamento raccomandata dal costruttore nel manuale d'uso utilizzando un motorino di avviamento di serie o la macchina dinamometrica. Facoltativamente, si può fare partire la prova direttamente dalla fase di precondizionamento del motore senza spegnere il motore quando questo ha raggiunto il regime minimo.

3.8. Ciclo di prova

3.8.1. Sequenza di prova

Se il motore ha raggiunto il regime minimo, si avvia la sequenza di prova. Si esegue la prova secondo il ciclo di riferimento di cui al punto 2 della presente appendice. I segnali di comando del regime e della coppia devono essere emessi ad una frequenza di 5 Hz o maggiore (valore raccomandato 10 Hz). Durante il ciclo di prova si registra almeno una volta al secondo la retroazione del regime e della coppia; i segnali si possono filtrare elettronicamente.

3.8.2. Misura delle emissioni gassose

3.8.2.1. Sistema di diluizione a flusso totale

All'avviamento del motore o della sequenza di prova, se il ciclo viene avviato direttamente dal preconditionamento, si mettono in funzione simultaneamente gli apparecchi di misura per le operazioni seguenti:

- a) raccolta o analisi dell'aria di diluizione;
- b) raccolta o analisi del gas di scarico diluito;
- c) misura della quantità di gas di scarico diluito (CVS) e delle temperature e pressioni prescritte;
- d) registrazione dei dati di retroazione del regime e della coppia del banco dinamometrico.

Gli HC e gli NO_x devono essere misurati in continuo nel tunnel di diluizione con una frequenza di 2 Hz. Le concentrazioni medie devono essere determinate mediante integrazione dei segnali dell'analizzatore nell'arco del ciclo di prova. Il tempo di risposta del sistema deve essere pari o inferiore a 20 s e, all'occorrenza, deve essere coordinato con le fluttuazioni del flusso nel CVS e con gli scarti tra tempo di campionamento e ciclo di prova. I valori di CO, CO₂, NMHC e CH₄ devono essere determinati mediante integrazione o analisi delle concentrazioni nel sacchetto di campionamento raccolte nell'arco del ciclo. Le concentrazioni degli inquinanti gassosi presenti nell'aria di diluizione devono essere determinate mediante integrazione o raccolta nel sacchetto del fondo. Tutti gli altri valori devono essere registrati con almeno una misurazione al secondo (1 Hz).

3.8.2.2 Misura del gas di scarico grezzo

All'avviamento del motore o della sequenza di prova, se il ciclo viene avviato direttamente dal preconditionamento, si mettono in funzione simultaneamente gli apparecchi di misura per le operazioni seguenti:

- a) analisi delle concentrazioni del gas di scarico grezzo,
- b) misura del gas di scarico o dell'aria di aspirazione e della portata di carburante,
- c) registrazione dei dati di retroazione del regime e della coppia del dinamometro.

Per la valutazione delle emissioni gassose si registrano le concentrazioni di emissione (HC, CO e NO_x) e la portata massica del gas di scarico e si memorizzano tali dati su un sistema informatico con una frequenza di almeno 2 Hz. Il tempo di risposta del sistema non deve essere superiore a 10 s. Tutti gli altri dati possono essere registrati con una frequenza di campionamento di almeno 1 Hz. Per gli analizzatori analogici si registra la risposta e si applicano i dati di taratura in linea o fuori linea durante la valutazione dei dati.

Per il calcolo dell'emissione massica dei componenti gassosi, si allineano le tracce delle concentrazioni registrate e la traccia della portata massica di gas di scarico in base al tempo di trasformazione definito al punto 2 del presente regolamento. Si determina quindi il tempo di risposta di ciascun analizzatore di emissioni gassose e del sistema di controllo del flusso massico di gas di scarico secondo quanto indicato rispettivamente ai punti 4.2.1 e 1.5 dell'appendice 5 del presente allegato, e lo si registra.

3.8.3. Campionamento del particolato (se applicabile)

3.8.3.1. Sistema di diluizione a flusso totale

All'avviamento del motore o della sequenza di prova, se il ciclo viene avviato direttamente dal preconditionamento, si commuta il sistema di campionamento del particolato dal bypass alla raccolta del particolato.

Se non si usa compensazione del flusso, si regolano le pompe del campione in modo che la portata attraverso la sonda di campionamento del particolato o il condotto di trasferimento venga mantenuta al valore di portata impostato con un'approssimazione di ± 5 per cento. Se si usa la compensazione del flusso (vale a dire il controllo proporzionale del flusso del campione), si deve dimostrare che il rapporto tra il flusso nel tunnel principale e il flusso del campione di particolato non si discosta di oltre ± 5 per cento dal valore stabilito (salvo per i primi 10 secondi di campionamento).

Per operazioni a doppia diluizione, il flusso del campione è la differenza netta tra la portata attraverso i filtri di campionamento e la portata dell'aria di diluizione secondaria.

Si registrano la temperatura e la pressione medie all'ingresso dei misuratori del gas o della strumentazione di controllo del flusso. Se la portata impostata non può essere mantenuta per tutto il ciclo (con un'approssimazione di ± 5 per cento) a causa di un elevato carico di particolato sul filtro, la prova deve essere annullata e ripetuta utilizzando una portata minore e/o un filtro di diametro maggiore.

3.8.3.2. Sistema di diluizione a flusso parziale

All'avviamento del motore o della sequenza di prova, se il ciclo viene avviato direttamente dal preconditionamento, si commuta il sistema di campionamento del particolato dal bypass alla raccolta del particolato.

Per la regolazione dei sistemi di diluizione a flusso parziale è necessaria una risposta veloce del sistema. Il tempo di trasformazione del sistema si determina mediante la procedura di cui al punto 3.3 dell'appendice 5 del presente allegato. Se il tempo di trasformazione combinato della misurazione del flusso del gas di scarico (v. punto 4.2.1) e del sistema a flusso parziale è $\leq 0,3$ secondi, è possibile utilizzare il controllo in linea. Se il tempo di trasformazione supera 0,3 secondi, si utilizza il «controllo predittivo» (*look-ahead control*) sulla base di un ciclo di prova preregistrato. In tal caso il tempo di salita deve essere ≤ 1 s e il tempo di ritardo della combinazione ≤ 10 s.

La risposta totale del sistema deve essere concepita in modo tale da ottenere un campione rappresentativo del particolato, $q_{mp,i}$, proporzionale al flusso massico del gas di scarico. Per determinare la proporzionalità, si effettua un'analisi di regressione di $q_{mp,i}$ rispetto a $q_{mew,i}$ con una frequenza di acquisizione dei dati di almeno 1 Hz e si rispettano i seguenti criteri:

- il coefficiente di correlazione R^2 della regressione lineare tra $q_{mp,i}$ e $q_{mew,i}$ non deve essere inferiore a 0,95,
- l'errore standard della stima di $q_{mp,i}$ rispetto a $q_{mew,i}$ non deve superare il 5 per cento del massimo di q_{mp} ,
- l'intercetta su q_{mp} della linea di regressione non deve essere superiore a ± 2 per cento del massimo di q_{mp} .

In via facoltativa è possibile effettuare una prova preliminare e utilizzare il segnale del flusso massico del gas di scarico di tale prova per controllare il flusso del campione nel sistema per la determinazione del particolato (controllo predittivo). È obbligatorio ricorrere a tale procedimento se il tempo di trasformazione del sistema per il particolato $t_{50,P}$ o il tempo di trasformazione del segnale del flusso massico del gas di scarico $t_{50,F}$, o entrambi, sono $> 0,3$ s. Si ottiene un controllo corretto del sistema a diluizione parziale se la traccia temporale di $q_{mew,pre}$ della prova preliminare, che controlla q_{mp} , viene corretta con uno «sfasamento predittivo» di $t_{50,P} + t_{50,F}$.

Per stabilire la correlazione tra $q_{mp,i}$ e $q_{mew,i}$ occorre usare i dati rilevati nel corso della prova effettiva, allineando nel tempo $q_{mew,i}$ di $t_{50,F}$ rispetto a $q_{mp,i}$ ($t_{50,P}$ non interviene nell'allineamento temporale). In pratica, lo sfasamento temporale tra q_{mew} e q_{mp} è la differenza tra i rispettivi tempi di trasformazione determinati nel punto 3.3 dell'appendice 5 del presente allegato.

3.8.4. Arresto del motore

Se il motore si arresta in qualsiasi momento durante il ciclo di prova, occorre preconditionarlo, riavviarlo e ripetere la prova. In caso di malfunzionamento di qualsiasi apparecchiatura di prova prescritta durante il ciclo di prova, la prova deve essere annullata.

3.8.5. Operazioni da eseguire dopo la prova

Al completamento della prova, si arrestano la misurazione del volume di gas di scarico diluito o della portata di gas di scarico grezzo, il flusso di gas nei sacchetti di raccolta e la pompa di campionamento del particolato. Se si usa un analizzatore integratore, si prosegue il campionamento fino a quando sono trascorsi i tempi di risposta del sistema.

Se si usano i sacchetti di raccolta, si analizzano le concentrazioni al più presto e in ogni caso non oltre 20 minuti dopo il termine del ciclo di prova.

Dopo la prova delle emissioni, si usano un gas di azzeramento e lo stesso gas di calibrazione per ricontrollare gli analizzatori. La prova è considerata valida se la differenza tra i risultati prima e dopo la prova è inferiore al 2 per cento del valore del gas di calibrazione.

3.9. Verifica del ciclo di prova

3.9.1. Spostamento dei dati

Per minimizzare l'effetto distorsivo del ritardo temporale tra i valori di retroazione e i valori del ciclo di riferimento, è possibile anticipare o ritardare nel tempo l'intera sequenza dei segnali di retroazione del regime e della coppia rispetto alla sequenza del regime e della coppia di riferimento. Se i segnali di retroazione sono spostati, è necessario spostare il regime e la coppia nella stessa misura e nella stessa direzione.

3.9.2. Calcolo del lavoro prodotto nel ciclo

Il lavoro prodotto nel ciclo effettivo W_{eff} (kWh) si calcola utilizzando ciascuna coppia di valori di retroazione del regime e della coppia del motore. Questo calcolo deve essere eseguito dopo l'eventuale spostamento dei dati di retroazione, se si sceglie questa opzione. Il lavoro prodotto nel ciclo effettivo W_{eff} è utilizzato per il confronto con il lavoro prodotto nel ciclo di riferimento W_{rif} e per il calcolo delle emissioni specifiche al banco (v. punti 5.5 e 6.3 della presente appendice). La stessa metodologia deve essere utilizzata per integrare sia la potenza di riferimento che la potenza effettiva del motore. Se si devono determinare valori compresi tra valori di riferimento adiacenti ovvero fra valori misurati adiacenti, è necessario impiegare l'interpolazione lineare.

Nell'integrazione del lavoro prodotto nel ciclo di riferimento e in quello effettivo, tutti i valori di coppia negativi sono posti uguali a zero ed inclusi. Se l'integrazione viene eseguita ad una frequenza minore di 5 Hz e se durante un dato segmento di tempo il valore di coppia si modifica da positivo a negativo o da negativo a positivo, si calcola la porzione negativa e la si pone uguale a zero. Si include la porzione positiva nel valore integrato.

W_{eff} deve essere compreso tra - 15 per cento e + 5 per cento di W_{rif}

3.9.3. Analisi statistica di convalida del ciclo di prova

Si eseguono regressioni lineari sui valori di retroazione e sui valori di riferimento per il regime, la coppia e la potenza. Questo calcolo deve essere eseguito dopo l'eventuale spostamento dei dati di retroazione, se si sceglie questa opzione. Si usa il metodo dei minimi quadrati con un'equazione di interpolazione ottimale avente la forma:

$$y = mx + b$$

dove:

y = valore di retroazione (effettivo) del regime (min^{-1}), della coppia (Nm), o della potenza (kW)

m = coefficiente angolare della linea di regressione

x = valore di riferimento del regime (min^{-1}), della coppia (Nm) o della potenza (kW)

b = intercetta su y della linea di regressione

Si calcolano l'errore standard della stima (SE) di y su x e il coefficiente di determinazione (r^2) per ciascuna linea di regressione.

Si raccomanda di eseguire questa analisi a 1 Hertz. Tutti i valori negativi della coppia di riferimento e i valori di retroazione associati devono essere cancellati dal calcolo statistico di convalida della coppia e della potenza del ciclo. La prova è considerata valida se sono rispettati i criteri indicati nella tabella 7.

Tabella 7

Tolleranze della linea di regressione

	Regime	Coppia	Potenza
Errore standard della stima (SE) di Y su X	max 100 min^{-1}	max 13 per cento della coppia massima del motore che risulta dalla mappa di potenza	max 8 per cento della coppia massima del motore che risulta dalla mappa di potenza
Coefficiente angolare della linea di regressione, m	0,95-1,03	0,83-1,03	0,89-1,03

	Regime	Coppia	Potenza
Coefficiente di determinazione, r^2	min 0,9700	min 0,8800	min 0,9100
Intercetta su y della linea di regressione, b	$\pm 50 \text{ min}^{-1}$	valore più elevato tra $\pm 20 \text{ Nm}$ e ± 2 per cento della coppia massima	valore più elevato tra $\pm 4 \text{ kW}$ e ± 2 per cento della potenza massima

È ammessa la cancellazione di punti dalle analisi di regressione secondo quanto indicato nella tabella 8.

Tabella 8

Cancellazioni di punti ammesse dall'analisi di regressione

Condizioni	Punti da cancellare
Pieno carico e retroazione della coppia < 95 per cento della coppia di riferimento	Coppia e/o potenza
Pieno carico e retroazione del regime < 95 per cento del regime di riferimento	Regime e/o potenza
A vuoto, non al minimo, e retroazione della coppia > coppia di riferimento	Coppia e/o potenza
A vuoto, retroazione del regime \leq regime minimo + 50 min^{-1} e retroazione della coppia = definizione del costruttore/misura della coppia al minimo ± 2 per cento della coppia massima	Regime e/o potenza
A vuoto, retroazione del regime > regime minimo + 50 min^{-1} e retroazione della coppia > 105 per cento della coppia di riferimento	Coppia e/o potenza
A vuoto e retroazione del regime > 105 per cento del regime di riferimento	Regime e/o potenza

4. CALCOLO DEL FLUSSO DEL GAS DI SCARICO

4.1. Determinazione del flusso di gas di scarico diluito

Il flusso totale di gas di scarico diluito nell'arco del ciclo (kg/prova) si calcola in base ai valori delle misurazioni effettuate nell'arco del ciclo e ai corrispondenti dati di taratura del dispositivo di misura della portata (V_0 per PDP, K_V per CFV, C_d per SSV, determinati conformemente al punto 2 dell'appendice 5 del presente allegato). Se la temperatura del gas di scarico diluito è mantenuta costante nell'arco del ciclo mediante l'uso di uno scambiatore di calore ($\pm 6 \text{ K}$ per PDP-CVS, $\pm 11 \text{ K}$ per CFV-CVS, $\pm 11 \text{ K}$ per SSV-CVS), v. allegato 4A, Appendice 7.

Per il sistema PDP-CVS:

$$m_{ed} = 1,293 \cdot V_0 \cdot N_p \cdot (p_b - p_1) \cdot 273 / (101,3 \cdot T)$$

dove:

V_0 = volume di gas pompato per giro nelle condizioni di prova, m^3/giro

N_p = giri totali della pompa per prova

p_b = pressione atmosferica nell'ambiente di prova, kPa

p_1 = depressione al di sotto della pressione atmosferica all'ingresso della pompa, kPa

T = temperatura media del gas di scarico diluito all'ingresso della pompa nell'arco del ciclo, K

Per il sistema CFV-CVS:

$$m_{ed} = 1,293 \cdot t \cdot K_V \cdot p_p / T^{0,5}$$

dove:

t = durata del ciclo, s

K_V = coefficiente di taratura del tubo Venturi a flusso critico in condizioni normali

p_p = pressione assoluta all'ingresso del tubo Venturi, kPa

T = temperatura assoluta all'ingresso del tubo Venturi, K

Per il sistema SSV-CVS:

$$m_{ed} = 1,293 \cdot Q_{SSV}$$

dove:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d P_p \sqrt{\left[\frac{1}{T} (r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}) \cdot \left(\frac{1}{1 - r_D^{1,4286}} \right) \right]}$$

dove:

A_0 = raggruppamento di costanti e conversioni di unità

$$= 0,006111 \text{ in unità SI di } \left(\frac{m^3}{min} \right) \left(\frac{K^{1/2}}{kPa} \right) \left(\frac{1}{mm^2} \right)$$

d = diametro di gola dell'SSV, m

C_d = coefficiente di efflusso dell'SSV

p_p = pressione assoluta all'ingresso del tubo Venturi, kPa

T = temperatura all'ingresso del tubo Venturi, K

r_p = rapporto tra la pressione alla gola dell'SSV e la pressione assoluta e statica all'ingresso = $1 - \frac{\Delta p}{P_a}$

r_D = rapporto tra il diametro di gola dell'SSV, d , e il diametro interno del condotto di ingresso D

Se si usa un sistema con compensazione del flusso (ovvero senza scambiatori di calore), si calcolano le emissioni massiche istantanee e le si integra nel ciclo. In questo caso la massa istantanea del gas di scarico diluito deve essere calcolata nel modo seguente.

Per il sistema PDP-CVS:

$$m_{ed,i} = 1,293 \cdot V_0 \cdot N_{pi} \cdot (p_b - p_i) \cdot 273 / (101,3 \cdot T)$$

dove:

N_{pi} = giri totali della pompa per intervallo di tempo

Per il sistema CFV-CVS:

$$m_{ed,i} = 1,293 \cdot \Delta t_i \cdot K_v \cdot p_p / T^{0,5}$$

dove:

Δt_i = intervallo di tempo, s

Per il sistema SSV-CVS:

$$m_{ed,i} = 1,293 \cdot Q_{SSV} \cdot \Delta t_i$$

dove:

Δt_i = intervallo di tempo, s

Il calcolo in tempo reale deve essere effettuato inizialmente con un valore plausibile per C_d , ad esempio 0,98, o con un valore plausibile per Q_{SSV} . Se il calcolo è effettuato con Q_{SSV} , il valore iniziale di Q_{SSV} deve essere utilizzato per valutare Re.

Nel corso di tutte le prove relative alle emissioni, il numero di Reynolds alla gola dell'SSV deve rientrare nel campo dei numeri di Reynolds utilizzati per ricavare la curva di taratura di cui al punto 2.4 dell'appendice 5.

4.2. Determinazione del flusso massico del gas di scarico grezzo

Per il calcolo delle emissioni contenute nel gas di scarico grezzo e per il controllo del sistema di diluizione a flusso parziale, è necessario conoscere la portata del gas di scarico. Per la determinazione della portata massica del gas di scarico si può utilizzare uno dei metodi descritti ai punti da 4.2.2 a 4.2.5 della presente appendice.

4.2.1. Tempo di risposta

Per il calcolo delle emissioni, il tempo di risposta dei metodi descritti di seguito deve essere uguale o inferiore a quello prescritto per l'analizzatore al punto 1.5 dell'appendice 5 del presente allegato.

Per il controllo dei sistemi di diluizione a flusso parziale, il tempo di risposta deve essere più rapido. Per i sistemi di diluizione a flusso parziale con controllo in linea, il tempo di risposta deve essere $\leq 0,3$ s. Per i sistemi di diluizione a flusso parziale con «controllo predittivo» sulla base di una prova preregistrata, il tempo di risposta del sistema di misura della portata del gas di scarico deve essere ≤ 5 s con un tempo di salita ≤ 1 s. Il tempo di risposta del sistema deve essere specificato dal costruttore dello strumento. Le prescrizioni combinate relative ai tempi di risposta per la misurazione del flusso del gas di scarico e per i sistemi di diluizione a flusso parziale sono indicate al punto 3.8.3.2.

4.2.2. Metodo di misura diretta

La misura diretta del flusso istantaneo del gas di scarico può essere effettuata con sistemi quali:

- a) dispositivi di misura della pressione differenziale, ad esempio boccali di misura del flusso;
- b) flussometro a ultrasuoni;
- c) flussometro a vortici.

Devono essere prese opportune precauzioni allo scopo di evitare errori di misura che influirebbero sugli errori dei valori di emissione. In particolare è necessario aver cura di installare con attenzione il dispositivo nel sistema di scarico del motore in maniera conforme alle raccomandazioni del costruttore dello strumento e alla buona pratica ingegneristica. Le prestazioni e le emissioni del motore, in particolare, non devono essere modificate dall'installazione del dispositivo.

L'accuratezza della determinazione del flusso di gas di scarico deve essere almeno il valore più elevato tra $\pm 2,5$ per cento del valore indicato e $\pm 1,5$ per cento del valore massimo del motore.

4.2.3. Metodo di misura dell'aria e del carburante

Con questo metodo si misura il flusso d'aria e di carburante. Si devono utilizzare flussometri dell'aria e del carburante conformi alla prescrizione relativa all'accuratezza del flusso di gas di scarico totale di cui al punto 4.2.2 della presente appendice. Il calcolo del flusso di gas di scarico si effettua nel modo seguente:

$$q_{mew} = q_{maw} + q_{mf}$$

4.2.4. Metodo di misura del gas tracciante

Con questo metodo si misura la concentrazione di un gas tracciante nel gas di scarico. Nel flusso del gas di scarico si inietta come tracciante una quantità nota di un gas inerte (ad es. elio puro). Il gas viene miscelato e diluito dal gas di scarico ma non deve reagire nel condotto di scarico. In seguito si misura la concentrazione del gas nel campione di gas di scarico.

Per garantire la completa miscelazione del gas tracciante, la sonda di campionamento del gas di scarico deve essere posizionata ad almeno 1 m o, se superiore, a una distanza di almeno 30 volte il diametro del condotto di scarico, a valle del punto di iniezione del gas tracciante. La sonda di campionamento può essere disposta a una minor distanza dal punto di iniezione se la completa miscelazione viene controllata confrontando la concentrazione del gas tracciante con la concentrazione di riferimento quando il gas tracciante viene iniettato a monte del motore.

La portata del gas tracciante deve essere regolata in modo tale che, con il motore al minimo, a miscelazione avvenuta la concentrazione del gas tracciante sia inferiore al fondo scala dell'analizzatore del gas tracciante.

Il calcolo del flusso di gas di scarico si effettua nel modo seguente:

$$q_{mew,i} = \frac{q_{vt} \times p_e}{60 \times (c_{mix,i} - c_b)}$$

dove:

$q_{mew,p}$ = portata massica istantanea del gas di scarico, kg/s

q_{vt} = portata del gas tracciante, cm³/min

$c_{mix,i}$ = concentrazione istantanea del gas tracciante a miscelazione avvenuta, ppm

p_e = densità del gas di scarico, kg/m³ (v. tabella 6)

c_b = concentrazione di fondo del gas tracciante nell'aria di aspirazione, ppm

La concentrazione di fondo può essere trascurata se è inferiore all'1 per cento della concentrazione del gas tracciante dopo la miscelazione ($c_{mix,i}$) nel momento di massima portata del gas di scarico.

Il sistema completo deve rispettare le specifiche di accuratezza per la portata dei gas di scarico ed essere tarato conformemente al punto 1.7 dell'appendice 5 del presente allegato.

4.2.5. Metodo di misura del flusso d'aria e del rapporto aria/carburante

Con questo metodo si calcola la massa di gas di scarico in base al flusso d'aria e al rapporto aria/carburante. La portata massica istantanea del gas di scarico si calcola nel modo seguente:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} \times \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \times \lambda_i} \right)$$

dove:

$$A/F_{st} = \frac{138,0 \times \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right)}{12,011 + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma}$$

$$\lambda_i = \frac{\left(100 - \frac{c_{COd} \times 10^{-4}}{2} - c_{HCw} \times 10^{-4} \right) + \left(\frac{\alpha}{4} \times \frac{1 - \frac{2 \times c_{COd} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{COd}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2}}{1 + \frac{c_{COd} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{CO2d}}} \right) \times (c_{CO2d} + c_{COd} \times 10^{-4})}{4,764 \times \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right) \times (c_{CO2d} + c_{COd} \times 10^{-4} + c_{HCw} \times 10^{-4})}$$

dove:

A/F_{st} = rapporto stechiometrico aria/carburante, kg/kg

λ = rapporto di eccesso d'aria

c_{CO2} = concentrazione di CO₂ su secco, percentuale

c_{CO} = concentrazione di CO su secco, ppm

c_{HC} = concentrazione di HC, ppm

Il flussometro per l'aria deve rispettare le specifiche di accuratezza di cui al punto 2.2 dell'appendice 4 del presente allegato, l'analizzatore usato per il CO₂ le specifiche di cui al punto 3.3.2 dell'appendice 4 del presente allegato e l'intero sistema le specifiche di accuratezza relative alla portata del gas di scarico.

In via facoltativa, per misurare il rapporto di eccesso d'aria secondo le specifiche di cui al punto 3.3.6 dell'appendice 4 del presente allegato si possono utilizzare apparecchiature di misura del rapporto aria/carburante, ad esempio un sensore del tipo ad ossido di zirconio.

5. CALCOLO DELLE EMISSIONI GASSOSE

5.1. **Valutazione dei dati**

Per la valutazione delle emissioni gassose nel gas di scarico diluito, si registrano le concentrazioni di emissione (HC, CO e NO_x) e la portata massica del gas di scarico diluito conformemente al punto 3.8.2.1 della presente appendice e si memorizzano tali dati su un sistema informatico. Per gli analizzatori analogici si registra la risposta e si applicano i dati di taratura in linea o fuori linea durante la valutazione dei dati.

Per la valutazione delle emissioni gassose nel gas di scarico grezzo, si registrano le concentrazioni di emissione (HC, CO e NO_x) e la portata massica del gas di scarico conformemente al punto 3.8.2.1 della presente appendice e si memorizzano tali dati su un sistema informatico. Per gli analizzatori analogici si registra la risposta e si applicano i dati di taratura in linea o fuori linea durante la valutazione dei dati.

5.2. **Correzione secco/umido**

Se la concentrazione è misurata su secco, occorre convertirla nel valore su umido secondo la formula seguente. Per la misura continua si applica la conversione ad ogni misura istantanea prima di effettuare ulteriori calcoli.

$$c_w = k_w \times c_d$$

Si applicano le formule di conversione di cui al punto 5.2 dell'appendice 1 del presente allegato.

5.3. **Correzione del valore di NO_x in funzione dell'umidità e della temperatura**

Poiché l'emissione di NO_x dipende dalle condizioni dell'aria ambiente, la concentrazione di NO_x deve essere corretta per tenere conto della temperatura e dell'umidità dell'aria ambiente applicando i fattori indicati al punto 5.3 dell'appendice 1 del presente allegato. I fattori sono validi nella fascia tra 0 e 25 g/kg di aria secca.

5.4. **Calcolo della portata massica delle emissioni**

La massa delle emissioni nell'arco del ciclo (g/prova) si calcola nel modo seguente a seconda del metodo di misura applicato. Si converte la concentrazione misurata nel valore su umido secondo quanto disposto al punto 5.2 dell'appendice 1 del presente allegato, salvo che tale concentrazione sia già stata misurata su umido. Nella tabella 6 dell'appendice 1 del presente allegato sono indicati i valori di u_{gas} da applicare ai vari componenti in base alle proprietà ideali del gas e ai carburanti di interesse ai fini del presente regolamento.

a) per il gas di scarico grezzo:

$$m_{\text{gas}} = u_{\text{gas}} \times \sum_{i=1}^{i=n} c_{\text{gas},i} \times q_{\text{mew},i} \times \frac{1}{f}$$

dove:

u_{gas} = rapporto tra la densità del componente del gas di scarico e la densità del gas di scarico in base alla tabella 6

$c_{\text{gas},i}$ = concentrazione istantanea del componente considerato nel gas di scarico grezzo, ppm

$q_{\text{mew},i}$ = portata massica istantanea del gas di scarico, kg/s

f = frequenza di campionamento dei dati, Hz

n = numero di misurazioni

b) per il gas di scarico diluito senza compensazione del flusso:

$$m_{\text{gas}} = u_{\text{gas}} \times c_{\text{gas}} \times m_{\text{ed}}$$

dove:

u_{gas} = rapporto tra la densità del componente del gas di scarico e la densità dell'aria in base alla tabella 6

c_{gas} = concentrazione media corretta in funzione del fondo del componente considerato, ppm

m_{ed} = massa totale del gas di scarico diluito nell'arco del ciclo, kg

- c) per il gas di scarico diluito con compensazione del flusso:

$$m_{\text{gas}} = \left[u_{\text{gas}} \times \sum_{i=1}^{i=n} \left(c_{e,i} \times q_{\text{mdew},i} \times \frac{1}{f} \right) \right] - [(m_{\text{ed}} \times c_d \times (1 - 1/D) \times u_{\text{gas}})]$$

dove:

- $c_{e,i}$ = concentrazione istantanea del componente considerato misurata nel gas di scarico diluito, ppm
 c_d = concentrazione del componente considerato misurata nell'aria di diluizione, ppm
 $q_{\text{mdew},i}$ = portata massica istantanea del gas di scarico diluito, kg/s
 m_{ed} = massa totale di gas di scarico diluito nell'arco del ciclo, kg
 u_{gas} = rapporto tra la densità del componente del gas di scarico e la densità dell'aria in base alla tabella 6
 D = fattore di diluizione (v. punto 5.4.1)

Se del caso, la concentrazione di NMHC e CH₄ si calcola nel modo seguente utilizzando uno dei metodi di cui al punto 3.3.4 dell'appendice 4 del presente allegato:

- a) metodo con GC (solo sistema di diluizione a flusso totale):

$$c_{\text{NMHC}} = c_{\text{HC}} - c_{\text{CH}_4}$$

- b) metodo con NMC

$$c_{\text{NMHC}} = \frac{c_{\text{HC}(s/\text{Cutter})} \times (1 - E_M) - c_{\text{HC}(c/\text{Cutter})}}{E_E - E_M}$$

$$c_{\text{CH}_4} = \frac{c_{\text{HC}(c/\text{Cutter})} - c_{\text{HC}(s/\text{Cutter})} \times (1 - E_E)}{E_E - E_M}$$

dove:

- $c_{\text{HC}(c/\text{Cutter})}$ = concentrazione di HC quando il campione di gas attraversa l'NMC
 $c_{\text{HC}(s/\text{Cutter})}$ = concentrazione di HC quando il campione di gas bypassa l'NMC

5.4.1. Determinazione delle concentrazioni corrette in funzione del fondo (solo sistema di diluizione a flusso totale)

La concentrazione di fondo media degli inquinanti gassosi nell'aria di diluizione deve essere sottratta alle concentrazioni misurate per ottenere le concentrazioni nette degli inquinanti. I valori medi delle concentrazioni di fondo possono essere determinati mediante il metodo del sacchetto di campionamento oppure mediante misura continua e integrazione. Si usa la formula seguente:

$$c = c_e - c_d \times (1 - (1/D))$$

dove:

- c_e = concentrazione dell'inquinante considerato misurata nel gas di scarico diluito, ppm
 c_d = concentrazione dell'inquinante considerato misurata nell'aria di diluizione, ppm
 D = fattore di diluizione

Il fattore di diluizione si calcola nel modo seguente:

- a) per i motori diesel e a GPL

$$D = \frac{F_s}{c_{\text{CO}_2} + (c_{\text{HC}} + c_{\text{CO}}) \times 10^{-4}}$$

- b) per i motori a GN

$$D = \frac{F_s}{c_{\text{CO}_2,e} + (c_{\text{NMHC},e} + c_{\text{CO},e}) \times 10^{-4}}$$

dove:

- c_{CO_2} = concentrazione di CO₂ nel gas di scarico diluito, percentuale in volume
 c_{HC} = concentrazione di HC nel gas di scarico diluito, ppm C1
 c_{NMHC} = concentrazione di NMHC nel gas di scarico diluito, ppm C1
 c_{CO} = concentrazione di CO nel gas di scarico diluito, ppm
 F_s = fattore stechiometrico

Le concentrazioni misurate su secco devono essere convertite nel valore su umido conformemente al punto 5.2 dell'appendice 1 del presente allegato.

Il fattore stechiometrico si calcola nel modo seguente:

$$F_s = 100 \times \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3,76 \times \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2}\right)}$$

dove:

α , ε sono i rapporti molari riferiti a un carburante $C H_\alpha O_\varepsilon$

In alternativa, se la composizione del carburante non è nota, si può usare il fattore stechiometrico seguente:

$$F_s \text{ (diesel)} = 13,4$$

$$F_s \text{ (GPL)} = 11,6$$

$$F_s \text{ (GN)} = 9,5$$

$$F_s \text{ (etanolo)} = 12,3$$

5.5. Calcolo delle emissioni specifiche

Le emissioni (g/kWh) si calcolano nel modo seguente:

a) tutti i componenti ad eccezione di NO_x :

$$M_{\text{gas}} = \frac{m_{\text{gas}}}{W_{\text{eff}}}$$

b) NO_x :

$$M_{\text{gas}} = \frac{m_{\text{gas}} \times k_h}{W_{\text{eff}}}$$

dove:

W_{eff} = lavoro prodotto nel ciclo effettivo, determinato conformemente al punto 3.9.2.

5.5.1. Nel caso di un sistema di post-trattamento a rigenerazione periodica, le emissioni devono essere ponderate nel modo seguente:

$$\overline{M_{\text{Gas}}} = (n1 \times \overline{M_{\text{Gas}, n1}} + n2 \times \overline{M_{\text{Gas}, n2}}) / (n1 + n2)$$

dove:

$n1$ = numero di prove ETC tra due rigenerazioni

$n2$ = numero di ETC durante una rigenerazione (almeno una prova ETC)

$M_{\text{gas}, n2}$ = emissioni durante una rigenerazione

$M_{\text{gas}, n1}$ = emissioni dopo una rigenerazione

6. CALCOLO DELL'EMISSIONE DI PARTICOLATO (SE APPLICABILE)

6.1. Valutazione dei dati

Entro un'ora della conclusione della prova, si riporta il filtro del particolato nella camera di pesata. Si condiziona il filtro in una capsula di Petri parzialmente coperta, protetta contro la contaminazione da polvere, per almeno un'ora ma non più di 80 ore, quindi lo si pesa. Si registra il peso lordo dei filtri e si sottrae la tara per ottenere la massa del campione di particolato m_f . Per la valutazione della concentrazione di particolato, si registra la massa totale del campione (m_{sep}) che passa attraverso i filtri nell'arco del ciclo di prova.

Se occorre applicare una correzione del fondo, si registrano la massa dell'aria di diluizione (m_d) che passa attraverso il filtro e la massa del particolato ($m_{f,d}$).

6.2. Calcolo del flusso massico

6.2.1. Sistema di diluizione a flusso totale

La massa di particolato (g/prova) si calcola nel modo seguente:

$$m_{PT} = \frac{m_f}{m_{sep}} \times \frac{m_{ed}}{1\,000}$$

dove:

m_f = massa di particolato campionata nell'arco del ciclo, mg

m_{sep} = massa del gas di scarico diluito che passa attraverso i filtri di raccolta del particolato, kg

m_{ed} = massa del gas di scarico diluito nell'arco del ciclo, kg

Se si usa un sistema a doppia diluizione, si sottrae la massa dell'aria di diluizione secondaria alla massa totale del gas di scarico sottoposto a doppia diluizione campionato attraverso i filtri di raccolta del particolato.

$$m_{sep} = m_{set} - m_{ssd}$$

dove:

m_{set} = massa del gas di scarico sottoposto a doppia diluizione che passa attraverso il filtro di raccolta del particolato, kg

m_{ssd} = massa dell'aria di diluizione secondaria, kg

Se il valore di fondo del particolato nell'aria di diluizione viene determinato secondo il punto 3.4, si può correggere la massa del particolato per tenere conto dei valori di fondo. In questo caso la massa di particolato (g/prova) si calcola nel modo seguente:

$$m_{PT} = \left[\frac{m_f}{m_{sep}} - \left(\frac{m_d}{m_{f,d}} \times \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right) \right] \times \frac{m_{ed}}{1\,000}$$

dove:

m_{PT} , m_{sep} , m_{ed} = v. sopra

m_d = massa dell'aria di diluizione primaria campionata mediante il campionatore del particolato di fondo, kg

$m_{f,d}$ = massa del particolato di fondo raccolto nell'aria di diluizione primaria, mg

D = fattore di diluizione determinato conformemente al punto 5.4.1.

6.2.2. Sistema di diluizione a flusso parziale

La massa di particolato (g/prova) si calcola utilizzando uno dei metodi seguenti:

$$a) \quad m_{PT} = \frac{m_f}{m_{sep}} \times \frac{m_{edf}}{1000}$$

dove:

m_f = massa di particolato campionata nell'arco del ciclo, mg

m_{sep} = massa del gas di scarico diluito che passa attraverso i filtri di raccolta del particolato, kg

m_{edf} = massa del gas di scarico diluito equivalente nell'arco del ciclo, kg

La massa totale del gas di scarico diluito equivalente nell'arco del ciclo si determina nel modo seguente.

$$m_{edf} = \sum_{i=1}^{i=n} q_{medf,i} \times \frac{1}{f}$$

$$q_{medf,i} = q_{mew,i} \times r_{d,i}$$

$$r_{d,i} = \frac{q_{mdew,i}}{(q_{mdew,i} - q_{mdw,i})}$$

dove:

$q_{medf,i}$ = portata massica istantanea del gas di scarico diluito equivalente, kg/s

- $q_{mew,i}$ = portata massica istantanea del gas di scarico, kg/s
 $r_{d,i}$ = rapporto di diluizione istantaneo
 $q_{mdew,i}$ = portata massica istantanea del gas di scarico diluito attraverso il tunnel di diluizione, kg/s
 $q_{mdw,i}$ = portata massica istantanea dell'aria di diluizione, kg/s
 f = frequenza di campionamento dei dati, Hz
 n = numero di misurazioni

$$b) \quad m_{PT} = m_f / (r_s \times 1\,000)$$

dove:

- m_f = massa di particolato campionata nell'arco del ciclo, mg
 r_s = rapporto medio di campionamento nell'arco del ciclo di prova

in cui:

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \times \frac{m_{sep}}{m_{sed}}$$

dove:

- m_{se} = massa del campione nell'arco del ciclo, kg
 m_{ew} = portata massica totale del gas di scarico nell'arco del ciclo, kg
 m_{sep} = massa del gas di scarico diluito che passa attraverso i filtri di raccolta del particolato, kg
 m_{sed} = massa del gas di scarico diluito che passa attraverso il tunnel di diluizione, kg

Nota: nel caso di un sistema di campionamento totale, m_{sep} e M_{sed} sono identici.

6.3. Calcolo dell'emissione specifica

L'emissione di particolato (g/kWh) si calcola nel modo seguente:

$$M_{PT} = \frac{m_{PT}}{W_{eff}}$$

dove:

W_{eff} = lavoro prodotto nel ciclo effettivo, determinato conformemente al punto 3.9.2, kWh

6.3.1 Nel caso di un sistema di post-trattamento a rigenerazione periodica, le emissioni devono essere ponderate nel modo seguente:

$$\overline{PT} = (n1 \times \overline{PT}_{n1} + n2 \times \overline{PT}_{n2}) / (n1 + n2)$$

dove:

- $n1$ = numero di prove ETC tra due eventi di rigenerazione
 $n2$ = numero di prove ETC durante una rigenerazione (almeno una prova ETC)
 \overline{PT}_{n2} = emissioni durante una rigenerazione
 \overline{PT}_{n1} = emissioni al di fuori della rigenerazione

Appendice 3

Tabella macchina dinamometrica ETC

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)	Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1	0	0	32	71,7	85,4
2	0	0	33	79,4	54,8
3	0	0	34	89,7	99,4
4	0	0	35	57,4	0
5	0	0	36	59,7	30,6
6	0	0	37	90,1	«m»
7	0	0	38	82,9	«m»
8	0	0	39	51,3	«m»
9	0	0	40	28,5	«m»
10	0	0	41	29,3	«m»
11	0	0	42	26,7	«m»
12	0	0	43	20,4	«m»
13	0	0	44	14,1	0
14	0	0	45	6,5	0
15	0	0	46	0	0
16	0,1	1,5	47	0	0
17	23,1	21,5	48	0	0
18	12,6	28,5	49	0	0
19	21,8	71	50	0	0
20	19,7	76,8	51	0	0
21	54,6	80,9	52	0	0
22	71,3	4,9	53	0	0
23	55,9	18,1	54	0	0
24	72	85,4	55	0	0
25	86,7	61,8	56	0	0
26	51,7	0	57	0	0
27	53,4	48,9	58	0	0
28	34,2	87,6	59	0	0
29	45,5	92,7	60	0	0
30	54,6	99,5	61	0	0
31	64,5	96,8	62	25,5	11,1

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
63	28,5	20,9
64	32	73,9
65	4	82,3
66	34,5	80,4
67	64,1	86
68	58	0
69	50,3	83,4
70	66,4	99,1
71	81,4	99,6
72	88,7	73,4
73	52,5	0
74	46,4	58,5
75	48,6	90,9
76	55,2	99,4
77	62,3	99
78	68,4	91,5
79	74,5	73,7
80	38	0
81	41,8	89,6
82	47,1	99,2
83	52,5	99,8
84	56,9	80,8
85	58,3	11,8
86	56,2	«m»
87	52	«m»
88	43,3	«m»
89	36,1	«m»
90	27,6	«m»
91	21,1	«m»
92	8	0
93	0	0
94	0	0
95	0	0
96	0	0

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
97	0	0
98	0	0
99	0	0
100	0	0
101	0	0
102	0	0
103	0	0
104	0	0
105	0	0
106	0	0
107	0	0
108	11,6	14,8
109	0	0
110	27,2	74,8
111	17	76,9
112	36	78
113	59,7	86
114	80,8	17,9
115	49,7	0
116	65,6	86
117	78,6	72,2
118	64,9	«m»
119	44,3	«m»
120	51,4	83,4
121	58,1	97
122	69,3	99,3
123	72	20,8
124	72,1	«m»
125	65,3	«m»
126	64	«m»
127	59,7	«m»
128	52,8	«m»
129	45,9	«m»
130	38,7	«m»

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
131	32,4	«m»
132	27	«m»
133	21,7	«m»
134	19,1	0,4
135	34,7	14
136	16,4	48,6
137	0	11,2
138	1,2	2,1
139	30,1	19,3
140	30	73,9
141	54,4	74,4
142	77,2	55,6
143	58,1	0
144	45	82,1
145	68,7	98,1
146	85,7	67,2
147	60,2	0
148	59,4	98
149	72,7	99,6
150	79,9	45
151	44,3	0
152	41,5	84,4
153	56,2	98,2
154	65,7	99,1
155	74,4	84,7
156	54,4	0
157	47,9	89,7
158	54,5	99,5
159	62,7	96,8
160	62,3	0
161	46,2	54,2
162	44,3	83,2
163	48,2	13,3
164	51	«m»

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
165	50	«m»
166	49,2	«m»
167	49,3	«m»
168	49,9	«m»
169	51,6	«m»
170	49,7	«m»
171	48,5	«m»
172	50,3	72,5
173	51,1	84,5
174	54,6	64,8
175	56,6	76,5
176	58	«m»
177	53,6	«m»
178	40,8	«m»
179	32,9	«m»
180	26,3	«m»
181	20,9	«m»
182	10	0
183	0	0
184	0	0
185	0	0
186	0	0
187	0	0
188	0	0
189	0	0
190	0	0
191	0	0
192	0	0
193	0	0
194	0	0
195	0	0
196	0	0
197	0	0
198	0	0

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
199	0	0
200	0	0
201	0	0
202	0	0
203	0	0
204	0	0
205	0	0
206	0	0
207	0	0
208	0	0
209	0	0
210	0	0
211	0	0
212	0	0
213	0	0
214	0	0
215	0	0
216	0	0
217	0	0
218	0	0
219	0	0
220	0	0
221	0	0
222	0	0
223	0	0
224	0	0
225	21,2	62,7
226	30,8	75,1
227	5,9	82,7
228	34,6	80,3
229	59,9	87
230	84,3	86,2
231	68,7	«m»
232	43,6	«m»

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
233	41,5	85,4
234	49,9	94,3
235	60,8	99
236	70,2	99,4
237	81,1	92,4
238	49,2	0
239	56	86,2
240	56,2	99,3
241	61,7	99
242	69,2	99,3
243	74,1	99,8
244	72,4	8,4
245	71,3	0
246	71,2	9,1
247	67,1	«m»
248	65,5	«m»
249	64,4	«m»
250	62,9	25,6
251	62,2	35,6
252	62,9	24,4
253	58,8	«m»
254	56,9	«m»
255	54,5	«m»
256	51,7	17
257	56,2	78,7
258	59,5	94,7
259	65,5	99,1
260	71,2	99,5
261	76,6	99,9
262	79	0
263	52,9	97,5
264	53,1	99,7
265	59	99,1
266	62,2	99

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
267	65	99,1
268	69	83,1
269	69,9	28,4
270	70,6	12,5
271	68,9	8,4
272	69,8	9,1
273	69,6	7
274	65,7	«m»
275	67,1	«m»
276	66,7	«m»
277	65,6	«m»
278	64,5	«m»
279	62,9	«m»
280	59,3	«m»
281	54,1	«m»
282	51,3	«m»
283	47,9	«m»
284	43,6	«m»
285	39,4	«m»
286	34,7	«m»
287	29,8	«m»
288	20,9	73,4
289	36,9	«m»
290	35,5	«m»
291	20,9	«m»
292	49,7	11,9
293	42,5	«m»
294	32	«m»
295	23,6	«m»
296	19,1	0
297	15,7	73,5
298	25,1	76,8
299	34,5	81,4
300	44,1	87,4

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
301	52,8	98,6
302	63,6	99
303	73,6	99,7
304	62,2	«m»
305	29,2	«m»
306	46,4	22
307	47,3	13,8
308	47,2	12,5
309	47,9	11,5
310	47,8	35,5
311	49,2	83,3
312	52,7	96,4
313	57,4	99,2
314	61,8	99
315	66,4	60,9
316	65,8	«m»
317	59	«m»
318	50,7	«m»
319	41,8	«m»
320	34,7	«m»
321	28,7	«m»
322	25,2	«m»
323	43	24,8
324	38,7	0
325	48,1	31,9
326	40,3	61
327	42,4	52,1
328	46,4	47,7
329	46,9	30,7
330	46,1	23,1
331	45,7	23,2
332	45,5	31,9
333	46,4	73,6
334	51,3	60,7

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
335	51,3	51,1
336	53,2	46,8
337	53,9	50
338	53,4	52,1
339	53,8	45,7
340	50,6	22,1
341	47,8	26
342	41,6	17,8
343	38,7	29,8
344	35,9	71,6
345	34,6	47,3
346	34,8	80,3
347	35,9	87,2
348	38,8	90,8
349	41,5	94,7
350	47,1	99,2
351	53,1	99,7
352	46,4	0
353	42,5	0,7
354	43,6	58,6
355	47,1	87,5
356	54,1	99,5
357	62,9	99
358	72,6	99,6
359	82,4	99,5
360	88	99,4
361	46,4	0
362	53,4	95,2
363	58,4	99,2
364	61,5	99
365	64,8	99
366	68,1	99,2
367	73,4	99,7
368	73,3	29,8

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
369	73,5	14,6
370	68,3	0
371	45,4	49,9
372	47,2	75,7
373	44,5	9
374	47,8	10,3
375	46,8	15,9
376	46,9	12,7
377	46,8	8,9
378	46,1	6,2
379	46,1	«m»
380	45,5	«m»
381	44,7	«m»
382	43,8	«m»
383	41	«m»
384	41,1	6,4
385	38	6,3
386	35,9	0,3
387	33,5	0
388	53,1	48,9
389	48,3	«m»
390	49,9	«m»
391	48	«m»
392	45,3	«m»
393	41,6	3,1
394	44,3	79
395	44,3	89,5
396	43,4	98,8
397	44,3	98,9
398	43	98,8
399	42,2	98,8
400	42,7	98,8
401	45	99
402	43,6	98,9

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
403	42,2	98,8
404	44,8	99
405	43,4	98,8
406	45	99
407	42,2	54,3
408	61,2	31,9
409	56,3	72,3
410	59,7	99,1
411	62,3	99
412	67,9	99,2
413	69,5	99,3
414	73,1	99,7
415	77,7	99,8
416	79,7	99,7
417	82,5	99,5
418	85,3	99,4
419	86,6	99,4
420	89,4	99,4
421	62,2	0
422	52,7	96,4
423	50,2	99,8
424	49,3	99,6
425	52,2	99,8
426	51,3	100
427	51,3	100
428	51,1	100
429	51,1	100
430	51,8	99,9
431	51,3	100
432	51,1	100
433	51,3	100
434	52,3	99,8
435	52,9	99,7
436	53,8	99,6

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
437	51,7	99,9
438	53,5	99,6
439	52	99,8
440	51,7	99,9
441	53,2	99,7
442	54,2	99,5
443	55,2	99,4
444	53,8	99,6
445	53,1	99,7
446	55	99,4
447	57	99,2
448	61,5	99
449	59,4	5,7
450	59	0
451	57,3	59,8
452	64,1	99
453	70,9	90,5
454	58	0
455	41,5	59,8
456	44,1	92,6
457	46,8	99,2
458	47,2	99,3
459	51	100
460	53,2	99,7
461	53,1	99,7
462	55,9	53,1
463	53,9	13,9
464	52,5	«m»
465	51,7	«m»
466	51,5	52,2
467	52,8	80
468	54,9	95
469	57,3	99,2
470	60,7	99,1

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
471	62,4	«m»
472	60,1	«m»
473	53,2	«m»
474	44	«m»
475	35,2	«m»
476	30,5	«m»
477	26,5	«m»
478	22,5	«m»
479	20,4	«m»
480	19,1	«m»
481	19,1	«m»
482	13,4	«m»
483	6,7	«m»
484	3,2	«m»
485	14,3	63,8
486	34,1	0
487	23,9	75,7
488	31,7	79,2
489	32,1	19,4
490	35,9	5,8
491	36,6	0,8
492	38,7	«m»
493	38,4	«m»
494	39,4	«m»
495	39,7	«m»
496	40,5	«m»
497	40,8	«m»
498	39,7	«m»
499	39,2	«m»
500	38,7	«m»
501	32,7	«m»
502	30,1	«m»
503	21,9	«m»
504	12,8	0

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
505	0	0
506	0	0
507	0	0
508	0	0
509	0	0
510	0	0
511	0	0
512	0	0
513	0	0
514	30,5	25,6
515	19,7	56,9
516	16,3	45,1
517	27,2	4,6
518	21,7	1,3
519	29,7	28,6
520	36,6	73,7
521	61,3	59,5
522	40,8	0
523	36,6	27,8
524	39,4	80,4
525	51,3	88,9
526	58,5	11,1
527	60,7	«m»
528	54,5	«m»
529	51,3	«m»
530	45,5	«m»
531	40,8	«m»
532	38,9	«m»
533	36,6	«m»
534	36,1	72,7
535	44,8	78,9
536	51,6	91,1
537	59,1	99,1
538	66	99,1

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
539	75,1	99,9
540	81	8
541	39,1	0
542	53,8	89,7
543	59,7	99,1
544	64,8	99
545	70,6	96,1
546	72,6	19,6
547	72	6,3
548	68,9	0,1
549	67,7	«m»
550	66,8	«m»
551	64,3	16,9
552	64,9	7
553	63,6	12,5
554	63	7,7
555	64,4	38,2
556	63	11,8
557	63,6	0
558	63,3	5
559	60,1	9,1
560	61	8,4
561	59,7	0,9
562	58,7	«m»
563	56	«m»
564	53,9	«m»
565	52,1	«m»
566	49,9	«m»
567	46,4	«m»
568	43,6	«m»
569	40,8	«m»
570	37,5	«m»
571	27,8	«m»
572	17,1	0,6

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
573	12,2	0,9
574	11,5	1,1
575	8,7	0,5
576	8	0,9
577	5,3	0,2
578	4	0
579	3,9	0
580	0	0
581	0	0
582	0	0
583	0	0
584	0	0
585	0	0
586	0	0
587	8,7	22,8
588	16,2	49,4
589	23,6	56
590	21,1	56,1
591	23,6	56
592	46,2	68,8
593	68,4	61,2
594	58,7	«m»
595	31,6	«m»
596	19,9	8,8
597	32,9	70,2
598	43	79
599	57,4	98,9
600	72,1	73,8
601	53	0
602	48,1	86
603	56,2	99
604	65,4	98,9
605	72,9	99,7
606	67,5	«m»

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
607	39	«m»
608	41,9	38,1
609	44,1	80,4
610	46,8	99,4
611	48,7	99,9
612	50,5	99,7
613	52,5	90,3
614	51	1,8
615	50	«m»
616	49,1	«m»
617	47	«m»
618	43,1	«m»
619	39,2	«m»
620	40,6	0,5
621	41,8	53,4
622	44,4	65,1
623	48,1	67,8
624	53,8	99,2
625	58,6	98,9
626	63,6	98,8
627	68,5	99,2
628	72,2	89,4
629	77,1	0
630	57,8	79,1
631	60,3	98,8
632	61,9	98,8
633	63,8	98,8
634	64,7	98,9
635	65,4	46,5
636	65,7	44,5
637	65,6	3,5
638	49,1	0
639	50,4	73,1
640	50,5	«m»

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
641	51	«m»
642	49,4	«m»
643	49,2	«m»
644	48,6	«m»
645	47,5	«m»
646	46,5	«m»
647	46	11,3
648	45,6	42,8
649	47,1	83
650	46,2	99,3
651	47,9	99,7
652	49,5	99,9
653	50,6	99,7
654	51	99,6
655	53	99,3
656	54,9	99,1
657	55,7	99
658	56	99
659	56,1	9,3
660	55,6	«m»
661	55,4	«m»
662	54,9	51,3
663	54,9	59,8
664	54	39,3
665	53,8	«m»
666	52	«m»
667	50,4	«m»
668	50,6	0
669	49,3	41,7
670	50	73,2
671	50,4	99,7
672	51,9	99,5
673	53,6	99,3
674	54,6	99,1

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
675	56	99
676	55,8	99
677	58,4	98,9
678	59,9	98,8
679	60,9	98,8
680	63	98,8
681	64,3	98,9
682	64,8	64
683	65,9	46,5
684	66,2	28,7
685	65,2	1,8
686	65	6,8
687	63,6	53,6
688	62,4	82,5
689	61,8	98,8
690	59,8	98,8
691	59,2	98,8
692	59,7	98,8
693	61,2	98,8
694	62,2	49,4
695	62,8	37,2
696	63,5	46,3
697	64,7	72,3
698	64,7	72,3
699	65,4	77,4
700	66,1	69,3
701	64,3	«m»
702	64,3	«m»
703	63	«m»
704	62,2	«m»
705	61,6	«m»
706	62,4	«m»
707	62,2	«m»
708	61	«m»

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
709	58,7	«m»
710	55,5	«m»
711	51,7	«m»
712	49,2	«m»
713	48,8	40,4
714	47,9	«m»
715	46,2	«m»
716	45,6	9,8
717	45,6	34,5
718	45,5	37,1
719	43,8	«m»
720	41,9	«m»
721	41,3	«m»
722	41,4	«m»
723	41,2	«m»
724	41,8	«m»
725	41,8	«m»
726	43,2	17,4
727	45	29
728	44,2	«m»
729	43,9	«m»
730	38	10,7
731	56,8	«m»
732	57,1	«m»
733	52	«m»
734	44,4	«m»
735	40,2	«m»
736	39,2	16,5
737	38,9	73,2
738	39,9	89,8
739	42,3	98,6
740	43,7	98,8
741	45,5	99,1
742	45,6	99,2

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
743	48,1	99,7
744	49	100
745	49,8	99,9
746	49,8	99,9
747	51,9	99,5
748	52,3	99,4
749	53,3	99,3
750	52,9	99,3
751	54,3	99,2
752	55,5	99,1
753	56,7	99
754	61,7	98,8
755	64,3	47,4
756	64,7	1,8
757	66,2	«m»
758	49,1	«m»
759	52,1	46
760	52,6	61
761	52,9	0
762	52,3	20,4
763	54,2	56,7
764	55,4	59,8
765	56,1	49,2
766	56,8	33,7
767	57,2	96
768	58,6	98,9
769	59,5	98,8
770	61,2	98,8
771	62,1	98,8
772	62,7	98,8
773	62,8	98,8
774	64	98,9
775	63,2	46,3
776	62,4	«m»

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
777	60,3	«m»
778	58,7	«m»
779	57,2	«m»
780	56,1	«m»
781	56	9,3
782	55,2	26,3
783	54,8	42,8
784	55,7	47,1
785	56,6	52,4
786	58	50,3
787	58,6	20,6
788	58,7	«m»
789	59,3	«m»
790	58,6	«m»
791	60,5	9,7
792	59,2	9,6
793	59,9	9,6
794	59,6	9,6
795	59,9	6,2
796	59,9	9,6
797	60,5	13,1
798	60,3	20,7
799	59,9	31
800	60,5	42
801	61,5	52,5
802	60,9	51,4
803	61,2	57,7
804	62,8	98,8
805	63,4	96,1
806	64,6	45,4
807	64,1	5
808	63	3,2
809	62,7	14,9
810	63,5	35,8

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
811	64,1	73,3
812	64,3	37,4
813	64,1	21
814	63,7	21
815	62,9	18
816	62,4	32,7
817	61,7	46,2
818	59,8	45,1
819	57,4	43,9
820	54,8	42,8
821	54,3	65,2
822	52,9	62,1
823	52,4	30,6
824	50,4	«m»
825	48,6	«m»
826	47,9	«m»
827	46,8	«m»
828	46,9	9,4
829	49,5	41,7
830	50,5	37,8
831	52,3	20,4
832	54,1	30,7
833	56,3	41,8
834	58,7	26,5
835	57,3	«m»
836	59	«m»
837	59,8	«m»
838	60,3	«m»
839	61,2	«m»
840	61,8	«m»
841	62,5	«m»
842	62,4	«m»
843	61,5	«m»
844	63,7	«m»

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
845	61,9	«m»
846	61,6	29,7
847	60,3	«m»
848	59,2	«m»
849	57,3	«m»
850	52,3	«m»
851	49,3	«m»
852	47,3	«m»
853	46,3	38,8
854	46,8	35,1
855	46,6	«m»
856	44,3	«m»
857	43,1	«m»
858	42,4	2,1
859	41,8	2,4
860	43,8	68,8
861	44,6	89,2
862	46	99,2
863	46,9	99,4
864	47,9	99,7
865	50,2	99,8
866	51,2	99,6
867	52,3	99,4
868	53	99,3
869	54,2	99,2
870	55,5	99,1
871	56,7	99
872	57,3	98,9
873	58	98,9
874	60,5	31,1
875	60,2	«m»
876	60,3	«m»
877	60,5	6,3
878	61,4	19,3

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
879	60,3	1,2
880	60,5	2,9
881	61,2	34,1
882	61,6	13,2
883	61,5	16,4
884	61,2	16,4
885	61,3	«m»
886	63,1	«m»
887	63,2	4,8
888	62,3	22,3
889	62	38,5
890	61,6	29,6
891	61,6	26,6
892	61,8	28,1
893	62	29,6
894	62	16,3
895	61,1	«m»
896	61,2	«m»
897	60,7	19,2
898	60,7	32,5
899	60,9	17,8
900	60,1	19,2
901	59,3	38,2
902	59,9	45
903	59,4	32,4
904	59,2	23,5
905	59,5	40,8
906	58,3	«m»
907	58,2	«m»
908	57,6	«m»
909	57,1	«m»
910	57	0,6
911	57	26,3
912	56,5	29,2

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
913	56,3	20,5
914	56,1	«m»
915	55,2	«m»
916	54,7	17,5
917	55,2	29,2
918	55,2	29,2
919	55,9	16
920	55,9	26,3
921	56,1	36,5
922	55,8	19
923	55,9	9,2
924	55,8	21,9
925	56,4	42,8
926	56,4	38
927	56,4	11
928	56,4	35,1
929	54	7,3
930	53,4	5,4
931	52,3	27,6
932	52,1	32
933	52,3	33,4
934	52,2	34,9
935	52,8	60,1
936	53,7	69,7
937	54	70,7
938	55,1	71,7
939	55,2	46
940	54,7	12,6
941	52,5	0
942	51,8	24,7
943	51,4	43,9
944	50,9	71,1
945	51,2	76,8
946	50,3	87,5

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
947	50,2	99,8
948	50,9	100
949	49,9	99,7
950	50,9	100
951	49,8	99,7
952	50,4	99,8
953	50,4	99,8
954	49,7	99,7
955	51	100
956	50,3	99,8
957	50,2	99,8
958	49,9	99,7
959	50,9	100
960	50	99,7
961	50,2	99,8
962	50,2	99,8
963	49,9	99,7
964	50,4	99,8
965	50,2	99,8
966	50,3	99,8
967	49,9	99,7
968	51,1	100
969	50,6	99,9
970	49,9	99,7
971	49,6	99,6
972	49,4	99,6
973	49	99,5
974	49,8	99,7
975	50,9	100
976	50,4	99,8
977	49,8	99,7
978	49,1	99,5
979	50,4	99,8
980	49,8	99,7

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
981	49,3	99,5
982	49,1	99,5
983	49,9	99,7
984	49,1	99,5
985	50,4	99,8
986	50,9	100
987	51,4	99,9
988	51,5	99,9
989	52,2	99,7
990	52,8	74,1
991	53,3	46
992	53,6	36,4
993	53,4	33,5
994	53,9	58,9
995	55,2	73,8
996	55,8	52,4
997	55,7	9,2
998	55,8	2,2
999	56,4	33,6
1 000	55,4	«m»
1 001	55,2	«m»
1 002	55,8	26,3
1 003	55,8	23,3
1 004	56,4	50,2
1 005	57,6	68,3
1 006	58,8	90,2
1 007	59,9	98,9
1 008	62,3	98,8
1 009	63,1	74,4
1 010	63,7	49,4
1 011	63,3	9,8
1 012	48	0
1 013	47,9	73,5
1 014	49,9	99,7

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 015	49,9	48,8
1 016	49,6	2,3
1 017	49,9	«m»
1 018	49,3	«m»
1 019	49,7	47,5
1 020	49,1	«m»
1 021	49,4	«m»
1 022	48,3	«m»
1 023	49,4	«m»
1 024	48,5	«m»
1 025	48,7	«m»
1 026	48,7	«m»
1 027	49,1	«m»
1 028	49	«m»
1 029	49,8	«m»
1 030	48,7	«m»
1 031	48,5	«m»
1 032	49,3	31,3
1 033	49,7	45,3
1 034	48,3	44,5
1 035	49,8	61
1 036	49,4	64,3
1 037	49,8	64,4
1 038	50,5	65,6
1 039	50,3	64,5
1 040	51,2	82,9
1 041	50,5	86
1 042	50,6	89
1 043	50,4	81,4
1 044	49,9	49,9
1 045	49,1	20,1
1 046	47,9	24
1 047	48,1	36,2
1 048	47,5	34,5

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 049	46,9	30,3
1 050	47,7	53,5
1 051	46,9	61,6
1 052	46,5	73,6
1 053	48	84,6
1 054	47,2	87,7
1 055	48,7	80
1 056	48,7	50,4
1 057	47,8	38,6
1 058	48,8	63,1
1 059	47,4	5
1 060	47,3	47,4
1 061	47,3	49,8
1 062	46,9	23,9
1 063	46,7	44,6
1 064	46,8	65,2
1 065	46,9	60,4
1 066	46,7	61,5
1 067	45,5	«m»
1 068	45,5	«m»
1 069	44,2	«m»
1 070	43	«m»
1 071	42,5	«m»
1 072	41	«m»
1 073	39,9	«m»
1 074	39,9	38,2
1 075	40,1	48,1
1 076	39,9	48
1 077	39,4	59,3
1 078	43,8	19,8
1 079	52,9	0
1 080	52,8	88,9
1 081	53,4	99,5
1 082	54,7	99,3

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 083	56,3	99,1
1 084	57,5	99
1 085	59	98,9
1 086	59,8	98,9
1 087	60,1	98,9
1 088	61,8	48,3
1 089	61,8	55,6
1 090	61,7	59,8
1 091	62	55,6
1 092	62,3	29,6
1 093	62	19,3
1 094	61,3	7,9
1 095	61,1	19,2
1 096	61,2	43
1 097	61,1	59,7
1 098	61,1	98,8
1 099	61,3	98,8
1 100	61,3	26,6
1 101	60,4	«m»
1 102	58,8	«m»
1 103	57,7	«m»
1 104	56	«m»
1 105	54,7	«m»
1 106	53,3	«m»
1 107	52,6	23,2
1 108	53,4	84,2
1 109	53,9	99,4
1 110	54,9	99,3
1 111	55,8	99,2
1 112	57,1	99
1 113	56,5	99,1
1 114	58,9	98,9
1 115	58,7	98,9
1 116	59,8	98,9

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 117	61	98,8
1 118	60,7	19,2
1 119	59,4	«m»
1 120	57,9	«m»
1 121	57,6	«m»
1 122	56,3	«m»
1 123	55	«m»
1 124	53,7	«m»
1 125	52,1	«m»
1 126	51,1	«m»
1 127	49,7	25,8
1 128	49,1	46,1
1 129	48,7	46,9
1 130	48,2	46,7
1 131	48	70
1 132	48	70
1 133	47,2	67,6
1 134	47,3	67,6
1 135	46,6	74,7
1 136	47,4	13
1 137	46,3	«m»
1 138	45,4	«m»
1 139	45,5	24,8
1 140	44,8	73,8
1 141	46,6	99
1 142	46,3	98,9
1 143	48,5	99,4
1 144	49,9	99,7
1 145	49,1	99,5
1 146	49,1	99,5
1 147	51	100
1 148	51,5	99,9
1 149	50,9	100
1 150	51,6	99,9

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 151	52,1	99,7
1 152	50,9	100
1 153	52,2	99,7
1 154	51,5	98,3
1 155	51,5	47,2
1 156	50,8	78,4
1 157	50,3	83
1 158	50,3	31,7
1 159	49,3	31,3
1 160	48,8	21,5
1 161	47,8	59,4
1 162	48,1	77,1
1 163	48,4	87,6
1 164	49,6	87,5
1 165	51	81,4
1 166	51,6	66,7
1 167	53,3	63,2
1 168	55,2	62
1 169	55,7	43,9
1 170	56,4	30,7
1 171	56,8	23,4
1 172	57	«m»
1 173	57,6	«m»
1 174	56,9	«m»
1 175	56,4	4
1 176	57	23,4
1 177	56,4	41,7
1 178	57	49,2
1 179	57,7	56,6
1 180	58,6	56,6
1 181	58,9	64
1 182	59,4	68,2
1 183	58,8	71,4
1 184	60,1	71,3

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 185	60,6	79,1
1 186	60,7	83,3
1 187	60,7	77,1
1 188	60	73,5
1 189	60,2	55,5
1 190	59,7	54,4
1 191	59,8	73,3
1 192	59,8	77,9
1 193	59,8	73,9
1 194	60	76,5
1 195	59,5	82,3
1 196	59,9	82,8
1 197	59,8	65,8
1 198	59	48,6
1 199	58,9	62,2
1 200	59,1	70,4
1 201	58,9	62,1
1 202	58,4	67,4
1 203	58,7	58,9
1 204	58,3	57,7
1 205	57,5	57,8
1 206	57,2	57,6
1 207	57,1	42,6
1 208	57	70,1
1 209	56,4	59,6
1 210	56,7	39
1 211	55,9	68,1
1 212	56,3	79,1
1 213	56,7	89,7
1 214	56	89,4
1 215	56	93,1
1 216	56,4	93,1
1 217	56,7	94,4
1 218	56,9	94,8

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 219	57	94,1
1 220	57,7	94,3
1 221	57,5	93,7
1 222	58,4	93,2
1 223	58,7	93,2
1 224	58,2	93,7
1 225	58,5	93,1
1 226	58,8	86,2
1 227	59	72,9
1 228	58,2	59,9
1 229	57,6	8,5
1 230	57,1	47,6
1 231	57,2	74,4
1 232	57	79,1
1 233	56,7	67,2
1 234	56,8	69,1
1 235	56,9	71,3
1 236	57	77,3
1 237	57,4	78,2
1 238	57,3	70,6
1 239	57,7	64
1 240	57,5	55,6
1 241	58,6	49,6
1 242	58,2	41,1
1 243	58,8	40,6
1 244	58,3	21,1
1 245	58,7	24,9
1 246	59,1	24,8
1 247	58,6	«m»
1 248	58,8	«m»
1 249	58,8	«m»
1 250	58,7	«m»
1 251	59,1	«m»
1 252	59,1	«m»

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 253	59,4	«m»
1 254	60,6	2,6
1 255	59,6	«m»
1 256	60,1	«m»
1 257	60,6	«m»
1 258	59,6	4,1
1 259	60,7	7,1
1 260	60,5	«m»
1 261	59,7	«m»
1 262	59,6	«m»
1 263	59,8	«m»
1 264	59,6	4,9
1 265	60,1	5,9
1 266	59,9	6,1
1 267	59,7	«m»
1 268	59,6	«m»
1 269	59,7	22
1 270	59,8	10,3
1 271	59,9	10
1 272	60,6	6,2
1 273	60,5	7,3
1 274	60,2	14,8
1 275	60,6	8,2
1 276	60,6	5,5
1 277	61	14,3
1 278	61	12
1 279	61,3	34,2
1 280	61,2	17,1
1 281	61,5	15,7
1 282	61	9,5
1 283	61,1	9,2
1 284	60,5	4,3
1 285	60,2	7,8
1 286	60,2	5,9

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 287	60,2	5,3
1 288	59,9	4,6
1 289	59,4	21,5
1 290	59,6	15,8
1 291	59,3	10,1
1 292	58,9	9,4
1 293	58,8	9
1 294	58,9	35,4
1 295	58,9	30,7
1 296	58,9	25,9
1 297	58,7	22,9
1 298	58,7	24,4
1 299	59,3	61
1 300	60,1	56
1 301	60,5	50,6
1 302	59,5	16,2
1 303	59,7	50
1 304	59,7	31,4
1 305	60,1	43,1
1 306	60,8	38,4
1 307	60,9	40,2
1 308	61,3	49,7
1 309	61,8	45,9
1 310	62	45,9
1 311	62,2	45,8
1 312	62,6	46,8
1 313	62,7	44,3
1 314	62,9	44,4
1 315	63,1	43,7
1 316	63,5	46,1
1 317	63,6	40,7
1 318	64,3	49,5
1 319	63,7	27
1 320	63,8	15

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 321	63,6	18,7
1 322	63,4	8,4
1 323	63,2	8,7
1 324	63,3	21,6
1 325	62,9	19,7
1 326	63	22,1
1 327	63,1	20,3
1 328	61,8	19,1
1 329	61,6	17,1
1 330	61	0
1 331	61,2	22
1 332	60,8	40,3
1 333	61,1	34,3
1 334	60,7	16,1
1 335	60,6	16,6
1 336	60,5	18,5
1 337	60,6	29,8
1 338	60,9	19,5
1 339	60,9	22,3
1 340	61,4	35,8
1 341	61,3	42,9
1 342	61,5	31
1 343	61,3	19,2
1 344	61	9,3
1 345	60,8	44,2
1 346	60,9	55,3
1 347	61,2	56
1 348	60,9	60,1
1 349	60,7	59,1
1 350	60,9	56,8
1 351	60,7	58,1
1 352	59,6	78,4
1 353	59,6	84,6
1 354	59,4	66,6

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 355	59,3	75,5
1 356	58,9	49,6
1 357	59,1	75,8
1 358	59	77,6
1 359	59	67,8
1 360	59	56,7
1 361	58,8	54,2
1 362	58,9	59,6
1 363	58,9	60,8
1 364	59,3	56,1
1 365	58,9	48,5
1 366	59,3	42,9
1 367	59,4	41,4
1 368	59,6	38,9
1 369	59,4	32,9
1 370	59,3	30,6
1 371	59,4	30
1 372	59,4	25,3
1 373	58,8	18,6
1 374	59,1	18
1 375	58,5	10,6
1 376	58,8	10,5
1 377	58,5	8,2
1 378	58,7	13,7
1 379	59,1	7,8
1 380	59,1	6
1 381	59,1	6
1 382	59,4	13,1
1 383	59,7	22,3
1 384	60,7	10,5
1 385	59,8	9,8
1 386	60,2	8,8
1 387	59,9	8,7
1 388	61	9,1

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 389	60,6	28,2
1 390	60,6	22
1 391	59,6	23,2
1 392	59,6	19
1 393	60,6	38,4
1 394	59,8	41,6
1 395	60	47,3
1 396	60,5	55,4
1 397	60,9	58,7
1 398	61,3	37,9
1 399	61,2	38,3
1 400	61,4	58,7
1 401	61,3	51,3
1 402	61,4	71,1
1 403	61,1	51
1 404	61,5	56,6
1 405	61	60,6
1 406	61,1	75,4
1 407	61,4	69,4
1 408	61,6	69,9
1 409	61,7	59,6
1 410	61,8	54,8
1 411	61,6	53,6
1 412	61,3	53,5
1 413	61,3	52,9
1 414	61,2	54,1
1 415	61,3	53,2
1 416	61,2	52,2
1 417	61,2	52,3
1 418	61	48
1 419	60,9	41,5
1 420	61	32,2
1 421	60,7	22
1 422	60,7	23,3

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 423	60,8	38,8
1 424	61	40,7
1 425	61	30,6
1 426	61,3	62,6
1 427	61,7	55,9
1 428	62,3	43,4
1 429	62,3	37,4
1 430	62,3	35,7
1 431	62,8	34,4
1 432	62,8	31,5
1 433	62,9	31,7
1 434	62,9	29,9
1 435	62,8	29,4
1 436	62,7	28,7
1 437	61,5	14,7
1 438	61,9	17,2
1 439	61,5	6,1
1 440	61	9,9
1 441	60,9	4,8
1 442	60,6	11,1
1 443	60,3	6,9
1 444	60,8	7
1 445	60,2	9,2
1 446	60,5	21,7
1 447	60,2	22,4
1 448	60,7	31,6
1 449	60,9	28,9
1 450	59,6	21,7
1 451	60,2	18
1 452	59,5	16,7
1 453	59,8	15,7
1 454	59,6	15,7
1 455	59,3	15,7
1 456	59	7,5

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 457	58,8	7,1
1 458	58,7	16,5
1 459	59,2	50,7
1 460	59,7	60,2
1 461	60,4	44
1 462	60,2	35,3
1 463	60,4	17,1
1 464	59,9	13,5
1 465	59,9	12,8
1 466	59,6	14,8
1 467	59,4	15,9
1 468	59,4	22
1 469	60,4	38,4
1 470	59,5	38,8
1 471	59,3	31,9
1 472	60,9	40,8
1 473	60,7	39
1 474	60,9	30,1
1 475	61	29,3
1 476	60,6	28,4
1 477	60,9	36,3
1 478	60,8	30,5
1 479	60,7	26,7
1 480	60,1	4,7
1 481	59,9	0
1 482	60,4	36,2
1 483	60,7	32,5
1 484	59,9	3,1
1 485	59,7	«m»
1 486	59,5	«m»
1 487	59,2	«m»
1 488	58,8	0,6
1 489	58,7	«m»
1 490	58,7	«m»

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 491	57,9	«m»
1 492	58,2	«m»
1 493	57,6	«m»
1 494	58,3	9,5
1 495	57,2	6
1 496	57,4	27,3
1 497	58,3	59,9
1 498	58,3	7,3
1 499	58,8	21,7
1 500	58,8	38,9
1 501	59,4	26,2
1 502	59,1	25,5
1 503	59,1	26
1 504	59	39,1
1 505	59,5	52,3
1 506	59,4	31
1 507	59,4	27
1 508	59,4	29,8
1 509	59,4	23,1
1 510	58,9	16
1 511	59	31,5
1 512	58,8	25,9
1 513	58,9	40,2
1 514	58,8	28,4
1 515	58,9	38,9
1 516	59,1	35,3
1 517	58,8	30,3
1 518	59	19
1 519	58,7	3
1 520	57,9	0
1 521	58	2,4
1 522	57,1	«m»
1 523	56,7	«m»
1 524	56,7	5,3

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 525	56,6	2,1
1 526	56,8	«m»
1 527	56,3	«m»
1 528	56,3	«m»
1 529	56	«m»
1 530	56,7	«m»
1 531	56,6	3,8
1 532	56,9	«m»
1 533	56,9	«m»
1 534	57,4	«m»
1 535	57,4	«m»
1 536	58,3	13,9
1 537	58,5	«m»
1 538	59,1	«m»
1 539	59,4	«m»
1 540	59,6	«m»
1 541	59,5	«m»
1 542	59,6	0,5
1 543	59,3	9,2
1 544	59,4	11,2
1 545	59,1	26,8
1 546	59	11,7
1 547	58,8	6,4
1 548	58,7	5
1 549	57,5	«m»
1 550	57,4	«m»
1 551	57,1	1,1
1 552	57,1	0
1 553	57	4,5
1 554	57,1	3,7
1 555	57,3	3,3
1 556	57,3	16,8
1 557	58,2	29,3
1 558	58,7	12,5

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 559	58,3	12,2
1 560	58,6	12,7
1 561	59	13,6
1 562	59,8	21,9
1 563	59,3	20,9
1 564	59,7	19,2
1 565	60,1	15,9
1 566	60,7	16,7
1 567	60,7	18,1
1 568	60,7	40,6
1 569	60,7	59,7
1 570	61,1	66,8
1 571	61,1	58,8
1 572	60,8	64,7
1 573	60,1	63,6
1 574	60,7	83,2
1 575	60,4	82,2
1 576	60	80,5
1 577	59,9	78,7
1 578	60,8	67,9
1 579	60,4	57,7
1 580	60,2	60,6
1 581	59,6	72,7
1 582	59,9	73,6
1 583	59,8	74,1
1 584	59,6	84,6
1 585	59,4	76,1
1 586	60,1	76,9
1 587	59,5	84,6
1 588	59,8	77,5
1 589	60,6	67,9
1 590	59,3	47,3
1 591	59,3	43,1
1 592	59,4	38,3

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 593	58,7	38,2
1 594	58,8	39,2
1 595	59,1	67,9
1 596	59,7	60,5
1 597	59,5	32,9
1 598	59,6	20
1 599	59,6	34,4
1 600	59,4	23,9
1 601	59,6	15,7
1 602	59,9	41
1 603	60,5	26,3
1 604	59,6	14
1 605	59,7	21,2
1 606	60,9	19,6
1 607	60,1	34,3
1 608	59,9	27
1 609	60,8	25,6
1 610	60,6	26,3
1 611	60,9	26,1
1 612	61,1	38
1 613	61,2	31,6
1 614	61,4	30,6
1 615	61,7	29,6
1 616	61,5	28,8
1 617	61,7	27,8
1 618	62,2	20,3
1 619	61,4	19,6
1 620	61,8	19,7
1 621	61,8	18,7
1 622	61,6	17,7
1 623	61,7	8,7
1 624	61,7	1,4
1 625	61,7	5,9
1 626	61,2	8,1

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 627	61,9	45,8
1 628	61,4	31,5
1 629	61,7	22,3
1 630	62,4	21,7
1 631	62,8	21,9
1 632	62,2	22,2
1 633	62,5	31
1 634	62,3	31,3
1 635	62,6	31,7
1 636	62,3	22,8
1 637	62,7	12,6
1 638	62,2	15,2
1 639	61,9	32,6
1 640	62,5	23,1
1 641	61,7	19,4
1 642	61,7	10,8
1 643	61,6	10,2
1 644	61,4	«m»
1 645	60,8	«m»
1 646	60,7	«m»
1 647	61	12,4
1 648	60,4	5,3
1 649	61	13,1
1 650	60,7	29,6
1 651	60,5	28,9
1 652	60,8	27,1
1 653	61,2	27,3
1 654	60,9	20,6
1 655	61,1	13,9
1 656	60,7	13,4
1 657	61,3	26,1
1 658	60,9	23,7
1 659	61,4	32,1
1 660	61,7	33,5

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 661	61,8	34,1
1 662	61,7	17
1 663	61,7	2,5
1 664	61,5	5,9
1 665	61,3	14,9
1 666	61,5	17,2
1 667	61,1	«m»
1 668	61,4	«m»
1 669	61,4	8,8
1 670	61,3	8,8
1 671	61	18
1 672	61,5	13
1 673	61	3,7
1 674	60,9	3,1
1 675	60,9	4,7
1 676	60,6	4,1
1 677	60,6	6,7
1 678	60,6	12,8
1 679	60,7	11,9
1 680	60,6	12,4
1 681	60,1	12,4
1 682	60,5	12
1 683	60,4	11,8
1 684	59,9	12,4
1 685	59,6	12,4
1 686	59,6	9,1
1 687	59,9	0
1 688	59,9	20,4
1 689	59,8	4,4
1 690	59,4	3,1
1 691	59,5	26,3
1 692	59,6	20,1
1 693	59,4	35
1 694	60,9	22,1

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 695	60,5	12,2
1 696	60,1	11
1 697	60,1	8,2
1 698	60,5	6,7
1 699	60	5,1
1 700	60	5,1
1 701	60	9
1 702	60,1	5,7
1 703	59,9	8,5
1 704	59,4	6
1 705	59,5	5,5
1 706	59,5	14,2
1 707	59,5	6,2
1 708	59,4	10,3
1 709	59,6	13,8
1 710	59,5	13,9
1 711	60,1	18,9
1 712	59,4	13,1
1 713	59,8	5,4
1 714	59,9	2,9
1 715	60,1	7,1
1 716	59,6	12
1 717	59,6	4,9
1 718	59,4	22,7
1 719	59,6	22
1 720	60,1	17,4
1 721	60,2	16,6
1 722	59,4	28,6
1 723	60,3	22,4
1 724	59,9	20
1 725	60,2	18,6
1 726	60,3	11,9
1 727	60,4	11,6
1 728	60,6	10,6

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 729	60,8	16
1 730	60,9	17
1 731	60,9	16,1
1 732	60,7	11,4
1 733	60,9	11,3
1 734	61,1	11,2
1 735	61,1	25,6
1 736	61	14,6
1 737	61	10,4
1 738	60,6	«m»
1 739	60,9	«m»
1 740	60,8	4,8
1 741	59,9	«m»
1 742	59,8	«m»
1 743	59,1	«m»
1 744	58,8	«m»
1 745	58,8	«m»
1 746	58,2	«m»
1 747	58,5	14,3
1 748	57,5	4,4
1 749	57,9	0
1 750	57,8	20,9
1 751	58,3	9,2
1 752	57,8	8,2
1 753	57,5	15,3
1 754	58,4	38
1 755	58,1	15,4
1 756	58,8	11,8
1 757	58,3	8,1
1 758	58,3	5,5
1 759	59	4,1
1 760	58,2	4,9
1 761	57,9	10,1
1 762	58,5	7,5

Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 763	57,4	7
1 764	58,2	6,7
1 765	58,2	6,6
1 766	57,3	17,3
1 767	58	11,4
1 768	57,5	47,4
1 769	57,4	28,8
1 770	58,8	24,3
1 771	57,7	25,5
1 772	58,4	35,5
1 773	58,4	29,3
1 774	59	33,8
1 775	59	18,7
1 776	58,8	9,8
1 777	58,8	23,9
1 778	59,1	48,2
1 779	59,4	37,2
1 780	59,6	29,1
1 781	50	25

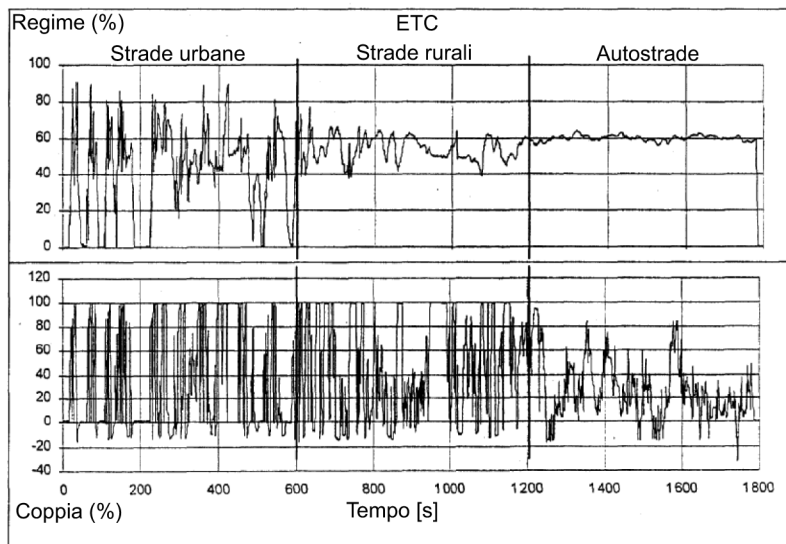
Tempo (s)	Regime norm. (%)	Coppia norm. (%)
1 782	40	20
1 783	30	15
1 784	20	10
1 785	10	5
1 786	0	0
1 787	0	0
1 788	0	0
1 789	0	0
1 790	0	0
1 791	0	0
1 792	0	0
1 793	0	0
1 794	0	0
1 795	0	0
1 796	0	0
1 797	0	0
1 798	0	0
1 799	0	0
1 800	0	0

«m»= trascinamento

La figura 5 mostra una rappresentazione grafica della tabella dinamometrica ETC.

Figure 5

Tabella dinamometrica ETC



Appendice 4

Procedimento di misura e campionamento

1. INTRODUZIONE

I componenti gassosi, il particolato e il fumo emessi dal motore sottoposto alla prova devono essere misurati con i metodi definiti nell'appendice 7, che descrive i sistemi di analisi raccomandati per le emissioni gassose (punto 1), i sistemi di diluizione e campionamento del particolato raccomandati (punto 2) e gli opacimetri raccomandati per la misura del fumo (punto 3).

Per il metodo ESC i componenti gassosi sono determinati nel gas di scarico grezzo. Facoltativamente possono essere determinati nel gas di scarico diluito se per la determinazione del particolato si usa un sistema di diluizione a flusso totale. La determinazione del particolato si effettua con un sistema di diluizione a flusso parziale o a flusso totale.

Per il metodo ETC è possibile utilizzare i seguenti sistemi:

- a) un sistema CVS di diluizione a flusso totale per determinare le emissioni gassose e di particolato (sono permessi i sistemi a doppia diluizione),
- b) una combinazione di misura del gas di scarico grezzo per le emissioni gassose e impiego di un sistema di diluizione a flusso parziale per le emissioni di particolato, o
- c) qualsiasi combinazione dei due principi (ad es. misurazione del gas di scarico grezzo per le emissioni gassose e misurazione del particolato con un sistema a flusso totale).

2. BANCO DINAMOMETRICO E APPARECCHIATURE DELLA SALA PROVA

Per le prove di emissione dei motori al banco dinamometrico si usano le seguenti apparecchiature.

2.1. **Dinamometro**

Per eseguire i cicli di prova descritti nelle appendici 1 e 2 del presente allegato si usa un dinamometro con caratteristiche adeguate. Il sistema di misura del regime deve avere un'accuratezza pari a ± 2 per cento del valore indicato. Il sistema di misura della coppia deve avere un'accuratezza pari a ± 3 per cento del valore indicato nel campo > 20 per cento del fondo scala e un'accuratezza pari a $\pm 0,6$ per cento del fondo scala nel campo ≤ 20 per cento del fondo scala.

2.2. **Altri strumenti**

Per misurare il consumo di carburante, il consumo d'aria, la temperatura del refrigerante e del lubrificante, la pressione del gas di scarico e la depressione al collettore di aspirazione, la temperatura del gas di scarico, la temperatura dell'aria aspirata, la pressione atmosferica, l'umidità e la temperatura del carburante si usano gli strumenti necessari. Questi strumenti devono essere conformi alle prescrizioni di cui alla tabella 9.

Tabella 9

Accuratezza degli strumenti di misura

Strumento di misura	Accuratezza
Consumo di carburante	± 2 per cento del valore massimo del motore
Consumo d'aria	± 2 per cento del valore indicato o ± 1 per cento del valore massimo del motore, se questo è più elevato
Flusso di gas di scarico	$\pm 2,5$ per cento del valore indicato o $\pm 1,5$ per cento del valore massimo del motore, se questo è più elevato

Strumento di misura	Accuratezza
Temperature \leq 600 K (327 °C)	\pm 2 K assoluti
Temperature \geq 600 K (327 °C)	\pm 1 per cento del valore indicato
Pressione atmosferica	\pm 0,1 kPa assoluti
Pressione dei gas di scarico	\pm 0,2 kPa assoluti
Depressione all'aspirazione	\pm 0,05 kPa assoluti
Altre pressioni	\pm 0,1 kPa assoluti
Umidità relativa	\pm 3 per cento assoluto
Umidità assoluta	\pm 5 per cento del valore indicato
Flusso dell'aria di diluizione	\pm 2 per cento del valore indicato
Flusso di gas di scarico diluito	\pm 2 per cento del valore indicato

3. DETERMINAZIONE DEI COMPONENTI GASSOSI

3.1. Specifiche generali degli analizzatori

Gli analizzatori devono avere un campo di misura appropriato in funzione dell'accuratezza richiesta per misurare la concentrazione dei componenti del gas di scarico (punto 3.1.1). Si raccomanda di utilizzare gli analizzatori in modo tale che la concentrazione misurata sia compresa tra il 15 per cento e il 100 per cento del fondo scala.

Se sistemi di estrazione dati (computer, registratori di dati) sono in grado di assicurare un livello sufficiente di accuratezza e risoluzione al di sotto del 15 per cento del fondo scala, sono accettabili anche misure al di sotto del 15 per cento del fondo scala. In tal caso, si devono eseguire tarature addizionali su almeno quattro punti diversi da zero nominalmente equidistanti per garantire l'accuratezza delle curve di taratura conformemente al punto 1.6.4 dell'appendice 5 del presente allegato.

La compatibilità elettromagnetica (CEM) dell'apparecchiatura deve essere tale da minimizzare altri errori.

3.1.1. Accuratezza

L'analizzatore non deve discostarsi dal punto di taratura nominale di un valore superiore a \pm 2 per cento del valore rilevato nell'intero campo di misura ad eccezione di zero, o di \pm 0,3 per cento del fondo scala, se questo valore è superiore. L'accuratezza deve essere determinata conformemente alle prescrizioni di taratura di cui al punto 1.6 dell'appendice 5 del presente allegato.

NOTA: ai fini del presente regolamento, per accuratezza si intende la deviazione del valore indicato dall'analizzatore rispetto ai valori di taratura nominali ottenuti utilizzando un gas di taratura (= valore effettivo).

3.1.2. Precisione

La precisione, definita come 2,5 volte la deviazione standard di dieci risposte ripetitive ad un dato gas di taratura o calibrazione, non deve essere superiore a \pm 1 per cento della concentrazione di fondo scala per ciascun campo utilizzato al di sopra di 155 ppm (o ppm di C) o a \pm 2 per cento di ciascun campo utilizzato al di sotto di 155 ppm (o ppm di C).

3.1.3. Rumore

La risposta dell'analizzatore da picco a picco ai gas di azzeramento e di taratura o calibrazione in qualsiasi periodo di 10 secondi non deve superare il 2 per cento del fondo scala su tutti i campi utilizzati.

3.1.4. Deriva dello zero

La risposta allo zero è definita come la risposta media, incluso il rumore, ad un gas di azzeramento in un intervallo di tempo di 30 secondi. La deriva della risposta allo zero in un periodo di un'ora deve essere inferiore al 2 per cento del fondo scala nel campo più basso utilizzato.

3.1.5. Deriva di calibrazione

La risposta di calibrazione è definita come la risposta media, incluso il rumore, ad un gas di calibrazione in un intervallo di tempo di 30 secondi. La deriva della risposta di calibrazione in un periodo di un'ora deve essere inferiore al 2 per cento del fondo scala nel campo più basso utilizzato.

3.1.6. Tempo di salita

Il tempo di salita dell'analizzatore installato nel sistema di misura non deve essere superiore a 3,5 s.

NOTA: la sola valutazione del tempo di risposta dell'analizzatore non definisce chiaramente l'idoneità del sistema totale per le prove in condizioni transitorie. I volumi, in particolare i volumi morti nell'intero sistema, non influenzano solo il tempo di trasporto dalla sonda all'analizzatore ma anche il tempo di salita. Anche i tempi di trasporto all'interno di un analizzatore rientrano nella definizione del tempo di risposta dell'analizzatore (è il caso del convertitore o delle trappole per l'acqua all'interno degli analizzatori di NO_x). Le modalità di determinazione del tempo di risposta totale del sistema figurano al punto 1.5 dell'appendice 5 del presente allegato.

3.2. Essiccazione del gas

Il dispositivo facoltativo di essiccazione del gas deve avere effetti trascurabili sulla concentrazione dei gas misurati. Non è ammesso l'uso di essiccatori chimici per rimuovere l'acqua dal campione.

3.3. Analizzatori

I punti da 3.3.1 a 3.3.4 descrivono i principi di misura da applicare. Una descrizione dettagliata dei sistemi di misura figura nell'appendice 7. I gas da misurare devono essere analizzati con gli strumenti seguenti. Per gli analizzatori non lineari è ammesso l'uso di circuiti di linearizzazione.

3.3.1. Analisi del monossido di carbonio (CO)

L'analizzatore del monossido di carbonio deve essere del tipo ad assorbimento non dispersivo nell'infrarosso (NDIR).

3.3.2. Analisi del biossido di carbonio (CO_2)

L'analizzatore del biossido di carbonio deve essere del tipo ad assorbimento non dispersivo nell'infrarosso (NDIR).

3.3.3. Analisi degli idrocarburi (HC)

Per i motori diesel e a GPL l'analizzatore degli idrocarburi deve essere del tipo con rivelatore a ionizzazione di fiamma riscaldato (HFID) in cui il rivelatore, le valvole, le tubature, ecc. sono riscaldati in modo da mantenere il gas ad una temperatura di $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$ ($190 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$). Per i motori a GN l'analizzatore degli idrocarburi può essere del tipo con rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID) non riscaldato, a seconda del metodo usato (v. punto 1.3 dell'appendice 7).

3.3.4. Analisi degli idrocarburi non metanici (NMHC) (solo per i motori a GN)

Per la determinazione degli idrocarburi non metanici si utilizza uno dei metodi seguenti.

3.3.4.1. Metodo gascromatografico (GC)

La determinazione degli idrocarburi non metanici si effettua sottraendo il metano analizzato con un gascromatografo (GC) condizionato a 423 K ($150 \text{ }^\circ\text{C}$) agli idrocarburi misurati secondo il punto 3.3.3.

3.3.4.2. Metodo del dispositivo di eliminazione (cutter) degli idrocarburi non metanici (NMC)

La determinazione degli idrocarburi non metanici si effettua con un NMC riscaldato disposto in linea con un FID secondo il punto 3.3.3 sottraendo il metano agli idrocarburi.

3.3.5. Analisi degli ossidi di azoto (NO_x)

L'analizzatore degli ossidi di azoto deve essere del tipo con rivelatore a chemiluminescenza (CLD) o con rivelatore a chemiluminescenza riscaldato (HCLD) con un convertitore NO₂/NO se la misurazione viene effettuata su secco. Se la misurazione viene effettuata su umido, si usa un HCLD con convertitore mantenuto al di sopra di 328 K (55 °C), a condizione che il controllo dell'estinzione causata dall'acqua rientri nella norma (v. punto 1.9.2.2 dell'appendice 5 del presente allegato).

3.3.6. Misurazione del rapporto aria/carburante

L'apparecchio di misura del rapporto aria/carburante usato per determinare la portata di gas di scarico in conformità del punto 4.2.5 dell'appendice 2 del presente allegato deve utilizzare un sensore del rapporto aria/carburante o un sensore lambda del tipo a ossido di zirconio con un ampio campo di misura. Il sensore deve essere montato direttamente nel condotto di scarico, in un punto in cui la temperatura del gas di scarico sia tale da evitare la condensazione dell'acqua.

L'accuratezza del sensore con elettronica incorporata deve essere conforme ai limiti seguenti:

± 3 per cento del valore indicato	per $\lambda < 2$
± 5 per cento del valore indicato	per $2 \leq \lambda < 5$
± 10 per cento del valore indicato	per $5 \leq \lambda$

Per soddisfare i requisiti di accuratezza indicati, il sensore deve essere tarato conformemente alle indicazioni del costruttore dello strumento.

3.4. Campionamento delle emissioni gassose

3.4.1. Gas di scarico grezzo

Si dispongono le sonde di campionamento delle emissioni gassose ad una distanza non inferiore al valore più elevato tra 0,5 m e il triplo del diametro del condotto di scarico, a monte dell'uscita del sistema dei gas di scarico ma sufficientemente vicino al motore da assicurare una temperatura del gas di scarico di almeno 343 K (70 °C) in corrispondenza della sonda.

Nel caso di un motore multicilindrico con collettore di scarico ramificato, l'ingresso della sonda deve essere posizionato sufficientemente verso valle in modo da assicurare che il campione sia rappresentativo delle emissioni medie allo scarico di tutti i cilindri. Nei motori multicilindrici con gruppi di collettori distinti, come nel caso dei motori a «V», si raccomanda di congiungere i collettori a monte della sonda di campionamento. Se questa soluzione non è praticabile, è consentito prelevare un campione dal gruppo con la più elevata emissione di CO₂. È ammesso anche l'uso di altri metodi dimostratisi corrispondenti ai metodi suddetti. Per il calcolo delle emissioni di gas di scarico si usa la portata massica totale di gas di scarico.

Se il motore è dotato di un sistema di post-trattamento del gas di scarico, il campione di gas di scarico deve essere prelevato a valle del sistema di post-trattamento.

3.4.2. Gas di scarico diluito

Il condotto di scarico tra il motore e il sistema di diluizione a flusso totale deve essere conforme al punto 2.3.1 dell'appendice 7 (EP).

Le sonde per il campionamento delle emissioni gassose devono essere installate nel tunnel di diluizione in un punto in cui l'aria di diluizione e il gas di scarico sono ben miscelati, e nelle immediate vicinanze della sonda di campionamento del particolato.

È possibile, in generale, effettuare il campionamento in due modi:

- campionamento degli inquinanti in un sacchetto di campionamento nell'arco del ciclo e loro misurazione dopo il completamento della prova;
- campionamento in continuo degli inquinanti e loro integrazione nell'arco del ciclo; questo metodo è obbligatorio per HC e NO_x.

4. DETERMINAZIONE DEL PARTICOLATO

La determinazione del particolato richiede l'uso di un sistema di diluizione. La diluizione può essere realizzata mediante un sistema di diluizione a flusso parziale o un sistema di doppia diluizione a flusso totale. La capacità di flusso del sistema di diluizione deve essere sufficientemente elevata da evitare completamente la condensazione dell'acqua nei sistemi di diluizione e campionamento. La temperatura del gas di scarico diluito deve essere inferiore a 325 K (52 °C) immediatamente a monte dei portafiltri. È ammessa la riduzione dell'umidità dell'aria di diluizione prima dell'ingresso nel sistema di diluizione; la deumidificazione è particolarmente utile se l'umidità dell'aria di diluizione è elevata. La temperatura dell'aria di diluizione deve essere superiore a 288 K (15 °C) nelle immediate vicinanze dell'ingresso nel tunnel di diluizione.

Il sistema di diluizione a flusso parziale deve essere progettato in modo da prelevare un campione proporzionale di gas di scarico grezzo dal flusso di gas di scarico del motore (e rispondere quindi alle escursioni della portata di gas di scarico), e introdurre l'aria di diluizione nel campione in modo da raggiungere una temperatura inferiore a 325 K (52 °C) al filtro di prova. A tal fine è essenziale determinare il rapporto di diluizione r_{dil} o di campionamento r_s in modo da soddisfare i criteri di accuratezza di cui al punto 3.2.1 dell'appendice 5 del presente allegato. Si possono applicare vari metodi di estrazione e il tipo di estrazione usato determina in misura significativa i materiali e le procedure di campionamento da impiegare (punto 2.2 dell'appendice 7).

In linea di massima, la sonda di campionamento del particolato deve essere montata nelle immediate vicinanze della sonda di campionamento delle emissioni gassose, ma a una distanza tale da non causare interferenze. Quindi le disposizioni relative all'installazione di cui al punto 3.4.1 si applicano anche al campionamento del particolato. La linea di campionamento deve essere conforme alle prescrizioni del punto 2 dell'appendice 7.

Nel caso di un motore multicilindrico con collettore di scarico ramificato, l'ingresso della sonda deve essere posizionato sufficientemente verso valle in modo che il campione sia rappresentativo delle emissioni medie allo scarico di tutti i cilindri. Nei motori multicilindrici con gruppi di collettori distinti, come nel caso dei motori a «V», si raccomanda di congiungere i collettori a monte della sonda di campionamento. Se questa soluzione non è praticabile, è consentito prelevare un campione dal gruppo con la più elevata emissione di particolato. È ammesso anche l'uso di altri metodi dimostratisi corrispondenti ai metodi suddetti. Per il calcolo delle emissioni di gas di scarico si usa la portata massica totale di gas di scarico.

Per determinare la massa del particolato è necessario utilizzare un sistema di campionamento del particolato, filtri di campionamento del particolato, una bilancia precisa al microgrammo e una camera di pesata a temperatura e umidità controllate.

Per il campionamento del particolato si applica il metodo a filtro unico che utilizza un solo filtro (v. punto 4.1.3 della presente appendice) per l'intero ciclo di prova. Per l'ESC si deve prestare molta attenzione ai tempi di campionamento e ai flussi durante la fase di campionamento della prova.

4.1 Filtri di campionamento del particolato

Per il campionamento del gas di scarico diluito, durante la sequenza di prova si utilizza un filtro conforme alle prescrizioni di cui ai punti 4.1.1 e 4.1.2.

4.1.1. Specifiche dei filtri

I filtri devono essere realizzati in fibre di vetro rivestite di fluorocarbonio. I filtri, di qualunque tipo essi siano, devono avere un'efficienza di raccolta del DOP (di-ottilftalato) da 0,3 μm pari ad almeno il 99 per cento ad una velocità di entrata del gas compresa tra 35 e 100 cm/s.

4.1.2. Dimensioni dei filtri

Si raccomanda di utilizzare filtri per particolato con un diametro di 47 mm o 70 mm. Sono accettabili anche filtri di diametro maggiore (punto 4.1.4), ma non è ammesso l'uso di filtri di diametro inferiore.

4.1.3. Velocità di entrata nel filtro

La velocità di entrata nel filtro deve essere compresa fra 35 e 100 cm/s. Fra l'inizio e la fine della prova la perdita di carico non deve aumentare di più di 25 kPa.

4.1.4. Carico sui filtri

Il carico minimo prescritto per i filtri delle dimensioni più comuni è indicato nella tabella 10. Per i filtri di dimensioni maggiori il carico minimo deve essere di 0,065 mg/1 000 mm² di superficie filtrante.

Tabella 10

Carico minimo sui filtri

Diametro del filtro (mm)	Carico minimo (mg)
47	0,11
70	0,25
90	0,41
110	0,62

Se, in base alle prove precedenti, è improbabile che in un ciclo di prova venga raggiunto il carico minimo prescritto dopo l'ottimizzazione delle portate e del rapporto di diluizione, è accettabile un carico inferiore sul filtro, con l'accordo degli interessati, se si dimostra che esso è conforme alle prescrizioni in materia di accuratezza di cui al punto 4.2, vale a dire se il carico è determinato con una bilancia con una risoluzione di 0,1 µg.

4.1.5. Portafiltri

Per la prova delle emissioni i filtri devono essere collocati in un portafiltri conforme alle prescrizioni di cui al punto 2.2 dell'appendice 7. Il portafiltri deve essere progettato in modo da assicurare una distribuzione omogenea del flusso sull'area della macchia del filtro. A monte o a valle del portafiltri devono essere posizionate valvole ad azione rapida. Immediatamente a monte del portafiltri si può installare un preclassificatore inerziale con taglio granulometrico al 50 per cento compreso tra 2,5 e 10 µm. L'uso del preclassificatore è caldamente raccomandato se si utilizza una sonda di campionamento con tubo aperto rivolto verso monte nel flusso di gas di scarico.

4.2 **Specifiche della camera di pesata e della bilancia analitica**

4.2.1. Condizioni della camera di pesata

La temperatura della camera (o locale) in cui sono condizionati e pesati i filtri del particolato deve essere mantenuta a 295 K ± 3 K (22 °C ± 3 °C) per tutta la durata del condizionamento e della pesata dei filtri. L'umidità deve essere mantenuta a un punto di rugiada di 282,5 K ± 3 K (9,5 °C ± 3 °C) con un'umidità relativa del 45 per cento ± 8 per cento.

4.2.2. Pesata del filtro di riferimento

L'ambiente della camera (o locale) deve essere esente da qualsiasi contaminante ambientale (come la polvere) che possa depositarsi sui filtri del particolato durante la loro stabilizzazione. Sono ammessi disturbi delle caratteristiche della camera di pesata indicate al punto 4.2.1 purché la durata del disturbo non superi i 30 minuti. La camera di pesata deve essere conforme alle caratteristiche prescritte prima dell'ingresso del personale nella camera. Entro 4 ore dalla pesata dei filtri del campione, ma preferibilmente nello stesso momento, devono essere pesati almeno due filtri di riferimento non utilizzati. Questi devono essere delle stesse dimensioni e dello stesso materiale dei filtri del campione.

Se il peso medio dei filtri di riferimento varia di oltre 10 µg tra le pesate dei filtri del campione, tutti i filtri del campione devono essere scartati e la prova sulle emissioni deve essere ripetuta.

Se non sono soddisfatti i criteri di stabilità della camera di pesata di cui al punto 4.2.1, ma le pesate dei filtri di riferimento sono conformi ai criteri sopraindicati, il costruttore del motore può accettare i pesi dei filtri del campione o annullare le prove, riparare il sistema di controllo della camera di pesata e ripetere la prova.

4.2.3. Bilancia analitica

La bilancia analitica utilizzata per determinare il peso dei filtri deve avere una precisione (deviazione standard) di almeno 2 µg e una risoluzione di almeno 1 µg (1 divisione della scala = 1 µg), specificate dal costruttore della bilancia.

4.2.4. Eliminazione degli effetti dell'elettricità statica

Per eliminare gli effetti dell'elettricità statica, i filtri devono essere neutralizzati elettrostaticamente prima della pesata, ad esempio mediante un neutralizzatore al polonio, una gabbia di Faraday o un dispositivo di efficacia analoga.

4.2.5. Specifiche per la misura del flusso

4.2.5.1. Prescrizioni generali

L'accuratezza assoluta del flussometro o degli strumenti di misura del flusso deve essere conforme a quella prescritta al punto 2.2.

4.2.5.2. Disposizioni particolari per i sistemi di diluizione a flusso parziale

Per i sistemi di diluizione a flusso parziale l'accuratezza del flusso del campione q_{mp} è particolarmente importante se la misurazione non è effettuata direttamente ma mediante misurazione differenziale del flusso:

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw}$$

In questo caso un'accuratezza di ± 2 per cento per q_{mdew} e q_{mdw} non è sufficiente a garantire un'accuratezza accettabile di q_{mp} . Se il flusso di gas è determinato mediante misurazione differenziale, l'errore massimo della differenza deve essere tale che l'accuratezza di q_{mp} non superi ± 5 per cento quando il rapporto di diluizione è inferiore a 15. Questo valore può essere calcolato in base al valore quadratico medio degli errori di ciascuno strumento.

I livelli accettabili di accuratezza per q_{mp} possono essere determinati mediante uno dei metodi seguenti.

L'accuratezza assoluta di q_{mdew} e q_{mdw} è $\pm 0,2$ per cento, il che garantisce per q_{mp} un'accuratezza ≤ 5 per cento con un rapporto di diluizione di 15. Con rapporti di diluizione più elevati, tuttavia, gli errori saranno maggiori.

La taratura di q_{mdw} rispetto a q_{mdew} deve essere effettuata in modo da ottenere per q_{mp} la stessa accuratezza del comma precedente. Per la descrizione della taratura, v. punto 3.2.1 dell'appendice 5 del presente allegato.

L'accuratezza di q_{mp} si ricava indirettamente dall'accuratezza del rapporto di diluizione determinata mediante un gas tracciante, ad es. CO_2 . Anche in questo caso, per q_{mp} è richiesta un'accuratezza equivalente a quella del comma precedente.

L'accuratezza assoluta di q_{mdew} e q_{mdw} non deve superare ± 2 per cento del fondo scala, l'errore massimo della differenza tra q_{mdew} e q_{mdw} non deve superare 0,2 per cento e l'errore di linearità non deve superare $\pm 0,2$ per cento del valore più alto di q_{mdew} osservato durante la prova.

5. DETERMINAZIONE DEL FUMO

In questo punto sono indicate le specifiche per le apparecchiature obbligatorie e facoltative da usare per la prova ELR. Per la misura del fumo si deve utilizzare un opacimetro avente una modalità di indicazione dell'opacità e una modalità di indicazione del coefficiente di assorbimento della luce. La modalità di indicazione dell'opacità deve essere usata solo per la taratura e il controllo dell'opacimetro. Gli indici di fumo del ciclo di prova devono essere misurati nella modalità di indicazione del coefficiente di assorbimento della luce.

5.1. Prescrizioni generali

L'ELR richiede l'uso di un sistema di misura del fumo e di elaborazione dati comprendente tre unità funzionali, che possono essere integrate in un unico componente o costituire un sistema di componenti collegati fra loro. Le tre unità funzionali sono:

- a) un opacimetro conforme alle specifiche dell'appendice 7, punto 3;
- b) un'unità di elaborazione dati in grado di eseguire le funzioni descritte nel punto 6 dell'appendice 1 del presente allegato;
- c) una stampante e/o un supporto di memorizzazione elettronica per registrare e presentare gli indici di fumo specificati nel punto 6.3 dell'appendice 1 del presente allegato.

5.2. Prescrizioni specifiche

5.2.1 Linearità

La linearità non deve essere superiore a ± 2 per cento dell'opacità.

5.2.2. Deriva dello zero

La deriva dello zero in un periodo di un un'ora non deve superare ± 1 per cento dell'opacità.

5.2.3. Quadrante dell'opacimetro e campo

Per l'indicazione in opacità, la scala deve essere dello 0-100 per cento di opacità e la risoluzione dello 0,1 per cento di opacità. Per l'indicazione in coefficiente di assorbimento della luce, la scala deve essere di 0-30 m^{-1} di coefficiente di assorbimento della luce, e la risoluzione di 0,01 m^{-1} di coefficiente di assorbimento della luce.

5.2.4. Tempo di risposta dello strumento

Il tempo di risposta fisica dell'opacimetro non deve superare 0,2 secondi. Il tempo di risposta fisica è il tempo che trascorre tra gli istanti in cui l'uscita di un ricevitore a risposta rapida raggiunge il 10 e il 90 per cento della deviazione totale quando l'opacità del gas misurato viene modificata in meno di 0,1 s.

Il tempo di risposta elettrica dell'opacimetro non deve superare 0,05 s. Il tempo di risposta elettrica è il tempo che trascorre tra gli istanti in cui l'uscita dell'opacimetro raggiunge il 10 e il 90 per cento del fondo scala quando la sorgente di luce viene intercettata o spenta completamente in meno di 0,01 s.

5.2.5. Filtri di densità neutra

Il valore di eventuali filtri di densità neutra usati in combinazione con la taratura dell'opacimetro, le misure di linearità o la regolazione della calibrazione deve essere noto con una precisione dell'1,0 per cento di opacità. L'accuratezza del valore nominale del filtro deve essere controllata almeno una volta l'anno utilizzando un riferimento riferibile a un campione nazionale o internazionale.

I filtri di densità neutra sono dispositivi di precisione e si possono facilmente danneggiare durante l'uso. La manipolazione deve essere minima e, quando necessaria, eseguita con cura per evitare di graffiare o sporcare il filtro.

Appendice 5

Procedimento di taratura

1. TARATURA DEGLI STRUMENTI ANALITICI

1.1. **Introduzione**

Ciascun analizzatore deve essere tarato con la frequenza necessaria per soddisfare i requisiti di accuratezza del presente regolamento. In questo punto è descritto il metodo di taratura da utilizzare per gli analizzatori indicati nell'allegato 4, appendice 4, punto 3 e nell'appendice 7, punto 1.

1.2. **Gas di taratura**

È necessario rispettare la durata di conservazione di tutti i gas di taratura e registrare la data di scadenza dei gas di taratura dichiarata dal produttore.

1.2.1. Gas puri

La purezza richiesta per i gas è definita dai limiti di contaminazione sottoindicati. Devono essere disponibili i seguenti gas:

azoto purificato

(contaminazione ≤ 1 ppm C1, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO)

ossigeno purificato

(purezza $> 99,5$ per cento vol. O₂)

miscela idrogeno-elio

(40 ± 2 per cento idrogeno, resto elio)

(contaminazione ≤ 1 ppm C1, ≤ 400 ppm CO₂)

aria sintetica purificata

(contaminazione ≤ 1 ppm C1, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO)

(tenore di ossigeno 18-21 per cento vol.)

propano purificato o CO per la verifica del CVS

1.2.2. Gas di taratura e di calibrazione

Devono essere disponibili miscele di gas aventi le seguenti composizioni chimiche:

C₃H₈ e aria sintetica purificata (v. punto 1.2.1);

CO e azoto purificato

NO_x e azoto purificato (la quantità di NO₂ contenuta in questo gas di taratura non deve essere superiore al 5 per cento del tenore di NO);

CO₂ e azoto purificato

CH₄ e aria sintetica purificata

C₂H₆ e aria sintetica purificata

Nota: sono ammesse combinazioni di altri gas, purché i gas non reagiscano l'uno con l'altro.

La concentrazione effettiva dei gas di taratura e di calibrazione deve corrispondere alla concentrazione nominale con un'approssimazione massima di ± 2 per cento. Tutte le concentrazioni dei gas di taratura devono essere indicate in volume (percentuale in volume o ppm in volume).

I gas utilizzati per la taratura e per la calibrazione possono essere ottenuti anche mediante un divisore di gas effettuando la diluizione con N₂ purificato o con aria sintetica purificata. L'accuratezza del dispositivo di miscelazione deve essere tale da permettere di determinare la concentrazione dei gas di taratura diluiti con un'approssimazione non superiore a ± 2 per cento.

1.2.3. Utilizzo di dispositivi di miscelazione di precisione

I gas utilizzati per la taratura e per la calibrazione possono essere ottenuti anche mediante dispositivi di miscelazione di precisione (divisori di gas) effettuando la diluizione con N₂ purificato o con aria sintetica purificata. L'accuratezza del dispositivo di miscelazione deve essere tale che la concentrazione dei gas di taratura miscelati sia accurata al ± 2 per cento. Per raggiungere tale grado di accuratezza è necessario che i gas primari utilizzati per la miscelazione siano noti con un'accuratezza minima di ± 1 per cento, riferibile a campioni di gas nazionali o internazionali. La verifica va effettuata tra il 15 per cento e il 50 per cento del fondo scala per ogni taratura che comporta l'impiego di un dispositivo di miscelazione.

In alternativa, il dispositivo di miscelazione può essere controllato con uno strumento lineare per natura, ad esempio impiegando NO con un CLD. Il valore di calibrazione dello strumento deve essere regolato quando il gas di calibrazione è direttamente collegato allo strumento. Il dispositivo di miscelazione deve essere controllato con le impostazioni utilizzate; il valore nominale deve essere raffrontato alla concentrazione misurata dallo strumento. In ogni punto misurato la differenza deve rientrare entro un limite di ± 1 per cento del valore nominale.

1.3. Procedura operativa per gli analizzatori e per il sistema di campionamento

La procedura operativa per gli analizzatori deve essere conforme alle istruzioni di avviamento ed esecuzione dell'analisi fornite dal costruttore dello strumento. Devono essere rispettati i requisiti minimi presentati nei punti da 1.4 a 1.9.

1.4. Prova di tenuta

Deve essere eseguita una prova di tenuta del sistema. A tal fine, si disinserisce la sonda dal sistema di scarico e si chiude l'estremità. Si mette in funzione la pompa dell'analizzatore. Dopo un periodo iniziale di stabilizzazione, tutti i flussometri devono indicare zero; se indicano un valore diverso, è necessario controllare le linee di campionamento e rimediare ai difetti.

La perdita massima ammissibile sul lato in depressione è pari allo 0,5 per cento della portata in condizioni di utilizzo per la porzione di sistema controllata. Per stimare le portate di utilizzo si possono usare le portate attraverso l'analizzatore e attraverso il bypass.

In alternativa, si può creare nel sistema una depressione di almeno 20 kPa (80 kPa assoluti). Dopo un periodo iniziale di stabilizzazione l'aumento di pressione Δp (kPa/min) nel sistema non deve essere superiore a:

$$\Delta p = p/V_s \times 0,005 \times q_{vs}$$

dove:

V_s = volume del sistema, l

q_{vs} = portata del sistema, l/min

Un altro metodo è l'introduzione di un cambiamento di concentrazione a gradino all'inizio della linea di campionamento passando dal gas di azzeramento a quello di calibrazione. Se, dopo un congruo periodo di tempo, il valore letto indica una concentrazione inferiore dell'1 per cento circa a quella introdotta, esistono problemi di taratura o di perdita.

1.5. Controllo del tempo di risposta del sistema di analisi

Le impostazioni del sistema per la valutazione del tempo di risposta devono essere identiche a quelle usate per la misurazione nel corso della prova (pressione, portate, regolazione dei filtri degli analizzatori e tutti gli altri elementi in grado di influenzare il tempo di risposta). Per determinare il tempo di risposta occorre procedere alla commutazione del gas direttamente all'ingresso della sonda di campionamento. Tale operazione deve essere svolta in meno di 0,1 secondi. I gas utilizzati per la prova devono determinare una variazione di concentrazione almeno pari al 60 per cento del fondo scala.

Si deve registrare la traccia della concentrazione di ciascun componente gassoso. Il tempo di risposta è definito come l'intervallo di tempo che intercorre tra la commutazione dei gas e la corrispondente variazione della concentrazione registrata. Il tempo di risposta del sistema (t_{90}) è dato dal tempo di ritardo del dispositivo di rilevazione e dal tempo di salita del dispositivo medesimo. Il tempo di ritardo è definito come l'intervallo di tempo che intercorre tra la variazione (t_0) e il raggiungimento di una risposta equivalente al 10 per cento del valore finale indicato (t_{10}). Il tempo di salita è definito come il tempo impiegato per il passaggio dal 10 per cento al 90 per cento del valore finale indicato ($t_{90}-t_{10}$).

Per l'allineamento temporale dei segnali dell'analizzatore e del flusso di gas di scarico per la misura del gas di scarico grezzo, il tempo di trasformazione è definito come l'intervallo di tempo che intercorre tra la variazione (t_0) e il raggiungimento di una risposta equivalente al 50 per cento del valore finale rilevato (t_{50}).

Il tempo di risposta del sistema deve essere ≤ 10 secondi, con un tempo di salita $\leq 3,5$ secondi per tutti i componenti gassosi soggetti ai limiti di legge (CO, NO_x, HC o NMHC) e in tutti i campi utilizzati.

1.6. Taratura

1.6.1. Strumentazione

La strumentazione deve essere tarata e le curve di taratura devono essere controllate rispetto ai gas campione, impiegando le stesse portate di gas utilizzate per il campionamento dei gas di scarico.

1.6.2. Tempo di riscaldamento

Per il tempo di riscaldamento si seguono le raccomandazioni del costruttore. In assenza di indicazioni, si raccomanda un tempo di riscaldamento degli analizzatori di almeno due ore.

1.6.3. Analizzatori NDIR e HFID

L'analizzatore NDIR deve essere regolato opportunamente e la fiamma di combustione dell'analizzatore HFID deve essere ottimizzata (punto 1.8.1).

1.6.4. Determinazione della curva di taratura

- a) Si tara ciascun campo di lavoro normalmente usato.
- b) Si azzerano gli analizzatori di CO, CO₂, NO_x e HC con aria sintetica purificata (o azoto).
- c) Si introducono negli analizzatori gli opportuni gas di taratura, si registrano i valori e si tracciano le curve di taratura.
- d) Si determina la curva di taratura mediante almeno sei punti di taratura (escluso lo zero) distribuiti in modo da risultare approssimativamente equidistanti nel campo di lavoro. La concentrazione nominale massima deve essere pari o superiore al 90 per cento del fondo scala.
- e) Si calcola la curva di taratura con il metodo dei minimi quadrati. Si può utilizzare un'equazione di aggiustamento lineare o non lineare.
- f) I punti di taratura non devono differire dalla linea di aggiustamento dei minimi quadrati del maggiore dei seguenti valori: oltre ± 2 per cento del valore o $\pm 0,3$ per cento del fondo scala.
- g) All'occorrenza, si ricontrolla la regolazione dello zero e si ripete la procedura di taratura.

1.6.5. Metodi alternativi

È possibile utilizzare metodi alternativi (ad esempio computer, commutatore di campo a comando elettronico, ecc.) purché si possa dimostrare che tali metodi sono in grado di assicurare un'accuratezza equivalente.

1.6.6. Taratura dell'analizzatore del gas tracciante per la misura del flusso di gas di scarico

Si determina la curva di taratura mediante almeno sei punti di taratura (escluso lo zero) distribuiti in modo che siano approssimativamente equidistanti nel campo di lavoro. La concentrazione nominale massima deve essere pari o superiore al 90 per cento del fondo scala. Si calcola la curva di taratura con il metodo dei minimi quadrati.

I punti di taratura non devono differire dalla linea di aggiustamento dei minimi quadrati del maggiore dei seguenti valori: oltre ± 2 per cento del valore o $\pm 0,3$ per cento del fondo scala.

L'analizzatore deve essere azzerato e calibrato prima della prova utilizzando un gas di azzeramento e un gas di calibrazione il cui valore nominale sia superiore all'80 per cento del fondo scala dell'analizzatore.

1.6.7. Verifica della taratura

Ciascun campo di lavoro normalmente utilizzato deve essere controllato prima di ogni analisi secondo la procedura seguente.

Si controlla la taratura utilizzando un gas di azzeramento e un gas di calibrazione il cui valore nominale sia superiore all'80 per cento del fondo scala del campo di misura.

Se, per i due punti considerati, il valore trovato non differisce di oltre il ± 4 per cento del fondo scala dal valore di riferimento dichiarato, si possono modificare i parametri di aggiustamento. In caso contrario, si determina una nuova curva di taratura secondo il punto 1.5.5.

1.7. **Prova di efficienza del convertitore di NO_x**

L'efficienza del convertitore usato per la conversione degli NO₂ in NO deve essere controllata nel modo indicato nei punti da 1.7.1 a 1.7.8 (figura 6).

1.7.1. Impianto di prova

L'efficienza dei convertitori può essere controllata con un ozonizzatore utilizzando l'impianto di prova illustrato in figura 6 (v. anche il punto 3.3.5 dell'appendice 4 del presente allegato) e il procedimento descritto di seguito.

1.7.2. Taratura

Il CLD e l'HCLD devono essere tarati secondo le specifiche del costruttore nel campo di lavoro più comune, utilizzando un gas di azzeramento e un gas di calibrazione (con un tenore di NO pari circa all'80 per cento del campo di lavoro e una concentrazione di NO₂ nella miscela di gas inferiore al 5 per cento della concentrazione di NO). L'analizzatore di NO_x deve essere regolato nella posizione NO, in modo che il gas di calibrazione non passi attraverso il convertitore. Si registra la concentrazione indicata.

1.7.3. Calcolo

L'efficienza del convertitore di NO_x si calcola nel modo seguente:

$$\text{Efficienza (\%)} = \left(1 + \frac{a-b}{c-d} \right) \times 100$$

dove:

a è la concentrazione di NO_x conformemente al punto 1.7.6

b è la concentrazione di NO_x conformemente al punto 1.7.7

c è la concentrazione di NO conformemente al punto 1.7.4

d è la concentrazione di NO conformemente al punto 1.7.5.

1.7.4. Aggiunta di ossigeno

Attraverso un raccordo a T, si aggiunge in continuo ossigeno o aria di azzeramento al flusso di gas fino a quando la concentrazione indicata risulti inferiore di circa il 20 per cento alla concentrazione di taratura indicata al punto 1.7.2 (analizzatore in posizione NO). Si registra la concentrazione c indicata. Tutto il procedimento deve essere eseguito con l'ozonizzatore disattivato.

1.7.5. Attivazione dell'ozonizzatore

Si mette in funzione l'ozonizzatore per generare una quantità di ozono sufficiente a ridurre la concentrazione di NO a circa il 20 per cento (minimo 10 per cento) della concentrazione di taratura di cui al punto 1.7.2. Si registra la concentrazione d indicata (analizzatore in posizione NO).

1.7.6. Posizione NO_x

Si commuta l'analizzatore sulla posizione NO_x in modo che la miscela gassosa (costituita da NO , NO_2 , O_2 e N_2) passi attraverso il convertitore. Si registra la concentrazione a indicata (analizzatore in posizione NO_x).

1.7.7. Disattivazione dell'ozonizzatore

A questo punto, si disattiva l'ozonizzatore. La miscela di gas descritta al punto 1.7.6 entra nel rivelatore passando attraverso il convertitore. Si registra la concentrazione b indicata (analizzatore in posizione NO_x).

1.7.8. Posizione NO

Dopo commutazione sulla posizione NO con l'ozonizzatore disattivato, si chiude anche il flusso di ossigeno o aria sintetica. Il valore di NO_x letto sull'analizzatore non deve discostarsi di oltre ± 5 per cento dal valore misurato conformemente al punto 1.7.2 (analizzatore in posizione NO).

1.7.9. Intervallo di prova

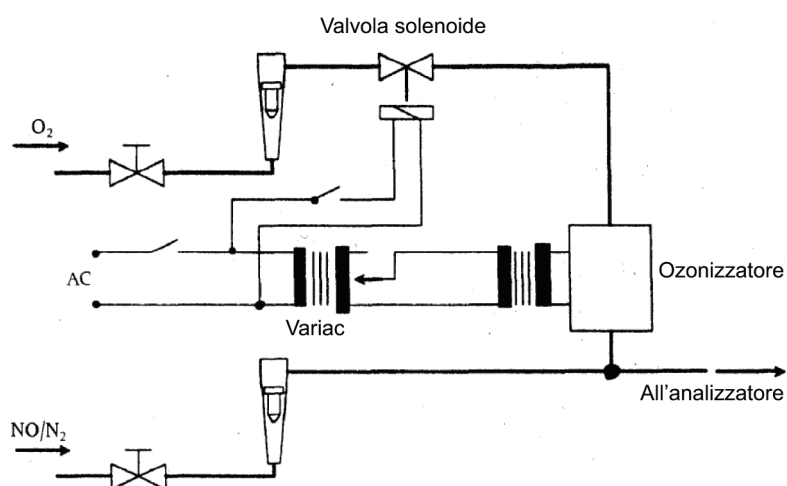
L'efficienza del convertitore deve essere verificata prima di ciascuna taratura dell'analizzatore di NO_x .

1.7.10. Efficienza richiesta

L'efficienza del convertitore non deve essere inferiore al 90 per cento, ma è vivamente raccomandata un'efficienza del 95 per cento.

Nota: se, con l'analizzatore nel campo più comune, l'ozonizzatore non è in grado di assicurare una riduzione dall'80 per cento al 20 per cento conformemente al punto 1.7.5, si deve utilizzare il campo più elevato che consente tale riduzione.

Figura 6

Schema del dispositivo di determinazione dell'efficienza del convertitore di NO_2 

1.8. Regolazione del FID

1.8.1. Ottimizzazione della risposta del rivelatore

Il rivelatore FID deve essere regolato come specificato dal costruttore dello strumento. Come gas di calibrazione si utilizza propano in aria per ottimizzare la risposta nel campo di lavoro più comune.

Con le portate di carburante e di aria raccomandate dal costruttore, si introduce nell'analizzatore un gas di calibrazione contenente 350 ± 75 ppm di C. Si determina la risposta ad una data portata di carburante in base alla differenza tra la risposta al gas di calibrazione e la risposta al gas di azzeramento. Il flusso del carburante deve essere regolato per incrementi al di sopra e al di sotto del valore specificato dal costruttore. Si registrano le risposte di calibrazione e azzeramento a questi flussi di carburante. Si riportano in grafico la differenza tra la risposta di calibrazione e la risposta di azzeramento e si regola il flusso di carburante sul lato ricco della curva.

1.8.2. Fattori di risposta agli idrocarburi

L'analizzatore deve essere tarato utilizzando propano in aria e aria sintetica purificata conformemente al punto 1.5.

Quando un analizzatore viene messo in servizio e dopo periodi di utilizzo prolungati, è necessario determinare i fattori di risposta. Il fattore di risposta (R_f) per una particolare specie idrocarburica è il rapporto tra il valore di C1 letto sul FID e la concentrazione del gas nella bombola espressa in ppm di C1.

La concentrazione del gas di prova deve essere ad un livello tale da assicurare una risposta pari approssimativamente all'80 per cento del fondo scala. La concentrazione deve essere nota con un'accuratezza di ± 2 per cento riferita ad un campione gravimetrico espresso in volume. Inoltre, la bombola del gas deve essere preconditionata per 24 ore ad una temperatura di $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$ ($25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$).

I gas di prova da usare e gli intervalli raccomandati per i fattori di risposta relativi sono i seguenti:

metano e aria sintetica purificata: $1,00 \leq R_f \leq 1,15$

propilene e aria sintetica purificata: $0,90 \leq R_f \leq 1,10$

toluene e aria sintetica purificata: $0,90 \leq R_f \leq 1,10$

Questi valori sono relativi al fattore di risposta (R_f) di 1,00 per propano e aria sintetica purificata.

1.8.3. Controllo dell'interferenza dell'ossigeno

Quando si mette in servizio un analizzatore e dopo periodi di utilizzo prolungati, è necessario controllare l'interferenza dell'ossigeno.

Il fattore di risposta è definito e deve essere determinato come descritto nel punto 1.8.2. Il gas di prova e l'intervallo raccomandato del fattore di risposta relativo sono i seguenti:

propano o azoto $0,95 \leq R_f \leq 1,05$

Questo valore è relativo al fattore di risposta (R_f) di 1,00 per propano e aria sintetica purificata.

La concentrazione dell'ossigeno nell'aria del bruciatore FID deve essere uguale, con un'approssimazione non superiore a ± 1 mol per cento, alla concentrazione dell'ossigeno nell'aria del bruciatore utilizzata nell'ultimo controllo dell'interferenza dell'ossigeno. Se la differenza è maggiore, occorre controllare l'interferenza dell'ossigeno e se necessario regolare l'analizzatore.

1.8.4. Efficienza del dispositivo di eliminazione degli idrocarburi non metanici (NMC, solo per motori a GN)

L'NMC viene usato per eliminare gli idrocarburi non metanici dal gas campione mediante ossidazione di tutti gli idrocarburi escluso il metano. L'efficienza di conversione ideale è dello 0 per cento e del 100 per cento per gli altri idrocarburi rappresentati dall'etano. Per una misura accurata degli NMHC, occorre determinare le due efficienze e usarle per il calcolo della portata massica dell'emissione di NMHC (v. allegato 4A, appendice 2, punto 5.4).

1.8.4.1. Efficienza riferita al metano

Si fa fluire il gas di taratura del metano attraverso il FID, con e senza bypass dell'NMC, e si registrano le due concentrazioni. L'efficienza si determina come segue:

$$E_M = 1 - \frac{C_{\text{HC(con cutter)}}}{C_{\text{HC(senza cutter)}}$$

dove:

c_{con} = concentrazione di HC quando il CH₄ attraversa l'NMC
 c_{senza} = concentrazione di HC quando il CH₄ bypassa l'NMC

1.8.4.2. Efficienza riferita all'etano

Si fa fluire il gas di taratura dell'etano attraverso il FID, con e senza bypass dell'NMC, e si registrano le due concentrazioni. L'efficienza si determina come segue:

$$E_E = 1 - \frac{c_{\text{HC(con cutter)}}}{c_{\text{HC(senza cutter)}}$$

dove:

c_{con} = concentrazione di HC quando il C₂H₆ attraversa l'NMC
 c_{senza} = concentrazione di HC quando il C₂H₆ bypassa l'NMC

1.9. Effetti di interferenza con gli analizzatori di CO, CO₂ e NO_x

La presenza, nel gas di scarico, di gas diversi da quello analizzato può interferire in vari modi col valore indicato. Negli analizzatori NDIR, l'interferenza è positiva quando il gas interferente produce, in minor misura, lo stesso effetto del gas misurato. Negli analizzatori NDIR, l'interferenza è negativa quando il gas interferente amplia la banda di assorbimento del gas misurato, mentre nei rivelatori CLD lo è quando il gas interferente estingue la radiazione. I controlli di interferenza descritti nei punti 1.9.1 e 1.9.2 devono essere eseguiti prima dell'utilizzo iniziale dell'analizzatore e dopo periodi di utilizzo prolungati.

1.9.1. Controllo dell'interferenza nell'analizzatore di CO

Acqua e CO₂ possono interferire con le prestazioni dell'analizzatore di CO. Per questo, si deve far gorgogliare attraverso acqua a temperatura ambiente un gas di calibrazione CO₂ avente una concentrazione compresa tra l'80 e il 100 per cento del fondo scala del campo di lavoro massimo usato durante la prova e si deve registrare la risposta dell'analizzatore. La risposta dell'analizzatore non deve essere superiore all'1 per cento del fondo scala per campi uguali o superiori a 300 ppm, e non deve essere superiore a 3 ppm per campi al di sotto di 300 ppm.

1.9.2. Controlli dell'estinzione nell'analizzatore di NO_x

I due gas da considerare per gli analizzatori CLD (e HCLD) sono CO₂ e vapore acqueo. Le risposte di estinzione a questi gas sono proporzionali alle concentrazioni degli stessi e rendono quindi necessario l'uso di tecniche di analisi per determinare l'estinzione alle più elevate concentrazioni prevedibili durante la prova.

1.9.2.1. Controllo dell'estinzione causata da CO₂

Si fa passare attraverso l'analizzatore NDIR un gas di calibrazione CO₂ avente una concentrazione tra l'80 e il 100 per cento del fondo scala del campo di lavoro massimo e si registra come A il valore del CO₂. Si diluisce poi approssimativamente al 50 per cento con gas di calibrazione NO e si fa passare attraverso gli analizzatori NDIR e (H)CLD, registrando come B e C rispettivamente i valori di CO₂ e NO. Si chiude il CO₂, facendo passare solo il gas di calibrazione NO attraverso l'analizzatore CLD (o HCLD) e si registra come D il valore di NO.

L'estinzione si calcola come segue; non deve essere maggiore del 3 per cento del fondo scala:

$$\% \text{ estinzione} = \left[1 - \left(\frac{C \times A}{(D \times A) - (D \times B)} \right) \right] \times 100$$

in cui:

- A è la concentrazione di CO₂ non diluito misurata con l'NDIR, in percentuale
- B è la concentrazione di CO₂ diluito misurata con l'NDIR, in percentuale
- C è la concentrazione di NO diluito misurata con il CLD (o HCLD), in ppm
- D è la concentrazione di NO non diluito misurata con il CLD (o HCLD), in ppm

È ammesso l'uso di metodi alternativi di diluizione e quantificazione dei valori dei gas di calibrazione CO₂ e NO, come la miscelazione dinamica.

1.9.2.2. Controllo dell'estinzione causata dall'acqua

Il controllo si applica solo alle misure della concentrazione dei gas umidi. Il calcolo dell'estinzione provocata dall'acqua deve tenere conto della diluizione del gas di calibrazione NO con vapore acqueo e dell'adattamento della concentrazione di vapore acqueo nella miscela in proporzione al valore previsto durante l'esecuzione delle prove.

Si fa passare un gas di calibrazione NO avente una concentrazione dall'80 al 100 per cento del fondo scala del normale campo di lavoro attraverso l'analizzatore (H)CLD e si registra come D il valore di NO. Si fa gorgogliare il gas di calibrazione NO attraverso acqua a temperatura ambiente e lo si fa passare attraverso l'analizzatore (H)CLD registrando come C il valore di NO. Si determina e si registra come G la pressione di vapore di saturazione della miscela che corrisponde alla temperatura dell'acqua nel gorgogliatore F. Si calcola la concentrazione di vapore acqueo (H, in percentuale) della miscela come segue:

$$H = 100 \times (G/E)$$

Si calcola la concentrazione attesa (De) del gas di calibrazione NO diluito (in vapore acqueo) come segue:

$$D_e = D \times (1 - H/100)$$

Per il gas di scarico di motori diesel, si stima nel modo seguente la concentrazione massima del vapore acqueo nel gas di scarico (H_m, in percentuale) attesa durante le prove assumendo un rapporto tra gli atomi H e C del carburante pari a 1,8:1, in base alla concentrazione del gas di calibrazione CO₂ non diluito (A, misurato conformemente al punto 1.9.2.1):

$$H_m = 0,9 \times A$$

Si calcola nel modo seguente l'estinzione provocata dall'acqua, che non deve essere superiore al 3 per cento del fondo scala:

$$\text{percentuale estinzione} = 100 \times ((D_e - C)/D_e) \times (H_m/H)$$

dove

D_e = concentrazione attesa di NO diluito, in ppm

C = concentrazione di NO diluito, in ppm

H_m = concentrazione massima di vapore acqueo, in percentuale

H = concentrazione effettiva di vapore acqueo, in percentuale

Nota: è importante che per questa prova il gas di calibrazione NO contenga una concentrazione minima di NO₂ perché nei calcoli dell'estinzione non si è tenuto conto dell'assorbimento di NO₂ in acqua.

1.10. Intervallo di taratura

Gli analizzatori devono essere tarati conformemente al punto 1.5 almeno una volta ogni tre mesi o tutte le volte che sul sistema viene effettuata una riparazione o modifica in grado di influire sulla taratura.

2. TARATURA DEL SISTEMA CVS

2.1. Prescrizioni generali

Per tarare il sistema CVS si utilizzano un flussometro accurato riferibile a campioni nazionali e/o internazionali e un dispositivo di limitazione. Il flusso attraverso il sistema deve essere misurato per diverse regolazioni del limitatore, e i parametri di controllo del sistema devono essere misurati e messi in relazione con il flusso.

Si possono usare vari tipi di flussometro, per esempio tubo Venturi tarato, flussometro laminare tarato, flussometro a turbina tarato.

2.2. Taratura della pompa volumetrica (PDP)

Tutti i parametri relativi alla pompa devono essere misurati contemporaneamente ai parametri relativi al flussometro collegato in serie con la pompa. Si traccia il grafico della portata calcolata (in m³/min all'ingresso della pompa, a pressione e temperature assolute) rispetto a una funzione di correlazione che è il valore di una combinazione specifica di parametri della pompa. Si determina poi l'equazione lineare che indica la relazione tra la mandata della pompa e la funzione di correlazione. Se un CVS è dotato di comando a velocità multiple, la taratura deve essere eseguita per ogni campo usato. Durante la taratura la temperatura deve essere mantenuta stabile.

2.2.1. Analisi dei dati

La portata dell'aria (Q_s) in corrispondenza di ciascuna regolazione del limitatore (minimo 6 punti) si calcola in normal m³/min in base ai dati del flussometro usando il metodo prescritto dal costruttore. Successivamente, si converte la portata d'aria in mandata della pompa (V_0) in m³/giro alla temperatura e pressione assolute all'ingresso della pompa nel modo seguente:

$$V_0 = \frac{q_{vCVS}}{n} \times \frac{T}{273} \times \frac{101,3}{P_p}$$

dove:

- q_{vCVS} = portata d'aria in condizioni normali (101,3 kPa, 273 K), m³/s
- T = temperatura all'ingresso della pompa, K
- P_p = pressione assoluta all'ingresso della pompa ($p_B - p_1$), kPa
- n = velocità della pompa, giri/secondo

Per tenere conto dell'interazione tra le variazioni di pressione alla pompa e il grado di scorrimento della pompa, si calcola nel modo seguente la funzione di correlazione (X_0) tra la velocità della pompa, il differenziale di pressione tra l'ingresso e l'uscita della pompa e la pressione assoluta all'uscita della pompa:

$$X_0 = \frac{1}{n} \times \sqrt{\frac{\Delta p_p}{P_p}}$$

dove:

- Δp_p = differenziale di pressione tra l'ingresso e l'uscita della pompa, kPa
- P_p = pressione di mandata assoluta all'uscita della pompa, kPa

L'equazione di taratura si ricava mediante interpolazione lineare secondo il metodo dei minimi quadrati nel modo seguente:

$$V_0 = D_0 - m \times X_0$$

D_0 e m sono rispettivamente le costanti intercetta e coefficiente angolare che descrivono le linee di regressione.

Per un sistema CVS con velocità multiple, le curve di taratura generate nei vari intervalli di mandata della pompa devono essere approssimativamente parallele e i valori dell'intercetta (D_0) devono crescere al ridursi dell'intervallo di mandata della pompa.

I valori calcolati in base all'equazione devono corrispondere con un'approssimazione di $\pm 0,5$ per cento al valore misurato di V_0 . I valori di m variano da pompa a pompa. L'ingresso di particolato provoca nel tempo una riduzione dello scorrimento della pompa che si riflette in valori più bassi per m . Pertanto, la taratura deve essere eseguita all'avviamento della pompa, dopo importanti interventi di manutenzione e se la verifica complessiva del sistema (punto 2.4) indica una variazione del grado di scorrimento.

2.3. Taratura del tubo Venturi a flusso critico (CFV)

La taratura del CFV è basata sull'equazione di flusso per un tubo Venturi a flusso critico. Il flusso di gas è funzione della pressione e temperatura di ingresso.

2.3.1. Analisi dei dati

La portata dell'aria (Q_s) in corrispondenza di ciascuna regolazione del limitatore (minimo 8 punti) si calcola in normal m^3/min in base ai dati del flussometro usando il metodo prescritto dal costruttore. Il coefficiente di taratura si calcola come segue in base ai dati di taratura per ciascuna regolazione:

$$K_V = \frac{q_{vCVS} \times \sqrt{T}}{P_p}$$

dove:

- q_{vCVS} = portata d'aria in condizioni normali (101,3 kPa, 273 K), m^3/s
 T = temperatura all'ingresso del tubo Venturi, K
 P_p = pressione assoluta all'ingresso del tubo Venturi, kPa

Per determinare il campo di flusso critico, si traccia la curva di K_V in funzione della pressione di ingresso nel tubo Venturi. Al flusso critico (strozzato), K_V avrà un valore relativamente costante. Al diminuire della pressione (aumento del vuoto), cessa lo strozzamento del tubo Venturi e K_V diminuisce, il che indica che il CFV funziona al di fuori del campo ammesso.

Si calcolano il K_V medio e la deviazione standard per almeno 8 punti nella regione di flusso critico. La deviazione standard non deve superare $\pm 0,3$ per cento del K_V medio.

2.4. Taratura del tubo Venturi subsonico (SSV)

La taratura dell'SSV è basata sull'equazione di portata relativa ai tubi Venturi subsonici. La portata del gas è funzione della pressione e della temperatura d'ingresso nonché della perdita di carico tra l'ingresso e la gola dell'SSV.

2.4.1. Analisi dei dati

La portata dell'aria (Q_{SSV}) in corrispondenza di ciascuna regolazione del limitatore (minimo 16 punti) si calcola in normal m^3/min in base ai dati del flussometro usando il metodo prescritto dal costruttore. Il coefficiente di efflusso si calcola come segue in base ai dati di taratura per ciascuna regolazione:

$$Q_{QSSV} = A_0 d^2 C_d P_p \sqrt{\left[\frac{1}{T} \left(r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143} \right) \cdot \left(\frac{1}{1 - r_D^4 r_p^{1,4286}} \right) \right]}$$

dove:

- Q_{SSV} = portata d'aria in condizioni normali (101,3 kPa, 273 K), m^3/s
 T = temperatura all'ingresso del tubo Venturi, K
 d = diametro di gola dell'SSV, m

r_p = rapporto tra la pressione alla gola dell'SSV e la pressione assoluta e statica all'ingresso = $SSV = 1 - \frac{\Delta p}{P_p}$

r_D = rapporto tra il diametro di gola dell'SSV, d , e il diametro interno del condotto di ingresso D

Per determinare il campo di portata subsonica, si traccia in un grafico C_d in funzione del numero di Reynolds alla gola dell'SSV. Per calcolare il numero di Reynolds Re alla gola dell'SSV si usa la formula seguente:

$$Re = A_1 \frac{Q_{SSV}}{d\mu}$$

dove:

A_1 = raggruppamento di costanti e conversioni di unità = $25,55152 \left(\frac{1}{m^3} \right) \left(\frac{min}{s} \right) \left(\frac{mm}{m} \right)$

Q_{SSV} = portata d'aria in condizioni normali (101,3 kPa, 273 K), m^3/s

d = diametro di gola dell'SSV, m

μ = viscosità assoluta o dinamica del gas, calcolata con la formula seguente:

$$\mu = \frac{b \times T^{1,5}}{S + T} \text{ kg/m-s}$$

b = costante empirica = $1,458 \times 10^6$, kg/ms $K^{0,5}$

S = costante empirica = 110,4 K

Dal momento che Q_{SSV} fa parte della formula per il calcolo di Re , occorre iniziare i calcoli con una stima di Q_{SSV} o C_d del tubo Venturi di taratura e ripeterli finché Q_{SSV} converge. Il metodo di convergenza deve avere un'accuratezza pari allo 0,1 per cento o migliore.

Per almeno sedici punti nella regione di portata subsonica, i valori di C_d calcolati in base alla risultante equazione di interpolazione della curva di taratura non devono eccedere $\pm 0,5$ per cento del C_d misurato per ciascun punto di taratura.

2.5. Verifica complessiva del sistema

L'accuratezza totale del sistema di campionamento CVS e del sistema di analisi si determina introducendo una massa nota di un gas inquinante nel sistema funzionante nella maniera normale. Si analizza l'inquinante e si calcola la massa secondo l'allegato 4A, appendice 2, punto 4.3, salvo nel caso del propano per il quale si usa un fattore di 0,000472 anziché 0,000479 per HC. Si utilizza una delle due tecniche seguenti.

2.5.1. Misura con orifizio a flusso critico

Si introduce nel sistema CVS una quantità nota di gas puro (monossido di carbonio o propano) attraverso un orifizio tarato critico. Se la pressione di immissione è sufficientemente elevata, la portata, che viene regolata mediante l'orifizio a flusso critico, è indipendente dalla pressione di uscita dall'orifizio (= flusso critico). Si fa funzionare sistema CVS per circa 5-10 minuti come nella normale analisi delle emissioni allo scarico. Si analizza un campione di gas con l'apparecchiatura usuale (metodo con sacchetto di campionamento o integrazione) e si calcola la massa del gas. La massa così determinata deve corrispondere con un'approssimazione di ± 3 per cento alla massa nota del gas iniettato.

2.5.2. Misura mediante tecnica gravimetrica

Si determina, con una precisione di $\pm 0,01$ grammi, il peso di una piccola bombola riempita di monossido di carbonio o propano. Si fa funzionare per circa 5-10 minuti il sistema CVS come nella normale analisi delle emissioni allo scarico iniettando monossido di carbonio o propano nel sistema. Si determina la quantità di gas puro introdotta nel sistema mediante pesata differenziale. Si analizza un campione di gas con l'apparecchiatura usuale (metodo con sacchetto di campionamento o integrazione) e si calcola la massa del gas. La massa così determinata deve corrispondere con un'approssimazione di ± 3 per cento alla massa nota del gas iniettato.

3. TARATURA DEL SISTEMA PER LA DETERMINAZIONE DEL PARTICOLATO

3.1. Introduzione

La taratura della misurazione del particolato è limitata ai flussometri utilizzati per determinare il flusso del campione e il rapporto di diluizione. Ciascun flussometro deve essere tarato con la frequenza necessaria per rispettare i requisiti di accuratezza del presente regolamento. Il metodo di taratura da utilizzare è descritto al punto 3.2.

3.2. Misura della portata

3.2.1. Taratura periodica

- a) Per soddisfare i criteri di accuratezza assoluta delle misurazioni del flusso di cui al punto 2.2 dell'appendice 4 del presente allegato, occorre tarare il flussometro o la strumentazione di misura del flusso con un flussometro accurato riferibile a campioni internazionali e/o nazionali.

- b) Se la portata del campione di gas viene determinata mediante misura differenziale, la taratura del flussometro o della strumentazione per la misura del flusso deve essere effettuata mediante uno dei procedimenti indicati di seguito, in modo che il flusso della sonda q_{mp} nel tunnel soddisfi le prescrizioni relative all'accuratezza previste dal punto 4.2.5.2 dell'appendice 4 del presente allegato.
- i) Si collega in serie il flussometro per q_{mdw} al flussometro per q_{mdew} e si tara la differenza tra i due flussometri per almeno cinque punti di regolazione con valori di flusso equidistanti tra il valore di q_{mdw} più basso utilizzato nel corso della prova e il valore di q_{mdew} utilizzato nel corso della prova. Il tunnel di diluizione può essere bypassato.
 - ii) Si collega in serie un dispositivo tarato per la misura della portata massica al flussometro per q_{mdew} e si controlla l'accuratezza per il valore utilizzato nella prova. Si collega quindi in serie il dispositivo tarato per la misura della portata massica al flussometro per q_{mdw} e si controlla l'accuratezza per almeno 5 posizioni di regolazione corrispondenti a rapporti di diluizione tra 3 e 50 rispetto al valore di q_{mdew} utilizzato nel corso della prova.
 - iii) Si scollega il condotto di trasferimento TT dal sistema di scarico e si collega il condotto di trasferimento a un dispositivo tarato per la misura del flusso con un campo adeguato per misurare q_{mp} . Il valore di q_{mdew} deve essere regolato sul valore utilizzato nel corso della prova e quello di q_{mdw} deve essere regolato sequenzialmente su almeno 5 valori corrispondenti a rapporti di diluizione q tra 3 e 50. In alternativa si può disporre un percorso speciale del flusso di taratura che bypassa il tunnel, ma in cui l'aria totale e l'aria di diluizione passano attraverso i corrispondenti flussometri come nella prova vera e propria.
 - iv) Nel condotto di trasferimento TT si immette un gas tracciante, che può essere un componente del gas di scarico, ad esempio CO_2 o NO_x . Dopo la diluizione nel tunnel, si misura il gas tracciante. La misurazione deve essere eseguita per 5 rapporti di diluizione compresi tra 3 e 50. L'accuratezza della portata del campione deve essere ricavata dal rapporto di diluizione r_d :

$$q_{mp} = \frac{q_{mdew}}{r_d}$$

- c) Per garantire l'accuratezza di q_{mp} occorre tenere conto dell'accuratezza degli analizzatori dei gas.

3.2.2. Controllo del flusso di carbonio

- a) Si raccomanda di effettuare un controllo del flusso di carbonio utilizzando il gas di scarico reale per individuare problemi di misura e di controllo nonché verificare il corretto funzionamento del sistema a flusso parziale. È opportuno verificare il flusso di carbonio almeno ogni volta che viene montato un nuovo motore o che intervengono cambiamenti significativi nella configurazione della sala prova.
- b) Il motore deve funzionare nelle condizioni di regime e di carico corrispondenti alla coppia massima oppure in qualsiasi altra modalità in condizioni stazionarie che producano il 5 per cento o più di CO_2 . Il sistema di campionamento a flusso parziale deve funzionare con un fattore di diluizione di circa 15 a 1.
- c) Se si effettua il controllo del flusso di carbonio, si applica la procedura di cui all'appendice 6 del presente allegato. Le portate di carbonio devono essere calcolate conformemente ai punti da 2.1 a 2.3 dell'appendice 6 del presente allegato; non devono differire tra loro di oltre il 6 per cento.

3.2.3. Verifica preliminare

- a) Due ore al massimo prima della prova occorre svolgere la verifica preliminare descritta di seguito.
- b) L'accuratezza dei flussometri deve essere controllata con lo stesso metodo usato per la taratura (v. punto 3.2.1 della presente appendice) per almeno due punti, inclusi i valori di flusso di q_{mdw} corrispondenti a rapporti di diluizione compresi tra 5 e 15 per cento per il valore di q_{mdew} utilizzato nel corso della prova.
- c) Se la documentazione relativa al procedimento di taratura di cui al punto 3.2.1 dimostra che la taratura del flussometro è stabile per un periodo di tempo più lungo, la verifica preliminare può essere omessa.

3.3. **Determinazione del tempo di trasformazione (solo per sistemi di diluizione a flusso parziale nell'ETC)**

- a) Le regolazioni del sistema per la valutazione del tempo di trasformazione devono essere identiche a quelle usate per la misura nel corso della prova. Per determinare il tempo di trasformazione si deve applicare il metodo descritto di seguito.
- b) Si dispone un flussometro di riferimento indipendente, con un campo di misura adeguato al flusso della sonda, in serie e nelle immediate vicinanze della sonda. Il flussometro deve avere un tempo di trasformazione inferiore a 100 ms per le dimensioni del gradino di flusso utilizzate ai fini della misura del tempo di risposta, con un restringimento del flusso sufficientemente basso da non causare ripercussioni sui risultati dinamici del sistema di diluizione a flusso parziale e conforme alla buona pratica ingegneristica.
- c) Si introduce una variazione a gradino nell'immissione del flusso di gas di scarico (o del flusso dell'aria, se si sta calcolando il flusso del gas di scarico) del sistema di diluizione a flusso parziale, partendo da un flusso basso per arrivare almeno al 90 per cento del fondo scala. Il segnale di innesco della variazione a gradino deve essere lo stesso utilizzato per avviare il controllo predittivo nella prova vera e propria. Il segnale di aumento del flusso di gas di scarico e la risposta del flussometro devono essere registrati con una frequenza di campionamento di almeno 10 Hz.
- d) Dai dati così raccolti è possibile ricavare il tempo di trasformazione per il sistema di diluizione a flusso parziale: si tratta dell'intervallo di tempo che intercorre tra l'inizio del gradino e il raggiungimento del punto corrispondente al 50 per cento della risposta del flussometro. In maniera analoga si determinano i tempi di trasformazione del segnale q_{mp} del sistema di diluizione a flusso parziale e del segnale $q_{mew,i}$ del flussometro del gas di scarico. Questi segnali sono utilizzati nelle verifiche di regressione svolte alla fine di ogni prova (v. punto 3.8.3.2 dell'appendice 2 del presente allegato).
- e) Il calcolo deve essere ripetuto per almeno 5 segnali di salita e di discesa e deve essere stabilita la media dei risultati ottenuti. Al valore ottenuto si sottrae il tempo di trasformazione interno (< 100 ms) del flussometro di riferimento. Si ottiene così il «valore predittivo» del sistema di diluizione a flusso parziale, da utilizzare secondo quanto indicato nel punto 3.8.3.2 dell'appendice 2 del presente allegato.

3.4. **Controllo delle condizioni di flusso parziale**

Il campo di velocità e le oscillazioni della pressione del gas di scarico devono essere controllati e regolati conformemente alle prescrizioni del punto 2.2.1 dell'appendice 7 (EP), se applicabile.

3.5. **Intervallo di taratura**

La strumentazione di misura del flusso deve essere tarata almeno ogni 3 mesi o tutte le volte che sul sistema vengono effettuate modifiche o riparazioni in grado di influire sulla taratura.

4. **TARATURA DELL'APPARECCHIATURA DI MISURA DEL FUMO**

4.1. **Introduzione**

L'opacimetro deve essere tarato con la frequenza necessaria per rispettare le prescrizioni in materia di accuratezza contenute nel presente regolamento. In questo punto è descritto il metodo di taratura da utilizzare per i componenti indicati nell'appendice 4, punto 5 e nell'appendice 7, punto 3 del presente allegato.

4.2. **Procedimento di taratura**

4.2.1. **Tempo di riscaldamento**

L'opacimetro deve essere riscaldato e stabilizzato secondo le raccomandazioni del costruttore. Se l'opacimetro è provvisto di un sistema di aria di spurgo per evitare il deposito di particelle carboniose sulle parti ottiche dello strumento, è necessario attivare anche questo sistema e regolarlo secondo le raccomandazioni del costruttore.

4.2.2. Determinazione della risposta di linearità

La linearità dell'opacimetro deve essere controllata nella modalità di opacità secondo le raccomandazioni del costruttore. Si introducono nell'opacimetro tre filtri di densità neutra con trasmittanza nota conformi ai requisiti dell'appendice 4, punto 5.2.5 del presente allegato, e si registrano i valori. I filtri di densità neutra devono avere opacità nominale approssimativamente del 10 per cento, 20 per cento e 40 per cento.

La linearità non deve differire di oltre il ± 2 per cento di opacità dal valore nominale del filtro di densità neutra. Eventuali deviazioni dalla linearità superiori a tale valore devono essere corrette prima di eseguire la prova.

4.3. **Intervallo di taratura**

L'opacimetro deve essere tarato secondo quanto indicato al punto 4.2.2 almeno ogni 3 mesi o tutte le volte che sul sistema vengono effettuate modifiche o riparazioni in grado di influire sulla taratura.

Appendice 6

Controllo del flusso di carbonio

1. INTRODUZIONE

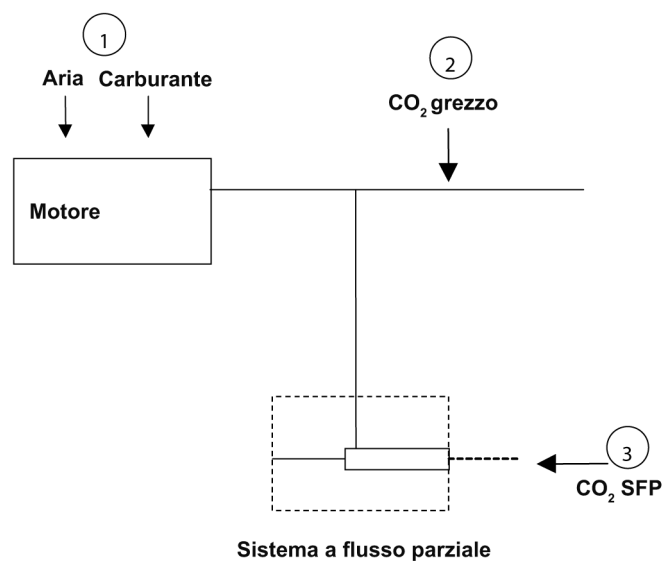
Solo una piccolissima parte del carbonio presente nel gas di scarico proviene dal carburante e solo una parte minima è presente nel gas di scarico come CO₂. Questo è il presupposto su cui si fonda la verifica del sistema basata sulle misurazioni di CO₂.

Il flusso di carbonio nei sistemi di misura dei gas di scarico si determina in base alla portata del carburante. Il flusso di carbonio nei vari punti di campionamento dei sistemi di campionamento delle emissioni e del particolato si determina in base alle concentrazioni di CO₂ e alla portata del gas in tali punti.

A questo riguardo, il motore costituisce una fonte nota di flusso di carbonio e, osservando lo stesso flusso di carbonio nel tubo di scarico e all'uscita del sistema di campionamento del PM a flusso parziale, è possibile verificare l'assenza di perdite e l'accuratezza della misura del flusso. Tale controllo presenta il vantaggio di consentire il funzionamento dei componenti nelle effettive condizioni di prova del motore per quanto riguarda la temperatura e il flusso.

Lo schema seguente indica i punti di campionamento in cui deve essere controllato il flusso di carbonio. Le formule specifiche per la determinazione del flusso di carbonio in ogni punto di campionamento sono riportate di seguito.

Figura 7

Punti di misura per il controllo del flusso di carbonio

2. CALCOLI

2.1. Portata di carbonio in entrata nel motore (punto 1)

La portata massica di carbonio in entrata nel motore per un carburante CH_aO_ε è data da:

$$q_{mCf} = \frac{12,011}{12,011 + a + 15,999 \times \epsilon} \times q_{mf}$$

dove:

q_{mf} = portata massica del carburante, kg/s

2.2. Portata di carbonio nel gas di scarico grezzo (punto 2)

La portata massica di carbonio nel condotto di scarico del motore si determina in base alla concentrazione di CO₂ nel gas di scarico grezzo e alla portata massica del gas di scarico:

$$q_{mCe} = \left(\frac{c_{CO_2,r} - c_{CO_2,a}}{100} \right) \times q_{mew} \times \frac{12,011}{M_{re}}$$

dove:

- c_{CO₂,r} = concentrazione di CO₂ su umido nel gas di scarico grezzo, percentuale
- c_{CO₂,a} = concentrazione di CO₂ su umido nell'aria ambiente, percentuale (circa 0,04 per cento)
- q_{mew} = portata massica di gas di scarico su umido, kg/s
- M_{re} = massa molecolare del gas di scarico

Se il CO₂ è misurato su secco, le misurazioni devono essere convertite nel valore su umido conformemente al punto 5.2 dell'appendice 1 del presente allegato.

2.3. Portata di carbonio nel sistema di diluizione (punto 3)

La portata di carbonio si determina in base alla concentrazione del CO₂ nel gas di scarico diluito, alla portata massica del gas di scarico e alla portata di campionamento:

$$q_{mCp} = \left(\frac{c_{CO_2,d} - c_{CO_2,a}}{100} \right) \times q_{mdew} \times \frac{12,011}{M_{re}} \times \frac{q_{mew}}{q_{mp}}$$

dove:

- c_{CO₂,d} = concentrazione di CO₂ su umido nel gas di scarico diluito all'uscita del tunnel di diluizione, %
- c_{CO₂,a} = concentrazione di CO₂ su umido nell'aria ambiente, percentuale (circa 0,04 %)
- q_{mdew} = portata massica di gas di scarico diluito su umido, kg/s
- q_{mew} = portata massica di gas di scarico su umido, kg/s (solo per sistemi a flusso parziale)
- q_{mp} = portata di campionamento del gas di scarico nel sistema di diluizione a flusso parziale, kg/s (solo per i sistemi a flusso parziale)
- M_{re} = massa molecolare del gas di scarico

Se il CO₂ è misurato su secco, le misurazioni devono essere convertite nel valore su umido conformemente al punto 5.2 dell'appendice 1 del presente allegato.

2.4. La massa molecolare (M_{re}) del gas di scarico si calcola nel modo seguente:

$$M_{re} = \frac{1 + \frac{q_{mf}}{q_{maw}}}{\frac{q_{mf}}{q_{maw}} \times \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12,01 + 1,0079 \times \alpha + 15,999 \times \varepsilon + 14,006 \times \delta + 32,06 \times \gamma} + \frac{H_a \times 10^{-3}}{2 \times 1,0079 + 15,999} + \frac{1}{M_{ra} + H_a \times 10^{-3}}}$$

dove:

- q_{mf} = portata massica del carburante, kg/s
- q_{maw} = portata massica dell'aria di aspirazione su umido, kg/s
- H_a = umidità dell'aria di aspirazione, g d'acqua per kg d'aria secca
- M_{ra} = massa molecolare dell'aria di aspirazione secca (= 28,9 g/mol)
- α, δ, ε, γ = rapporti molari riferiti a un carburante C H_a O_δ N_ε S_γ

In alternativa si possono utilizzare le masse molecolari seguenti:

- M_{re} (diesel) = 28,9 g/mol
- M_{re} (GPL) = 28,6 g/mol
- M_{re} (GN) = 28,3 g/mol

Appendice 7

Sistemi di analisi e campionamento

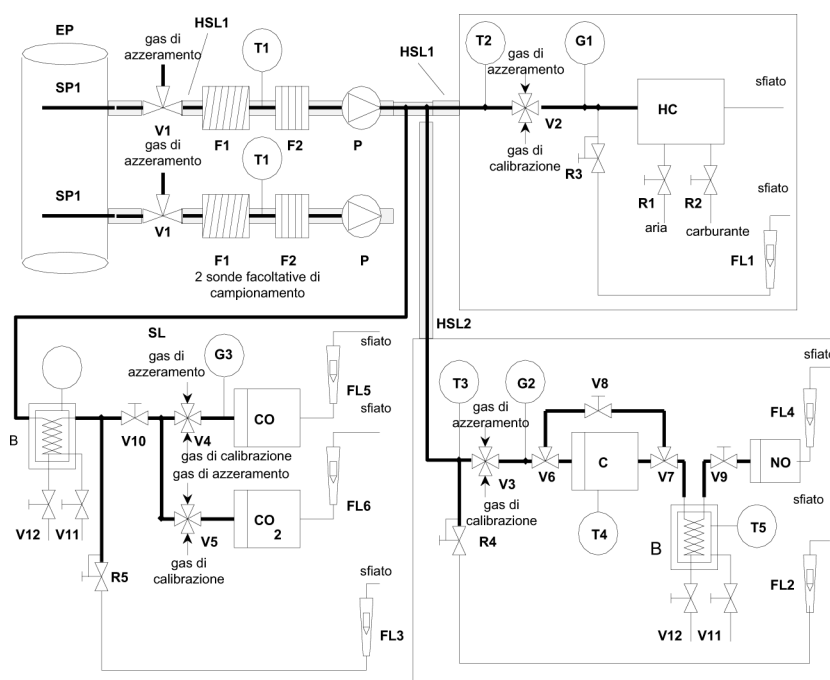
1. DETERMINAZIONE DELLE EMISSIONI GASSOSE

1.1. Introduzione

Il punto 1.2 e le figure 7 e 8 contengono la descrizione dettagliata dei sistemi di campionamento e analisi raccomandati. Poiché varie configurazioni possono dare risultati equivalenti, non è richiesta una stretta conformità a queste figure. Per ricavare informazioni aggiuntive e coordinare le funzioni dei sistemi componenti, è ammesso l'uso di componenti addizionali, come strumenti, valvole, solenoidi, pompe e interruttori. Altri componenti che non sono necessari per mantenere l'accuratezza su alcuni sistemi possono essere omissi se la loro omissione è basata su criteri di buona valutazione ingegneristica.

Figura 7

Schema di flusso del sistema di analisi dei gas di scarico grezzi per la misura di CO, CO₂, NO_x, HC (solo ESC)



1.2. Descrizione del sistema di analisi

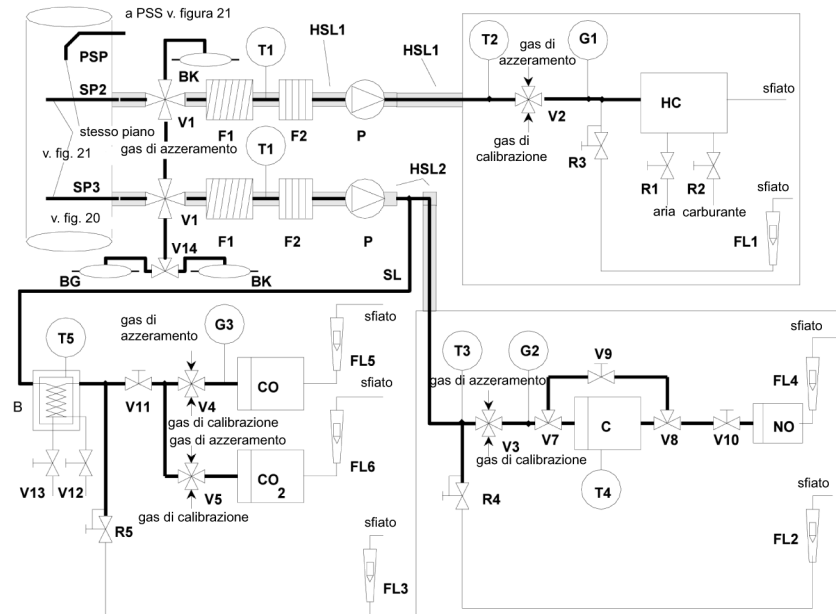
Viene descritto un sistema di analisi per la determinazione delle emissioni gassose nel gas di scarico grezzo (figura 7, solo ESC) o diluito (figura 8, ETC e ESC) basato sull'uso di:

- analizzatore HFID per la misura degli idrocarburi;
- analizzatori NDIR per la misura del monossido di carbonio e del biossido di carbonio;
- analizzatore HCLD o equivalente per la misura degli ossidi di azoto.

Per il prelievo del campione dei vari componenti è possibile utilizzare una sola sonda di campionamento oppure due sonde disposte nelle immediate vicinanze l'una dell'altra e suddivise internamente verso i differenti analizzatori. Aver cura che in nessun punto del sistema di analisi si verifichi la condensazione dei componenti del gas di scarico (compresi acqua e acido solforico).

Figura 8

Schema di flusso del sistema di analisi dei gas di scarico diluiti per la misura di CO, CO₂, NO_x, HC (ETC, facoltativo per la prova ESC)



1.2.1. Componenti delle figure 7 e 8:

EP Condotta di scarico

SP1: Sonda di campionamento del gas di scarico (solo figura 7)

Si raccomanda l'uso di una sonda diritta di acciaio inossidabile con l'estremità chiusa e a fori multipli. Il diametro interno non deve essere maggiore del diametro interno della linea di campionamento. Lo spessore della parete della sonda deve essere non superiore a 1 mm. Prevedere almeno 3 fori in 3 differenti piani radiali, dimensionati in modo da campionare flussi approssimativamente uguali. La sonda deve coprire almeno l'80 per cento del diametro del condotto di scarico. Si possono usare una o due sonde di campionamento.

SP2: Sonda di campionamento del gas di scarico diluito per la misura di HC (solo figura 8)

La sonda deve:

- formare il primo tratto, lungo da 254 mm a 762 mm, della linea di campionamento riscaldata HSL1;
- avere un diametro interno non inferiore a 5 mm;
- essere installata nel tunnel di diluizione DT (v. punto 2.3, figura 20) in un punto in cui l'aria di diluizione e il gas di scarico sono ben miscelati (cioè circa 10 diametri del tunnel a valle del punto in cui il gas di scarico entra nel tunnel di diluizione);
- essere sufficientemente distante (radialmente) da altre sonde e dalla parete del tunnel per non subire l'influenza di scie o turbolenze;
- essere riscaldata in modo da innalzare la temperatura della corrente gassosa a $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$ ($190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$) all'uscita della sonda.

SP3: Sonda di campionamento del gas di scarico diluito per la misura di CO, CO₂, NO_x (solo figura 8)

La sonda deve:

- a) essere situata nello stesso piano di SP2;
- b) essere sufficientemente distante (radialmente) da altre sonde e dalla parete del tunnel per non subire l'influenza di scie o turbolenze;
- c) essere isolata e riscaldata su tutta la lunghezza ad una temperatura non inferiore a 328 K (55 °C) per evitare la condensazione dell'acqua.

HSL1: Linea di campionamento riscaldata

Attraverso la linea di campionamento il campione di gas prelevato da una singola sonda viene inviato al punto o ai punti di divisione e all'analizzatore di HC.

La linea di campionamento deve:

- a) avere un diametro interno non inferiore a 5 mm e non superiore a 13,5 mm;
- b) essere di acciaio inossidabile o PTFE;
- c) mantenere una temperatura di parete di 463 K \pm 10 K (190 °C \pm 10 °C) misurata in ciascuna sezione riscaldata separatamente controllata, se la temperatura del gas di scarico in corrispondenza della sonda di campionamento è uguale o inferiore a 463 K (190 °C);
- d) mantenere una temperatura di parete maggiore di 453 K (180 °C), se la temperatura del gas di scarico in corrispondenza della sonda di campionamento è maggiore di 463 K (190 °C);
- e) mantenere una temperatura del gas di 463 K \pm 10 K (190 °C \pm 10 °C) immediatamente a monte del filtro riscaldato F2 e dell'analizzatore HFID.

HSL2: linea di campionamento riscaldata per la misura di NO_x

La linea di campionamento deve:

- a) mantenere una temperatura di parete tra 328 K e 473 K (55 °C-200 °C) fino al convertitore C se si usa il bagno di raffreddamento B, o fino all'analizzatore se non si usa il bagno di raffreddamento B;
- b) essere di acciaio inossidabile o PTFE.

SL: Linea di campionamento per la misura di CO e CO₂

La linea deve essere di PTFE o acciaio inossidabile e può essere riscaldata o non riscaldata.

BK: Sacchetto di campionamento per la misura del fondo (facoltativo; solo figura 8)

Per la misura delle concentrazioni di fondo.

BG: Sacchetto del campione (facoltativo; figura 8 solo CO e CO₂)

Per la misura delle concentrazioni del campione.

F1: Prefiltro riscaldato (facoltativo)

La temperatura deve essere uguale a quella di HSL1.

F2: Filtro riscaldato

Il filtro deve intercettare le particelle solide contenute nel campione di gas a monte dell'analizzatore. La temperatura deve essere uguale a quella di HSL1. Il filtro deve essere sostituito quando necessario.

P: Pompa di campionamento riscaldata

La pompa deve essere riscaldata alla temperatura di HSL1.

HC: Rivelatore a ionizzazione di fiamma riscaldato (HFID) per la determinazione degli idrocarburi. La temperatura deve essere mantenuta a 453 K-473 K (180 °C-200 °C).

CO, CO₂: Analizzatori NDIR per la determinazione del monossido di carbonio e del biossido di carbonio (facoltativi per la determinazione del rapporto di diluizione per la misura del PT)

NO: Analizzatore CLD o HCLD per la determinazione degli ossidi di azoto. Se si utilizza un HCLD, esso deve essere mantenuto a una temperatura compresa fra 328 K e 473 K (55 °C-200 °C).

C: Convertitore

È necessario usare un convertitore per la riduzione catalitica di NO₂ a NO prima dell'analisi nel CLD o HCLD.

B: Bagno di raffreddamento (facoltativo)

Per il raffreddamento e la condensazione dell'acqua del campione di gas di scarico. Il bagno deve essere mantenuto ad una temperatura da 273 K a 277 K (0 °C-4 °C) mediante ghiaccio o mediante refrigerazione. Il bagno di raffreddamento è facoltativo se il vapore acqueo non crea interferenze nell'analizzatore, secondo quanto indicato nei punti 1.9.1 e 1.9.2 dell'appendice 5 dell'allegato 4. Se l'acqua viene rimossa mediante condensazione, si deve monitorare la temperatura del gas campione o la temperatura di rugiada all'interno della trappola dell'acqua o a valle di essa. Il valore massimo consentito per la temperatura del gas campione o la sua temperatura di rugiada è 280 K (7 °C). Non è ammesso l'uso di essiccatori chimici per rimuovere l'acqua dal campione.

T1, T2, T3: Sensore di temperatura

Per il monitoraggio della temperatura della corrente gassosa.

T4: Sensore di temperatura

Per il monitoraggio della temperatura del convertitore NO₂-NO.

T5: Sensore di temperatura

Per il monitoraggio della temperatura del bagno di raffreddamento.

G1, G2, G3: Manometro

Per la misura della pressione nelle linee di campionamento.

R1, R2: Regolatore di pressione

Per la regolazione della pressione dell'aria e del carburante, rispettivamente, per l'HFID.

R3, R4, R5: Regolatore di pressione

Per la regolazione della pressione nelle linee di campionamento e nel flusso diretto agli analizzatori.

FL1, FL2, FL3: Flussometro

Per il monitoraggio del flusso di bypass del campione.

FL4-FL6: Flussometro (facoltativo)

Per il monitoraggio della portata attraverso gli analizzatori.

V1-V5: Valvola di selezione

Per la selezione del flusso di gas campione, gas di calibrazione o gas di azzeramento da inviare agli analizzatori.

V6, V7: Valvola solenoide

Per l'esclusione (bypass) del convertitore NO₂-NO.

V8: Valvola ad ago

Per il bilanciamento del flusso attraverso il convertitore NO₂-NO C e il bypass.

V9, V10: Valvola ad ago

Per la regolazione dei flussi agli analizzatori.

V11, V12: Valvola a scatto (facoltativa)

Per lo scarico della condensa dal bagno B.

1.3. **Analisi degli NMHC (solo motori a GN)**

1.3.1. Metodo gascromatografico (GC, figura 9)

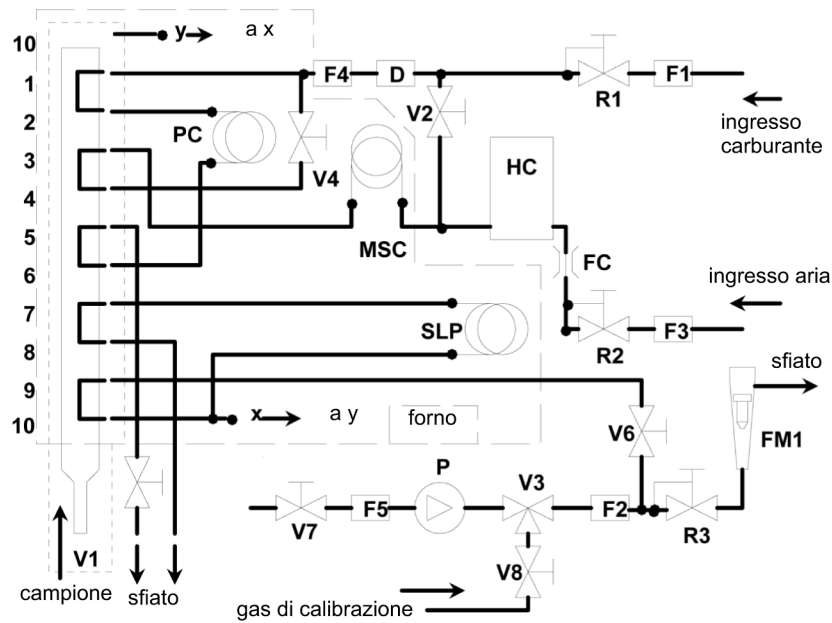
Questo metodo consiste nell'iniettare un piccolo volume misurato del campione in una colonna analitica in cui viene trascinato da un gas di trasporto inerte. La colonna separa i vari componenti in base ai rispettivi punti di ebollizione in modo che eluiscano dalla colonna in momenti differenti. I componenti poi passano attraverso un rivelatore che produce un segnale elettrico che dipende dalla loro concentrazione. Poiché non si tratta di una tecnica di analisi in continuo, può essere utilizzata solo in combinazione con il metodo di campionamento con sacchetto descritto nel punto 3.4.2 dell'appendice 4 del presente allegato.

Per gli NMHC si usa un GC automatico con FID. Il gas di scarico deve essere campionato in un sacchetto di campionamento dal quale una parte del gas viene prelevata e iniettata nel GC. Il campione viene separato in due parti (CH₄/aria/CO e NMHC/CO₂/H₂O) sulla colonna Porapak. La colonna a setacci molecolari separa il CH₄ dall'aria e dal CO prima di inviarli al FID dove viene misurata la concentrazione. Un ciclo completo dall'iniezione di un campione a quella di un secondo campione può venire realizzato in 30 s. Per determinare gli NMHC, si deve sottrarre la concentrazione di CH₄ alla concentrazione di HC totali (v. punto 4.3.1 dell'appendice 2 del presente allegato).

La figura 9 mostra un GC tipico assemblato per la determinazione di routine del CH₄. Si possono usare anche altri metodi GC purché tali metodi siano scelti sulla base di una buona valutazione ingegneristica.

Figura 9

Schema di flusso per l'analisi del metano (metodo GC)



Componenti della figura 9:

PC: Colonna Porapak

Si deve usare una colonna Porapak N, 180/300 μm (50/80 mesh), 610 mm lunghezza \times 2,16 mm DI e condizionarla per almeno 12 ore a 423 K (150 °C) con gas di trasporto prima dell'uso iniziale.

MSC: Colonna a setaccio molecolare

Si deve usare una colonna tipo 13X, 250/350 μm (45/60 mesh), 1 220 mm lunghezza \times 2,16 mm DI e condizionarla per almeno 12 ore a 423 K (150 °C) con gas di trasporto prima dell'uso iniziale.

OV: Forno

Per il mantenimento di colonne e valvole ad una temperatura stabile per il funzionamento dell'analizzatore, e per il condizionamento delle colonne a 423 K (150 °C).

SLP: Ansa di iniezione del campione

Tubazione d'acciaio inossidabile di lunghezza sufficiente ad ottenere un volume di circa 1 cm³.

P: Pompa

Per il trasferimento del campione al gascromatografo.

D: Essiccatore

Per rimuovere l'acqua ed altri contaminanti che potrebbero essere presenti nel gas di trasporto si deve usare un essiccatore contenente un setaccio molecolare.

HC: Rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID) per la misura della concentrazione del metano.

V1: Valvola di iniezione del campione

Per l'iniezione del campione prelevato dal sacchetto di campionamento attraverso SL della figura 8. Deve essere di piccolo volume morto, a tenuta di gas e riscaldabile a 423 K (150 °C).

V3: Valvola di selezione

Per la selezione del gas di calibrazione o del campione o del flusso nullo.

V2, V4, V5, V6, V7, V8: Valvola ad ago

Per la regolazione dei flussi nel sistema.

R1, R2, R3: Regolatore di pressione

Per la regolazione del flusso di carburante (= gas di trasporto), campione e aria rispettivamente.

FC: Capillare di flusso

Per la regolazione del flusso d'aria inviato al FID.

G1, G2, G3: Manometro

Per il controllo del flusso di carburante (= gas di trasporto), campione e aria rispettivamente.

F1, F2, F3, F4, F5: Filtro

Filtri di metallo sinterizzato utilizzati per impedire l'ingresso di polveri grossolane nella pompa o nello strumento.

FL1: Flussometro

Per la misura della portata di bypass del campione.

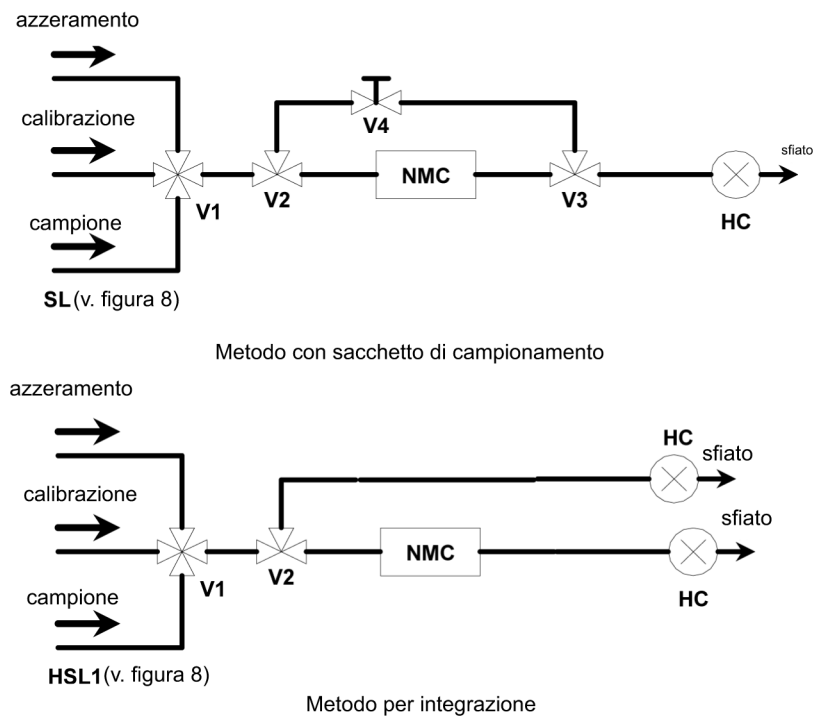
1.3.2. Metodo del dispositivo di eliminazione degli idrocarburi non metanici (NMC, figura 10)

Il dispositivo di eliminazione (cutter) ossida tutti gli idrocarburi escluso il CH₄ a CO₂ e H₂O, in modo che facendo passare il campione attraverso l'NMC il FID riveli solo il CH₄. Se si usa il campionamento con sacchetto, è necessario installare un sistema deviatore di flusso su SL (v. punto 1.2, figura 8) così da poter far passare il flusso attraverso il cutter oppure in parallelo ad esso secondo la parte superiore della figura 10. Per la misura degli NMHC, si devono osservare sul FID e registrare ambedue i valori (HC e CH₄). Se si usa il metodo per integrazione, si deve installare un NMC in linea con un secondo FID in parallelo al FID normale presente sulla linea HSL1 (v. punto 1.2, figura 8) come indicato nella parte inferiore della figura 10. Per la misura degli NMHC, si devono osservare e registrare i valori dei due FID (HC e CH₄).

Il cutter deve essere caratterizzato a 600 K (327 °C) o a temperatura superiore prima delle prove reali per controllare il suo effetto catalitico su CH₄ e C₂H₆ a valori di H₂O rappresentativi delle condizioni della corrente di gas di scarico. Il punto di rugiada e il livello di O₂ della corrente di gas di scarico campionata devono essere noti. La risposta relativa del FID al CH₄ deve essere registrata (v. punto 1.8.2 dell'appendice 5 del presente allegato).

Figura 10

Schema di flusso per l'analisi del metano con il dispositivo di eliminazione degli idrocarburi non metanici (NMC)



Componenti della figura 10:

NMC: Dispositivo di eliminazione (cutter) degli idrocarburi non metanici

Per l'ossidazione di tutti gli idrocarburi tranne il metano.

HC: Rivelatore a ionizzazione di fiamma riscaldato (HFID) per la misura delle concentrazioni di HC e CH₄. La temperatura deve essere mantenuta a 453 K-473 K (180 °C-200 °C).

V1: Valvola di selezione

Per la selezione del campione, del gas di azzeramento o del gas di calibrazione. V1 è identica a V2 della figura 8.

V2, V3: Valvola solenoide

Per la deviazione del flusso in modo che non attraversi l'NMC.

V4: Valvola ad ago

Per il bilanciamento del flusso attraverso l'NMC e il bypass.

R1: Regolatore di pressione

Per la regolazione della pressione nella linea di campionamento e del flusso verso l'HFID. R1 è identico a R3 della figura 8.

FL1: Flussometro

Per la misura della portata di bypass del campione. FL1 è identico a FL1 della figura 8.

2. DILUIZIONE DEL GAS DI SCARICO E DETERMINAZIONE DEL PARTICOLATO

2.1. Introduzione

I punti 2.2, 2.3 e 2.4 e le figure da 11 a 22 contengono la descrizione dettagliata dei sistemi di diluizione e campionamento raccomandati. Poiché varie configurazioni possono dare risultati equivalenti, non è richiesta una stretta conformità a queste figure. Per ricavare informazioni aggiuntive e coordinare le funzioni dei sistemi componenti è ammesso l'uso di componenti addizionali come strumenti, valvole, solenoidi, pompe ed interruttori. Altri componenti che non sono necessari per mantenere l'accuratezza su alcuni sistemi possono essere esclusi se la loro esclusione è basata su criteri di buona valutazione ingegneristica.

2.2. Sistema di diluizione a flusso parziale

Nelle figure da 11 a 19 è descritto un sistema di diluizione basato sulla diluizione di una parte della corrente di gas di scarico. La divisione della corrente di gas di scarico e il successivo processo di diluizione possono essere effettuati mediante sistemi di diluizione di vario tipo. Per la successiva raccolta del particolato, si può trasferire al sistema di campionamento del particolato tutto il gas di scarico diluito o solo una parte dello stesso (punto 2.4, figura 21). Il primo metodo è detto metodo di campionamento totale, il secondo metodo di campionamento parziale.

Il calcolo del rapporto di diluizione dipende dal tipo di sistema utilizzato. Si raccomanda l'uso dei tipi seguenti.

Sistemi isocinetici (figure 11, 12)

Con questi sistemi, il flusso che entra nel condotto di trasferimento deve essere corrispondente, per quanto riguarda la velocità e/o la pressione del gas, al flusso principale di gas di scarico; pertanto è necessario che il gas di scarico abbia un flusso uniforme e non disturbato in corrispondenza della sonda di campionamento. Normalmente questo si ottiene utilizzando un risonatore e un condotto di avvicinamento rettilineo a monte del punto di campionamento. Il rapporto di divisione viene poi calcolato in base a valori facilmente misurabili, come i diametri dei tubi. Si noti che le condizioni isocinetiche vengono usate solo per far concordare le condizioni di flusso, ma non la distribuzione granulometrica. Tipicamente questa ultima condizione non è necessaria perché il particolato è sufficientemente piccolo da seguire i filetti fluidi.

Sistemi a controllo di flusso con misura della concentrazione (figure 13-17)

Con questi sistemi, si preleva un campione dalla massa della corrente di gas di scarico regolando il flusso dell'aria di diluizione e il flusso totale del gas di scarico diluito. Il rapporto di diluizione si determina in base alle concentrazioni di gas traccianti, come CO₂ o NO_x, presenti naturalmente nel gas di scarico del motore. Le concentrazioni nel gas di scarico diluito e nell'aria di diluizione sono misurate, mentre la concentrazione nel gas di scarico grezzo può essere misurata direttamente o determinata in base al flusso di carburante e all'equazione del bilancio del carbonio, se la composizione del carburante è nota. I sistemi possono essere controllati in base al rapporto di diluizione calcolato (figure 13, 14) oppure in base al flusso entrante nel condotto di trasferimento (figure 12, 13 e 14).

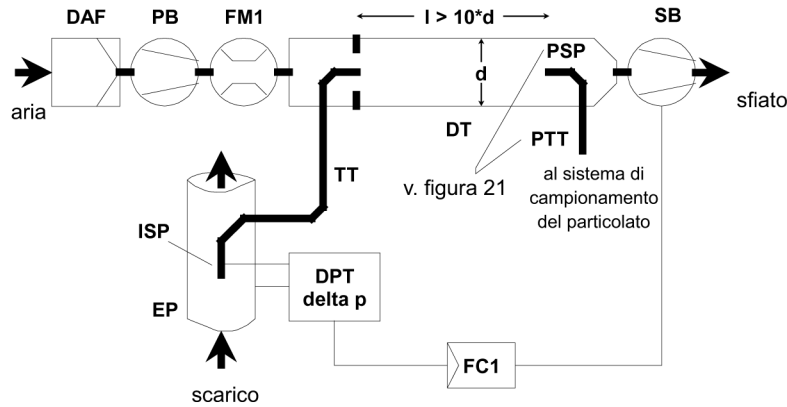
Sistemi a controllo di flusso con misura della portata (figure 18, 19)

Con questi sistemi, si preleva un campione dalla massa della corrente di gas di scarico regolando la portata dell'aria di diluizione e la portata totale del gas di scarico diluito. Il rapporto di diluizione si determina in base alla differenza delle due portate. È necessaria una taratura accurata dei flussometri uno rispetto all'altro perché la grandezza relativa delle due portate può essere causa di errori significativi in presenza di rapporti di diluizione elevati (15 o più). Il controllo della portata si effettua semplicemente mantenendo costante la portata del gas di scarico diluito e variando secondo necessità la portata dell'aria di diluizione.

Quando si usano sistemi di diluizione a flusso parziale, occorre fare attenzione al fine di evitare potenziali problemi di perdita di particolato nel condotto di trasferimento per garantire il prelievo di un campione rappresentativo dal gas di scarico del motore; occorre inoltre porre cura nella determinazione del rapporto di divisione. I sistemi descritti tengono conto di questi punti critici.

Figura 11

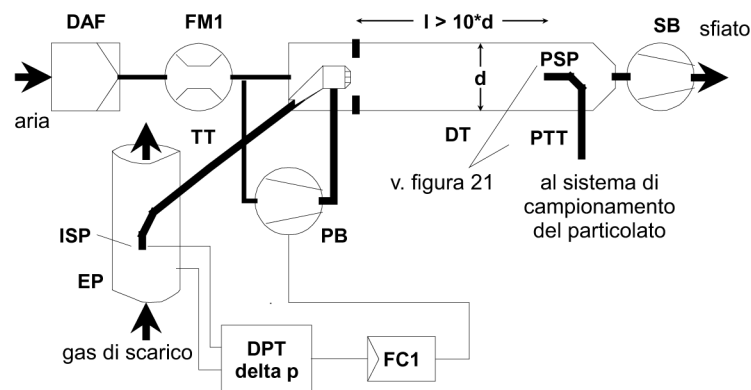
Sistema di diluizione a flusso parziale con sonda isocinetica e campionamento parziale (controllo tramite SB)



Il gas di scarico grezzo viene prelevato con la sonda di campionamento isocinetico ISP e trasferito dal condotto di scarico EP al tunnel di diluizione DT attraverso il condotto di trasferimento TT. La pressione differenziale del gas di scarico tra il condotto di scarico e l'ingresso della sonda viene misurata con il trasduttore di pressione DPT. Questo segnale viene trasmesso al regolatore di flusso FC1 che controlla l'aspiratore dinamico SB in modo da mantenere una pressione differenziale pari a zero all'estremità della sonda. In queste condizioni, le velocità del gas di scarico in EP e ISP sono uguali e la portata attraverso ISP e TT è una parte costante della portata di gas di scarico. Il rapporto di divisione è determinato in base alle aree delle sezioni ortogonali di EP e ISP. La portata dell'aria di diluizione viene misurata con il dispositivo di misura della portata FM1. Il rapporto di diluizione viene calcolato in base alla portata dell'aria di diluizione e al rapporto di divisione.

Figura 12

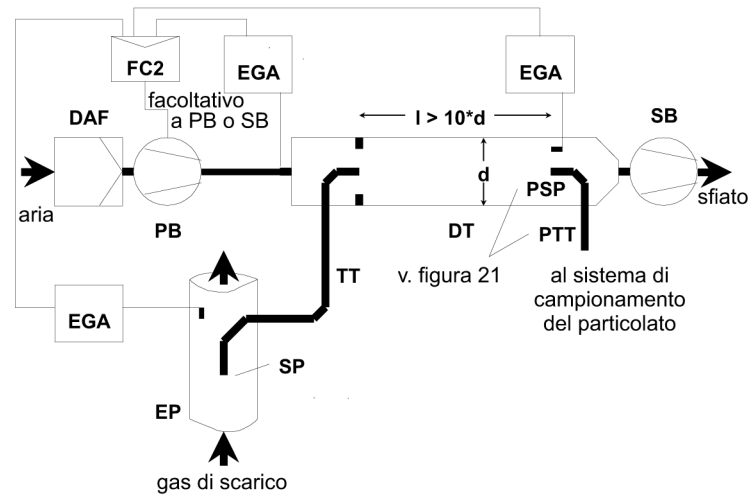
Sistema di diluizione a flusso parziale con sonda isocinetica e campionamento parziale (controllo tramite PB)



Il gas di scarico grezzo viene prelevato con la sonda di campionamento isocinetico ISP e trasferito dal condotto di scarico EP al tunnel di diluizione DT attraverso il condotto di trasferimento TT. La pressione differenziale del gas di scarico tra il condotto di scarico e l'ingresso della sonda viene misurata con il trasduttore di pressione DPT. Questo segnale viene trasmesso al regolatore di flusso FC1 che controlla il compressore dinamico PB per mantenere una pressione differenziale pari a zero all'estremità della sonda. A questo scopo si preleva una piccola parte dell'aria di diluizione, la cui portata è già stata misurata con il dispositivo di misura della portata FM1, e la si invia a TT mediante un orifizio pneumatico. In queste condizioni, le velocità del gas di scarico in EP e ISP sono uguali e la portata attraverso ISP e TT è una parte costante della portata di gas di scarico. Il rapporto di divisione è determinato in base alle aree delle sezioni ortogonali di EP e ISP. L'aria di diluizione viene aspirata attraverso DT mediante l'aspiratore dinamico SB, e la portata viene misurata con FM1 all'ingresso di DT. Il rapporto di diluizione viene calcolato in base alla portata dell'aria di diluizione e al rapporto di divisione.

Figura 13

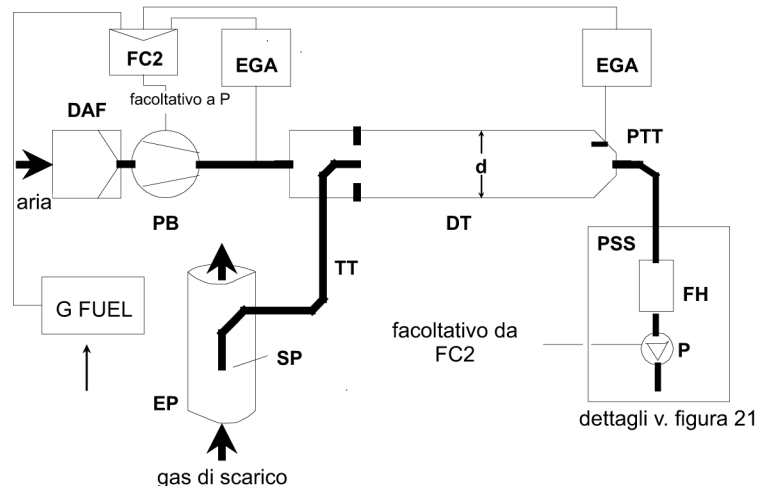
Sistema di diluizione a flusso parziale con misura della concentrazione di CO₂ o NO_x e campionamento parziale



Il gas di scarico grezzo viene trasferito dal condotto di scarico EP al tunnel di diluizione DT facendolo passare attraverso la sonda di campionamento SP e il condotto di trasferimento TT. Le concentrazioni di un gas tracciante (CO₂ o NO_x) vengono misurate nel gas di scarico grezzo, in quello diluito e nell'aria di diluizione con l'analizzatore o gli analizzatori dei gas di scarico EGA. Questi segnali vengono trasmessi al regolatore di flusso FC2 che controlla il compressore dinamico PB o l'aspiratore dinamico SB per mantenere la divisione desiderata del gas di scarico e il rapporto di diluizione in DT. Il rapporto di diluizione viene calcolato in base alle concentrazioni del gas tracciante nel gas di scarico grezzo, nel gas di scarico diluito e nell'aria di diluizione.

Figura 14

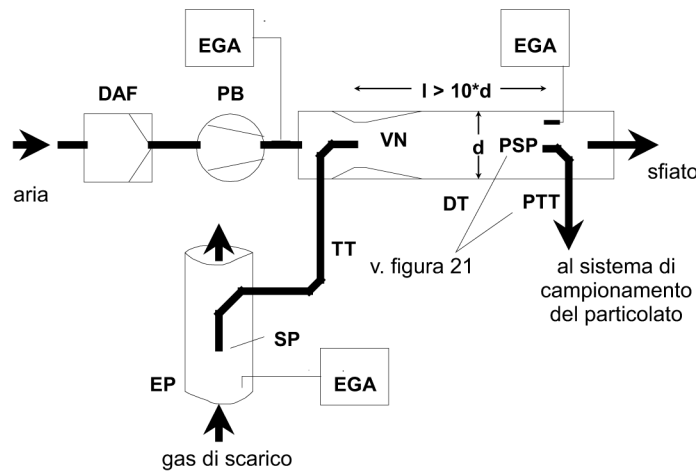
Sistema di diluizione a flusso parziale con misura della concentrazione di CO₂, bilancio del carbonio e campionamento totale



Il gas di scarico grezzo viene trasferito dal condotto di scarico EP al tunnel di diluizione DT facendolo passare attraverso la sonda di campionamento SP e il condotto di trasferimento TT. Le concentrazioni di CO₂ vengono misurate nel gas di scarico diluito e nell'aria di diluizione con l'analizzatore o gli analizzatori dei gas di scarico EGA. I segnali di CO₂ e di portata di carburante G_{FUEL} vengono trasmessi al regolatore di flusso FC2, o al regolatore di flusso FC3 del sistema di campionamento del particolato (v. figura 21). FC2 controlla il compressore dinamico PB, mentre FC3 controlla la pompa del particolato P (v. figura 21), il che permette di regolare i flussi in ingresso e in uscita dal sistema in modo da mantenere la divisione voluta del gas di scarico e il rapporto di diluizione in DT. Il rapporto di diluizione viene calcolato in base alle concentrazioni di CO₂ e a G_{FUEL} assumendo come valido il bilancio del carbonio.

Figura 15

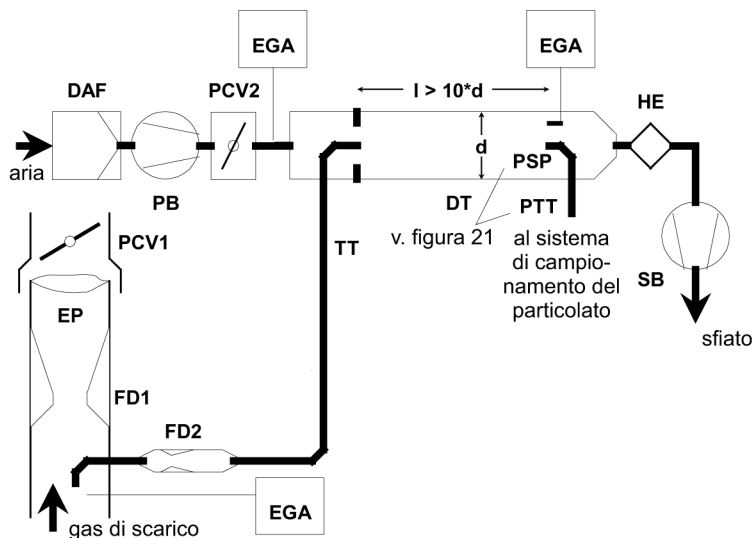
Sistema di diluizione a flusso parziale con tubo Venturi singolo, misura della concentrazione e campionamento parziale



Il gas di scarico grezzo viene trasferito dal condotto di scarico EP al tunnel di diluizione DT facendolo passare attraverso la sonda di campionamento SP e il condotto di trasferimento TT grazie alla pressione negativa creata dal tubo Venturi VN in DT. La portata del gas attraverso TT dipende dallo scambio di quantità di moto nella zona del tubo Venturi ed è pertanto influenzata dalla temperatura assoluta del gas all'uscita di TT. Di conseguenza, la divisione del gas di scarico per una data portata nel tunnel non è costante e il rapporto di diluizione a basso carico è leggermente inferiore a quello a carico elevato. Le concentrazioni del gas tracciante (CO₂ o NO_x) vengono misurate nel gas di scarico grezzo, nel gas di scarico diluito e nell'aria di diluizione con l'analizzatore o gli analizzatori del gas di scarico EGA, e il rapporto di diluizione viene calcolato in base ai valori così misurati.

Figura 16

Sistema di diluizione a flusso parziale con tubi Venturi gemelli od orifizi gemelli, misura della concentrazione e campionamento parziale

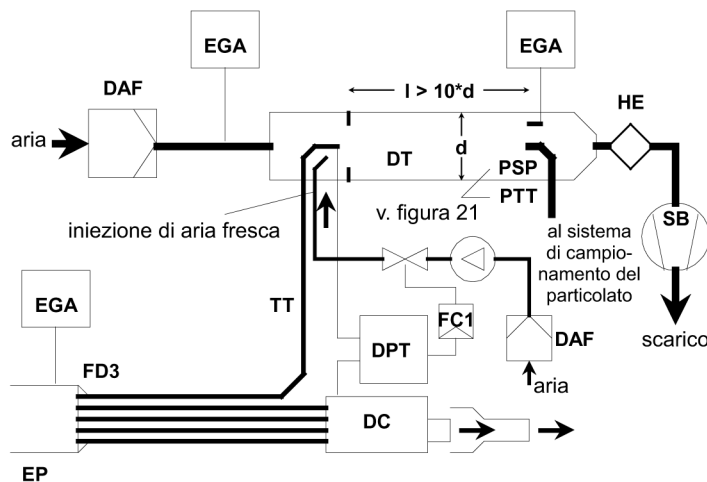


Il gas di scarico grezzo viene trasferito dal condotto di scarico EP al tunnel di diluizione DT facendolo passare attraverso la sonda di campionamento SP e il condotto di trasferimento TT mediante un dividente di flusso che contiene una serie di orifizi o tubi Venturi. Il primo (FD1) è situato in EP, il secondo (FD2) in TT. In aggiunta, occorrono due valvole di controllo della pressione (PCV1 e PCV2) per mantenere una divisione costante del gas di scarico mediante il controllo della contropressione in EP e della pressione in DT. PCV1 è situata a valle di SP in EP, PCV2 è situata tra il compressore dinamico PB e DT. Le concentrazioni del gas tracciante (CO₂ o NO_x) vengono misurate nel gas di scarico grezzo, nel gas di scarico diluito e nell'aria di diluizione con l'analizzatore o gli

analizzatori dei gas di scarico EGA. Queste concentrazioni sono necessarie per il controllo della divisione del gas di scarico e possono essere utilizzate per regolare PCV1 e PCV2 ai fini di un controllo preciso della divisione. Il rapporto di diluizione è calcolato in base alle concentrazioni del gas tracciante.

Figura 17

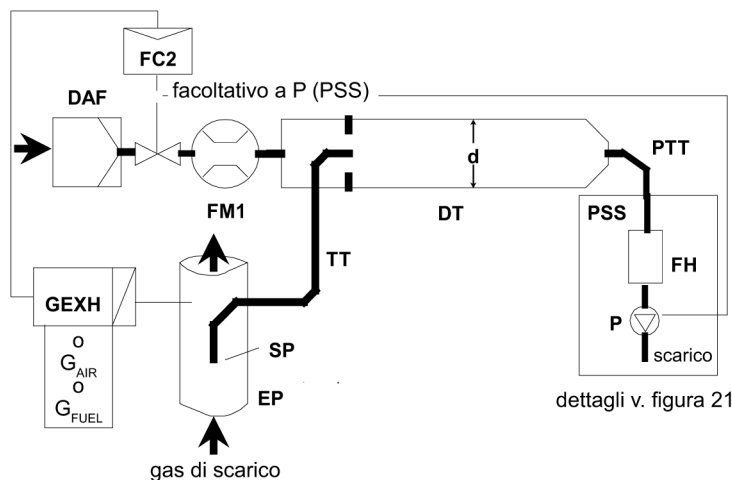
Sistema di diluizione a flusso parziale con divisione a tubi multipli, misura della concentrazione e campionamento parziale



Il gas di scarico grezzo viene trasferito dal condotto di scarico EP al tunnel di diluizione DT facendolo passare attraverso il condotto di trasferimento TT mediante il divisore di flusso FD3 che è costituito da un certo numero di tubi delle stesse dimensioni (diametro, lunghezza e raggio di curvatura uguali) installati in EP. Il gas di scarico che passa attraverso uno di questi tubi viene inviato a DT, e il gas di scarico che passa attraverso il resto dei tubi viene fatto passare attraverso la camera di attenuazione DC. La divisione del gas di scarico è perciò determinata dal numero totale di tubi. Un controllo costante della divisione richiede una pressione differenziale pari a zero tra DC e l'uscita di TT, che viene misurata con il trasduttore di pressione differenziale DPT. Si ottiene una pressione differenziale pari a zero iniettando aria fresca in DT all'uscita di TT. Le concentrazioni del gas tracciante (CO_2 o NO_x) vengono misurate nel gas di scarico grezzo, nel gas di scarico diluito e nell'aria di diluizione con l'analizzatore o gli analizzatori dei gas di scarico EGA. Queste concentrazioni sono necessarie per controllare la divisione del gas di scarico e possono essere utilizzate per regolare la portata dell'aria di iniezione ai fini di un controllo preciso della divisione. Il rapporto di diluizione è calcolato in base alle concentrazioni del gas tracciante.

Figura 18

Sistema di diluizione a flusso parziale con controllo di flusso e campionamento totale

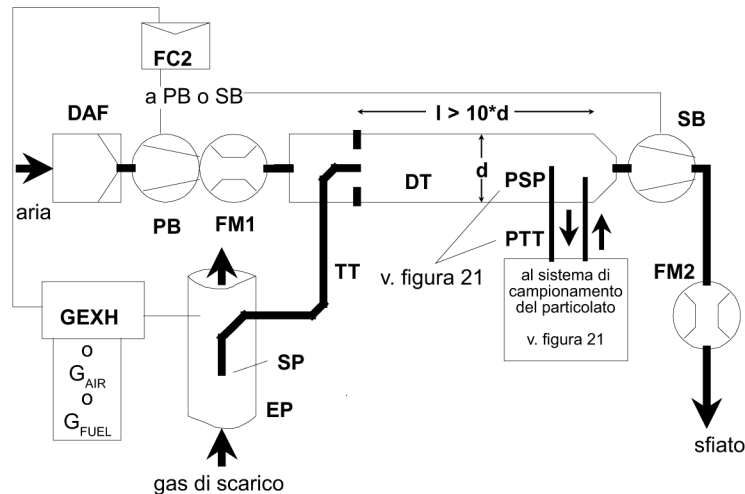


Il gas di scarico grezzo viene trasferito dal condotto di scarico EP al tunnel di diluizione DT facendolo passare attraverso la sonda di campionamento SP e il condotto di trasferimento TT. Il flusso totale attraverso il tunnel viene regolato con il regolatore di flusso FC3 e la pompa di campionamento P del sistema di campionamento del particolato (v. figura 18). Il flusso dell'aria di diluizione viene controllato mediante il regolatore di flusso FC2, che può utilizzare G_{EXHW} , G_{AIRW} o G_{FUEL} come segnali di comando, per ottenere la divisione voluta del gas di scarico. Il

flusso del campione in DT è la differenza tra il flusso totale e il flusso dell'aria di diluizione. La portata dell'aria di diluizione viene misurata con il dispositivo di misura della portata FM1, la portata totale con il dispositivo di misura della portata FM3 del sistema di campionamento del particolato (v. figura 21). Il rapporto di diluizione viene calcolato in base a queste due portate.

Figura 19

Sistema di diluizione a flusso parziale con controllo del flusso e campionamento parziale



Il gas di scarico grezzo viene trasferito dal condotto di scarico EP al tunnel di diluizione DT facendolo passare attraverso la sonda di campionamento SP e il condotto di trasferimento TT. La divisione del gas di scarico e la portata entrante in DT vengono controllate mediante il regolatore di flusso FC2 che regola di conseguenza le portate (o velocità) del compressore dinamico PB e dell'aspiratore dinamico SB. Ciò è possibile perché il campione prelevato con il sistema di campionamento del particolato viene inviato nuovamente in DT. Come segnali di comando per FC2 si possono utilizzare G_{EXHW} , G_{AIRW} o G_{FUEL} . La portata dell'aria di diluizione viene misurata con il dispositivo di misura della portata FM1, la portata totale con il dispositivo di misura della portata FM2. Il rapporto di diluizione viene calcolato in base a queste due portate.

2.2.1. Componenti delle figure da 11 a 19:

EP Condotto di scarico

Il condotto di scarico può essere isolato. Allo scopo di ridurre l'inerzia termica del condotto di scarico, si raccomanda un rapporto spessore/diametro pari o inferiore a 0,015. L'uso di sezioni flessibili deve essere limitato ad un rapporto lunghezza/diametro uguale o inferiore a 12. Le curve devono essere ridotte al minimo per limitare il deposito per inerzia. Se il sistema include un silenziatore del banco di prova, anche il silenziatore può essere isolato.

Per un sistema isocinetico, il condotto di scarico non deve avere gomiti, curve né cambiamenti bruschi di diametro per almeno sei diametri del condotto a monte e 33 diametri del condotto a valle dell'estremità della sonda. La velocità del gas nella zona di campionamento deve essere maggiore di 10 m/s, salvo al minimo. Le oscillazioni di pressione del gas di scarico non devono superare in media ± 500 Pa. Le misure eventualmente attuate per ridurre le oscillazioni di pressione a parte l'utilizzo di un sistema di scarico del tipo a telaio (includente il silenziatore e il dispositivo di post-trattamento) non devono modificare le prestazioni del motore né provocare il deposito di particolato.

Per sistemi senza sonda isocinetica, si raccomanda l'uso di un condotto rettilineo di lunghezza pari a 6 diametri del condotto a monte e 3 diametri del condotto a valle dell'estremità della sonda.

SP: Sonda di campionamento (figure 10, 14, 15, 16, 18, 19)

Il diametro interno minimo deve essere di 4 mm. Il rapporto minimo tra il diametro del condotto di scarico e della sonda deve essere 4. La sonda deve essere un condotto aperto rivolto verso monte sull'asse del condotto di scarico, oppure una sonda a fori multipli come descritto sotto SP1 nel punto 1.2.1, figura 5.

ISP: Sonda di campionamento isocinetico (figure 11 e 12)

La sonda di campionamento isocinetico deve essere installata rivolta verso monte sull'asse del condotto di scarico in un punto in cui sono rispettate le condizioni di flusso indicate per EP, e deve essere progettata in modo da assicurare un campione proporzionale del gas di scarico grezzo. Il diametro interno minimo deve essere di 12 mm.

È necessario un sistema di controllo per realizzare la divisione isocinetica del gas di scarico mantenendo una pressione differenziale pari a zero tra EP e ISP. In queste condizioni, la velocità del gas di scarico in EP e quella in ISP sono identiche e la portata massica attraverso ISP è una parte costante della portata del gas di scarico. ISP deve essere collegata ad un trasduttore di pressione differenziale DPT. Allo scopo di ottenere una pressione differenziale pari a zero tra EP e ISP, si utilizza il regolatore di flusso FC1.

FD1, FD2: Divisore di flusso (figura 16)

Nel condotto di scarico EP e nel condotto di trasferimento TT, rispettivamente, è installata una serie di tubi Venturi o di orifizi attraverso cui si ottiene un campione proporzionale del gas di scarico grezzo. Per la divisione proporzionale mediante il controllo delle pressioni in EP e DT è necessario un sistema di controllo costituito da due valvole di controllo della pressione PCV1 e PCV2.

FD3: Divisore di flusso (figura 17)

Nel condotto di scarico EP è installata una serie di tubi (unità a tubi multipli) attraverso cui si ottiene un campione proporzionale del gas di scarico grezzo. Uno dei tubi introduce il gas di scarico nel tunnel di diluizione DT, mentre gli altri trasferiscono il gas di scarico in una camera di attenuazione DC. I tubi devono avere le stesse dimensioni (diametro, lunghezza e raggio di curvatura uguali) in modo che la divisione del gas di scarico dipenda dal numero totale di tubi. Un sistema di controllo provvede alla divisione proporzionale mantenendo una pressione differenziale pari a zero tra l'uscita dell'unità a tubi multipli in DC e l'uscita di TT. In queste condizioni, la velocità dei gas di scarico in EP e quella in FD3 sono proporzionali e il flusso in TT è una parte costante del flusso di gas di scarico. I due punti devono essere collegati ad un trasduttore di pressione differenziale DPT. La regolazione necessaria per assicurare una pressione differenziale pari a zero è assicurata dal regolatore di flusso FC1.

EGA: Analizzatore di gas di scarico (figure 13, 14, 15, 16, 17)

Si possono utilizzare analizzatori di CO₂ o NO_x (con il metodo del bilancio del carbonio solo analizzatori di CO₂). Gli analizzatori devono essere calibrati come gli analizzatori per la misura delle emissioni gassose. Si possono usare uno o più analizzatori per determinare le differenze di concentrazione. L'accuratezza dei sistemi di misura deve essere tale da consentire di determinare il valore di $G_{EDFW, i}$ con un'approssimazione di ± 4 per cento.

TT: Condotto di trasferimento (figure da 11 a 19)

Il condotto di trasferimento deve:

- a) essere il più breve possibile e comunque lungo non più di 5 m;
- b) avere un diametro uguale o maggiore della sonda, ma non superiore a 25 mm;
- c) avere l'uscita situata sull'asse del tunnel di diluizione ed essere rivolto verso valle.

Se la lunghezza del tubo è di 1 metro o inferiore, il condotto deve essere isolato con materiale avente una conducibilità termica non superiore a 0,05 W/m·K; lo spessore radiale dell'isolamento deve essere pari al diametro della sonda. Se il condotto è lungo più di 1 metro, deve essere isolato e riscaldato ad una temperatura minima di parete di 523 K (250 °C).

DPT: Trasduttore di pressione differenziale (figure 11, 12 e 17)

Il trasduttore di pressione differenziale deve coprire un campo di ± 500 Pa o minore.

FC1: Regolatore di flusso (figure 11, 12 e 17)

Per i sistemi isocinetici (figure 11 e 12), è necessario un regolatore di flusso per mantenere una pressione differenziale pari a zero tra EP e ISP. La regolazione può essere effettuata:

- a) regolando la velocità o la portata nell'aspiratore dinamico SB e mantenendo costante la velocità o la portata nel compressore dinamico PB durante ciascuna modalità (figura 11), oppure

- b) regolando l'aspiratore dinamico SB su una portata massica costante del gas di scarico diluito e regolando la portata nel compressore dinamico PB e quindi il flusso del campione di gas di scarico in una regione all'estremità del condotto di trasferimento TT (figura 12).

Nel caso di un sistema a regolazione di pressione, l'errore residuo nell'anello di regolazione non deve superare ± 3 Pa. Le oscillazioni di pressione nel tunnel di diluizione non devono essere in media superiori a ± 250 Pa.

Per un sistema a tubi multipli (Figura 17), è necessario un regolatore di flusso per realizzare la divisione proporzionale del gas di scarico allo scopo di mantenere una pressione differenziale pari a zero tra l'uscita dell'unità a tubi multipli e l'uscita di TT. La regolazione viene effettuata intervenendo sulla portata nell'aria di iniezione in DT all'uscita di TT.

PCV1, PCV2: Valvola di controllo della pressione (figura 16)

Occorrono due valvole di controllo della pressione per il sistema a tubi Venturi gemelli od orifizi gemelli per ottenere la divisione proporzionale del flusso mediante controllo della contropressione di EP e della pressione in DT. Le valvole devono essere disposte a valle di SP in EP e tra PB e DT.

DC: Camera di attenuazione (figura 17)

Una camera di attenuazione deve essere installata all'uscita dell'unità a tubi multipli per ridurre le oscillazioni di pressione nel condotto di scarico EP.

VN: Tubo Venturi (figura 15)

Nel tunnel di diluizione DT è installato un tubo Venturi per creare una pressione negativa nella regione all'uscita del condotto di trasferimento TT. La portata di gas attraverso TT è determinata dallo scambio di quantità di moto nella zona del tubo Venturi ed è fondamentalmente proporzionale alla portata del compressore dinamico PB che determina un rapporto di diluizione costante. Poiché lo scambio di quantità di moto è influenzato dalla temperatura all'uscita di TT e dalla differenza di pressione tra EP e DT, l'effettivo rapporto di diluizione è leggermente inferiore a basso carico che a carico elevato.

FC2: Regolatore di flusso (figure 13, 14, 18, e 19, facoltativo)

Per regolare il flusso del compressore dinamico PB e/o dell'aspiratore dinamico SB si può usare un regolatore di flusso. Il regolatore può essere collegato ai segnali di portata relativi al gas di scarico, all'aria di aspirazione o al carburante e/o ai segnali differenziali relativi a CO₂ o NO_x. Quando si utilizza una fonte di aria in pressione (figura 18), FC2 regola direttamente il flusso d'aria.

FM1: Dispositivo di misura della portata (figure 11, 12, 18 e 19)

Contatore di gas o altro strumento per la misura della portata dell'aria di diluizione. FM1 è facoltativo se il compressore dinamico PB è tarato per misurare la portata.

FM2: Dispositivo di misura della portata (figura 19)

Contatore di gas o altro strumento per la misura della portata del gas di scarico diluito. FM2 è facoltativo se l'aspiratore dinamico PB è tarato per misurare la portata.

PB: Compressore dinamico (figure 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 19)

Per il controllo della portata d'aria di diluizione, PB può essere collegato ai regolatori di flusso FC1 o FC2. PB non è necessario se si usa una valvola a farfalla. Se è tarato, PB può essere usato per misurare la portata dell'aria di diluizione.

SB: Aspiratore dinamico (figure 11, 12, 13, 16, 17, 19)

Solo per sistemi di campionamento parziale. Se è tarato, SB può essere usato per misurare la portata del gas di scarico diluito.

DAF: Filtro dell'aria di diluizione (figure da 11 a 19)

Si raccomanda di filtrare l'aria di diluizione e di depurarla su carbone vegetale per eliminare gli idrocarburi di fondo. Su richiesta del costruttore del motore, l'aria di diluizione deve essere prelevata conformemente ai principi della buona pratica ingegneristica per determinare i livelli di fondo del particolato, che possono poi essere sottratti dai valori misurati nel gas di scarico diluito.

DT: Tunnel di diluizione (figure da 11 a 19)

Il tunnel di diluizione:

- a) deve essere di lunghezza sufficiente a consentire un miscelamento completo del gas di scarico e dell'aria di diluizione in condizioni di flusso turbolento;
- b) deve essere costruito in acciaio inossidabile con:
 - i) un rapporto tra spessore e diametro non superiore a 0,025 per tunnel con diametro interno maggiore di 75 mm;
 - ii) uno spessore nominale non inferiore a 1,5 mm per tunnel con diametro interno uguale o minore di 75 mm;
- c) deve avere un diametro di almeno 75 mm per il tipo a campionamento parziale;
- d) dovrebbe avere un diametro di almeno 25 mm per il tipo a campionamento totale;
- e) può essere riscaldato ad una temperatura di parete non superiore a 325 K (52 °C) mediante riscaldamento diretto o preriscaldamento dell'aria di diluizione, purché la temperatura dell'aria non superi i 325 K (52 °C) prima dell'introduzione del gas di scarico nel tunnel di diluizione;
- f) può essere isolato.

Il gas di scarico del motore deve essere accuratamente miscelato con l'aria di diluizione. Per sistemi di campionamento parziale, la qualità della miscelazione deve essere controllata dopo l'immissione in servizio mediante la determinazione del profilo delle concentrazioni di CO₂ nel tunnel con il motore in funzione (almeno quattro punti di misura equidistanti). Se necessario, è ammesso l'uso di un orifizio di miscelazione.

Nota: se la temperatura ambiente in prossimità del tunnel di diluizione (DT) è inferiore a 293 K (20 °C), è necessario prendere opportune precauzioni per evitare perdite di particolato sulle pareti fredde del tunnel. Pertanto, si raccomanda di riscaldare e/o isolare il tunnel entro i limiti indicati.

Ad elevati carichi del motore, il tunnel può essere raffreddato con sistemi non aggressivi, come una ventola di circolazione, sempreché la temperatura del fluido di raffreddamento non sia inferiore a 293 K (20 °C).

HE: Scambiatore di calore (figure 16 e 17)

Lo scambiatore di calore deve avere una capacità sufficiente per mantenere la temperatura all'ingresso del ventilatore di aspirazione SB alla temperatura di funzionamento media osservata durante la prova con un'approssimazione di ± 11 K.

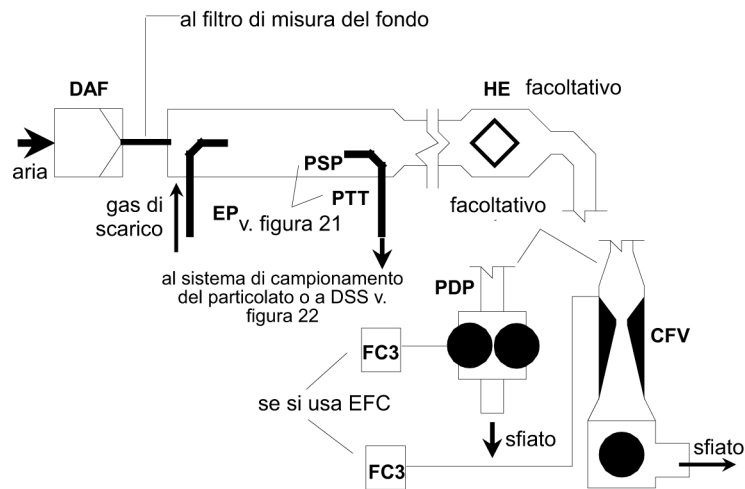
2.3. Sistema di diluizione a flusso totale

In figura 20 è descritto un sistema di diluizione basato sulla diluizione del gas di scarico totale secondo il concetto di CVS (campionamento a volume costante). Con questo tipo di sistema si misura il volume totale della miscela di gas di scarico e aria di diluizione. Si può utilizzare un sistema PDP o un sistema CFV.

Per la successiva raccolta del particolato, si trasferisce un campione del gas di scarico diluito al sistema di campionamento del particolato (punto 2.4, figure 21 e 22). Se l'operazione viene effettuata direttamente, il procedimento è detto di diluizione singola. Se il campione viene nuovamente diluito nel tunnel di diluizione secondaria, il procedimento è detto di doppia diluizione ed è utile quando non è possibile rispettare il requisito di temperatura sulla faccia del filtro con la diluizione singola. Pur essendo almeno in parte un sistema di diluizione, il sistema a doppia diluizione è definito come una modifica del sistema di campionamento del particolato nel punto 2.4, figura 22, perché i suoi elementi sono per la maggior parte gli stessi di un tipico sistema di campionamento del particolato.

Figura 20

Sistema di diluizione a flusso totale



Tutto il gas di scarico grezzo viene miscelato nel tunnel di diluizione DT con l'aria di diluizione. La portata del gas di scarico diluito viene misurata con una pompa volumetrica PDP o con un tubo Venturi a flusso critico CFV. Per il campionamento proporzionale del particolato e per la determinazione del flusso si possono usare uno scambiatore di calore HE o la compensazione elettronica della portata EFC. Poiché la determinazione della massa di particolato è basata sul flusso di gas di scarico diluito totale, non è necessario calcolare il rapporto di diluizione.

2.3.1. Componenti della figura 20:

EP: Condotto di scarico

La lunghezza del condotto di scarico dall'uscita del collettore di scarico del motore, del turbocompressore o del dispositivo di post-trattamento al tunnel di diluizione non deve essere superiore a 10 m. Se il condotto di scarico a valle del collettore di scarico del motore, dell'uscita del turbocompressore o del dispositivo di post-trattamento supera i 4 m di lunghezza, tutta la tubatura eccedente i 4 metri deve essere isolata, tranne l'eventuale misuratore dei fumi in linea. Lo spessore radiale dell'isolamento non deve essere inferiore a 25 mm. La conducibilità termica del materiale isolante deve avere un valore non superiore a 0,1 W/mK misurato a 673 K. Allo scopo di ridurre l'inertanza termica del condotto di scarico, si raccomanda un rapporto spessore/diametro pari o inferiore a 0,015. L'uso di sezioni flessibili deve essere limitato ad un rapporto lunghezza/diametro uguale o inferiore a 12.

PDP: Pompa volumetrica

La PDP misura il flusso totale di gas di scarico diluito in base al numero di giri della pompa e alla sua cilindrata. La contropressione del sistema di scarico non deve essere abbassata artificialmente dalla PDP o dal sistema di immissione dell'aria di diluizione. La contropressione statica allo scarico misurata con il sistema PDP in funzione non deve differire di più di $\pm 1,5$ kPa dalla pressione statica misurata senza collegamento al PDP a pari regime e carico del motore. La temperatura della miscela gassosa immediatamente a monte della PDP deve essere pari alla temperatura media di funzionamento osservata durante la prova, senza compensazione di flusso, ± 6 K. La compensazione di flusso può essere usata solo se la temperatura all'entrata della PDP non supera i 323 K (50 °C)

CFV: Tubo Venturi a flusso critico

Il CFV misura il flusso totale di gas di scarico diluito mantenendo il flusso in condizioni strozzate (flusso critico). La contropressione statica allo scarico misurata con il sistema CFV in funzione non deve differire di più di $\pm 1,5$ kPa dalla pressione statica misurata senza collegamento al CFV a pari regime e carico del motore. La temperatura della miscela gassosa immediatamente a monte del CFV deve essere pari alla temperatura media di funzionamento osservata durante la prova, senza compensazione di flusso, ± 11 K.

HE: Scambiatore di calore (facoltativo se si usa l'EFC)

Lo scambiatore di calore deve avere una capacità sufficiente a mantenere la temperatura entro i limiti sopraindicati.

EFC: Compensazione elettronica della portata (facoltativa se si usa l'HE)

Se la temperatura all'ingresso della PDP o del CFV non viene mantenuta entro i limiti sopraindicati, è necessario utilizzare un sistema di compensazione della portata che consenta la misura in continuo della portata e il controllo del campionamento proporzionale nel sistema per la determinazione del particolato. A questo scopo, si usano i segnali di portata misurati in continuo per correggere la portata del campione che passa attraverso i filtri del particolato del sistema di campionamento dello stesso (v. punto 2.4, figure 21 e 22).

DT: Tunnel di diluizione

Il tunnel di diluizione:

- a) deve essere di diametro sufficientemente piccolo da provocare un flusso turbolento (numero di Reynolds maggiore di 4 000) e di lunghezza sufficiente a produrre una miscelazione completa del gas di scarico con l'aria di diluizione; si può usare un orificio di miscelazione;
- b) deve avere un diametro non inferiore a 460 mm per un sistema a diluizione singola;
- c) deve avere un diametro non inferiore a 210 mm per un sistema a diluizione doppia;
- d) può essere isolato.

I gas di scarico del motore devono essere diretti a valle del punto in cui vengono introdotti nel tunnel di diluizione e accuratamente miscelati.

Quando si utilizza un sistema a diluizione singola, un campione prelevato dal tunnel di diluizione viene trasferito al sistema di campionamento del particolato (punto 2.4, figura 21). La capacità di flusso della PDP o del CFV deve essere sufficiente a mantenere il gas di scarico diluito ad una temperatura inferiore o uguale a 325 K (52 °C) immediatamente a monte del filtro principale del particolato.

Quando si usa un sistema a doppia diluizione, un campione prelevato dal tunnel di diluizione viene trasferito al tunnel di diluizione secondaria dove viene sottoposto a un'ulteriore diluizione e poi fatto passare attraverso i filtri di campionamento (punto 2.4, figura 22). La capacità di flusso della PDP o del CFV deve essere sufficiente a mantenere i gas di scarico diluiti nel DT ad una temperatura inferiore o uguale a 464 K (191 °C) in corrispondenza della zona di campionamento. Il sistema di diluizione secondaria deve assicurare una quantità di aria di diluizione secondaria sufficiente a mantenere la corrente di gas di scarico sottoposto a doppia diluizione ad una temperatura inferiore o uguale a 325 K (52 °C) immediatamente a monte del filtro principale del particolato.

DAF: Filtro dell'aria di diluizione

Si raccomanda di filtrare l'aria di diluizione e di depurarla su carbone vegetale per eliminare gli idrocarburi di fondo. Su richiesta del costruttore del motore, l'aria di diluizione deve essere prelevata in base ai principi della buona pratica ingegneristica per determinare i livelli di fondo del particolato, che possono poi essere sottratti dai valori misurati nel gas di scarico diluito.

PSP: Sonda di campionamento del particolato

La sonda è la sezione iniziale di PTT e:

- a) deve essere installata rivolta verso monte in un punto in cui l'aria di diluizione e i gas di scarico sono ben miscelati, cioè sull'asse del tunnel di diluizione (DT), approssimativamente 10 diametri del tunnel a valle del punto in cui il gas di scarico entra nel tunnel di diluizione;
- b) deve avere un diametro interno non inferiore a 12 mm;
- c) può essere riscaldata ad una temperatura di parete non superiore a 325 K (52 °C) mediante riscaldamento diretto o preriscaldamento dell'aria di diluizione, purché la temperatura dell'aria non superi i 325 K (52 °C) prima dell'introduzione del gas di scarico nel tunnel di diluizione;
- d) può essere isolata.

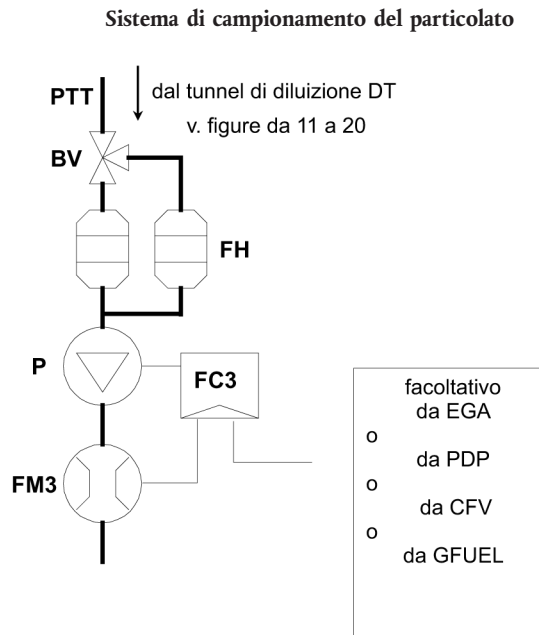
2.4. Sistema di campionamento del particolato

Il sistema di campionamento del particolato è necessario per raccogliere il particolato sul filtro del particolato. Se si utilizza la diluizione a flusso parziale con campionamento totale, che consiste nel far passare l'intero campione di gas di scarico diluito attraverso i filtri, il sistema di diluizione (punto 2.2, figure 14 e 18) e quello di campionamento formano di norma un'unità integrata. Se si utilizza la diluizione a flusso totale o a flusso parziale con campionamento parziale, che consiste nel far passare attraverso i filtri solo una parte del gas di scarico diluito, il sistema di diluizione (punto 2.2, figure 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19; punto 2.3, figura 20) e quello di campionamento costituiscono di norma unità distinte.

Nel presente regolamento, il sistema di doppia diluizione (figura 22) di un sistema di diluizione a flusso totale è considerato una modifica specifica di un sistema di campionamento del particolato tipico quale illustrato nella figura 21. Il sistema di doppia diluizione include tutte le parti importanti del sistema di campionamento del particolato, come portafiltri e pompa di campionamento.

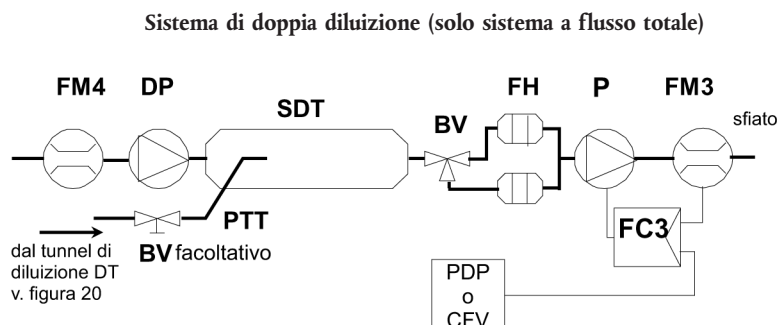
Allo scopo di evitare qualsiasi impatto sugli anelli di regolazione, si raccomanda di tenere in funzione la pompa di campionamento durante l'intera procedura di prova. Per il metodo a filtro singolo, si deve utilizzare un sistema di bypass per far passare il campione attraverso i filtri di campionamento nei momenti desiderati. L'interferenza causata dalla procedura di commutazione sugli anelli di regolazione deve essere ridotta al minimo.

Figura 21



Un campione del gas di scarico diluito viene prelevato dal tunnel di diluizione DT di un sistema di diluizione a flusso parziale o a flusso totale facendolo passare attraverso la sonda di campionamento del particolato PSP e il condotto di trasferimento del particolato PTT mediante la pompa di campionamento P. Il campione viene fatto passare attraverso il portafiltri o i portafiltri FH contenenti i filtri di campionamento del particolato. La portata del campione viene regolata mediante il regolatore di flusso FC3. Se si usa la compensazione elettronica di portata EFC (v. figura 20) il flusso di gas di scarico diluito è utilizzato come segnale di comando per FC3.

Figura 22



Un campione del gas di scarico diluito viene trasferito dal tunnel di diluizione DT di un sistema di diluizione a flusso totale facendolo passare attraverso la sonda di campionamento del particolato PSP e il condotto di trasferimento del particolato PTT al tunnel di diluizione secondaria SDT, dove è sottoposto a un'ulteriore diluizione. Il campione viene poi fatto passare attraverso il portafiltri o i portafiltri FH che contengono i filtri di campionamento del particolato. La portata dell'aria di diluizione in genere è costante, mentre la portata del campione viene regolata mediante il regolatore di flusso FC3. Se si usa la compensazione elettronica di portata EFC (v. figura 20) il flusso totale di gas di scarico diluito è utilizzato come segnale di comando per FC3.

2.4.1. Componenti delle figure 21 e 22:

PTT: Condotto di trasferimento del particolato (figure 21 e 22)

Il condotto di trasferimento del particolato deve essere il più breve possibile e avere una lunghezza non superiore a 1 020 mm. Come indicato più avanti (per i sistemi di campionamento parziale con diluizione a flusso parziale e per i sistemi di diluizione a flusso totale), si deve tenere conto della lunghezza delle sonde di campionamento (SP, ISP, PSP, rispettivamente, v. punti 2.2 e 2.3).

Le dimensioni indicate si intendono:

- a) per il tipo a campionamento parziale con diluizione a flusso parziale e per il sistema di diluizione singola a flusso totale: dall'estremità della sonda (SP, ISP, PSP, rispettivamente) al portafiltri;
- b) per il tipo a campionamento totale con diluizione a flusso parziale: dalla fine del tunnel di diluizione al portafiltri;
- c) per il sistema di doppia diluizione a flusso totale: dall'estremità della sonda (PSP) al tunnel di diluizione secondaria.

Il condotto di trasferimento:

- a) può essere riscaldato ad una temperatura di parete non superiore a 325K (52 °C) mediante riscaldamento diretto o preriscaldamento dell'aria di diluizione, purché la temperatura dell'aria non superi i 325 K (52 °C) prima dell'introduzione del gas di scarico nel tunnel di diluizione;
- b) può essere isolato.

SDT: Tunnel di diluizione secondaria (figura 22)

Il tunnel di diluizione secondaria deve avere un diametro non inferiore a 75 mm e una lunghezza sufficiente ad assicurare un tempo di residenza pari ad almeno 0,25 secondi per il campione sottoposto a doppia diluizione. Il portafiltri principale, FH, deve essere disposto entro 300 mm dall'uscita di SDT.

Il tunnel di diluizione secondaria:

- a) può essere riscaldato ad una temperatura di parete non superiore a 325 K (52 °C) mediante riscaldamento diretto o preriscaldamento dell'aria di diluizione, purché la temperatura dell'aria non superi i 325 K (52 °C) prima dell'introduzione del gas di scarico nel tunnel di diluizione;
- b) può essere isolato.

FH: Portafiltri (figure 21 e 22)

Il portafiltri deve essere conforme alle prescrizioni del punto 4.1.3 dell'appendice 4 del presente allegato.

Il portafiltri:

- a) può essere riscaldato ad una temperatura di parete non superiore a 325 K (52 °C) mediante riscaldamento diretto o preriscaldamento dell'aria di diluizione, purché la temperatura dell'aria non superi i 325 K (52 °C) prima dell'introduzione del gas di scarico nel tunnel di diluizione;
- b) può essere isolato.

P: Pompa di campionamento (figure 21 e 22)

La pompa di campionamento del particolato deve essere posta ad una distanza sufficiente dal tunnel perché la temperatura del gas all'ingresso sia mantenuta costante (± 3 K), salvo si applichi la correzione di portata mediante FC3.

DP: Pompa dell'aria di diluizione (figura 22)

La pompa dell'aria di diluizione deve essere posizionata in modo tale che l'aria di diluizione secondaria abbia una temperatura di $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$ ($25 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$), se non è preriscaldata.

FC3: Regolatore di flusso (figure 21 e 22)

Per compensare le variazioni di portata del campione di particolato dovute alle variazioni di temperatura e di contropressione nel percorso del campione, si deve usare un regolatore di flusso, se non sono disponibili altri sistemi. Il regolatore di flusso è necessario se si applica la compensazione elettronica di portata EFC (v. figura 20).

FM3: Dispositivo di misura della portata (figure 21 e 22)

Il contatore di gas o lo strumento per la misura della portata del campione deve essere posizionato a distanza sufficiente dalla pompa P del campione perché la temperatura del gas all'ingresso rimanga costante (± 3 K), salvo si applichi la correzione di portata mediante FC3.

FM4: Dispositivo di misura della portata (figura 22)

Il contatore di gas o lo strumento per la misura della portata dell'aria di diluizione deve essere posizionato in modo che la temperatura del gas all'ingresso rimanga a $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$ ($25 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$).

BV: Valvola a sfera (facoltativa)

La valvola a sfera deve avere un diametro interno non inferiore al diametro interno del condotto di trasferimento del particolato PTT, e un tempo di commutazione inferiore a 0,5 secondi.

Nota: se la temperatura ambiente in prossimità di PSP, PTT, SDT e FH è inferiore a 293 K (20 °C), è necessario prendere opportune precauzioni per evitare perdite di particolato sulle pareti fredde di questi componenti. Pertanto, si raccomanda di riscaldare e/o isolare questi componenti nei limiti indicati nelle rispettive descrizioni. Si raccomanda anche di mantenere la temperatura della faccia del filtro durante il campionamento ad un livello non inferiore a 293 K (20 °C).

Ad elevati carichi del motore, i componenti sopraindicati possono essere raffreddati con sistemi non aggressivi, come una ventola di circolazione, sempreché la temperatura del fluido di raffreddamento non sia inferiore a 293 K (20 °C).

3. DETERMINAZIONE DEL FUMO

3.1. Introduzione

I punti 3.2 e 3.3 e le figure 23 e 24 contengono la descrizione dettagliata dei sistemi opacimetrici raccomandati. Poiché varie configurazioni possono fornire risultati equivalenti, non è richiesta una stretta conformità a queste figure. Per ricavare informazioni aggiuntive e coordinare le funzioni dei sistemi componenti è ammesso l'uso di componenti addizionali come strumenti, valvole, solenoidi, pompe ed interruttori. Altri componenti che non sono necessari per mantenere l'accuratezza su alcuni sistemi possono essere omissi se la loro omissione è basata su criteri di buona valutazione ingegneristica.

La misura si effettua trasmettendo un fascio di luce su una determinata lunghezza attraverso il fumo da misurare e usando la proporzione della luce incidente che raggiunge un ricevitore per valutare le proprietà di oscuramento della luce del fumo. La misurazione del fumo dipende dalle caratteristiche progettuali dell'apparecchio e può essere eseguita nel condotto di scarico (opacimetro a flusso totale in linea), all'estremità del condotto di scarico (opacimetro a flusso totale a fine linea), oppure prelevando un campione dal condotto di scarico (opacimetro a flusso parziale). Per la determinazione del coefficiente di assorbimento della luce in base al segnale di opacità, la lunghezza del cammino ottico dello strumento deve essere indicata dal costruttore dello strumento stesso.

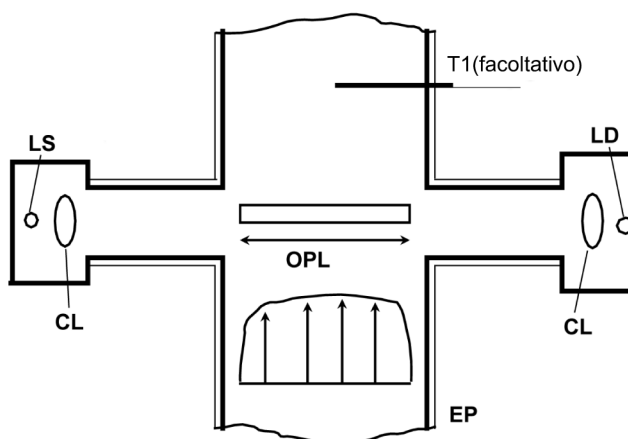
3.2. Opacimetro a flusso totale

Si possono usare due tipi di opacimetro genericamente definibili a flusso totale (figura 23). Con l'opacimetro in linea, si misura l'opacità del flusso di gas di scarico totale nel condotto di scarico. In questo tipo di opacimetro, la lunghezza efficace del cammino ottico dipende dalle caratteristiche progettuali dell'opacimetro.

Con l'opacimetro a fine linea, si misura l'opacità dell'intero pennacchio di gas di scarico all'uscita del condotto di scarico. In questo tipo di opacimetro, la lunghezza efficace del cammino ottico dipende dalle caratteristiche progettuali del condotto di scarico e della distanza tra la sua estremità e l'opacimetro.

Figura 23

Opacimetro a flusso totale



3.2.1. Componenti della figura 23:

EP: Condotto di scarico

Con un opacimetro in linea non vi devono essere variazioni del diametro del condotto di scarico nel tratto corrispondente a tre diametri del condotto di scarico a monte o a valle della zona di misura. Se il diametro della zona di misura è maggiore del diametro del condotto di scarico, si raccomanda di incorporare nel condotto un tratto gradualmente convergente a monte della zona di misura.

Con un opacimetro a fine linea, l'ultimo tratto di 0,6 m del condotto di scarico deve avere sezione trasversale circolare ed essere privo di gomiti o curve. L'estremità del condotto di scarico deve essere tagliata ortogonalmente. L'opacimetro deve essere montato sull'asse centrale del pennacchio ad una distanza di 25 ± 5 mm dall'estremità del condotto di scarico.

OPL: Lunghezza del cammino ottico

Lunghezza del cammino ottico oscurato dal fumo tra la sorgente di luce dell'opacimetro e il ricevitore, corretta tenendo conto di disuniformità dovute a gradienti di densità e effetto frangia. La lunghezza del cammino ottico deve essere indicata dal costruttore dello strumento tenendo conto di eventuali misure contro il deposito di particelle carboniose (per esempio aria di spurgo). Se la lunghezza del cammino ottico non è nota, deve essere determinata secondo la norma ISO 11614, punto 11.6.5. Per una corretta determinazione della lunghezza del cammino ottico è necessaria una velocità minima del gas di scarico di 20 m/s.

LS: Sorgente di luce

La sorgente di luce deve essere una lampada a incandescenza con temperatura di colore compresa tra 2 800 e 3 250 K o un diodo fotoemittitore (LED) verde con picco spettrale compreso tra 550 e 570 nm. La sorgente di luce deve essere protetta contro il deposito di particelle carboniose mediante mezzi che non influiscano sulla lunghezza del cammino ottico in misura superiore alle specifiche del costruttore.

LD: Rivelatore di luce

Il rivelatore deve essere una fotocellula o un fotodiode (con filtro se necessario). Nel caso di una sorgente di luce a incandescenza, il ricevitore deve avere una risposta spettrale di picco simile alla curva fotopica dell'occhio umano (risposta massima) nel campo da 550 a 570 nm, con una deviazione minore del 4 per cento di tale risposta massima al di sotto di 430 nm e al di sopra di 680 nm. Il rivelatore di luce deve essere protetto contro il deposito di particelle carboniose con sistemi che non influiscano sulla lunghezza del cammino ottico in misura superiore alle specifiche del costruttore.

CL: Lente di collimazione

La luce emessa deve essere collimata in un fascio di diametro massimo di 30 mm. I raggi del fascio luminoso devono essere paralleli all'asse ottico con una tolleranza di 3°.

T1: Sensore di temperatura (facoltativo)

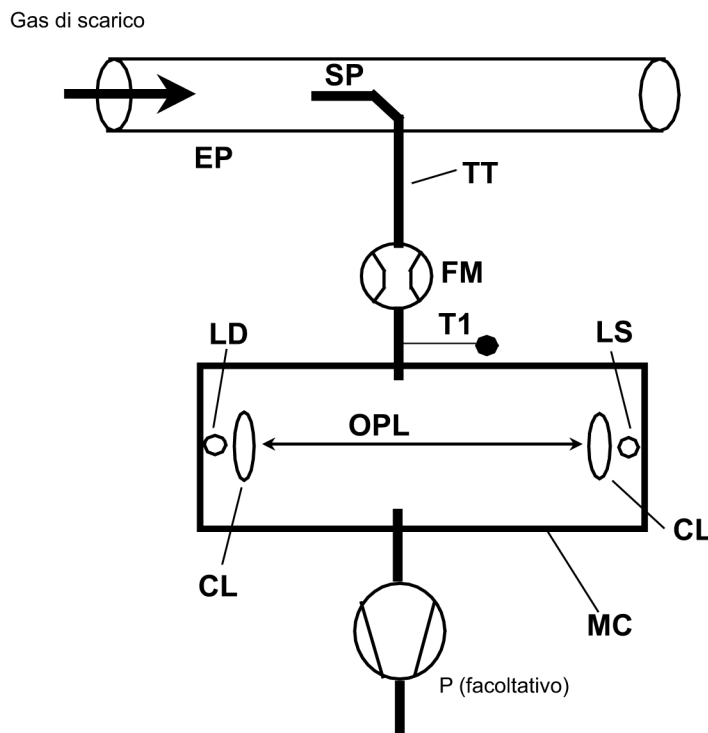
Durante la prova può essere controllata la temperatura del gas di scarico.

3.3. Opacimetro a flusso parziale

Con l'opacimetro a flusso parziale (figura 24), si preleva un campione di gas di scarico rappresentativo dal condotto di scarico e attraverso una linea di trasferimento lo si invia nella camera di misura. Con questo tipo di opacimetro, la lunghezza efficace del cammino ottico dipende dalle caratteristiche progettuali dell'opacimetro. I tempi di risposta indicati nel punto seguente valgono per la portata minima dell'opacimetro specificata dal costruttore dello strumento.

Figura 24

Opacimetro a flusso parziale



3.3.1. Componenti della figura 24:

EP: Condotto di scarico

Il condotto di scarico deve essere un tubo rettilineo che si estende almeno 6 diametri del condotto a monte e 3 diametri del condotto a valle dell'estremità della sonda.

SP: Sonda di campionamento

La sonda di campionamento deve essere un tubo aperto rivolto verso monte sull'asse o approssimativamente sull'asse del condotto di scarico. La distanza dalla parete del condotto di scarico deve essere di almeno 5 mm. Il diametro della sonda deve essere tale da garantire un campionamento rappresentativo e un flusso sufficiente attraverso l'opacimetro.

TT: Condotto di trasferimento

Il condotto di trasferimento:

- a) deve essere il più breve possibile e garantire una temperatura del gas di scarico di 373 ± 30 K ($100 \text{ }^\circ\text{C} \pm 30 \text{ }^\circ\text{C}$) all'ingresso della camera di misura;
- b) deve avere una temperatura di parete sufficientemente elevata rispetto alla temperatura di rugiada del gas di scarico da evitare la formazione di condensa;
- c) deve avere lo stesso diametro della sonda di campionamento su tutta la lunghezza;
- d) deve avere un tempo di risposta minore di 0,05 s al flusso minimo attraverso lo strumento determinato secondo il punto 5.2.4 dell'appendice 4 del presente allegato;
- e) non deve avere effetti significativi sul picco di fumo.

FM: Dispositivo di misura della portata

Strumento utilizzato per rilevare quando il flusso entrante nella camera di misura è corretto. Le portate minima e massima devono essere specificate dal costruttore dello strumento ed essere tali da rispettare le prescrizioni riguardanti il tempo di risposta di TT e le specifiche relative alla lunghezza del cammino ottico. Il dispositivo di misura della portata può essere adiacente alla pompa di campionamento P, se usata.

MC: Camera di misura

La camera di misura deve avere una superficie interna non riflettente, o un ambiente ottico equivalente. L'incidenza della luce diffusa sul rivelatore dovuta a riflessioni interne o effetti di diffusione deve essere ridotta al minimo.

La pressione del gas nella camera di misura non deve differire più di 0,75 kPa dalla pressione atmosferica. Ove ciò non sia possibile per le caratteristiche di progetto, il valore indicato dall'opacimetro deve essere ricalcolato a pressione atmosferica.

La temperatura di parete della camera di misura deve essere regolata con una precisione di ± 5 K tra 343 K ($70 \text{ }^\circ\text{C}$) e 373 K ($100 \text{ }^\circ\text{C}$), e in ogni caso a una temperatura sufficientemente elevata rispetto alla temperatura di rugiada del gas di scarico da evitare la formazione di condensa. La camera di misura deve essere dotata di opportuni dispositivi per la misura della temperatura.

OPL: Lunghezza del cammino ottico

Lunghezza del cammino ottico oscurato dal fumo tra la sorgente di luce dell'opacimetro e il ricevitore, corretta tenendo conto di disuniformità dovute a gradienti di densità e effetto frangia. La lunghezza del cammino ottico deve essere indicata dal costruttore dello strumento tenendo conto di eventuali misure contro il deposito di particelle carboniose (per esempio aria di spurgo). Se la lunghezza del cammino ottico non è nota, deve essere determinata secondo la norma ISO 11614, punto 11.6.5.

LS: Sorgente di luce

La sorgente di luce deve essere una lampada a incandescenza con temperatura di colore compresa tra 2 800 e 3 250 K o un diodo fotoemittitore (LED) verde con picco spettrale compreso tra 550 e 570 nm. La sorgente di luce deve essere protetta contro il deposito di particelle carboniose con sistemi che non influiscano sulla lunghezza del cammino ottico in misura superiore alle specifiche del costruttore.

LD: Rivelatore di luce

Il rivelatore deve essere una fotocellula o un fotodiode (con filtro se necessario). Nel caso di una sorgente di luce a incandescenza, il ricevitore deve avere una risposta spettrale di picco simile alla curva fototopica dell'occhio umano (risposta massima) nel campo da 550 a 570 nm, con una deviazione minore del 4 per cento di tale risposta massima al di sotto di 430 nm e al di sopra di 680 nm. Il rivelatore di luce deve essere protetto contro il deposito di particelle carboniose con sistemi che non influiscano sulla lunghezza del cammino ottico in misura superiore alle specifiche del costruttore.

CL: Lente di collimazione

La luce emessa deve essere collimata in un fascio di diametro massimo di 30 mm. I raggi del fascio luminoso devono essere paralleli all'asse ottico con una tolleranza di 3°.

T1: Sensore di temperatura

Per il monitoraggio della temperatura del gas di scarico all'ingresso della camera di misura.

P: Pompa di campionamento (facoltativa)

Si può usare una pompa di campionamento a valle della camera di misura per trasferire il gas campione attraverso la camera di misura.

ALLEGATO 4B

Procedimento di prova per i motori ad accensione spontanea e i motori ad accensione comandata alimentati con gas naturale (GN) o gas di petrolio liquefatto (GPL) basato sul procedimento mondiale armonizzato di omologazione dei veicoli e motori pesanti [WHDC, regolamento tecnico mondiale (RTM) n. 4]

1. APPLICABILITÀ

Per il momento, il presente allegato non è applicabile ai fini dell'omologazione a norma del presente regolamento; lo sarà in futuro.

2. Riservato ⁽¹⁾.

3. DEFINIZIONI, SIMBOLI E ABBREVIAZIONI

3.1. **Definizioni**

Ai fini del presente regolamento si intende per:

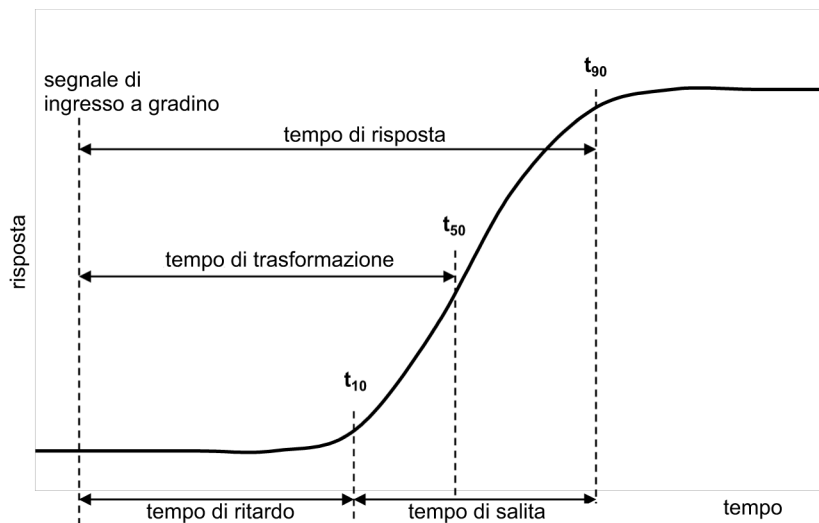
- 3.1.1. «rigenerazione continua» il processo di rigenerazione di un sistema di post-trattamento del gas di scarico che si effettua in permanenza oppure almeno un volta per ogni prova WHTC con avviamento a caldo. Questo tipo di processo non richiede un procedimento di prova speciale;
- 3.1.2. «tempo di ritardo» il tempo che intercorre tra la variazione del componente da misurare al punto di riferimento e il raggiungimento di una risposta del sistema equivalente al 10 per cento del valore finale indicato (t_{10}), definendo come punto di riferimento la sonda di campionamento. Per i componenti gassosi, equivale al tempo di trasporto del componente da misurare dalla sonda di campionamento al rivelatore, definendo come punto di riferimento la sonda di campionamento;
- 3.1.3. «sistema deNO_x» un sistema di post-trattamento del gas di scarico concepito per ridurre le emissioni di ossidi di azoto (NO_x) [ad es. catalizzatori passivi e attivi per NO_x con funzionamento in magro, adsorbitori di NO_x e sistemi di riduzione catalitica selettiva (SCR)];
- 3.1.4. «motore diesel» un motore che funziona secondo il principio dell'accensione spontanea;
- 3.1.5. «famiglia di motori» un raggruppamento, operato dal costruttore, comprendente sistemi motore che, in base alle caratteristiche di progettazione di cui al punto 5.2 del presente allegato, hanno caratteristiche di emissioni di scarico simili; tutti i componenti della famiglia devono essere conformi ai valori limite di emissione applicabili;
- 3.1.6. «sistema motore» il motore, il sistema di controllo delle emissioni e l'interfaccia di comunicazione (hardware e messaggi) tra le unità elettroniche di controllo (ECU) del sistema motore e qualsiasi altra unità di controllo del gruppo motopropulsore o del veicolo;
- 3.1.7. «tipo di motore» una categoria di motori che non differiscono per quanto riguarda caratteristiche essenziali del motore;
- 3.1.8. «sistema di post-trattamento del gas di scarico» un catalizzatore (di ossidazione o a tre vie), filtro antiparticolato, sistema deNO_x, sistema combinato deNO_x-filtro antiparticolato o qualsiasi altro dispositivo di riduzione delle emissioni montato a valle del motore. Questa definizione esclude il sistema di ricircolo dei gas di scarico (EGR) che se installato è considerato parte integrante del motore;
- 3.1.9. «metodo di diluizione a flusso totale» il processo di miscelazione del flusso totale di gas di scarico con aria di diluizione prima della separazione di una parte della corrente di gas di scarico diluito per l'analisi;
- 3.1.10. «motore a gas» un motore alimentato con gas naturale (GN) o gas di petrolio liquefatto (GPL);
- 3.1.11. «inquinanti gassosi» monossido di carbonio, idrocarburi e/o idrocarburi non metanici (assumendo un rapporto CH pari a 1,85 per il carburante diesel, 2,525 per il GPL e 2,93 per il GN, e per la molecola CH₃O un rapporto pari a 0,5 per i motori diesel alimentati a etanolo), metano (assumendo un rapporto CH pari a 4 per il GN) e ossidi di azoto, questi ultimi espressi in biossido di azoto (NO₂) equivalente;

⁽¹⁾ La numerazione del presente allegato rispecchia quella dell'RTM WHDC; tuttavia, alcune parti dell'RTM WHDC non sono necessarie in questo allegato.

- 3.1.12. «alto regime (n_{hi})» il più alto regime di rotazione del motore al quale si ottiene il 70 per cento della potenza massima dichiarata;
- 3.1.13. «basso regime (n_{lo})» il più basso regime di rotazione del motore al quale si ottiene il 55 per cento della potenza massima dichiarata;
- 3.1.14. «potenza massima (P_{max})» la potenza massima in kW indicata dal costruttore;
- 3.1.15. «regime di coppia massima» il regime al quale si ottiene la coppia massima del motore indicata dal costruttore;
- 3.1.16. «motore capostipite» un motore scelto all'interno della famiglia di motori in modo che le sue caratteristiche di emissione siano rappresentative di tale famiglia;
- 3.1.17. «dispositivo di post-trattamento del particolato» un sistema di post-trattamento del gas di scarico che riduce le emissioni inquinanti di particolato (PM) mediante separazione meccanica, aerodinamica, per diffusione o per inerzia;
- 3.1.18. «metodo di diluizione a flusso parziale» il processo di separazione di una parte del flusso totale di gas di scarico e di successiva miscelazione con una quantità opportuna di aria di diluizione a monte del filtro di campionamento del particolato;
- 3.1.19. «particolato (PM)» qualsiasi materiale raccolto su un materiale filtrante specificato dopo diluizione del gas di scarico con aria pulita filtrata a una temperatura compresa fra 315 K (42 °C) e 325 K (52 °C), misurata in un punto immediatamente a monte del filtro; è costituito principalmente da carbonio, idrocarburi condensati e solfati con acqua;
- 3.1.20. «carico percentuale» la frazione della coppia massima disponibile ad un dato regime del motore;
- 3.1.21. «rigenerazione periodica» il processo di rigenerazione di un dispositivo di controllo delle emissioni che si innesca periodicamente dopo meno di cento ore di normale funzionamento del motore. Durante i cicli di rigenerazione è possibile il superamento dei limiti di emissione;
- 3.1.22. «ciclo di prova stazionario con rampe di transizione» un ciclo di prova che comporta una sequenza di modalità di prova del motore in condizioni stazionarie con criteri di regime e coppia definiti per ciascuna modalità e rampe prestabilite di transizione tra le varie modalità (WHSC);
- 3.1.23. «regime nominale» il regime massimo a pieno carico consentito dal regolatore e indicato dal costruttore nella documentazione commerciale e di manutenzione, ovvero, se non è presente il regolatore, il regime al quale si ottiene la potenza massima del motore, indicato dal costruttore nella documentazione commerciale e di manutenzione;
- 3.1.24. «tempo di risposta» il tempo che intercorre tra la variazione del componente da misurare al punto di riferimento e il raggiungimento di una risposta del sistema equivalente al 90 per cento del valore finale indicato (t_{90}), definendo come punto di riferimento la sonda di campionamento, dove la variazione del componente misurato corrisponde ad almeno il 60 per cento del fondo scala (FS) e si produce in meno di 0,1 secondi. Il tempo di risposta del sistema è costituito dal tempo di ritardo del sistema e dal tempo di salita del sistema;
- 3.1.25. «tempo di salita» il tempo impiegato per il passaggio dal 10 per cento al 90 per cento del valore finale indicato ($t_{90}-t_{10}$);
- 3.1.26. «emissioni specifiche» le emissioni massiche espresse in g/kWh;
- 3.1.27. «ciclo di prova» una sequenza di punti di prova aventi ciascuno un regime e una coppia definite da far seguire al motore in condizioni operative stazionarie (prova WHSC) o transitorie (prova WHTC);
- 3.1.28. «tempo di trasformazione» il tempo che intercorre tra la variazione del componente da misurare al punto di riferimento e il raggiungimento di una risposta del sistema equivalente al 50 per cento del valore finale indicato (t_{50}), definendo come punto di riferimento la sonda di campionamento. Il tempo di trasformazione è utilizzato per l'allineamento dei segnali di diversi strumenti di misura;
- 3.1.29. «ciclo di prova transitorio» un ciclo di prova con una sequenza di valori di regime e coppia normalizzati che variano in modo relativamente rapido nel tempo (WHTC);
- 3.1.30. «vita utile» la percorrenza e/o il tempo per cui deve essere assicurata la conformità ai limiti di emissione di gas e particolato applicabili.

Figura 1

Definizioni relative alla risposta del sistema



3.2.

Simboli generali

Simbolo	Unità	Definizione
A/F_{st}	—	Rapporto stechiometrico aria/carburante
c	ppm/percentuale vol	Concentrazione
c_d	ppm/percentuale vol	Concentrazione su secco
c_w	ppm/percentuale vol	Concentrazione su umido
c_b	ppm/percentuale vol	Concentrazione di fondo
C_d	—	Coefficiente di efflusso dell'SSV
d	m	Diametro
d_V	m	Diametro di gola del tubo Venturi
D_0	m^3/s	Intercetta della taratura della PDP
D	—	Fattore di diluizione
Δt	s	Intervallo di tempo
e_{gas}	g/kWh	Emissione specifica di componenti gassosi
e_{PM}	g/kWh	Emissione specifica di particolato
e_p	g/kWh	Emissione specifica durante la rigenerazione
e_w	g/kWh	Emissione specifica ponderata
E_{CO_2}	percentuale	Estinzione causata dal CO_2 nell'analizzatore di NO_x
E_E	percentuale	Efficienza riferita all'etano
E_{H_2O}	percentuale	Estinzione causata dall'acqua nell'analizzatore di NO_x
E_M	percentuale	Efficienza riferita al metano
E_{NO_x}	percentuale	Efficienza del convertitore di NO_x
f	Hz	Frequenza di campionamento dei dati
f_a	—	Fattore atmosferico del laboratorio
F_s	—	Fattore stechiometrico
H_a	g/kg	Umidità assoluta dell'aria di aspirazione
H_d	g/kg	Umidità assoluta dell'aria di diluizione
i	—	Pedice indicante una misurazione istantanea (ad es. 1 Hz)
k_f	—	Fattore specifico per il carburante
$k_{h,D}$	—	Fattore di correzione del valore di NO_x in funzione dell'umidità per motori ad accensione spontanea

Simbolo	Unità	Definizione
$k_{h,G}$	—	Fattore di correzione del valore di NO_x in funzione dell'umidità per motori ad accensione comandata
k_r	—	Fattore di rigenerazione
$k_{w,a}$	—	Fattore di correzione da secco a umido per l'aria di aspirazione
$k_{w,d}$	—	Fattore di correzione da secco a umido per l'aria di diluizione
$k_{w,e}$	—	Fattore di correzione da secco a umido per il gas di scarico diluito
$k_{w,r}$	—	Fattore di correzione da secco a umido per il gas di scarico grezzo
K_V	—	Funzione di taratura del CFV
λ	—	Rapporto di eccesso d'aria
m_d	kg	Massa del campione di aria di diluizione passata attraverso i filtri di campionamento del particolato
m_{ed}	kg	Massa totale del gas di scarico diluito nell'arco del ciclo
m_{edf}	kg	Massa del gas di scarico diluito equivalente nell'arco del ciclo di prova
m_{ew}	kg	Massa totale del gas di scarico nell'arco del ciclo
m_f	mg	Massa del campione di particolato raccolto
$m_{f,d}$	mg	Massa del campione di particolato raccolto nell'aria di diluizione
m_{gas}	g	Massa delle emissioni gassose nell'arco del ciclo di prova
m_{PM}	g	Massa delle emissioni di particolato nell'arco del ciclo di prova
m_{se}	kg	Massa del campione di gas di scarico nell'arco del ciclo di prova
m_{sed}	kg	Massa del gas di scarico diluito che passa attraverso il tunnel di diluizione
m_{sep}	kg	Massa del gas di scarico diluito che passa attraverso i filtri di raccolta del particolato
m_{ssd}	kg	Massa dell'aria di diluizione secondaria
M_a	g/mol	Massa molare dell'aria di aspirazione
M_e	g/mol	Massa molare del gas di scarico
M_{gas}	g/mol	Massa molare dei componenti gassosi
n	—	Numero di misurazioni
n_r	—	Numero di misurazioni durante la rigenerazione
n	min ⁻¹	Regime di rotazione del motore
n_{hi}	min ⁻¹	Regime alto del motore
n_{lo}	min ⁻¹	Regime basso del motore
n_{pref}	min ⁻¹	Regime preferito del motore
n_p	r/s	Regime della pompa PDP
p_a	kPa	Pressione di vapore di saturazione dell'aria di aspirazione del motore
p_b	kPa	Pressione atmosferica totale
p_d	kPa	Pressione di vapore di saturazione dell'aria di diluizione
p_p	kPa	Pressione assoluta
p_r	kPa	Pressione del vapore acqueo dopo il bagno di raffreddamento
p_s	kPa	Pressione atmosferica a secco
q_{mad}	kg/s	Portata massica di aria di aspirazione su secco
q_{maw}	kg/s	Portata massica di aria di aspirazione su umido
q_{mCe}	kg/s	Portata massica di carbonio nel gas di scarico grezzo
q_{mCf}	kg/s	Portata massica di carbonio in ingresso nel motore
q_{mCp}	kg/s	Portata massica di carbonio nel sistema di diluizione a flusso parziale
q_{mdew}	kg/s	Portata massica di gas di scarico diluito su umido
q_{mdw}	kg/s	Portata massica di aria di diluizione su umido
q_{medf}	kg/s	Portata massica di gas di scarico diluito equivalente su umido
q_{mew}	kg/s	Portata massica di gas di scarico su umido
q_{mex}	kg/s	Portata massica di campione estratto dal tunnel di diluizione
q_{mf}	kg/s	Portata massica di carburante

Simbolo	Unità	Definizione
q_{mp}	kg/s	Flusso del campione di gas di scarico in ingresso nel sistema di diluizione a flusso parziale
q_{vCVS}	m ³ /s	Portata volumica del CVS
q_{vs}	dm ³ /min	Portata del sistema dell'analizzatore di gas di scarico
q_{vt}	cm ³ /min	Portata del gas tracciante
r_d	—	Rapporto di diluizione
r_D	—	Rapporto tra diametri dell'SSV
r_h	—	Fattore di risposta agli idrocarburi del FID
r_m	—	Fattore di risposta al metanolo del FID
r_p	—	Rapporto tra pressioni dell'SSV
r_s	—	Rapporto medio di campionamento
ρ	kg/m ³	Densità
ρ_e	kg/m ³	Densità del gas di scarico
σ	—	Deviazione standard
T	K	Temperatura assoluta
T_a	K	Temperatura assoluta dell'aria di aspirazione
t	s	Tempo
t_{10}	s	Intervallo di tempo tra un segnale di ingresso a gradino e il 10 per cento valore finale indicato
t_{50}	s	Intervallo di tempo tra un segnale di ingresso a gradino e il 50 per cento valore finale indicato
t_{90}	s	Intervallo di tempo tra un segnale di ingresso a gradino e il 90 per cento valore finale indicato
u	—	Rapporto tra la densità del componente del gas e la densità del gas di scarico
V_0	m ³ /r	Volume di gas pompato per giro dalla PDP
V_s	dm ³	Volume del sistema del banco di analisi
W_{eff}	kWh	Lavoro prodotto nel ciclo effettivo per il ciclo di prova
W_{rif}	kWh	Lavoro prodotto nel ciclo di riferimento per il ciclo di prova
X_0	m ³ /r	Funzione di taratura della PDP

3.3. Simboli e abbreviazioni relativi alla composizione del carburante

w_{ALF}	tenore di idrogeno nel carburante, percentuale in massa
w_{BET}	tenore di carbonio nel carburante, percentuale in massa
w_{GAM}	tenore di zolfo nel carburante, percentuale in massa
w_{DEL}	tenore di azoto nel carburante, percentuale in massa
w_{EPS}	tenore di ossigeno nel carburante, percentuale in massa
α	rapporto molare dell'idrogeno (H/C)
γ	rapporto molare dello zolfo (S/C)
δ	rapporto molare dell'azoto (N/C)
ε	rapporto molare dell'ossigeno (O/C)

riferiti a un carburante $CH_aO_\varepsilon N_\delta S_\gamma$

3.4. Simboli e abbreviazioni relativi ai componenti chimici

C1	Idrocarburo carbonio 1 equivalente
CH ₄	Metano
C ₂ H ₆	Etano
C ₃ H ₈	Propano
CO	Monossido di carbonio
CO ₂	Biossido di carbonio
DOP	Diottilftalato
HC	Idrocarburi
H ₂ O	Acqua
NHMC	Idrocarburi non metanici
NO _x	Ossidi di azoto
NO	Ossido nitrico

NO ₂	Biossido di azoto
PM	Particolato

3.5. **Abbreviazioni**

CFV	Tubo Venturi a flusso critico
CLD	Rivelatore a chemiluminescenza
CVS	Campionamento a volume costante
deNO _x	Sistema di post-trattamento degli NO _x
EGR	Ricircolo dei gas di scarico
FID	Rivelatore a ionizzazione di fiamma
GC	Gasromatografo
HCLD	Rivelatore a chemiluminescenza riscaldato
HFID	Rivelatore a ionizzazione di fiamma riscaldato
LPG	Gas di petrolio liquefatto
NDIR	Analizzatore a infrarossi non dispersivo
NG	Gas naturale
NMC	Dispositivo di eliminazione (cutter) degli idrocarburi non metanici
PDP	Pompa volumetrica
%	FS Percentuale rispetto al fondo scala
PFS	Sistema a flusso parziale
SSV	Tubo Venturi subsonico
VGT	Turbina a geometria variabile

4. **PRESCRIZIONI GENERALI**

Il sistema motore deve essere progettato, costruito e montato in modo che, in condizioni di impiego normali, il motore sia conforme alle prescrizioni del presente allegato durante la sua vita utile, definita nel presente regolamento.

5. **PRESCRIZIONI RELATIVE ALLE PRESTAZIONI**

5.1. **Emissione di inquinanti gassosi e di particolato**

Le emissioni di inquinanti gassosi e di particolato prodotte dal motore devono essere determinate con i cicli di prova WHTC e WHSC descritti al punto 7. I sistemi di misura devono rispettare i requisiti di linearità del punto 9.2, nonché le prescrizioni dei punti 9.3 (misurazione delle emissioni gassose) e 9.4 (misurazione del particolato) e dell'appendice 3 del presente allegato.

L'autorità di omologazione può approvare altri sistemi o analizzatori se constata che questi danno risultati equivalenti conformemente al punto 5.1.1.

5.1.1. **Equivalenza**

La determinazione dell'equivalenza dei sistemi si effettua sulla base di uno studio di correlazione tra il sistema in considerazione e uno dei sistemi del presente allegato; lo studio si esegue su almeno 7 coppie di campioni.

Con il termine «risultati» si intende il valore ponderato di emissione per il ciclo specifico. Le prove di verifica della correlazione devono essere eseguite presso lo stesso laboratorio, con la stessa cella di prova, sullo stesso motore e di preferenza in parallelo. L'equivalenza delle medie delle coppie di campioni è determinata mediante i dati statistici delle prove *F* e *t*, come descritto nell'appendice 4 del presente regolamento, ottenuti con le condizioni di laboratorio, la cella di prova e il motore descritti sopra. I valori fuori linea devono essere determinati conformemente alla norma ISO 5725 ed esclusi dalla base di dati. I sistemi da utilizzare per le prove di correlazione sono soggetti all'approvazione dell'autorità di omologazione.

5.2. **Famiglia di motori**

5.2.1. **Prescrizioni generali**

Una famiglia di motori è caratterizzata da parametri di progettazione comuni a tutti i motori della famiglia. I costruttori di motori possono decidere quali motori appartengano a una famiglia di motori, purché siano rispettati i criteri di appartenenza elencati nel punto 5.2.3. La famiglia di motori deve essere approvata dall'autorità di omologazione. Il costruttore deve fornire all'autorità di omologazione i dati appropriati riguardanti i livelli di emissioni dei componenti della famiglia di motori.

5.2.2. Casi particolari

In alcuni casi si possono avere interazioni fra i parametri. Affinché nella stessa famiglia di motori siano inclusi solo motori con caratteristiche di emissione allo scarico simili, occorre tenere conto anche di queste interazioni. Questi casi devono essere individuati dal costruttore e notificati all'autorità di omologazione e di essi occorre tener conto come criterio per la creazione di una nuova famiglia di motori.

I dispositivi o elementi non elencati al punto 5.2.3 ma tali da incidere notevolmente sul livello di emissioni devono essere individuati dal costruttore in base a criteri di buona pratica ingegneristica e notificati all'autorità di omologazione e di essi occorre tener conto come criterio per la creazione di una nuova famiglia di motori.

Oltre ai parametri di cui al punto 5.2.3, il costruttore può introdurre altri criteri che permettano la definizione di famiglie di dimensioni più limitate. Tali criteri non sono necessariamente costituiti da parametri che incidono sul livello di emissioni.

5.2.3. Parametri che definiscono la famiglia di motori

5.2.3.1. Ciclo di combustione:

- a) ciclo a 2 tempi
- b) ciclo a 4 tempi
- c) motore rotativo
- d) altro

5.2.3.2. Configurazione dei cilindri

5.2.3.2.1. Posizione dei cilindri nel blocco cilindri

- a) a V
- b) in linea
- c) stellare
- d) altro (a F, a W, ecc.)

5.2.3.2.2. Posizione relativa dei cilindri

I motori con lo stesso blocco possono appartenere alla stessa famiglia a condizione che l'interasse dei cilindri sia lo stesso.

5.2.3.3. Fluido di raffreddamento principale

- a) aria
- b) acqua
- c) olio

5.2.3.4. Cilindrata unitaria

5.2.3.4.1. Motori con cilindrata unitaria $\geq 0,75 \text{ dm}^3$

Affinché motori con cilindrata unitaria $\geq 0,75 \text{ dm}^3$ siano considerati appartenenti alla stessa famiglia di motori, la differenza tra le relative cilindrature unitarie non deve essere superiore al 15 per cento della cilindrata unitaria massima della famiglia.

5.2.3.4.2. Motori con cilindrata unitaria < 0,75 dm³

Affinché motori con cilindrata unitaria < 0,75 dm³ siano considerati appartenenti alla stessa famiglia di motori, la differenza tra le relative cilindrature unitarie non deve essere superiore al 30 per cento della cilindrata unitaria massima della famiglia.

5.2.3.4.3. Motore con altri limiti legati alla cilindrata unitaria

I motori con cilindrata unitaria rispettivamente superiore e inferiore ai limiti definiti ai punti 5.2.3.4.1 e 5.2.3.4.2 possono essere considerati appartenenti alla stessa famiglia di motori purché vi sia l'approvazione dell'autorità di omologazione. L'approvazione deve fondarsi su elementi tecnici (calcoli, simulazioni, risultati di prova ecc.) che indichino che il superamento dei limiti non incide in maniera significativa sulle emissioni allo scarico.

5.2.3.5. Metodo di aspirazione dell'aria

- a) aspirazione naturale
- b) con sovralimentazione
- c) con sovralimentazione e dispositivo di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione

5.2.3.6. Tipo di carburante

- a) diesel
- b) gas naturale (GN)
- c) gas di petrolio liquefatto (GPL)
- d) etanolo

5.2.3.7. Tipo di camera di combustione

- a) camera aperta
- b) camera divisa
- c) altri tipi

5.2.3.8. Tipo di accensione

- a) accensione comandata
- b) accensione spontanea

5.2.3.9. Valvole e luci

- a) configurazione
- b) numero di valvole per cilindro

5.2.3.10. Tipo di alimentazione del carburante

- a) tipo di alimentazione del carburante liquido
 - i) pompa e condotto (ad alta pressione) e iniettore
 - ii) pompa in linea o pompa distributore
 - iii) pompa unitaria o iniettore unitario
 - iv) common rail

- v) carburatore
- vi) altro
- b) tipo di alimentazione del carburante gassoso
 - i) gassoso
 - ii) liquido
 - iii) unità di miscelazione
 - iv) altro
- c) altri tipi

5.2.3.11. Dispositivi vari

- a) ricircolo dei gas di scarico (EGR)
- b) iniezione d'acqua
- c) iniezione d'aria
- d) altro

5.2.3.12. Strategia di controllo elettronico

La presenza o l'assenza di un'unità elettronica di controllo (ECU) è considerata un parametro fondamentale della famiglia.

Nel caso di motori a controllo elettronico, il costruttore presenta gli elementi tecnici che giustificano il raggruppamento di tali motori nella stessa famiglia, vale a dire i motivi in base a cui è lecito ritenere che tali motori rispettino gli stessi requisiti relativi alle emissioni. Detti elementi possono essere calcoli, simulazioni, stime, descrizione dei parametri di iniezione, risultati di prova ecc.

Sono esempi di elementi controllati:

- a) fasatura
- b) pressione di iniezione
- c) iniezioni multiple
- d) pressione di sovralimentazione
- e) VGT
- f) EGR

5.2.3.13. Sistemi di post-trattamento del gas di scarico

La presenza dei seguenti dispositivi, singolarmente o in combinazione, è considerata un criterio per l'appartenenza di un motore a una famiglia:

- a) catalizzatore di ossidazione
- b) catalizzatore a tre vie
- c) sistema deNO_x con riduzione selettiva degli NO_x (aggiunta di agente riducente)
- d) altri sistemi deNO_x
- e) trappola per particolato a rigenerazione passiva
- f) trappola per particolato a rigenerazione attiva

- g) altre trappole per particolato
- h) altri dispositivi

Se un motore è stato omologato senza sistema di post-trattamento come motore capostipite o come componente della famiglia, lo stesso motore, una volta equipaggiato di catalizzatore di ossidazione, può essere inserito nella stessa famiglia di motori purché non richieda l'uso di un carburante con caratteristiche diverse.

Se il motore richiede l'uso di un carburante con caratteristiche specifiche (ad esempio se è dotato di una trappola per particolato che richiede la presenza di speciali additivi nel carburante per effettuare la rigenerazione), la decisione di inserirlo nella stessa famiglia deve fondarsi sugli elementi tecnici forniti dal costruttore. Tali elementi devono indicare che il livello di emissioni previsto del motore equipaggiato corrisponde al valore limite relativo al motore non equipaggiato.

Se un motore è stato omologato con un sistema di post-trattamento come motore capostipite o come componente di una famiglia il cui motore capostipite è equipaggiato con lo stesso sistema di post-trattamento, lo stesso motore non munito di sistema di post-trattamento non può essere inserito nella stessa famiglia di motori.

5.2.4. Scelta del motore capostipite

5.2.4.1. Motori ad accensione spontanea

Una volta che la famiglia di motori è stata approvata dall'autorità di omologazione, il motore capostipite della famiglia deve essere scelto in base al criterio principale della quantità massima di carburante erogata per ogni corsa al regime dichiarato di coppia massima. Nel caso in cui due o più motori condividano questo criterio principale, il motore capostipite deve essere scelto in base al criterio secondario della quantità massima di carburante erogata per ogni corsa al regime nominale.

5.2.4.2. Motori ad accensione comandata

Una volta che la famiglia di motori è stata approvata dall'autorità di omologazione, il motore capostipite della famiglia deve essere scelto in base al criterio principale della massima cilindrata. Nel caso in cui due o più motori condividano questo criterio principale, il motore capostipite deve essere scelto utilizzando i criteri secondari nel seguente ordine di priorità:

- a) quantità più elevata di carburante erogata per ogni corsa al regime di potenza nominale dichiarato;
- b) fasatura di accensione più avanzata;
- c) livello più basso di EGR.

5.2.4.3. Note sulla scelta del motore capostipite

L'autorità di omologazione può ritenere che il caso peggiore per quanto riguarda il livello delle emissioni di una famiglia possa essere caratterizzato meglio sottoponendo a prova ulteriori motori. In questo caso, il costruttore del motore deve presentare le informazioni del caso per stabilire quali motori della famiglia hanno presumibilmente il livello di emissioni più elevato.

Se la famiglia comprende motori che presentano altre caratteristiche che probabilmente incidono sulle emissioni allo scarico, anche queste caratteristiche devono essere identificate e considerate nella scelta del motore capostipite.

Se la famiglia comprende motori che presentano gli stessi valori di emissioni per periodi di vita utile diversi, occorre tenerne conto nella scelta del motore capostipite.

6. CONDIZIONI DI PROVA

6.1. Condizioni di prova in laboratorio

Si misurano la temperatura assoluta (T_a) espressa in Kelvin dell'aria di aspirazione all'entrata del motore e la pressione atmosferica riferita al secco (p_s) espressa in kPa, e si determina il parametro f_a nel modo seguente. In motori multicilindrici con gruppi di collettori di aspirazione distinti, come nel caso dei motori a «V», è ammessa la misurazione della temperatura media dei gruppi distinti. Il parametro f_a deve essere riportato con i risultati di prova. Per una miglior ripetibilità e riproducibilità dei risultati di prova, si raccomanda che il parametro f_a sia tale che: $0,93 \leq f_a \leq 1,07$.

- a) Motori ad accensione spontanea:

motori ad aspirazione naturale e con sovralimentatore meccanico:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right) \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0,7} \quad (1)$$

motori turbocompressi, con o senza raffreddamento dell'aria aspirata:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{0,7} \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{1,5} \quad (2)$$

- b) motori ad accensione comandata:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{1,2} \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0,6} \quad (3)$$

6.2. Motori con raffreddamento dell'aria di sovralimentazione

Si registra la temperatura dell'aria di alimentazione che, al regime nominale e a pieno carico, deve coincidere con un'approssimazione di ± 5 K con la temperatura massima dell'aria di alimentazione specificata dal costruttore. La temperatura del fluido di raffreddamento non deve essere minore di 293 K (20 °C).

Se si usa un impianto di condizionamento dell'aria di alimentazione proprio del laboratorio o un ventilatore esterno, la temperatura dell'aria di alimentazione, al regime nominale e a pieno carico, deve essere regolata in modo da coincidere con un'approssimazione di ± 5 K con la temperatura massima dell'aria di sovralimentazione specificata dal costruttore. La temperatura del refrigerante e la portata del refrigerante del dispositivo di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione alla regolazione suddetta non devono essere modificate per tutta la durata del ciclo di prova, tranne nel caso in cui esse determinino un raffreddamento eccessivo e non rappresentativo dell'aria di sovralimentazione. Il volume del dispositivo di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione si basa sulla buona pratica ingegneristica ed è rappresentativo dell'installazione del motore nelle condizioni di impiego.

6.3. Potenza del motore

La base per la misurazione delle emissioni specifiche è la potenza non corretta, definita nel regolamento ECE n. 85.

Per lo svolgimento della prova occorre eliminare gli eventuali dispositivi ausiliari montati sul motore che risultano necessari solo per il funzionamento del veicolo. Il seguente elenco, non tassativo, è dato a titolo di esempio:

- a) compressore d'aria per i freni
- b) compressore del servosterzo
- c) compressore del condizionatore d'aria
- d) pompe per attuatori idraulici.

Se tali dispositivi ausiliari non vengono smontati, si calcola la potenza che assorbono per poter regolare i determinare i valori da impostare e calcolare il lavoro prodotto dal motore nell'arco del ciclo di prova.

6.4. Sistema di aspirazione aria del motore

Si utilizza un sistema di aspirazione aria del motore o un sistema del laboratorio di prova che presenti una restrizione dell'aspirazione d'aria coincidente con un'approssimazione di ± 300 Pa con il valore massimo specificato dal costruttore per un depuratore per aria pulita al regime nominale e a pieno carico.

6.5. Sistema di scarico del motore

Si utilizza un sistema di scarico del motore o un sistema del laboratorio di prova che presenti una contropressione allo scarico coincidente con un'approssimazione di ± 650 Pa con il valore massimo specificato dal costruttore al regime nominale e a pieno carico. Il sistema di scarico deve essere conforme alle prescrizioni sul campionamento dei gas di scarico di cui ai punti 8.3.2.2 e 8.3.3.2.

6.6. Motore con sistema di post-trattamento del gas di scarico

Se il motore è provvisto di sistema di post-trattamento del gas di scarico, il condotto di scarico deve avere il diametro utilizzato nelle condizioni di impiego per una lunghezza pari ad almeno 4 diametri del condotto a monte dell'inizio della sezione di espansione che contiene il dispositivo post-trattamento. La distanza dalla flangia del collettore di scarico o dall'uscita del turbocompressore al dispositivo di post-trattamento del gas di scarico deve essere uguale a quella utilizzata nella configurazione del veicolo o compresa entro i limiti indicati dal costruttore. La restrizione o contropressione allo scarico deve rispettare gli stessi criteri di cui sopra e può essere regolata con una valvola. Il contenitore del dispositivo di post-trattamento può essere rimosso durante le prove preparatorie e la mappatura del motore e sostituito con un contenitore equivalente avente un supporto catalizzatore inattivo.

Le emissioni misurate nel ciclo di prova devono essere rappresentative delle emissioni in condizioni reali di utilizzo. Nel caso di un motore dotato di un sistema di post-trattamento del gas di scarico che richiede il consumo di un reagente, il reagente usato per tutte le prove deve essere dichiarato dal costruttore.

Per i motori muniti di sistema di post-trattamento del gas di scarico a rigenerazione periodica (v. punto 6.6.2), i risultati delle emissioni devono essere aggiustati per tener conto delle rigenerazioni. In questo caso, l'emissione media dipende dalla frequenza dell'evento di rigenerazione, espressa come frazione delle prove in cui si produce la rigenerazione.

Per i sistemi di post-trattamento a rigenerazione continua di cui al punto 6.6.1 non è necessaria una procedura di prova particolare.

6.6.1. Rigenerazione continua

Per i sistemi di post-trattamento del gas di scarico basati su un processo di rigenerazione continua, le emissioni si misurano in un sistema di post-trattamento stabilizzato in modo da produrre un comportamento di emissione ripetibile.

Il processo di rigenerazione si deve verificare almeno una volta durante la prova WHTC e il costruttore deve dichiarare le condizioni normali in cui avviene la rigenerazione (carico di particolato carbonioso, temperatura, contropressione allo scarico, ecc.).

Per dimostrare che il processo di rigenerazione è continuo, devono essere effettuate almeno tre prove con avviamento a caldo. Durante le prove si devono registrare le temperature e le pressioni allo scarico (temperatura a monte e a valle del sistema di post-trattamento, contropressione allo scarico, ecc.).

Il sistema di post-trattamento è considerato conforme se le condizioni dichiarate dal costruttore si verificano nel corso della prova per un periodo sufficiente e i risultati delle emissioni non mostrano una dispersione superiore al ± 15 per cento.

Se il sistema di post-trattamento del gas di scarico prevede una modalità di sicurezza che passa alla modalità di rigenerazione periodica, esso deve essere controllato conformemente al punto 6.6.2. In questo caso specifico, i limiti di emissione applicabili possono essere superati e non devono essere ponderati.

6.6.2. Rigenerazione periodica

Per i sistemi di post-trattamento del gas di scarico basato su un processo di rigenerazione periodica, le emissioni si misurano in almeno tre prove WHTC, una mentre è in corso e due mentre non è in corso un evento di rigenerazione, su un sistema di post-trattamento stabilizzato, e si ponderano i risultati.

Il processo di rigenerazione deve verificarsi almeno una volta durante la prova WHTC. Il motore può essere dotato di un interruttore capace di impedire o consentire il processo di rigenerazione, a condizione che tale operazione non abbia alcun effetto sulla taratura originale del motore.

Il costruttore dichiara le condizioni normali in cui avviene il processo di rigenerazione (carico di particolato carbonioso, temperatura, contropressione allo scarico, ecc.) e la durata dello stesso in base al numero di cicli (n_r). Il costruttore fornisce inoltre tutti i dati necessari per determinare il numero di cicli tra due rigenerazioni (n). L'esatta procedura di determinazione di tale periodo deve essere approvata dall'autorità di omologazione in base a criteri di buona pratica ingegneristica.

Il costruttore fornisce un sistema di post-trattamento con un carico tale da determinare l'innescio della rigenerazione durante la prova WHTC. La rigenerazione non deve verificarsi durante la fase di condizionamento del motore.

Le emissioni medie tra fasi di rigenerazione si determinano in base alla media aritmetica di diverse prove WHTC con avviamento a caldo approssimativamente equidistanti. Almeno una prova WHTC deve essere effettuata quanto meno tempo possibile prima della prova di rigenerazione e una prova WHTC deve essere effettuata subito dopo la prova di rigenerazione. In alternativa il costruttore può fornire dati che dimostrano che le emissioni rimangono costanti (± 15 per cento) nel periodo tra le fasi di rigenerazione. In tal caso possono essere utilizzate le emissioni di una sola prova WHTC.

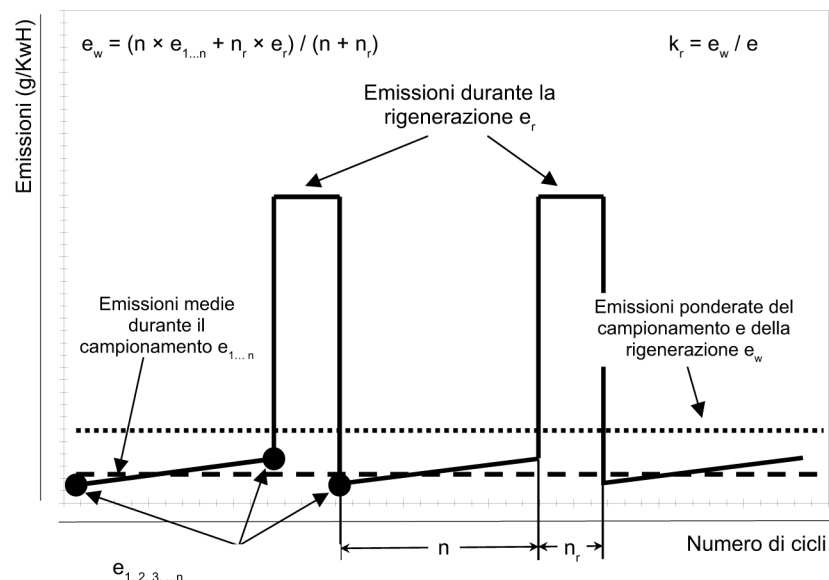
Durante la prova di rigenerazione si registrano tutti i dati necessari per individuare la rigenerazione (emissioni CO o NO_x, temperatura a monte e a valle del sistema di post-trattamento, contropressione allo scarico, ecc.).

Durante il processo di rigenerazione i limiti di emissione applicabili possono essere superati.

Le emissioni misurate devono essere ponderate conformemente alle disposizioni di cui al punto 8.5.2.2; il risultato finale ponderato non deve superare il limite di emissione applicabile. Il procedimento di prova è illustrato schematicamente nella figura 2.

Figura 2

Schema della rigenerazione periodica



6.7. Sistema di raffreddamento

Si usa un sistema di raffreddamento del motore avente una capacità sufficiente per mantenere il motore alle temperature di funzionamento normali prescritte dal costruttore.

6.8. Olio lubrificante

L'olio lubrificante deve avere le caratteristiche tecniche specificate dal costruttore e deve essere rappresentativo dell'olio lubrificante disponibile sul mercato; le caratteristiche tecniche dell'olio lubrificante usato per la prova devono essere registrate e presentate con i risultati della prova.

6.9. Caratteristiche tecniche del carburante di riferimento

Le caratteristiche tecniche del carburante di riferimento sono indicate nell'appendice 2 del presente allegato per i motori ad accensione spontanea e negli allegati 6 e 7 per i motori alimentati a GNC e GPL.

La temperatura del carburante deve essere quella indicata nelle raccomandazioni del costruttore.

7. PROCEDIMENTI DI PROVA**7.1. Principi di misura delle emissioni**

Nel presente allegato sono descritti due principi di misura funzionalmente equivalenti. Entrambi i principi possono essere usati per i cicli di prova WHTC e WHSC:

- a) misurazione in tempo reale dei componenti gassosi nel gas di scarico grezzo e determinazione del particolato mediante un sistema di diluizione a flusso parziale;
- b) determinazione dei componenti gassosi e del particolato mediante un sistema di diluizione a flusso totale (sistema CVS);
- c) è ammessa qualsiasi combinazione dei due principi (ad es. misurazione del gas di scarico grezzo per le emissioni gassose e misurazione del particolato con un sistema a flusso totale).

Il motore deve essere sottoposto ai cicli di prova specificati di seguito.

7.2. Ciclo di prova transitorio WHTC

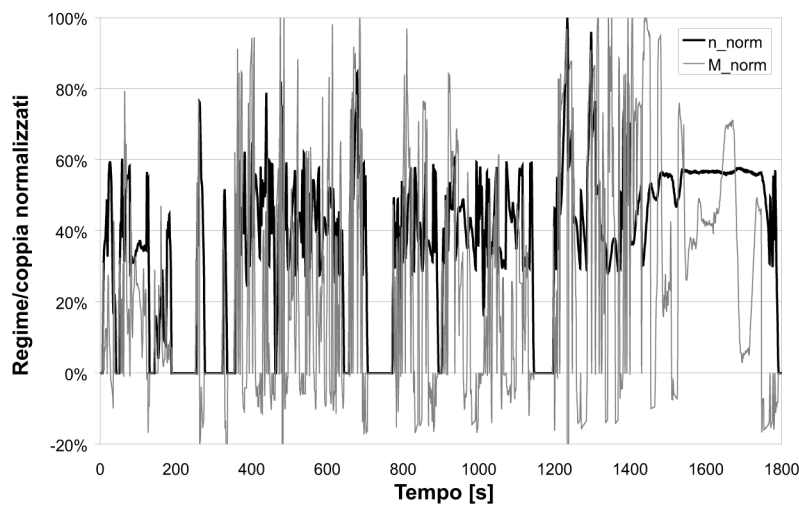
Il ciclo di prova transitorio (WHTC) è descritto nell'appendice 1 come sequenza secondo per secondo di valori normalizzati di regime e coppia applicabili a tutti i motori che rientrano nel campo di applicazione del presente allegato. Per eseguire la prova in una cella di prova per motori, i valori normalizzati sono convertiti in valori effettivi per lo specifico motore sottoposto alla prova, sulla base della curva di mappatura del motore. Tale conversione è definita denormalizzazione e il ciclo di prova sviluppato si definisce ciclo di riferimento del motore da sottoporre alla prova. Con questi valori di riferimento di regime e di coppia, si esegue il ciclo nella cella di prova e si registrano i valori effettivi di regime, coppia e potenza. Per convalidare l'esecuzione della prova, successivamente al completamento della stessa si esegue un'analisi di regressione fra i valori di riferimento ed effettivi di regime, coppia e potenza.

Per il calcolo delle emissioni specifiche al banco, si calcola il lavoro prodotto nel ciclo effettivo integrando la potenza effettiva del motore nell'arco del ciclo. Per convalidare il ciclo, il lavoro prodotto nel ciclo effettivo deve rientrare nei limiti prescritti per il lavoro prodotto nel ciclo del ciclo di riferimento (lavoro prodotto nel ciclo di riferimento).

Gli inquinanti gassosi possono essere registrati in continuo o campionati in un sacchetto di campionamento. Il campione di particolato deve essere diluito con aria ambiente condizionata e raccolto su un unico filtro adatto allo scopo. Il WHTC è illustrato schematicamente nella figura 3.

Figura 3

Ciclo di prova WHTC



7.3. Ciclo di prova stazionario con rampe di transizione WHSC

Il ciclo di prova stazionario con rampe di transizione WHSC è composto da un certo numero di modalità di regime e carico normalizzati che coprono il campo di funzionamento tipico dei motori pesanti. La modalità 0 non viene effettuata, ma se ne tiene conto matematicamente applicando un fattore di ponderazione (WF) di 0,24 e zero emissioni e potenza. Il motore deve funzionare per il tempo prescritto in ciascuna modalità, completando le variazioni di regime e di carico in modo lineare nell'arco di 20 secondi. Per convalidare la prova, successivamente al completamento della stessa si esegue un'analisi di regressione fra i valori di riferimento ed effettivi di regime, coppia e potenza.

Durante ciascuna modalità e le transizioni tra le modalità, si determinano la concentrazione di ciascun inquinante gassoso, il flusso di gas di scarico e la potenza in uscita e si calcola la media dei valori misurati nell'arco del ciclo di prova. Gli inquinanti gassosi possono essere registrati in continuo o campionati in un sacchetto di campionamento. Il campione di particolato deve essere diluito con aria ambiente condizionata. Si preleva un unico campione durante l'intero procedimento di prova raccogliendolo su un unico filtro adatto allo scopo.

Per il calcolo delle emissioni specifiche al banco, si calcola il lavoro prodotto nel ciclo effettivo integrando la potenza effettiva del motore nell'arco del ciclo.

Il WHSC è illustrato nella tabella 1. I fattori di ponderazione (WF) sono riportati esclusivamente a titolo di riferimento. La modalità di minimo è divisa in due modalità, modalità 1 all'inizio e modalità 13 alla fine del ciclo di prova.

Tabella 1

Ciclo di prova WHSC

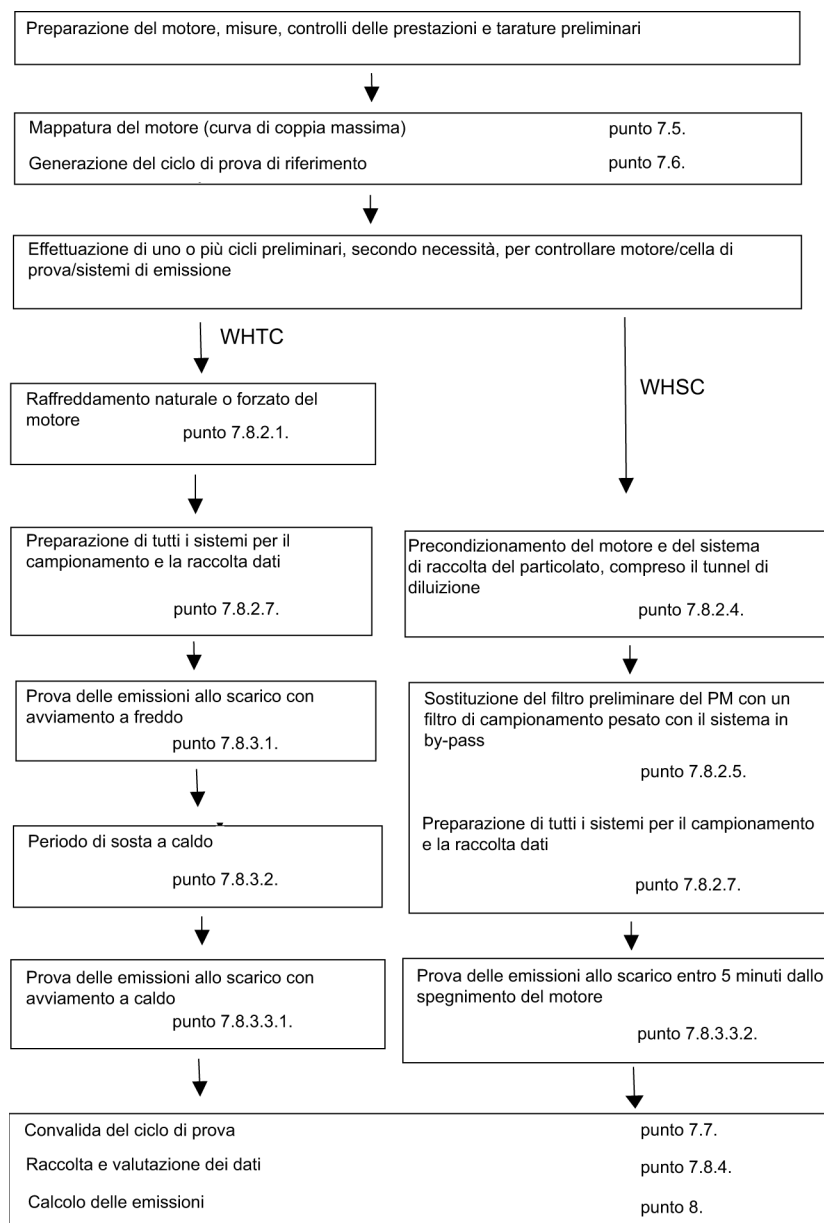
Modalità	Regime normalizzato (per cento)	Carico normalizzato (per cento)	WF per riferimento	Durata modalità (s) compresa transizione di 20 s
0	Trascinamento	—	0,24	—
1	0	0	0,17/2	210
2	55	100	0,02	50
3	55	25	0,10	250
4	55	70	0,03	75
5	35	100	0,02	50
6	25	25	0,08	200
7	45	70	0,03	75
8	45	25	0,06	150
9	55	50	0,05	125
10	75	100	0,02	50
11	35	50	0,08	200
12	35	25	0,10	250
13	0	0	0,17/2	210
Somma			1,00	1 895

7.4. Sequenza di prova generale

Il seguente diagramma raffigura schematicamente le indicazioni generali da seguire durante la prova. Informazioni particolareggiate sulle singole fasi sono riportate nei corrispondenti punti. Ove opportuno, sono ammessi scostamenti rispetto alle indicazioni fornite, ma i requisiti specifici dei vari paragrafi hanno valore obbligatorio.

Per la prova WHTC, il procedimento di prova è costituito da una prova con avviamento a freddo effettuata dopo un raffreddamento naturale o forzato del motore, da un periodo di sosta a caldo (hot soak) di 5 minuti, e da una prova con avviamento a caldo.

Per la prova WHSC, il procedimento di prova è costituito da una prova con avviamento a caldo successiva al preconditionamento del motore nella modalità WHSC 9.



7.5. Procedimento di mappatura del motore

Per la generazione dei cicli WHTC e WHSC nella cella di prova, occorre effettuare la mappatura del motore prima dell'effettuazione del ciclo di prova per determinare le curve di regime/coppia e di regime/potenza.

7.5.1. Determinazione del campo dei regimi di mappatura

I regimi minimo e massimo di mappatura sono definiti come segue:

regime minimo di mappatura = regime di minimo

regime massimo di mappatura = valore minore tra $n_{hi} \times 1,02$ e regime al quale la coppia a pieno carico scende a zero

7.5.2. Curva di mappatura del motore

Il motore deve essere riscaldato alla potenza massima per stabilizzarne i parametri conformemente alle raccomandazioni del costruttore e alla buona pratica ingegneristica. Quando il motore è stabilizzato, si effettua la mappatura del motore con il procedimento seguente:

- a) si toglie il carico al motore e lo si fa funzionare al minimo;

- b) si fa funzionare il motore al regime minimo di mappatura in condizioni di pieno carico della pompa di iniezione;
- c) si aumenta il regime del motore ad una media di $8 \pm 1 \text{ min}^{-1}/\text{s}$ dal minimo al massimo regime di mappatura; si registrano il regime e la coppia con una frequenza di campionamento di almeno un punto al secondo.

7.5.3. Mappatura alternativa

Se un costruttore ritiene che le tecniche di mappatura di cui sopra non siano sicure o non siano rappresentative di un dato motore, è ammesso l'uso di tecniche alternative. Queste tecniche devono soddisfare la finalità delle procedure di mappatura specificate, cioè determinare la coppia massima disponibile a tutti i regimi del motore raggiunti durante i cicli di prova. Ogni deviazione rispetto alle tecniche di mappatura specificate nel presente punto giustificata da motivi di sicurezza o rappresentatività deve essere approvata dall'autorità di omologazione insieme con la motivazione del suo uso. In nessun caso, tuttavia, la curva di coppia deve essere mappata mediante regimi decrescenti del motore per motori con regolatore o turbocompressore.

7.5.4. Ripetizione delle prove

Non è necessario mappare il motore prima di ciascun ciclo di prova. Il motore deve essere rimappato prima del ciclo di prova se:

- a) è trascorso un tempo eccessivo da quando è stata determinata l'ultima mappatura, secondo una valutazione ingegneristica, oppure
- b) il motore è stato sottoposto a modifiche fisiche o ritature che possono influire sulle sue prestazioni.

7.6. Generazione del ciclo di prova di riferimento

7.6.1. Denormalizzazione del regime del motore

Il regime deve essere denormalizzato usando la seguente equazione:

$$\text{Regime effettivo} = n_{\text{norm}} \times (0,45 \times n_{\text{lo}} + 0,45 \times n_{\text{pref}} + 0,1 \times n_{\text{hi}} - n_{\text{idle}}) \times 2,0327 + n_{\text{idle}} \quad (4)$$

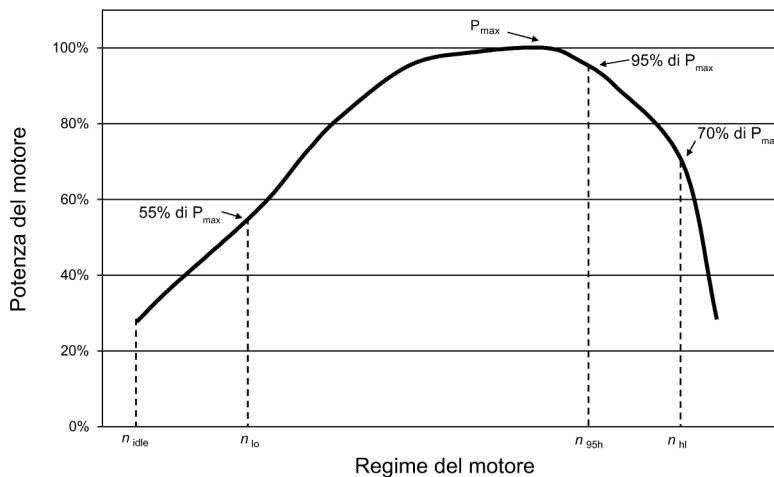
dove:

- n_{lo} è il regime minimo del motore a cui la potenza è il 55 per cento della potenza massima
- n_{pref} è il regime del motore a cui l'integrale della coppia massima è il 51 per cento dell'integrale totale
- n_{hi} è il regime massimo del motore a cui la potenza è il 70 per cento della potenza massima
- n_{idle} è il regime di minimo

come illustrato nella figura 4.

Figura 4

Definizione dei regimi di prova

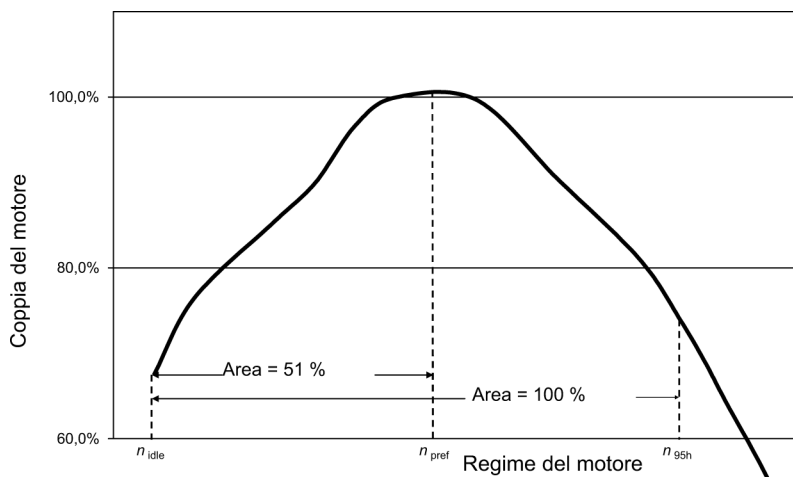


7.6.1.1. Determinazione del regime preferito

In base alla curva di mappatura del motore determinata conformemente al punto 7.5.2, si calcola l'integrale della coppia massima da n_{idle} a n_{95h} . n_{95h} è il regime massimo a cui la potenza è pari al 95 per cento della potenza massima. Si definisce quindi n_{pref} come il regime corrispondente al 51 per cento dell'integrale totale, come indicato nella figura 5.

Figura 5

Definizione di n_{pref}



7.6.2. Denormalizzazione della coppia del motore

I valori della coppia di cui alla tabella della macchina dinamometrica dell'appendice 1 sono normalizzati alla coppia massima al rispettivo regime. I valori di coppia del ciclo di riferimento devono essere denormalizzati nel modo seguente, utilizzando la curva di mappatura determinata secondo il punto 7.5.2:

$$\text{Coppia effettiva} = \frac{\% \text{ coppia} \times \text{coppia massima}}{100} \quad (5)$$

per il regime effettivo corrispondente determinato al punto 7.6.1.

7.6.3. Esempio di procedimento di denormalizzazione

A titolo di esempio, viene denormalizzato il seguente punto di prova:

percentuale regime = 43 per cento

percentuale coppia = 82 per cento

Dati i seguenti valori:

$$n_{lo} = 1,015 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{hi} = 2,200 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{pref} = 1,300 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{idle} = 600 \text{ min}^{-1}$$

si ottiene:

$$\begin{aligned} \text{regime effettivo} &= \frac{43 \times (0,45 \times 1015 + 0,45 \times 1300 + 0,1 \times 2200 - 600) \times 2,0327}{100} + 600 \\ &= 1,178 \text{ min}^{-1} \end{aligned}$$

con la coppia massima di 700 Nm osservata nella curva di mappatura a 1 178 min⁻¹

$$\text{coppia effettiva} = \frac{82 \times 700}{100} = 574 \text{ Nm}$$

7.7. Convalida della prova

7.7.1. Calcolo del lavoro prodotto nel ciclo

Per calcolare il lavoro prodotto nel ciclo, si omettono i punti eventualmente registrati durante l'avviamento del motore. Il lavoro prodotto nel ciclo W_{eff} (kWh) si calcola in base ai valori di retroazione del regime e della coppia del motore. Il lavoro prodotto nel ciclo di riferimento W_{rif} (kWh) si calcola in base ai valori di riferimento del regime e della coppia del motore. Il lavoro prodotto nel ciclo effettivo W_{eff} è utilizzato per il confronto con il lavoro prodotto nel ciclo di riferimento W_{rif} e per il calcolo delle emissioni specifiche al banco (v. punto 8.5.2.1).

La stessa metodologia si utilizza per integrare sia la potenza di riferimento che la potenza effettiva del motore. Se si devono determinare valori compresi tra valori di riferimento adiacenti ovvero fra valori misurati adiacenti, si applica l'interpolazione lineare. Nell'integrazione del lavoro prodotto nel ciclo effettivo, tutti i valori di coppia negativi vengono posti pari a zero ed inclusi. Se l'integrazione viene eseguita ad una frequenza minore di 5 Hz e se durante un dato intervallo di tempo il valore di coppia si modifica da positivo a negativo o da negativo a positivo, si calcola la porzione negativa e la si pone pari a zero. La porzione positiva deve essere inclusa nel valore integrato.

W_{eff} deve essere compreso tra l'85 per cento e il 105 per cento di W_{rif} .

7.7.2. Analisi statistica di convalida del ciclo di prova

Per il regime, la coppia e la potenza si eseguono regressioni lineari dei valori effettivi rispetto ai valori di riferimento.

Per minimizzare l'effetto distorsivo dello sfasamento temporale tra i valori effettivi e i valori del ciclo di riferimento, è possibile anticipare o ritardare nel tempo l'intera sequenza dei segnali del regime e della coppia effettivi rispetto alla sequenza del regime e della coppia di riferimento. Se i segnali effettivi sono spostati, si spostano il regime e la coppia nella stessa misura e nella stessa direzione.

Si usa il metodo dei minimi quadrati con un'equazione di miglior approssimazione avente la forma:

$$y = mx + b \quad (6)$$

dove:

y = valore effettivo del regime (min^{-1}), della coppia (Nm) o della potenza (kW)

m = coefficiente angolare della linea di regressione

x = valore di riferimento del regime (min^{-1}), della coppia (Nm) o della potenza (kW)

b = intercetta su y della linea di regressione

Si calcolano l'errore standard della stima (SEE) di y su x e il coefficiente di determinazione (r^2) per ciascuna linea di regressione.

Si raccomanda di eseguire questa analisi a 1 Hertz. La prova è considerata valida se sono rispettati i criteri indicati nella tabella 2.

Tabella 2

Tolleranze della linea di regressione

	Regime	Coppia	Potenza
Errore standard della stima (SEE) di Y su X	max 100 min^{-1}	max 13 per cento della coppia massima del motore	max 8 per cento della potenza massima del motore
Coefficiente angolare della linea di regressione, m	0,95-1,03	0,83-1,03	0,89-1,03
Coefficiente di determinazione, r^2	min 0,970	min 0,850	min 0,910
Intercetta su y della linea di regressione, b	$\pm 50 \text{ min}^{-1}$	valore più elevato tra $\pm 20 \text{ Nm}$ e ± 2 per cento della coppia massima	valore più elevato tra $\pm 4 \text{ kW}$ e ± 2 per cento della potenza massima

Ai soli fini della regressione, è ammessa la cancellazione di punti secondo quanto indicato in tabella 3, prima di eseguire il calcolo della regressione. Tuttavia, tali punti non devono essere cancellati per il calcolo del lavoro e delle emissioni nel ciclo. Per punto di minimo si intende un punto con una coppia di riferimento normalizzata dello 0 per cento e un regime di riferimento normalizzato dello 0 per cento. La cancellazione di punti si può applicare a tutto il ciclo o a una qualsiasi parte dello stesso.

Tabella 3

Cancellazioni di punti ammesse nell'analisi di regressione

Condizioni	Punti da cancellare
Primi 6 ± 1 secondi	Regime, coppia e potenza
Pieno carico e coppia effettiva < 95 per cento della coppia di riferimento	Coppia e/o potenza
Pieno carico e regime effettivo < 95 per cento del regime di riferimento	Regime e/o potenza
Carico nullo e coppia effettiva > coppia di riferimento	Coppia e/o potenza
Carico nullo e coppia effettiva > ± 2 per cento della coppia massima (punto di minimo)	Regime e/o potenza
Carico nullo e coppia di riferimento < 0 per cento della coppia massima (punto di trascinamento)	Coppia e/o potenza

7.8. Prova delle emissioni

7.8.1. Introduzione

Le emissioni da misurare nel gas di scarico del motore da misurare sono i componenti gassosi (monossido di carbonio, idrocarburi totali o idrocarburi non metanici, metano e ossidi di azoto) e il particolato. Inoltre, si usa spesso il biossido di carbonio come gas tracciante per determinare il rapporto di diluizione dei sistemi di diluizione a flusso parziale e a flusso totale.

Gli inquinanti indicati devono essere esaminati durante i cicli di prova prescritti. Le concentrazioni dei componenti gassosi sono determinate nell'arco del ciclo nel gas di scarico grezzo mediante integrazione dei segnali dell'analizzatore, oppure nel gas di scarico diluito di un sistema CVS con diluizione a flusso totale mediante integrazione o campionamento con sacchetto. Per il particolato, si raccoglie su un filtro rispondente alle caratteristiche specificate un campione proporzionale dal gas di scarico diluito mediante diluizione a flusso parziale o totale. A seconda del metodo impiegato si determina la portata del gas di scarico diluito o non diluito nell'arco del ciclo per calcolare i valori massici di emissione degli inquinanti. Rapportando i valori massici di emissione al lavoro del motore, calcolato conformemente al punto 7.7.1, si ottengono i grammi di ciascun inquinante emessi per chilowattora.

7.8.2. Operazioni preliminari

Prima del procedimento di mappatura del motore si effettuano misure preliminari sul motore, controlli preliminari sulle prestazioni del motore e tarature preliminari del sistema, attenendosi alla sequenza generale indicata al punto 7.4.

7.8.2.1. Raffreddamento del motore (solo prove con avviamento a freddo)

Il raffreddamento può essere ottenuto in modo naturale o forzato. Per il raffreddamento forzato si utilizzano sistemi conformi a buoni criteri ingegneristici, ad esempio soffiaggio di aria fredda sul motore, circolazione di olio freddo nel sistema di lubrificazione del motore, raffreddamento del fluido refrigerante nel sistema di raffreddamento del motore e sottrazione di calore dal sistema di post-trattamento del gas di scarico. Nel caso del raffreddamento forzato del sistema di post-trattamento, l'aria di raffreddamento non deve essere utilizzata fino a quando la temperatura del sistema di post-trattamento non è scesa sotto la temperatura di attivazione del trattamento catalitico. Non è ammesso l'uso di procedimenti di raffreddamento tali da determinare emissioni non rappresentative.

7.8.2.2. Preparazione del filtro di campionamento del particolato

Almeno un'ora prima della prova, si introduce ciascun filtro in una capsula di Petri, protetta contro la contaminazione da polvere ma tale da permettere il ricambio dell'aria, e lo si pone in una camera di pesata per la stabilizzazione. Al termine del periodo di stabilizzazione si pesa ciascun filtro e si registra la tara. In seguito si conserva il filtro in una capsula di Petri chiusa o in un portafiltri sigillato fino al momento della prova. Il filtro deve essere utilizzato entro otto ore dalla rimozione dalla camera di pesata.

7.8.2.3. Installazione dell'apparecchiatura di misura

La strumentazione e le sonde di campionamento devono essere installate nel modo prescritto. Il condotto di scarico deve essere collegato al sistema di diluizione a flusso totale, se usato.

7.8.2.4. Precondizionamento del sistema di diluizione e del motore (solo WHSC)

Si avviano e si riscaldano il sistema di diluizione e il motore. Dopo il riscaldamento, si effettua il precondizionamento del motore e del sistema di condizionamento facendo funzionare il motore nella modalità 9 per almeno 10 minuti e facendo funzionare contemporaneamente il sistema di diluizione a flusso parziale o il sistema di diluizione a flusso totale e il sistema di diluizione secondaria. Successivamente, si possono raccogliere campioni preliminari di emissioni di particolato. Non occorre stabilizzare o pesare i filtri usati per la raccolta dei campioni preliminari, e li si può subito eliminare. Si impostano le portate ai livelli di portata approssimativi previsti per la prova.

7.8.2.5. Avviamento del sistema di campionamento del particolato

Si avvia il sistema di campionamento del particolato e lo si fa funzionare in derivazione (bypass). Il livello di fondo del particolato nell'aria di diluizione può essere determinato campionando l'aria di diluizione a monte dell'ingresso del gas di scarico nel tunnel di diluizione. La misurazione può essere effettuata prima o dopo la prova. Se la misurazione viene effettuata sia all'inizio che al termine del ciclo, si può calcolare la media dei valori. Se per la misurazione del fondo si usa un sistema di campionamento diverso, la misurazione può essere effettuata parallelamente all'esecuzione della prova.

7.8.2.6. Regolazione del sistema di diluizione

La portata totale di gas di scarico diluito in un sistema di diluizione a flusso totale o la portata di gas di scarico diluito in un sistema di diluizione a flusso parziale deve essere regolata in modo da evitare la condensazione dell'acqua nel sistema e ottenere una temperatura superficiale massima sulla faccia del filtro compresa fra 315 K (42 °C) e 325 K (52 °C).

7.8.2.7. Controllo degli analizzatori

Si azzerano e si calibrano gli analizzatori delle emissioni. Si vuotano gli eventuali sacchetti di campionamento.

7.8.3. Procedura di avviamento del motore

7.8.3.1. Prova con avviamento a freddo (solo WHTC)

La prova con avviamento a freddo ha inizio quando le temperature del lubrificante del motore, del fluido refrigerante e dei sistemi di post-trattamento sono tutte comprese fra 293 e 303 K (20 e 30 °C). Si avvia il motore viene con uno dei metodi seguenti:

- a) con il procedimento raccomandato dal costruttore nel manuale d'uso utilizzando un motorino di avviamento di serie e una batteria con una carica adeguata oppure un sistema di alimentazione adeguato; oppure
- b) utilizzando la macchina dinamometrica. Si trascina il motore ad un regime corrispondente, con un'approssimazione del ± 25 per cento, al tipico regime di avviamento con motorino di avviamento nelle condizioni di utilizzo. Si arresta il motorino di avviamento entro 1 secondo dall'avviamento del motore. Se il motore non si avvia dopo 15 secondi di utilizzo del motorino di avviamento, si arresta il motorino e si accertano i motivi del mancato avviamento, salvo nel caso in cui il manuale d'uso o il manuale di manutenzione-riparazione indichino che una durata maggiore del procedimento di avviamento è normale.

7.8.3.2. Periodo di sosta a caldo (solo WHTC)

Immediatamente dopo il completamento della prova di avviamento a freddo, si osserva un periodo di sosta a caldo di 5 ± 1 minuti.

7.8.3.3. Prova di avviamento a caldo

7.8.3.3.1. WHTC

Terminato il periodo di sosta a caldo di cui al punto 7.8.3.2, si avvia il motore con i procedimenti indicati al punto 7.8.3.1.

7.8.3.3.2. WHSC

Cinque minuti dopo il completamento del preconditionamento nella modalità 9 di cui al punto 7.8.2.4, si avvia il motore con il procedimento di avviamento raccomandato dal costruttore nel manuale d'uso, utilizzando un motorino di avviamento di serie o la macchina dinamometrica come indicato al punto 7.8.3.1.

7.8.4. Esecuzione del ciclo

Le prescrizioni generali indicate nel presente punto si applicano sia alla prova con avviamento a freddo di cui al punto 7.8.3.1 che alla prova con avviamento a caldo di cui al punto 7.8.3.3.

7.8.4.1. Sequenza di prova

La sequenza di prova inizia con l'avviamento del motore.

Il ciclo WHTC si esegue conformemente al ciclo di riferimento di cui al punto 7.2. I *set point* di comando del regime e della coppia devono essere emessi ad una frequenza di 5 Hz o maggiore (valore raccomandato 10 Hz). I *set point* si calcolano per interpolazione lineare fra i *set point* a 1 Hz del ciclo di riferimento. Durante il ciclo di prova il regime e la coppia effettivi devono essere registrati almeno una volta al secondo (1 Hz); i segnali possono essere filtrati elettronicamente.

Il ciclo WHSC deve essere eseguito attenendosi all'ordine delle modalità di prova elencate nella tabella 1 del punto 7.3.

7.8.4.2. Risposta degli analizzatori

All'inizio della sequenza di prova, si avviano le apparecchiature di misura per effettuare simultaneamente le operazioni seguenti:

- a) raccolta o analisi dell'aria di diluizione, se viene usato un sistema di diluizione a flusso totale;
- b) raccolta o analisi del gas di scarico grezzo o diluito, secondo il metodo usato;
- c) misurazione della quantità di gas di scarico diluito e delle temperature e pressioni prescritte;
- d) registrazione della portata massica del gas di scarico, se l'analisi viene effettuata sul gas di scarico grezzo;
- e) registrazione dei dati di retroazione del regime e della coppia del banco dinamometrico.

Se la misurazione viene effettuata sul gas di scarico grezzo, le concentrazioni di emissioni ((NM)HC, CO e NO_x) e la portata massica del gas di scarico devono essere misurate in continuo e registrate con una frequenza di almeno 2 Hz su supporto informatico. Tutti gli altri dati possono essere registrati con una frequenza di campionamento di almeno 1 Hz. Per gli analizzatori analogici, si registra la risposta, e i dati di taratura possono essere applicati in linea o fuori linea in sede di valutazione dei dati.

Se si utilizza un sistema di diluizione a flusso totale, HC e NO_x devono essere misurati in continuo nel tunnel di diluizione con una frequenza minima di 2 Hz. Le concentrazioni medie sono determinate mediante integrazione dei segnali dell'analizzatore nell'arco del ciclo di prova. Il tempo di risposta del sistema non deve essere maggiore di 20 s e deve essere coordinato con le fluttuazioni di flusso nel CVS e con gli sfasamenti che si applicano al tempo di campionamento e al ciclo di prova, se necessario. CO, CO₂ e NMHC possono essere determinati mediante integrazione dei segnali di misurazione in continuo o analisi delle concentrazioni raccolte nel sacchetto di campionamento nell'arco del ciclo. Le concentrazioni degli inquinanti gassosi presenti nell'aria di diluizione devono essere determinate mediante integrazione o mediante raccolta nel sacchetto del fondo. Tutti gli altri parametri che devono essere misurati sono registrati con una frequenza minima di una misurazione al secondo (1 Hz).

7.8.4.3. Campionamento del particolato

All'inizio della sequenza di prova, si commuta il sistema di campionamento del particolato dal bypass alla raccolta del particolato.

Se si usa un sistema di diluizione a flusso parziale, si provvede a controllare la pompa (o le pompe) del campione in modo che la portata attraverso la sonda di campionamento del particolato o il condotto di trasferimento si mantenga proporzionale alla portata massica del gas di scarico determinata conformemente al punto 8.3.3.3.

Se si usa un sistema di diluizione a flusso totale, si provvede a regolare la pompa (o le pompe) del campione in modo che la portata attraverso la sonda di campionamento del particolato o il condotto di trasferimento venga mantenuta al valore di portata impostato con un'approssimazione di $\pm 2,5$ per cento. Se si usa la compensazione del flusso (vale a dire il controllo proporzionale del flusso del campione), si deve dimostrare che il rapporto tra il flusso nel tunnel principale e il flusso del campione di particolato non si discosta di oltre $\pm 2,5$ per cento dal valore stabilito (salvo per i primi 10 secondi di campionamento). Si registrano la temperatura e la pressione medie all'ingresso dei misuratori del gas o della strumentazione di controllo del flusso. Se la portata impostata non può essere mantenuta per tutto il ciclo con un'approssimazione di $\pm 2,5$ per cento a causa di un elevato carico di particolato sul filtro, la prova deve essere annullata e ripetuta riducendo la portata del campione.

7.8.4.4. Arresto del motore e malfunzionamento delle apparecchiature

Se il motore si arresta in qualsiasi momento durante la prova con avviamento a freddo del WHTC o durante il WHSC, si annulla la prova, si preconditiona il motore e lo si riavvia con i metodi di cui al punto 7.8.3.1, quindi si ripete la prova.

Se il motore si arresta in qualsiasi momento durante la prova con avviamento a caldo del WHTC, si annulla la prova, si fa sostare il motore come indicato al punto 7.8.3.2, e si ripete la prova con avviamento a caldo. In questo caso, non è necessario ripetere la prova con avviamento a freddo.

In caso di cattivo funzionamento di qualsiasi apparecchiatura di prova prescritta durante il ciclo di prova, si annulla la prova e la si ripete conformemente alle disposizioni indicate in precedenza in funzione del ciclo di prova.

7.8.4.5. Operazioni da eseguire dopo la prova

Terminata la prova, si arrestano la misurazione della portata massica del gas di scarico e del volume di gas di scarico diluito, il flusso di gas nei sacchetti di raccolta e la pompa di campionamento del particolato. Se si usa un analizzatore integratore, si prosegue il campionamento fino a quando sono trascorsi i tempi di risposta del sistema.

Se si usano i sacchetti di raccolta, si analizzano le concentrazioni al più presto e in ogni caso non oltre 20 minuti dopo il termine del ciclo di prova.

Dopo la prova delle emissioni, si usano un gas di azzeramento e lo stesso gas di calibrazione per ricontrollare gli analizzatori. La prova è considerata valida se la differenza tra i risultati prima e dopo la prova è inferiore al 2 per cento del valore del gas di calibrazione.

Entro un'ora della conclusione della prova, il filtro antiparticolato deve essere riportato nella camera di pesata. Si condiziona il filtro in una capsula di Petri, protetta contro la contaminazione da polvere ma tale da permettere il ricambio dell'aria, per almeno un'ora, quindi lo si pesa. Si registra il peso lordo del filtro.

8. MISURAZIONE E CALCOLO DELLE EMISSIONI

Il risultato finale della prova si arrotonda in un unico passaggio al numero di decimali a destra della virgola decimale indicato dalla norma sulle emissioni applicabile, più un'ulteriore cifra significativa, così come indicato nella norma ASTM E 29-04. Non è ammesso l'arrotondamento dei valori intermedi in base a cui viene ricavato il risultato finale delle emissioni specifiche al banco.

8.1. **Correzione secco/umido**

Se le emissioni sono misurate su secco, si converte la concentrazione misurata nel valore su umido applicando l'equazione seguente:

$$c_w = k_w \times c_d \quad (7)$$

dove:

c_w è la concentrazione su umido in ppm o percentuale vol.

c_d è la concentrazione su secco in ppm o percentuale vol.

k_w è il fattore di correzione da secco a umido

8.1.1. Gas di scarico grezzo

$$k_{w,a} = \left(1 - \frac{1,2442 \times H_a + 111,19 \times W_{ALF} \times \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773,4 + 1,2442 \times H_a \times \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \times K_f \times 1000} \right) \times 1,008 \quad (8)$$

o

$$k_{w,a} = \left(1 - \frac{1,2442 \times H_a + 111,19 \times W_{ALF} \times \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773,4 + 1,2442 \times H_a \times \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \times K_f \times 1000} \right) / \left(1 - \frac{P_f}{P_b} \right) \quad (9)$$

o

$$k_{w,a} = \left(\frac{1}{1 + a \times 0,005 \times (c_{CO2} + c_{CO})} - K_{w1} \right) \times 1,008 \quad (10)$$

in cui:

$$k_f = 0,055594 \times w_{ALF} + 0,0080021 \times w_{DEL} + 0,0070046 \times w_{EPS} \quad (11)$$

e

$$k_{w,1} = \frac{1,608 \times H_a}{1000 + (1,608 \times H_a)} \quad (12)$$

dove:

- H_a è l'umidità dell'aria di aspirazione, g di acqua per kg di aria secca
 w_{ALF} è il tenore di idrogeno nel carburante, percentuale in massa
 $q_{mf,i}$ è la portata massica istantanea del carburante, kg/s
 $q_{mad,i}$ è la portata massica istantanea dell'aria di aspirazione su secco, kg/s
 p_r è la pressione del vapore acqueo dopo il bagno di raffreddamento, kPa
 p_b è la pressione atmosferica totale, kPa
 w_{DEL} è il tenore di azoto nel carburante, percentuale in massa
 w_{EPS} è il tenore di ossigeno nel carburante, percentuale in massa
 α è il rapporto molare dell'idrogeno nel carburante
 c_{CO2} è la concentrazione di CO₂ su secco, percentuale
 c_{CO} è la concentrazione di CO su secco, percentuale

Le equazioni (8) e (9) sono fondamentalmente identiche; il fattore 1,008 nelle equazioni (8) e (10) è un'approssimazione del denominatore più accurato dell'equazione (9).

8.1.2. Gas di scarico diluito

$$k_{w,e} = \left[\left(1 - \frac{\alpha \times c_{CO2w}}{200} \right) - k_{w2} \right] \times 1,008 \quad (13)$$

o

$$k_{w,e} = \left[\left(\frac{(1 - k_{w2})}{1 + \frac{\alpha + c_{CO2d}}{200}} \right) \right] \times 1,008 \quad (14)$$

in cui:

$$k_{w2} = \frac{1,608 \times \left[H_d \times \left(1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \left(\frac{1}{D} \right) \right]}{1,000 + \left\{ 1,608 \times \left[H_d \times \left(1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \left(\frac{1}{D} \right) \right] \right\}} \quad (15)$$

dove:

- α è il rapporto molare dell'idrogeno nel carburante
 c_{CO2w} è la concentrazione di CO₂ su umido, percentuale
 c_{CO2d} è la concentrazione di CO₂ su secco, percentuale
 H_d è l'umidità dell'aria di diluizione, g di acqua per kg di aria secca
 H_a è l'umidità dell'aria di aspirazione, g di acqua per kg di aria secca
 D è il fattore di diluizione (v. punto 8.4.2.4.2.)

8.1.3. Aria di diluizione

$$k_{w,d} = (1 - k_{w3}) \times 1,008 \quad (16)$$

in cui:

$$k_{w3} = \frac{1,608 \times H_d}{1,000 + (1,608 \times H_d)} \quad (17)$$

dove:

- H_d è l'umidità dell'aria di diluizione, g di acqua per kg di aria secca

8.2. Correzione del valore di NO_x in funzione dell'umidità

Poiché l'emissione di NO_x dipende dalle condizioni dell'aria ambiente, la concentrazione di NO_x deve essere corretta per tenere conto dell'umidità applicando i fattori indicati al punto 8.2.1 o 8.2.2. L'umidità dell'aria di aspirazione H_a può essere ricavata dalla misurazione dell'umidità relativa, del punto di rugiada, della pressione del vapore o della temperatura di bulbo secco/umido utilizzando l'equazione generalmente accettata.

8.2.1. Motori ad accensione spontanea

$$k_{h,D} = \frac{15,698 \times H_a}{1,000} + 0,832 \quad (18)$$

dove:

H_a è l'umidità dell'aria di aspirazione, g di acqua per kg di aria secca

8.2.2. Motori ad accensione comandata

$$k_{h,G} = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H_a - 0,862 \times 10^{-3} \times H_a^2 \quad (19)$$

dove:

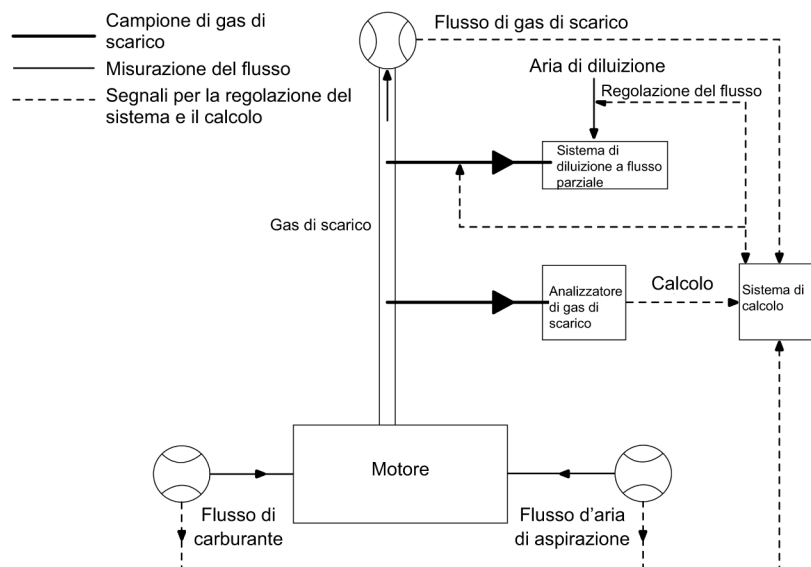
H_a è l'umidità dell'aria di aspirazione, g di acqua per kg di aria secca

8.3. Diluizione a flusso parziale (PFS) e misurazione del gas grezzo

Per calcolare le emissioni massiche si utilizzano i segnali di concentrazione istantanea dei componenti gassosi moltiplicandoli per la portata massica istantanea del gas di scarico. La portata massica del gas di scarico può essere misurata direttamente o calcolata con i metodi di misura del flusso dell'aria di aspirazione e del flusso di carburante, il metodo del gas tracciante, o con la misurazione dell'aria di aspirazione e del rapporto aria/carburante. Occorre prestare particolare attenzione al tempo di risposta dei diversi strumenti. Queste differenze devono essere tenute in considerazione mediante allineamento temporale dei segnali. Per il particolato, i segnali della portata massica del gas di scarico sono usati per regolare il sistema di diluizione a flusso parziale in modo da prelevare un campione proporzionale alla portata massica del gas di scarico. Per controllare che la proporzionalità sia corretta si utilizza un'analisi di regressione tra il campione e la portata del gas di scarico secondo le modalità descritte al punto 8.3.3.3. Il procedimento di prova è illustrato schematicamente nella figura 6.

Figura 6

Schema del sistema di misurazione del flusso grezzo/flusso parziale



8.3.1. Determinazione del flusso massico del gas di scarico

8.3.1.1. Introduzione

Per il calcolo delle emissioni contenute nel gas di scarico grezzo e per il controllo del sistema di diluizione a flusso parziale, è necessario conoscere la portata del gas di scarico. Per la determinazione della portata massica del gas di scarico, si può utilizzare uno dei metodi descritti ai punti da 8.3.1.3 a 8.3.1.6.

8.3.1.2. Tempo di risposta

Per il calcolo delle emissioni, il tempo di risposta dei metodi descritti ai punti da 8.3.1.3 a 8.3.1.6 deve essere uguale o minore del tempo di risposta dell'analizzatore, che in base a quanto prescritto al paragrafo 9.3.5 deve essere ≤ 10 s.

Per il controllo di un sistema di diluizione a flusso parziale, il tempo di risposta deve essere più rapido. Per i sistemi di diluizione a flusso parziale con controllo in linea, il tempo di risposta deve essere $\leq 0,3$ s. Per i sistemi di diluizione a flusso parziale con «controllo predittivo» sulla base di una prova preregistrata, il tempo di risposta del sistema di misura della portata del gas di scarico deve essere ≤ 5 s con un tempo di salita ≤ 1 s. Il tempo di risposta del sistema deve essere specificato dal costruttore dello strumento. Le prescrizioni combinate relative ai tempi di risposta per la portata del gas di scarico e per i sistemi di diluizione a flusso parziale sono indicate al punto 8.3.3.3.

8.3.1.3. Metodo di misura diretta

La misura diretta della portata istantanea del gas di scarico deve essere effettuata con sistemi quali:

- dispositivi di misura della pressione differenziale, quali ad esempio bocchigli di misura del flusso (per maggiori dettagli v. ISO 5167);
- flussometro a ultrasuoni;
- flussometro a vortici.

Devono essere prese idonee precauzioni allo scopo di evitare errori di misura che influirebbero sugli errori dei valori di emissione. In particolare, è necessario aver cura di installare il dispositivo nel sistema di scarico del motore in maniera conforme alle raccomandazioni del costruttore e alla buona pratica ingegneristica. Le prestazioni e le emissioni del motore, in particolare, non devono essere modificate dall'installazione del dispositivo.

I flussometri devono rispettare i requisiti di linearità indicati al punto 9.2.

8.3.1.4. Metodo di misura dell'aria e del carburante

Con questo metodo si misura il flusso d'aria e di carburante con flussometri adatti. Il flusso istantaneo del gas di scarico si calcola nel modo seguente:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} + q_{mf,i} \quad (20)$$

dove:

$q_{mew,i}$ è la portata massica istantanea del gas di scarico, kg/s

$q_{maw,i}$ è la portata massica istantanea dell'aria di aspirazione, kg/s

$q_{mf,i}$ è la portata massica istantanea del carburante, kg/s

I flussometri devono rispettare i requisiti di linearità indicati al punto 9.2, ma devono avere un'accuratezza sufficiente per rispettare anche i requisiti di linearità relativi al flusso di gas di scarico.

8.3.1.5. Metodo di misura del gas tracciante

Con questo metodo si misura la concentrazione di un gas tracciante nel gas di scarico.

Nel flusso di gas di scarico si inietta come tracciante una quantità nota di gas inerte (ad es. elio puro). Il gas viene miscelato e diluito dal gas di scarico ma non deve reagire nel condotto di scarico. In seguito si misura la concentrazione del gas tracciante nel campione di gas di scarico.

Per garantire la completa miscelazione del gas tracciante, la sonda di campionamento del gas di scarico deve essere disposta ad almeno 1 m o, se superiore, a una distanza di almeno 30 volte il diametro del condotto di scarico, a valle del punto di iniezione del gas tracciante. La sonda di campionamento può essere disposta a una minor distanza dal punto di iniezione se la completa miscelazione viene controllata confrontando la concentrazione del gas tracciante con la concentrazione di riferimento quando il gas tracciante viene iniettato a monte del motore.

La portata del gas tracciante deve essere regolata in modo tale che, con il motore al minimo, a miscelazione avvenuta la concentrazione del gas tracciante sia inferiore al fondo scala dell'analizzatore del gas tracciante.

Il flusso del gas di scarico si calcola nel modo seguente:

$$q_{mew,i} = \frac{q_{vt} \times \rho_e}{60 \times (c_{mix,i} - c_b)} \quad (21)$$

dove:

- $q_{mew,i}$ è la portata massica istantanea del gas di scarico, kg/s
- q_{vt} è la portata del gas tracciante, cm³/min
- $c_{mix,i}$ è la concentrazione istantanea del gas tracciante a miscelazione avvenuta, ppm
- ρ_e è la densità del gas di scarico, kg/m³ (v. tabella 4)
- c_b è la concentrazione di fondo del gas tracciante nell'aria di aspirazione, ppm

La concentrazione di fondo del gas tracciante (c_b) può essere determinata calcolando la media delle concentrazioni di fondo misurate immediatamente prima e dopo la prova.

La concentrazione di fondo può essere trascurata se è inferiore all'1 per cento della concentrazione del gas tracciante dopo la miscelazione ($c_{mix,i}$) nel momento di massima portata del gas di scarico.

Il sistema complessivo deve rispettare i requisiti di linearità relativi al flusso di gas di scarico indicati al punto 9.2.

8.3.1.6. Metodo di misura del flusso d'aria e del rapporto aria/carburante

Questo metodo comporta il calcolo della massa del gas di scarico in base al flusso d'aria e al rapporto aria/carburante. La portata massica istantanea del gas di scarico si calcola nel modo seguente:

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} \times \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \times \lambda_i}\right) \quad (22)$$

in cui:

$$A/F_{st} = \frac{138,0 \times \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma\right)}{12,011 + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma} \quad (23)$$

$$\lambda_i = \frac{\left(100 - \frac{c_{COd} \times 10^{-4}}{2} - c_{HCw} \times 10^{-4}\right) + \left(\frac{\alpha}{4} \times \frac{1 - \frac{2 \times c_{COd} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{CO2d}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2}}{1 + \frac{c_{CO} \times 10^{-4}}{3,5 \times c_{CO2d}}}\right) \times (c_{CO2d} + c_{COd} \times 10^{-4})}{4,764 \times \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma\right) \times (c_{CO2d} + c_{COd} \times 10^{-4} + c_{HCw} \times 10^{-4})} \quad (24)$$

dove:

- $q_{mew,i}$ è la portata massica istantanea del gas di scarico, kg/s
- $q_{maw,i}$ è la portata massica istantanea dell'aria di aspirazione, kg/s
- A/F_{st} è il rapporto stechiometrico aria/carburante, kg/kg
- λ_i è il rapporto istantaneo di eccesso d'aria istantaneo

$c_{\text{CO}_2\text{d}}$ è la concentrazione di CO_2 su secco, percentuale

c_{COd} è la concentrazione di CO su secco, ppm

c_{HCw} è la concentrazione di HC su umido, ppm

Il flussometro per l'aria deve soddisfare i requisiti di linearità indicati al punto 9.2, e il sistema complessivo deve rispettare i requisiti di linearità relativi al flusso di gas di scarico indicati al punto 9.2.

Se per misurare il rapporto di eccesso d'aria si utilizzano apparecchiature di misura del rapporto aria/carburante, ad esempio un sensore del tipo ad ossido di zirconio, queste devono essere conformi alle prescrizioni di cui al punto 9.3.2.7.

8.3.2. Determinazione dei componenti gassosi

8.3.2.1. Introduzione

I componenti gassosi presenti nel gas di scarico grezzo emesso dal motore sottoposto alla prova sono misurati con i sistemi di misura e campionamento descritti nel punto 9.3 e nell'appendice 3. La valutazione dei dati è descritta nel punto 8.3.2.3.

Nei punti 8.3.2.4 e 8.3.2.5 sono descritti due procedimenti di calcolo equivalenti per i carburanti di riferimento di cui all'appendice 2. Il procedimento del punto 8.3.2.4 è più semplice, in quanto utilizza valori u tabulati per il rapporto tra componente e densità del gas di scarico. Il procedimento del punto 8.3.2.5 è più accurato per tipi di carburante che si discostano dalle specifiche di cui all'appendice 2, ma richiede l'analisi elementare della composizione del carburante.

8.3.2.2. Campionamento delle emissioni gassose

Si dispongono le sonde di campionamento delle emissioni gassose ad una distanza non inferiore al valore più elevato tra 0,5 m e il triplo del diametro del condotto di scarico, a monte dell'uscita del sistema dei gas di scarico ma sufficientemente vicino al motore da assicurare una temperatura del gas di scarico di almeno 343 K (70 °C) in corrispondenza della sonda.

Nel caso di un motore multcilindrico con collettore di scarico ramificato, l'ingresso della sonda deve essere sufficientemente spostato verso valle da assicurare che il campione sia rappresentativo delle emissioni medie allo scarico di tutti i cilindri. Nei motori multcilindrici con gruppi di collettori distinti, come nel caso dei motori a «V», si raccomanda di congiungere i collettori a monte della sonda di campionamento. Se questa soluzione non è praticabile, è consentito prelevare un campione dal gruppo con la più elevata emissione di CO_2 . Per il calcolo delle emissioni di gas di scarico si usa la portata massica totale di gas di scarico.

Se il motore è dotato di un sistema di post-trattamento del gas di scarico, il campione di gas di scarico deve essere prelevato a valle del sistema di post-trattamento.

8.3.2.3. Valutazione dei dati

Per la valutazione delle emissioni gassose si registrano le concentrazioni delle emissioni grezze (HC, CO e NO_x) e la portata massica del gas di scarico e si memorizzano tali dati su un sistema informatico con una frequenza di almeno 2 Hz. Tutti gli altri dati devono essere registrati con una frequenza di campionamento di almeno 1 Hz. Per gli analizzatori analogici, si registra la risposta e si applicano i dati di taratura in linea o fuori linea in sede di valutazione dei dati.

Per il calcolo dell'emissione massica dei componenti gassosi, si allineano le tracce delle concentrazioni registrate e la traccia della portata massica di gas di scarico in base al tempo di trasformazione definito al punto 3.1.28. Si determina quindi il tempo di risposta di ciascun analizzatore di emissioni gassose e del sistema di controllo del flusso massico di gas di scarico secondo quanto indicato rispettivamente ai punti 8.3.1.2 e 9.3.5, e lo si registra.

8.3.2.4. Calcolo delle emissioni massiche in base a valori tabulari

Per la determinazione della massa degli inquinanti (g/prova) si calcolano le emissioni massiche istantanee utilizzando le concentrazioni grezze degli inquinanti e la portata massica di gas di scarico, allineata per tenere conto del tempo di trasformazione determinato conformemente al punto 8.3.2.3, si integrano i valori istantanei ottenuti nell'arco del ciclo e si moltiplicano i valori integrati per i valori u tratti dalla tabella 4. Se la misurazione viene effettuata su secco, si applica la correzione da secco a umido indicata al punto 8.1 ai valori delle concentrazioni istantanee prima di procedere ad ulteriori calcoli.

Per il calcolo degli NO_x , l'emissione massica deve essere moltiplicata per il fattore di correzione dell'umidità $k_{h,D}$, o $k_{h,G}$, determinato conformemente al punto 8.2.

Nell'appendice 6 è riportato un esempio dei procedimenti di calcolo.

Si applica l'equazione seguente:

$$m_{\text{gas}} = u_{\text{gas}} \times \sum_{i=1}^{i=n} c_{\text{gas},i} \times q_{\text{mew},i} \times \frac{1}{f} \quad (\text{in g/prova}) \quad (25)$$

dove:

u_{gas} è il rapporto tra la densità del componente del gas di scarico e la densità del gas di scarico

$c_{\text{gas},i}$ è la concentrazione istantanea del componente nel gas di scarico, ppm

$q_{\text{mew},i}$ è la portata massica istantanea del gas di scarico, kg/s

f è la frequenza di campionamento dei dati, Hz

n è il numero di misurazioni

Tabella 4

Valori u e densità dei componenti del gas di scarico grezzo

Carburante	ρ_e	Gas					
		NO _x	CO	HC	CO ₂	O ₂	CH ₄
		ρ_{gas} [kg/m ³]					
		2,053	1,250	(^e)	1,9636	1,4277	0,716
		u_{gas} (^b)					
Diesel	1,2943	0,001586	0,000966	0,000479	0,001517	0,001103	0,000553
Etanolo	1,2757	0,001609	0,000980	0,000805	0,001539	0,001119	0,000561
GNC (^c)	1,2661	0,001621	0,000987	0,000558 (^d)	0,001551	0,001128	0,000565
Propano	1,2805	0,001603	0,000976	0,000512	0,001533	0,001115	0,000559
Butano	1,2832	0,001600	0,000974	0,000505	0,001530	0,001113	0,000558
GPL (^e)	1,2811	0,001602	0,000976	0,000510	0,001533	0,001115	0,000559

(^a) in funzione del carburante.

(^b) a $\lambda = 2$, aria secca, 273 K, 101,3 kPa.

(^c) u accurato allo 0,2 % per la composizione massica: C = 66-76 %; H = 22-25 %; N = 0-12 %.

(^d) NMHC sulla base di CH_{2,93} (per gli HC totali si utilizza il coefficiente u_{gas} del CH₄).

(^e) u accurato allo 0,2 % per la composizione massica: C3 = 70-90 %; C4 = 10-30 %.

8.3.2.5. Calcolo delle emissioni massiche in base a equazioni esatte

Per la determinazione della massa degli inquinanti (g/prova) si calcolano le emissioni massiche istantanee utilizzando le concentrazioni grezze degli inquinanti, i valori u e la portata massica di gas di scarico, allineata per tenere conto del tempo di trasformazione determinato conformemente al punto 8.3.2.3, e si integrano i valori istantanei ottenuti nell'arco del ciclo. Se la misurazione viene effettuata su secco, si applica la correzione da secco a umido indicata al punto 8.1 ai valori delle concentrazioni istantanee prima di procedere ad ulteriori calcoli.

Per il calcolo degli NO_x , l'emissione massica deve essere moltiplicata per il fattore di correzione dell'umidità $k_{h,D}$, o $k_{h,G}$, determinato conformemente al punto 8.2.

Si applica l'equazione seguente:

$$m_{\text{gas}} = \sum_{i=1}^{i=n} u_{\text{gas}} \times c_{\text{gas},i} \times q_{\text{mew},i} \times \frac{1}{f} \quad (\text{in g/prova}) \quad (26)$$

dove:

- $u_{\text{gas},i}$ è il rapporto istantaneo tra la densità del componente del gas di scarico e la densità del gas di scarico
 $c_{\text{gas},i}$ è la concentrazione istantanea del componente nel gas di scarico, ppm
 $q_{\text{mew},i}$ è la portata massica istantanea del gas di scarico, kg/s
 f è la frequenza di campionamento dei dati, Hz
 n è il numero di misurazioni

I valori u istantanei si calcolano come segue:

$$U_{\text{gas},i} = M_{\text{gas}} / (M_{e,i} \times 1\,000) \quad (27)$$

o

$$u_{\text{gas},i} = \rho_{\text{gas}} / (\rho_{e,i} \times 1\,000) \quad (28)$$

in cui:

$$\rho_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} / 22,414 \quad (29)$$

dove:

- M_{gas} è la massa molare del componente del gas, g/mol (v. appendice 6)
 $M_{e,i}$ è la massa molare istantanea del gas di scarico, g/mol
 ρ_{gas} è la densità del componente del gas, kg/m³
 $\rho_{e,i}$ è la densità istantanea del gas di scarico, kg/m³

La massa molare del gas di scarico, M_e , si ricava nel modo seguente facendo riferimento a una composizione generica del carburante $\text{CH}_\alpha\text{O}_\varepsilon\text{N}_\delta\text{S}_\gamma$, ipotizzando una combustione completa:

$$M_{e,i} = \frac{1 + \frac{q_{\text{mf},i}}{q_{\text{maw},i}}}{\frac{q_{\text{mf},i}}{q_{\text{maw},i}} \times \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12,011 + 1,00794 \times \alpha + 15,9994 \times \varepsilon + 14,0067 \times \delta + 32,065 \times \gamma} + \frac{H_a \times 10^{-3}}{2 \times 1,00794 + 15,9994} + \frac{1}{M_a}}{1 + H_a \times 10^{-3}} \quad (30)$$

dove:

- $q_{\text{maw},i}$ è la portata massica istantanea dell'aria di aspirazione su umido, kg/s
 $q_{\text{mf},i}$ è la portata massica istantanea del carburante, kg/s
 H_a è l'umidità dell'aria di aspirazione, g di acqua per kg di aria secca
 M_a è la massa molare dell'aria di aspirazione secca = 28,965 g/mol

La densità del gas di scarico ρ_e si ricava nel modo seguente:

$$\rho_{e,i} = \frac{1000 + H_a + 1000 \times (q_{\text{mf},i} / q_{\text{mad},i})}{773,4 + 1,2434 \times H_a + k_f \times 1000 \times (q_{\text{mf},i} / q_{\text{mad},i})} \quad (31)$$

dove:

- $q_{\text{mad},i}$ è la portata massica istantanea dell'aria di aspirazione su secco, kg/s
 $q_{\text{mf},i}$ è la portata massica istantanea del carburante, kg/s
 H_a è l'umidità dell'aria di aspirazione, g di acqua per kg di aria secca
 k_f è il fattore specifico per il carburante secondo l'equazione 11 del punto 8.1.1.

8.3.3. Determinazione del particolato

8.3.3.1. Introduzione

Per la determinazione del particolato è necessario diluire il campione con aria ambiente filtrata, aria sintetica o azoto. Il sistema di diluizione a flusso parziale deve essere regolato in modo da evitare completamente la condensazione dell'acqua nei sistemi di diluizione e campionamento e da mantenere la temperatura del gas di scarico diluito a un valore compreso tra 315 K (42 °C) e 325 K (52 °C) immediatamente a monte dei portafiltri.

La deumidificazione dell'aria di diluizione prima dell'ingresso nel sistema di diluizione è ammessa ed è particolarmente utile se l'umidità è elevata. La temperatura dell'aria di diluizione deve essere $> 288 \text{ K}$ (15 °C) nelle immediate vicinanze dell'ingresso nel tunnel di diluizione.

Il sistema di diluizione a flusso parziale deve essere progettato in modo da prelevare un campione proporzionale di gas di scarico grezzo dal flusso di gas di scarico del motore (e rispondere quindi alle escursioni della portata di gas di scarico), e introdurre l'aria di diluizione nel campione in modo da raggiungere una temperatura compresa fra 315 K (42 °C) e 325 K (52 °C) al filtro di prova. A tal fine è essenziale determinare il rapporto di diluizione r_d o di campionamento r_s in modo da soddisfare i criteri di accuratezza di cui al punto 9.4.4.

Per la determinazione della massa del particolato si utilizzano un sistema di campionamento del particolato, un filtro di campionamento del particolato, una bilancia precisa al microgrammo e una camera di pesata a temperatura e umidità controllate. Informazioni particolareggiate sul sistema sono riportate nel punto 9.4.

8.3.3.2. Campionamento del particolato

In linea di massima, la sonda di campionamento del particolato deve essere montata nelle immediate vicinanze della sonda di campionamento delle emissioni gassose, ma a una distanza tale da non causare interferenze. Quindi le disposizioni relative all'installazione di cui al punto 8.3.2.2 si applicano anche al campionamento del particolato. La linea di campionamento deve essere conforme alle prescrizioni dell'appendice 3.

Nel caso di un motore multicilindrico con collettore di scarico ramificato, l'ingresso della sonda deve essere sufficientemente spostato verso valle da assicurare che il campione sia rappresentativo delle emissioni medie allo scarico di tutti i cilindri. Nei motori multicilindrici con gruppi di collettori distinti, come nel caso dei motori a «V», si raccomanda di congiungere i collettori a monte della sonda di campionamento. Se questa soluzione non è praticabile, è consentito prelevare un campione dal gruppo con la più elevata emissione di particolato. Per il calcolo delle emissioni allo scarico si usa la portata massica totale del motore allo scarico.

8.3.3.3. Tempo di risposta del sistema

Per la regolazione dei sistemi di diluizione a flusso parziale è necessaria una risposta veloce del sistema. Per la determinazione del tempo di trasformazione del sistema si utilizza il procedimento indicato al punto 9.4.7.3. Se il tempo di trasformazione combinato della misurazione del flusso del gas di scarico (v. punto 8.3.1.2) e del sistema a flusso parziale è $< 0,3$ secondi, è possibile utilizzare il controllo in linea. Se il tempo di trasformazione supera $0,3$ secondi, si utilizza il «controllo predittivo» sulla base di un ciclo di prova preregistrato. In questo caso il tempo di salita combinato deve essere $\leq 1 \text{ s}$ e il tempo di ritardo combinato $\leq 10 \text{ s}$.

La risposta totale del sistema deve essere concepita in modo tale da ottenere un campione rappresentativo del particolato, $q_{mp, i}$, proporzionale alla portata massica del gas di scarico. Per determinare la proporzionalità, si effettua un'analisi di regressione di $q_{mp, i}$ rispetto a $q_{mew, i}$ con una frequenza di acquisizione dei dati di almeno 5 Hz e si rispettano i seguenti criteri:

- a) il coefficiente di determinazione r^2 della regressione lineare tra $q_{mp, i}$ e $q_{mew, i}$ non deve essere inferiore a $0,95$;
- b) l'errore standard della stima di $q_{mp, i}$ rispetto a $q_{mew, i}$ non deve superare il 5 per cento del massimo di $q_{mp, i}$;
- c) l'intercetta su $q_{mp, i}$ della linea di regressione non deve essere superiore a ± 2 per cento del massimo di $q_{mp, i}$.

Se i tempi di trasformazione combinati del sistema per la determinazione del particolato $t_{50, P}$ e del segnale della portata massica del gas di scarico $t_{50, F}$ sono $> 0,3 \text{ s}$ è necessario utilizzare il «controllo predittivo». In questo caso può essere eseguita una prova preliminare e il segnale della portata massica del gas di scarico della prova preliminare può essere utilizzato per il controllo della portata del campione nel sistema per la determinazione del particolato. Si ottiene un controllo corretto del sistema di diluizione se la traccia temporale di $q_{mew, pre}$ della prova preliminare, che controlla $q_{mp, i}$, viene corretta con uno «sfasamento predittivo» di $t_{50, P} + t_{50, F}$.

Per stabilire la correlazione tra $q_{mp, i}$ e $q_{mew, i}$ occorre usare i dati rilevati nel corso della prova effettiva, allineando nel tempo $q_{mew, i}$ di $t_{50, F}$ rispetto a $q_{mp, i}$ ($t_{50, P}$ non interviene nell'allineamento temporale). In altri termini, lo sfasamento temporale tra q_{mew} e q_{mp} è la differenza tra i rispettivi tempi di trasformazione determinati nel punto 9.4.7.3.

8.3.3.4. Valutazione dei dati

Per ottenere la massa del campione di particolato m_f si sottrae la tara del filtro, determinata nel modo indicato al punto 7.8.2.2, al peso lordo del filtro, determinato nel modo indicato al punto 7.8.4.5. Per la valutazione della concentrazione di particolato, si registra la massa totale del campione (m_{sep}) che passa attraverso il filtro nell'arco del ciclo di prova.

Prima approvazione dell'autorità di omologazione, la massa del particolato può essere corretta per tenere conto del livello di particolato dell'aria di diluizione, determinato nel punto 7.8.2.5, coerentemente con la buona pratica ingegneristica e le caratteristiche progettuali specifiche del sistema di misura del particolato utilizzato.

8.3.3.5. Calcolo delle emissioni massiche

A seconda delle caratteristiche progettuali del sistema, per il calcolo della massa del particolato (g/prova) si utilizza uno dei metodi indicati ai punti 8.3.3.5.1 e 8.3.3.5.2 dopo correzione degli effetti di galleggiabilità della massa del campione di particolato conformemente al punto 9.4.3.5. Nell'appendice 6 è riportato un esempio dei procedimenti di calcolo.

8.3.3.5.1. Calcolo basato sul rapporto di campionamento

$$m_{PM} = m_f / (r_s \times 1\,000) \quad (32)$$

dove:

m_f è la massa di particolato campionata nell'arco del ciclo, mg

r_s è il rapporto medio di campionamento nell'arco del ciclo di prova

in cui:

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \times \frac{m_{sep}}{m_{sed}} \quad (33)$$

dove:

m_{se} è la massa del campione nell'arco del ciclo, kg

m_{ew} è la portata massica totale del gas di scarico nell'arco del ciclo, kg

m_{sep} è la massa del gas di scarico diluito che passa attraverso i filtri di raccolta del particolato, kg

m_{sed} è la massa del gas di scarico diluito che passa attraverso il tunnel di diluizione, kg

Nel caso di un sistema di campionamento totale, m_{sep} e m_{sed} sono identici.

8.3.3.5.2. Calcolo basato sul rapporto di diluizione

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \times \frac{m_{edf}}{1,000} \quad (34)$$

dove:

m_f è la massa di particolato campionata nell'arco del ciclo, mg

m_{sep} è la massa del gas di scarico diluito che passa attraverso i filtri di raccolta del particolato, kg

m_{edf} è la massa del gas di scarico diluito equivalente nell'arco del ciclo, kg

La massa totale del gas di scarico diluito equivalente nell'arco del ciclo è determinata come indicato di seguito:

$$m_{edf} = \sum_{i=1}^{i=n} q_{medf,i} \times \frac{1}{f} \quad (35)$$

$$q_{medf,i} = q_{mew,i} \times r_{d,i} \quad (36)$$

$$r_{d,i} = \frac{q_{mdew,i}}{(q_{mdew,i} - q_{mdw,i})} \quad (37)$$

dove:

- $q_{med,i}$ è la portata massica istantanea equivalente del gas di scarico diluito, kg/s
- $q_{mew,i}$ è la portata massica istantanea del gas di scarico, kg/s
- $r_{d,i}$ è il rapporto di diluizione istantaneo
- $q_{mdew,i}$ è la portata massica istantanea del gas di scarico diluito, kg/s
- $q_{mdw,i}$ è la portata massica istantanea dell'aria di diluizione, kg/s
- f è la frequenza di campionamento dei dati, Hz
- n è il numero di misurazioni

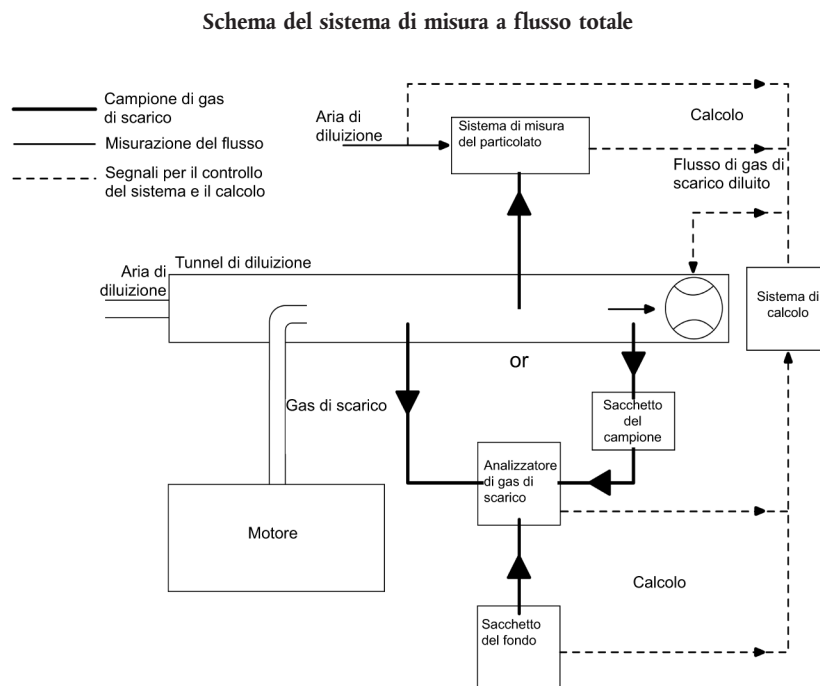
8.4. Misurazione con diluizione a flusso totale (CVS)

Per il calcolo delle emissioni massiche si utilizzano i segnali di concentrazione dei componenti gassosi, ottenuti mediante integrazione nell'arco del ciclo oppure campionamento con sacchetto, moltiplicandoli per la portata massica del gas di scarico diluito. La portata massica del gas di scarico si misura con un sistema di campionamento a volume costante (CVS), che può utilizzare una pompa volumetrica (PDP), un tubo Venturi a flusso critico (CFV) o un tubo Venturi subsonico (SSV) con o senza compensazione del flusso.

Per il campionamento con sacchetto e il campionamento del particolato, si preleva un campione proporzionale dal gas di scarico diluito del sistema CVS. Per i sistemi senza compensazione del flusso, il rapporto tra il flusso del campione e il flusso del CVS non deve mostrare variazioni superiori a $\pm 2,5$ per cento rispetto al *set point* della prova. Per i sistemi con compensazione del flusso, ogni singola portata deve essere costante e non discostarsi di più del $\pm 2,5$ per cento dal valore obiettivo.

Il procedimento di prova è illustrato schematicamente nella figura 7.

Figura 7



8.4.1. Determinazione del flusso di gas di scarico diluito

8.4.1.1. Introduzione

Per calcolare le emissioni contenute nel gas di scarico diluito è necessario conoscere la portata massica del gas di scarico diluito. Il flusso totale di gas di scarico diluito nell'arco del ciclo ($kg/prova$) si calcola in base ai valori delle misurazioni effettuate nell'arco del ciclo e ai corrispondenti dati di taratura del dispositivo di misura della portata (V_0 per PDP, K_V per CFV, C_d per SSV) con uno dei metodi descritti ai punti da 8.4.1.2 a 8.4.1.4. Se il flusso totale del campione di particolato (m_{sep}) supera lo 0,5 per cento del flusso totale del CVS (m_{ed}), il flusso del CVS deve essere corretto per tenere conto di m_{sep} oppure il flusso del campione di particolato deve essere reindirizzato nel CVS prima che nel dispositivo di misura della portata.

8.4.1.2. Sistema PDP-CVS

Per calcolare la portata massica nell'arco del ciclo occorre procedere nella maniera descritta di seguito, avendo cura di mantenere la temperatura del gas di scarico diluito a un valore costante ± 6 K nell'arco del ciclo utilizzando uno scambiatore di calore.

$$m_{ed} = 1,293 \times V_0 \times n_p \times p_p \times 273 / (101,3 \times T) \quad (38)$$

dove:

V_0 è il volume di gas pompato per giro nelle condizioni di prova, m^3/giro
 n_p è il numero totale di giri della pompa per prova
 p_p è la pressione assoluta all'ingresso della pompa, kPa
 T è la temperatura media del gas di scarico diluito all'ingresso della pompa, K

Se si usa un sistema con compensazione del flusso (vale a dire senza scambiatore di calore), occorre calcolare le emissioni massiche istantanee e integrarle nell'arco del ciclo. In tal caso, per calcolare la massa istantanea del gas di scarico diluito, si procede come segue:

$$m_{ed,i} = 1,293 \times V_0 \times n_{p,i} \times p_p \times 273 / (101,3 \times T) \quad (39)$$

dove:

$n_{p,i}$ è il numero totale di giri della pompa per intervallo di tempo

8.4.1.3. Sistema CFV-CVS

Per calcolare la portata massica nell'arco del ciclo occorre procedere nella maniera indicata di seguito, avendo cura di mantenere la temperatura del gas di scarico diluito a un valore costante ± 11 K nell'arco del ciclo utilizzando uno scambiatore di calore:

$$m_{ed} = 1,293 \times t \times K_v \times p_p / T^{0,5} \quad (40)$$

dove:

t è la durata del ciclo, s
 K_v è il coefficiente di taratura del tubo Venturi a flusso critico in condizioni normali
 p_p è la pressione assoluta all'ingresso del tubo Venturi, kPa
 T è la temperatura assoluta all'ingresso del tubo Venturi, K

Se si usa un sistema con compensazione del flusso (vale a dire senza scambiatore di calore), occorre calcolare le emissioni massiche istantanee e integrarle nell'arco del ciclo. In tal caso, per calcolare la massa istantanea del gas di scarico diluito, si procede come segue:

$$m_{ed,i} = 1,293 \times \Delta t_i \times K_v \times p_p / T^{0,5} \quad (41)$$

dove:

Δt_i è l'intervallo di tempo, s

8.4.1.4. Sistema SSV-CVS

Per calcolare la portata massica nell'arco del ciclo occorre procedere nella maniera indicata di seguito, avendo cura di mantenere la temperatura del gas di scarico diluito a un valore costante ± 11 K nell'arco del ciclo utilizzando uno scambiatore di calore.

$$m_{ed} = 1,293 \times Q_{SSV} \quad (42)$$

with

$$Q_{SSV} = A_0 \times d_v \times C_d \times p_p \times \sqrt{\left[\frac{1}{T} \times (r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}) \times \left(\frac{1}{1 - r_D^4 \times r_p^{1,4286}} \right) \right]} \quad (43)$$

dove:

A_0 è 0,006111 in unità SI di $\left(\frac{m^3}{\text{min}} \right) \left(\frac{K^2}{\text{kPa}} \right) \left(\frac{1}{\text{mm}^2} \right)$

d_v è il diametro di gola dell'SSV, m

C_d è il coefficiente di efflusso dell'SSV

p_p è la pressione assoluta all'ingresso del tubo Venturi, kPa

T è la temperatura all'ingresso del tubo Venturi, K

r_p è il rapporto tra la pressione alla gola dell'SSV e la pressione assoluta e statica all'ingresso, $1 - \frac{\Delta p}{P_a}$

r_D rapporto tra il diametro di gola dell'SSV, d , e il diametro interno del condotto di ingresso D

Se si usa un sistema con compensazione del flusso (vale a dire senza scambiatore di calore), occorre calcolare le emissioni massiche istantanee e integrarle nell'arco del ciclo. In tal caso, per calcolare la massa istantanea del gas di scarico diluito, si procede come segue:

$$m_{ed} = 1,293 \times Q_{SSV} \times \Delta t_i \quad (44)$$

dove:

Δt_i è l'intervallo di tempo, s

Il calcolo in tempo reale deve essere effettuato inizialmente con un valore plausibile per C_d , ad esempio 0,98, o con un valore plausibile per Q_{SSV} . Se il calcolo è effettuato con Q_{SSV} , il valore iniziale di Q_{SSV} deve essere utilizzato per valutare il numero di Reynolds.

Nel corso di tutte le prove relative alle emissioni, il numero di Reynolds alla gola del SSV deve rientrare nel campo dei numeri di Reynolds utilizzati per ricavare la curva di taratura di cui al punto 9.5.4.

8.4.2. Determinazione dei componenti gassosi

8.4.2.1. Introduzione

I componenti gassosi presenti nel gas di scarico diluito emesso dal motore sottoposto alla prova si misurano con i metodi descritti nell'appendice 3. La diluizione del gas di scarico si effettua con aria ambiente filtrata, aria sintetica o azoto. La capacità di flusso del sistema di diluizione a flusso totale deve essere sufficientemente elevata da evitare completamente la condensazione dell'acqua nei sistemi di diluizione e campionamento. I procedimenti di calcolo e valutazione dei dati sono descritti nei punti 8.4.2.3 e 8.4.2.4.

8.4.2.2. Campionamento delle emissioni gassose

Il condotto di scarico collocato tra il motore e il sistema di diluizione a flusso totale deve rispettare le prescrizioni dell'appendice 3. La sonda o le sonde per il campionamento delle emissioni gassose devono essere installate nel tunnel di diluizione in un punto in cui l'aria di diluizione e il gas di scarico sono ben miscelati, e nelle immediate vicinanze della sonda di campionamento del particolato.

È possibile, in generale, effettuare il campionamento in due modi:

- a) campionamento delle emissioni in un sacchetto di campionamento nell'arco del ciclo e loro misurazione dopo il completamento della prova; per gli HC, il sacchetto di campionamento deve essere riscaldato a 464 ± 11 K (191 ± 11 °C), mentre per gli NO_x il sacchetto di campionamento deve essere a una temperatura superiore a quella di rugiada;
- b) campionamento continuo delle emissioni e loro integrazione nell'arco del ciclo.

Il campionamento delle concentrazioni di fondo deve essere effettuato a monte del tunnel di diluizione in un sacchetto di campionamento; le concentrazioni di fondo devono essere sottratte alla concentrazione delle emissioni come indicato nel punto 2.2.3.

8.4.2.3. Valutazione dei dati

Per il campionamento in continuo, la concentrazione delle emissioni (HC, CO e NO_x) deve essere registrata con una frequenza di almeno 1 Hz e memorizzata in un sistema informatico; per il campionamento in sacchetto, è necessario un valore medio per prova. La portata del gas di scarico diluito e tutti gli altri dati devono essere registrati con una frequenza di campionamento di almeno 1 Hz. Per gli analizzatori analogici, si registra la risposta e si applicano i dati di taratura in linea o fuori linea in sede di valutazione dei dati.

8.4.2.4. Calcolo delle emissioni massiche

8.4.2.4.1. Sistemi a flusso massico costante

Per sistemi con scambiatore di calore, la massa degli inquinanti (g/prova) viene determinata con l'equazione seguente:

$$m_{\text{gas}} = u_{\text{gas}} \times c_{\text{gas}} \times m_{\text{ed}} \quad (\text{in g/prova}) \quad (45)$$

dove:

u_{gas} è il rapporto tra la densità del componente del gas di scarico e la densità dell'aria

c_{gas} è la concentrazione media corretta di fondo del componente considerato, ppm

m_{ed} è la massa totale del gas di scarico diluito nell'arco del ciclo, kg

Se la misurazione viene effettuata su secco, si applica la correzione da secco a umido conformemente al punto 8.1.

Per il calcolo degli NO_x , l'emissione massica deve essere moltiplicata per il fattore di correzione dell'umidità $k_{h,D}$, o $k_{h,G}$, determinato conformemente al punto 8.2.

I valori u sono indicati nella tabella 5. Per il calcolo dei valori u_{gas} , si assume che la densità del gas di scarico diluito sia uguale alla densità dell'aria. Pertanto, i valori u_{gas} sono identici per i singoli componenti del gas, ma diversi per gli HC.

In alternativa, si può utilizzare il metodo di calcolo con equazioni esatte di cui al punto 8.3.2.5, equazioni 27 o 28.

Tabella 5

Valori u e densità dei componenti del gas di scarico diluito

Carburante	ρ_{de}	Gas					
		NO_x	CO	HC	CO_2	O_2	CH_4
		$\rho_{\text{gas}} \text{ [kg/m}^3\text{]}$					
		2,053	1,250	(^e)	1,9636	1,4277	0,716
$u_{\text{gas}} \text{ (b)}$							
Diesel	1,293	0,001588	0,000967	0,000480	0,001519	0,001104	0,000553
Etanolo	1,293	0,001588	0,000967	0,000795	0,001519	0,001104	0,000553
GNC (^c)	1,293	0,001588	0,000967	0,000584 (^d)	0,001519	0,001104	0,000553
Propano	1,293	0,001588	0,000967	0,000507	0,001519	0,001104	0,000553
Butano	1,293	0,001588	0,000967	0,000501	0,001519	0,001104	0,000553
GPL (^e)	1,293	0,001588	0,000967	0,000505	0,001519	0,001104	0,000553

(^a) in funzione del carburante.

(^b) a $\lambda = 2$, aria secca, 273 K, 101,3 kPa.

(^c) u accurato allo 0,2 % per la composizione massica: C = 66-76 %; H = 22-25 %; N = 0-12 %.

(^d) NMHC sulla base di $\text{CH}_{2,93}$ (per gli HC totali si utilizza il coefficiente u_{gas} del CH_4).

(^e) u accurato allo 0,2 % per la composizione massica: C3 = 70-90 %; C4 = 10-30 %.

8.4.2.4.2. Determinazione delle concentrazioni corrette in funzione del fondo

Per ottenere la concentrazione netta degli inquinanti occorre sottrarre alla concentrazione misurata la concentrazione media di fondo degli inquinanti gassosi nell'aria di diluizione. I valori medi delle concentrazioni di fondo possono essere determinati mediante il metodo del campionamento a sacchetto oppure mediante misurazione continua e integrazione. Si utilizza l'equazione seguente:

$$c = c_c - c_d \times (1 - (1/D)) \quad (46)$$

dove:

- c_e è la concentrazione del componente misurata nel gas di scarico diluito, ppm
 c_d è la concentrazione del componente misurata nell'aria di diluizione, ppm
 D è il fattore di diluizione

Il fattore di diluizione si calcola come segue:

- a) per i motori diesel e a GPL

$$D = \frac{F_s}{c_{CO_2,e} + (c_{HC,e} + c_{CO,e}) \times 10^{-4}} \quad (47)$$

- b) per i motori a GN

$$D = \frac{F_s}{c_{CO_2,e} + (c_{NMHC,e} + c_{CO,e}) \times 10^{-4}} \quad (48)$$

dove:

- $c_{CO_2,e}$ è la concentrazione su umido di CO₂ nel gas di scarico diluito, percentuale vol.
 $c_{HC,e}$ è la concentrazione su umido di HC nel gas di scarico diluito, ppm C1
 $c_{NMHC,e}$ è la concentrazione su umido di NMHC nel gas di scarico diluito, ppm C1
 $c_{CO,e}$ è la concentrazione su umido di CO nel gas di scarico diluito, ppm
 F_s è il fattore stechiometrico

Il fattore stechiometrico si calcola come segue:

$$F_s = 100 \times \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3,76 \times \left(1 + \frac{\alpha}{4}\right)} \quad (49)$$

dove:

- α è il rapporto molare dell'idrogeno nel carburante (H/C)

In alternativa, se la composizione del carburante non è nota, si può usare il fattore stechiometrico seguente:

- F_s (diesel) = 13,4
 F_s (GPL) = 11,6
 F_s (GN) = 9,5

8.4.2.4.3. Sistemi con compensazione del flusso

Per sistemi senza scambiatore di calore, la massa degli inquinanti (g/prova) deve essere determinata calcolando le emissioni massiche istantanee e integrando i valori istantanei nell'arco del ciclo. Inoltre, la correzione in funzione del fondo deve essere applicata direttamente al valore di concentrazione istantaneo. Si applica l'equazione seguente:

$$m_{gas} = \sum_{i=1}^n [(m_{ed,i} \times c_e \times u_{gas})] - [(m_{ed} \times c_d \times (1 - 1/D) \times u_{gas})] \quad (50)$$

dove:

- c_e è la concentrazione del componente misurata nel gas di scarico diluito, ppm
 c_d è la concentrazione del componente misurata nell'aria di diluizione, ppm
 $m_{ed,i}$ è la massa istantanea del gas di scarico diluito, kg
 m_{ed} è la massa totale del gas di scarico diluito nell'arco del ciclo, kg
 u_{gas} è il valore tratto dalla tabella 5
 D è il fattore di diluizione

8.4.3. Determinazione del particolato

8.4.3.1. Introduzione

Per la determinazione del particolato è necessaria la doppia diluizione del campione con aria ambiente filtrata, aria sintetica o azoto. La capacità di flusso del sistema di diluizione a flusso pieno deve essere sufficiente ad evitare ogni fenomeno di condensazione dell'acqua nei sistemi di diluizione e campionamento e a mantenere la temperatura del gas di scarico diluito a un valore compreso tra 315 K (42 °C) e 325 K (52 °C) immediatamente a monte dei portafiltri. La deumidificazione dell'aria di diluizione prima dell'ingresso nel sistema di diluizione è ammessa ed è particolarmente utile se l'umidità è elevata. La temperatura dell'aria di diluizione deve essere > 288 K (15 °C) nelle immediate vicinanze dell'ingresso nel tunnel di diluizione.

Per determinare la massa del particolato si utilizzano un sistema di campionamento del particolato, un filtro di campionamento del particolato, una bilancia precisa al microgrammo e una camera di pesata a temperatura e umidità controllate. Informazioni particolareggiate sul sistema sono riportate nel punto 9.4.

8.4.3.2. Campionamento del particolato

La sonda di campionamento del particolato deve essere montata nelle immediate vicinanze della sonda di campionamento delle emissioni gassose, ma a una distanza tale da non causare interferenze nel tunnel di diluizione. Quindi le disposizioni relative all'installazione di cui al punto 8.3.2.2 si applicano anche al campionamento del particolato. La linea di campionamento deve essere conforme alle prescrizioni dell'appendice 3.

8.4.3.3. Calcolo delle emissioni massiche

La massa di particolato (g/prova) si calcola dopo correzione degli effetti di galleggiabilità della massa del campione del particolato conformemente al punto 9.4.3.5 nel modo seguente:

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \times \frac{m_{ed}}{1,000} \quad (51)$$

dove:

m_f è la massa di particolato campionata nell'arco del ciclo, mg

m_{sep} è la massa del gas di scarico diluito che passa attraverso i filtri di raccolta del particolato, kg

m_{ed} è la massa del gas di scarico diluito nell'arco del ciclo, kg

in cui:

$$m_{sep} = m_{set} - m_{ssd} \quad (52)$$

dove:

m_{set} è la massa del gas di scarico sottoposto a doppia diluizione che passa attraverso il filtro di raccolta del particolato, kg

m_{ssd} è la massa dell'aria di diluizione secondaria, kg

Se il valore di fondo del particolato nell'aria di diluizione viene determinato secondo il punto 7.8.2.5, si può correggere la massa del particolato per tenere conto dei valori di fondo. In questo caso, la massa di particolato (g/prova) si calcola come segue:

$$m_{PM} = \left[\frac{m_f}{m_{sep}} - \left(\frac{m_b}{m_{sd}} \times \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right) \right] \times \frac{m_{ed}}{1000} \quad (53)$$

dove:

m_{sep} è la massa del gas di scarico diluito che passa attraverso i filtri di raccolta del particolato, kg

m_{ed} è la massa del gas di scarico diluito nell'arco del ciclo, kg

m_{sd} è la massa dell'aria di diluizione campionata mediante il campionatore del particolato di fondo, kg

m_b è la massa del particolato di fondo raccolto nell'aria di diluizione, mg

D è il fattore di diluizione determinato nel punto 8.4.2.4.2.

8.5. Calcoli generali

8.5.1. Calcolo di NMHC e CH₄ con il dispositivo di eliminazione degli idrocarburi non metanici

La concentrazione di NMHC e CH₄ si calcola come segue:

$$c_{\text{NMHC}} = \frac{c_{\text{HC(s/Cutter)}} \times (1 - E_M) - c_{\text{HC(c/Cutter)}}}{E_E - E_M} \quad (54)$$

$$c_{\text{CH}_4} = \frac{c_{\text{HC(s/Cutter)}} - c_{\text{HC(c/Cutter)}} \times (1 - E_E)}{E_E - E_M} \quad (55)$$

dove:

$c_{\text{HC(c/Cutter)}}$ è la concentrazione di HC quando il campione di gas fluisce attraverso l'NMC, ppm
 $c_{\text{HC(s/Cutter)}}$ è la concentrazione di HC quando il campione di gas bypassa l'NMC, ppm
 E_M è l'efficienza riferita al metano determinata come indicato al punto 9.3.8.1
 E_E è l'efficienza riferita all'etano determinata come indicato al punto 9.3.8.2

8.5.2. Calcolo delle emissioni specifiche

Le emissioni specifiche e_{gas} o e_{PM} (g/kWh) di ciascun componente si calcolano nei modi seguenti, a seconda del tipo di ciclo di prova.

8.5.2.1. Risultato di prova

Per i cicli WHSC, WHTC a caldo o WHTC a freddo, si applica la formula seguente:

$$e = \frac{m}{W_{\text{eff}}} \quad (56)$$

dove:

m è l'emissione in massa del componente, g/prova
 W_{eff} è il lavoro prodotto nel ciclo effettivo, determinato conformemente al punto 7.7.1, kWh

Per la prova WHTC, il risultato di prova finale si ottiene ponderando i risultati ottenuti in una prova con avviamento a freddo e una prova con avviamento a caldo utilizzando l'equazione seguente:

$$e = \frac{(0,1 \times m_{\text{freddo}}) + (0,9 \times m_{\text{caldo}})}{(0,1 \times W_{\text{eff,freddo}}) + (0,9 \times W_{\text{eff,caldo}})} \quad (57)$$

8.5.2.2. Sistemi di post-trattamento del gas di scarico con rigenerazione periodica

Le emissioni con avviamento a caldo devono essere ponderate nel modo seguente:

$$e_w = \frac{n \times \bar{e} + n_r \times \bar{e}_r}{n + n_r} \quad (58)$$

dove:

n è il numero di prove WHTC con avviamento a caldo mentre non è in corso la rigenerazione
 n_r è il numero di prove WHTC con avviamento a caldo mentre è in corso la rigenerazione (almeno una prova)
 e è l'emissione specifica media mentre non è in corso la rigenerazione, g/kWh
 e_r è l'emissione specifica media mentre è in corso la rigenerazione, g/kWh

Il fattore di rigenerazione k_r si calcola come segue:

$$k_r = \frac{e_w}{e} \quad (59)$$

Il fattore di rigenerazione k_r :

a) si applica al risultato ponderato della prova WHTC del punto 8.5.2.2,

- b) può essere applicato alla prova WHSC e alla prova WHTC a freddo, se durante il ciclo si produce la rigenerazione,
- c) può essere applicato ad altri componenti della stessa famiglia di motori,
- d) può essere applicato ad altre famiglie di motori che utilizzano lo stesso sistema di post-trattamento previa approvazione dell'autorità di omologazione, concessa sulla base di dati tecnici oggettivi forniti dal costruttore che dimostrino che le emissioni sono simili.

9. APPARECCHIATURE DI MISURA

Il presente allegato non contiene informazioni particolareggiate sulle apparecchiature o sui sistemi per la misurazione di flusso, pressione e temperatura, ma si limita a riportare, nel punto 9.2, i requisiti di linearità delle apparecchiature o dei sistemi necessari per l'effettuazione delle prove di emissione.

9.1. Specifiche del dinamometro

Il dinamometro deve avere caratteristiche adeguate per effettuare il ciclo di prova descritto nei punti 7.2 e 7.3.

La strumentazione per la misura della coppia e del regime deve permettere di misurare la potenza all'albero con l'accuratezza necessaria per soddisfare i criteri di convalida del ciclo. Possono essere necessari calcoli aggiuntivi. L'accuratezza dell'apparecchiatura di misura deve essere tale da non eccedere i requisiti di linearità indicati nel punto 9.2, tabella 6.

9.2. Requisiti di linearità

La taratura di tutti gli strumenti e i sistemi di misura deve essere riferibile a campioni nazionali (internazionali). Gli strumenti e i sistemi di misura devono rispettare i requisiti di linearità indicati nella tabella 6. Per gli analizzatori di gas, la verifica della linearità conformemente al punto 9.2.1 deve essere effettuata almeno una volta ogni tre mesi o ogni volta che sul sistema viene effettuata una riparazione o modifica in grado di influire sulla taratura. Per gli altri strumenti e sistemi, la verifica della linearità deve essere effettuata come prescritto dalle procedure interne di verifica, dal costruttore dello strumento o secondo quanto prescritto dalla norma ISO 9000.

Tabella 6

Requisiti di linearità degli strumenti e sistemi di misura

Sistema di misura	Intercetta su b	Coefficiente angolare m	Errore standard SEE	Coefficiente di determinazione r ²
Regime motore	≤ 0,05 % max	0,98-1,02	≤ 2 % max	≥ 0,990
Coppia motore	≤ 1 % max	0,98-1,02	≤ 2 % max	≥ 0,990
Flusso carburante	≤ 1 % max	0,98-1,02	≤ 2 % max	≥ 0,990
Flusso aria	≤ 1 % max	0,98-1,02	≤ 2 % max	≥ 0,990
Flusso gas di scarico	≤ 1 % max	0,98-1,02	≤ 2 % max	≥ 0,990
Flusso aria diluizione	≤ 1 % max	0,98-1,02	≤ 2 % max	≥ 0,990
Flusso gas di scarico diluito	≤ 1 % max	0,98-1,02	≤ 2 % max	≥ 0,990
Flusso campione	≤ 1 % max	0,98-1,02	≤ 2 % max	≥ 0,990
Analizzatori gas	≤ 0,5 % max	0,99-1,01	≤ 1 % max	≥ 0,998
Divisori gas	≤ 0,5 % max	0,98-1,02	≤ 2 % max	≥ 0,990

Sistema di misura	Intercetta su b	Coefficiente angolare m	Errore standard SEE	Coefficiente di determinazione r^2
Temperature	$\leq 1\% \text{ max}$	0,99-1,01	$\leq 1\% \text{ max}$	$\geq 0,998$
Pressioni	$\leq 1\% \text{ max}$	0,99-1,01	$\leq 1\% \text{ max}$	$\geq 0,998$
PM	$\leq 1\% \text{ max}$	0,99-1,01	$\leq 1\% \text{ max}$	$\geq 0,998$

9.2.1. Verifica della linearità

9.2.1.1. Introduzione

Per ciascun sistema di misura indicato nella tabella 6 deve essere effettuata una verifica di linearità, introducendo nel sistema almeno 10 valori di riferimento e confrontando i valori misurati ai valori di riferimento per mezzo di una regressione lineare effettuata con il metodo dei minimi quadrati. I limiti massimi della tabella 6 si riferiscono ai valori massimi attesi durante le prove.

9.2.1.2. Prescrizioni generali

I sistemi di misura devono essere riscaldati attenendosi alle raccomandazioni del fabbricante degli strumenti e devono funzionare alla temperatura, pressione e flusso indicati nelle specifiche.

9.2.1.3. Procedimento

La verifica di linearità si effettua per ciascun campo di lavoro normalmente utilizzato mediante il procedimento seguente.

- a) Si azzerava lo strumento introducendo un segnale zero. Per gli analizzatori di gas, si introduce aria sintetica purificata (o azoto) direttamente nel raccordo di entrata nell'analizzatore.
- b) Si calibra lo strumento introducendo un segnale di calibrazione. Per gli analizzatori di gas, si introduce aria sintetica purificata (o azoto) direttamente nel raccordo di entrata dell'analizzatore.
- c) Si ripete la procedura di azzeramento indicata al punto a).
- d) Si effettua la verifica introducendo almeno 10 valori di riferimento (tra cui zero) compresi tra zero e i valori massimi attesi durante le prove relative alle emissioni. Per gli analizzatori di gas, si introducono concentrazioni note di gas direttamente nel raccordo di entrata dell'analizzatore.
- e) Si misurano i valori di riferimento con una frequenza di almeno 1 Hz per 30 secondi e si registrano i valori misurati.
- f) Utilizzando le medie aritmetiche dei valori registrati nel periodo di 30 secondi, si calcolano i parametri di regressione lineare con il metodo dei minimi quadrati conformemente all'equazione 6 del punto 7.7.2.
- g) I parametri di regressione lineare devono essere conformi alle prescrizioni del punto 9.2, tabella 6.
- h) Se necessario, si ricontra la regolazione dello zero e si ripete la procedura di verifica.

9.3. Misurazione delle emissioni gassose e sistema di campionamento

9.3.1. Specifiche dell'analizzatore

9.3.1.1. Prescrizioni generali

Gli analizzatori devono avere un campo di misura e un tempo di risposta che permettano di ottenere l'accuratezza necessaria per la misura delle concentrazioni dei componenti del gas di scarico in condizioni transitorie e stazionarie.

Il livello di compatibilità elettromagnetica (EMC) dell'apparecchiatura deve permettere di minimizzare il rischio di errori aggiuntivi.

9.3.1.2. Accuratezza

L'accuratezza è definita come la differenza tra il valore indicato dall'analizzatore e il valore di riferimento. L'accuratezza non deve essere peggiore del valore più elevato tra ± 2 per cento del valore indicato e $\pm 0,3$ per cento del fondo scala.

9.3.1.3. Precisione

La precisione, definita come 2,5 volte la deviazione standard di dieci risposte ripetitive ad un dato gas di taratura o calibrazione, non deve essere superiore all'1 per cento della concentrazione di fondo scala per ciascun campo utilizzato al di sopra di 155 ppm (o ppm di C) o al 2 per cento di ciascun campo utilizzato al di sotto di 155 ppm (o ppm di C).

9.3.1.4. Rumore

La risposta da picco a picco dell'analizzatore ai gas di azzeramento e di taratura o calibrazione in qualsiasi periodo di 10 secondi non deve superare il 2 per cento del fondo scala in tutti i campi utilizzati.

9.3.1.5. Deriva dello zero

La risposta di zero è definita come la risposta media, incluso il rumore, ad un gas di azzeramento in un intervallo di tempo di 30 secondi. La deriva della risposta di zero in un periodo di un'ora deve essere inferiore al 2 per cento del fondo scala relativo al campo più basso utilizzato.

9.3.1.6. Deriva di calibrazione

La risposta di calibrazione è definita come la risposta media, incluso il rumore, ad un gas di calibrazione in un intervallo di tempo di 30 secondi. La deriva della risposta di calibrazione in un periodo di un'ora deve essere inferiore al 2 per cento del fondo scala relativo al campo più basso utilizzato.

9.3.1.7. Tempo di salita

Il tempo di salita dell'analizzatore installato nel sistema di misura non deve essere superiore a 2,5 secondi.

9.3.1.8. Essiccazione del gas

I gas di scarico possono essere misurati su umido o su secco. L'eventuale dispositivo di essiccazione del gas deve avere effetti trascurabili sulla composizione dei gas misurati. Non è ammesso l'uso di essiccatori chimici per rimuovere l'acqua dal campione.

9.3.2. Analizzatori di gas

9.3.2.1. Introduzione

I punti da 9.3.2.2 a 9.3.2.7 descrivono i principi di misura da applicare. Una descrizione dettagliata dei sistemi di misura figura nell'appendice 3. I gas da misurare devono essere analizzati con gli strumenti seguenti. Per gli analizzatori non lineari è ammesso l'uso di circuiti di linearizzazione.

9.3.2.2. Analisi del monossido di carbonio (CO)

L'analizzatore del monossido di carbonio deve essere del tipo ad assorbimento non dispersivo nell'infrarosso (NDIR).

9.3.2.3. Analisi del biossido di carbonio (CO₂)

L'analizzatore del biossido di carbonio deve essere del tipo ad assorbimento non dispersivo nell'infrarosso (NDIR).

9.3.2.4. Analisi degli idrocarburi (HC)

L'analizzatore degli idrocarburi deve essere del tipo con rivelatore a ionizzazione di fiamma riscaldato (HFID) in cui il rivelatore, le valvole, le tubature ecc. sono riscaldati in modo da mantenere il gas a una temperatura di $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$ ($190 \text{ °C} \pm 10 \text{ K}$). In via facoltativa, per i motori a GN e i motori ad accensione comandata l'analizzatore degli idrocarburi può essere del tipo con rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID) non riscaldato, a seconda del metodo usato (v. punto A.3.1.3).

9.3.2.5. Analisi degli idrocarburi non metanici (NMHC)

La determinazione della frazione non metanica degli idrocarburi si effettua con un dispositivo di eliminazione degli idrocarburi non metanici (NMC) riscaldato disposto in linea con un FID secondo il punto A.3.1.4 sottraendo il metano agli idrocarburi.

9.3.2.6. Analisi degli ossidi di azoto (NO_x)

Se la misurazione viene effettuata su secco, l'analizzatore degli ossidi di azoto deve essere un rivelatore a chemiluminescenza (CLD) o un rivelatore a chemiluminescenza riscaldato (HCLD) con convertitore NO₂/NO. Se la misurazione viene effettuata su umido, si usa un HCLD con convertitore mantenuto al di sopra di 328 K (55 °C), a condizione che il controllo dell'estinzione causata dall'acqua rientri nella norma (v. punto 9.3.9.2.2). Sia per il rivelatore CLD che per l'HCLD il percorso di campionamento deve essere mantenuto ad una temperatura di parete compresa tra 328 K e 473 K (tra 55 °C e 200 °C) fino al convertitore per la misurazione su secco e fino all'analizzatore per la misurazione su umido.

9.3.2.7. Misurazione del rapporto aria/carburante

L'apparecchio di misura del rapporto aria/carburante usato per determinare la portata di gas di scarico in conformità del punto 8.3.1.6 deve utilizzare un sensore del rapporto aria/carburante o un sensore lambda del tipo a ossido di zirconio con un ampio campo di misura. Il sensore deve essere montato direttamente sul condotto di scarico, in un punto in cui la temperatura del gas di scarico sia tale da evitare la condensazione dell'acqua.

L'accuratezza del sensore con elettronica incorporata deve essere conforme ai limiti seguenti:

± 3 per cento del valore indicato per $\lambda < 2$

± 5 per cento del valore indicato per $2 \leq \lambda < 5$

± 10 per cento del valore indicato per $5 \leq \lambda$

Per soddisfare i requisiti di accuratezza indicati, il sensore deve essere tarato conformemente alle indicazioni del costruttore dello strumento.

9.3.3. Gas di taratura

Si deve rispettare la durata di conservazione di tutti i gas di taratura e registrare la data di scadenza dei gas di taratura dichiarata dal produttore.

9.3.3.1. Gas puri

La purezza richiesta per i gas è definita dai limiti di contaminazione sottoindicati. Devono essere disponibili i seguenti gas:

azoto purificato

(contaminazione ≤ 1 ppm C1, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, ≤ 0,1 ppm NO)

ossigeno purificato

(purezza > 99,5 per cento v/v O₂)

miscela idrogeno-elio

(40 ± 2 per cento idrogeno, resto elio)

(contaminazione ≤ 1 ppm C1, ≤ 400 ppm CO₂)

aria sintetica purificata

(contaminazione ≤ 1 ppm C1, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, ≤ 0,1 ppm NO)

(tenore di ossigeno 18-21 per cento vol.)

9.3.3.2. Gas di taratura e di calibrazione

Per la taratura e la calibrazione devono essere disponibili gas con la composizione chimica indicata di seguito; sono ammesse combinazioni di altri gas, purché i gas non reagiscano l'uno con l'altro.

C₃H₈ e aria sintetica purificata (v. punto 9.3.3.1);

CO e azoto purificato

NO_x e azoto purificato (la quantità di NO₂ contenuta in questo gas di taratura non deve essere superiore al 5 per cento del tenore di NO);

CO₂ e azoto purificato;

CH₄ e aria sintetica purificata;

C₂H₆ e aria sintetica purificata.

La concentrazione effettiva dei gas di taratura e di calibrazione deve corrispondere alla concentrazione nominale con un'approssimazione massima di ± 1 per cento e deve essere riferibile a campioni nazionali e internazionali. Tutte le concentrazioni dei gas di taratura devono essere indicate in volume (percentuale in volume o ppm in volume).

9.3.3.3. Divisori di gas

I gas utilizzati per la taratura e per la calibrazione possono essere ottenuti anche mediante divisori di gas (dispositivi di miscelazione di precisione) effettuando la diluizione con N₂ purificato o con aria sintetica purificata. L'accuratezza del divisore di gas deve essere tale da permettere di determinare la concentrazione dei gas di taratura diluiti con un'approssimazione non superiore a ± 2 per cento. Per raggiungere tale grado di accuratezza è necessario che i gas primari utilizzati per la miscelazione siano noti con un'accuratezza minima di ± 1 per cento, riferibile a campioni di gas nazionali o internazionali. La verifica deve essere effettuata tra il 15 per cento e il 50 per cento del fondo scala per ogni taratura che comporta l'impiego di un divisore di gas. Se la prima verifica ha esito negativo è possibile effettuare una verifica supplementare utilizzando un altro gas di taratura.

In alternativa, il dispositivo di miscelazione può essere controllato con uno strumento lineare per natura, ad esempio impiegando NO con un CLD. Il valore di calibrazione dello strumento deve essere regolato quando il gas di calibrazione è direttamente collegato allo strumento. Il divisore di gas deve essere controllato quando si trova alle posizioni di regolazione utilizzate; il valore nominale deve essere raffrontato alla concentrazione misurata dallo strumento. In ogni punto misurato la differenza deve rientrare entro un limite di ± 1 per cento del valore nominale.

Per effettuare la verifica di linearità conformemente al punto 9.2.1, il divisore di gas deve avere un'accuratezza compresa nel limite di ± 1 per cento.

9.3.3.4. Gas di controllo dell'interferenza dell'ossigeno

Per il controllo dell'interferenza dell'ossigeno si utilizza una miscela di propano, ossigeno e azoto, contenente propano con 350 ppm C ± 75 ppm C di idrocarburi. La concentrazione deve essere determinata, con le tolleranze che si applicano ai gas di taratura, mediante analisi cromatografica degli idrocarburi totali più impurità o mediante miscelazione dinamica. La concentrazione di ossigeno necessaria per le prove dei motori ad accensione comandata e ad accensione spontanea è indicata nella tabella 7; il resto è costituito da azoto purificato.

Tabella 7

Gas di controllo dell'interferenza dell'ossigeno

Tipo di motore	Concentrazione di O ₂ (%)
Accensione spontanea	21 (da 20 a 22)
Accensione spontanea e comandata	10 (da 9 a 11)
Accensione spontanea e comandata	5 (da 4 a 6)
Accensione comandata	0 (da 0 a 1)

9.3.4. Prova di tenuta

Deve essere eseguita una prova di tenuta del sistema. A tal fine, si disinserisce la sonda dal sistema di scarico e si chiude l'estremità. Si mette in funzione la pompa dell'analizzatore. Dopo un periodo iniziale di stabilizzazione, se non vi sono perdite tutti i flussometri indicano approssimativamente zero; se indicano un valore diverso, controllare le linee di campionamento e rimediare ai difetti.

La perdita massima ammissibile sul lato in depressione è pari allo 0,5 per cento della portata di utilizzo per la porzione di sistema controllata. Per stimare le portate di utilizzo si possono usare le portate attraverso l'analizzatore e attraverso il bypass.

In alternativa, si può creare nel sistema una depressione di almeno 20 kPa (80 kPa assoluti). Dopo un periodo iniziale di stabilizzazione l'aumento di pressione Δp (kPa/min) nel sistema non deve essere superiore a:

$$\Delta p = p/V_s \times 0,005 \times q_{vs} \quad (60)$$

dove:

V_s è il volume del sistema, l

q_{vs} è la portata del sistema, l/min

Un altro metodo è l'introduzione di un cambiamento di concentrazione a gradino all'inizio della linea di campionamento passando dal gas di azzeramento a quello di calibrazione. Per un analizzatore tarato correttamente, se dopo un congruo periodo di tempo il valore letto indica una concentrazione ≤ 99 per cento rispetto a quella introdotta, esiste una perdita che deve essere eliminata.

9.3.5. Controllo del tempo di risposta del sistema di analisi

Le regolazioni del sistema per la valutazione del tempo di risposta devono essere identiche a quelle usate per la misurazione nel corso della prova (pressione, portate, regolazione dei filtri degli analizzatori e tutti gli altri elementi in grado di influenzare il tempo di risposta). Per determinare il tempo di risposta occorre procedere alla commutazione del gas direttamente all'ingresso della sonda di campionamento. Tale operazione deve essere svolta in meno di 0,1 secondi. I gas utilizzati per la prova devono determinare una variazione di concentrazione almeno pari al 60 per cento del fondo scala.

Si deve registrare la traccia della concentrazione di ciascun componente gassoso. Il tempo di risposta è definito come l'intervallo di tempo che intercorre tra la commutazione dei gas e la corrispondente variazione della concentrazione registrata. Il tempo di risposta del sistema (t_{90}) è dato dal tempo di ritardo tra il dispositivo di rilevazione e dal tempo di salita del dispositivo medesimo. Il tempo di ritardo è definito come l'intervallo di tempo che intercorre tra la variazione (t_0) e il raggiungimento di una risposta equivalente al 10 per cento del valore finale rilevato (t_{10}). Il tempo di salita è definito come l'intervallo di tempo che separa la risposta pari al 10 per cento da quella pari al 90 per cento del valore finale rilevato ($t_{90}-t_{10}$).

Per l'allineamento temporale dei segnali dell'analizzatore e del flusso di gas di scarico, il tempo di trasformazione è definito come l'intervallo di tempo che intercorre tra la variazione (t_0) e il raggiungimento di una risposta equivalente al 50 per cento del valore finale rilevato (t_{50}).

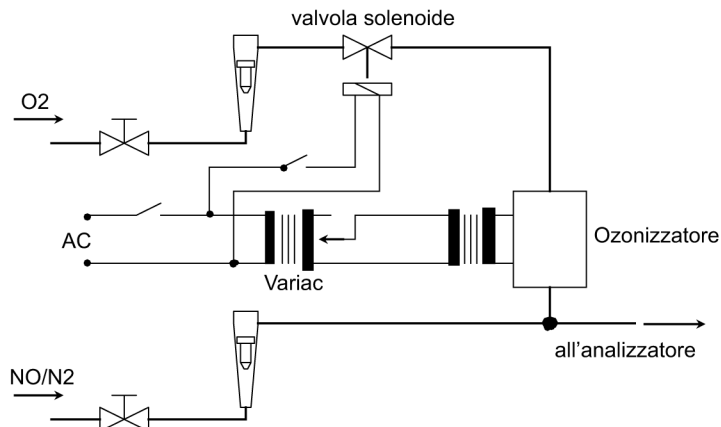
Il tempo di risposta del sistema deve essere ≤ 10 s, con un tempo di salita $\leq 2,5$ s conformemente al punto 9.3.1.7 per tutti i componenti soggetti ai limiti di legge (CO, NO_x, HC o NMHC) e su tutti i campi utilizzati. Quando si usa un NMC per la misura degli NMHC, il tempo di risposta del sistema può essere superiore a 10 s.

9.3.6. Prova di efficienza del convertitore di NO_x

L'efficienza del convertitore usato per la conversione degli NO₂ in NO deve essere controllata nel modo indicato nei punti da 9.3.6.1 a 9.3.6.8 (figura 8).

Figura 8

Schema del dispositivo di determinazione dell'efficienza del convertitore di NO₂



9.3.6.1. Impianto di prova

Il controllo si effettua con un ozonizzatore utilizzando l'impianto di prova presentato schematicamente nella figura 8 e il procedimento descritto in appresso.

9.3.6.2. Taratura

Il CLD e l'HCLD devono essere tarati secondo le specifiche del costruttore nel campo di lavoro più comune, utilizzando un gas di azzeramento e un gas di calibrazione (con un tenore di NO pari circa all'80 per cento del campo di lavoro e una concentrazione di NO₂ della miscela di gas inferiore al 5 per cento della concentrazione di NO). L'analizzatore di NO_x deve essere regolato sulla posizione NO, in modo che il gas di calibrazione non passi nel convertitore. Si registra la concentrazione indicata.

9.3.6.3. Calcolo

La percentuale di efficienza del convertitore si calcola nel modo seguente:

$$E_{\text{NO}_x} = \left(1 + \frac{a-b}{c-d} \right) \times 100 \quad (61)$$

dove:

a è la concentrazione di NO_x conformemente al punto 9.3.6.6

b è la concentrazione di NO_x conformemente al punto 9.3.6.7

c è la concentrazione di NO conformemente al punto 9.3.6.4

d è la concentrazione di NO conformemente al punto 9.3.6.5.

9.3.6.4. Aggiunta di ossigeno

Mediante un raccordo a T, si aggiunge in continuo ossigeno o aria zero al flusso di gas fino a quando la concentrazione indicata risulta inferiore di circa il 20 per cento alla concentrazione di taratura indicata al punto 9.3.6.2 (analizzatore in posizione NO).

Si registra la concentrazione indicata *c*). Tutto il procedimento deve essere eseguito con l'ozonizzatore disattivato.

9.3.6.5. Attivazione dell'ozonizzatore

Si mette in funzione l'ozonizzatore in modo da produrre ozono a sufficienza per far scendere la concentrazione di NO al 20 per cento circa (valore minimo 10 per cento) della concentrazione di taratura specificata al punto 9.3.6.2. Si registra la concentrazione *d*) indicata (analizzatore in posizione NO).

9.3.6.6. Posizione NO_x

Si commuta l'analizzatore sulla posizione NO_x in modo che la miscela gassosa (costituita da NO, NO₂, O₂ e N₂) passi attraverso il convertitore. Si registra la concentrazione a) indicata (analizzatore in posizione NO_x).

9.3.6.7. Disattivazione dell'ozonizzatore

A questo punto, si disattiva l'ozonizzatore. La miscela di gas descritta al punto 9.3.6.6 entra nel rivelatore passando attraverso il convertitore. Si registra la concentrazione b) indicata (analizzatore in posizione NO_x).

9.3.6.8. Posizione NO

Dopo commutazione sulla posizione NO con l'ozonizzatore disattivato, si chiude il flusso di ossigeno o aria sintetica. Il valore di NO_x letto sull'analizzatore non deve discostarsi di oltre ± 5 dal valore misurato conformemente al punto 9.3.6.2 (analizzatore in posizione NO).

9.3.6.9. Intervallo di prova

L'efficienza del convertitore deve essere verificata almeno una volta al mese.

9.3.6.10. Efficienza richiesta

L'efficienza del convertitore E_{NO_x} non deve essere inferiore al 95 per cento.

Se, con l'analizzatore nel campo più comune, l'ozonizzatore non è in grado di assicurare una riduzione dall'80 per cento al 20 per cento conformemente al punto 9.3.6.5, si deve utilizzare il campo più elevato che consente tale riduzione.

9.3.7. Regolazione del FID

9.3.7.1. Ottimizzazione della risposta del rivelatore

Il FID deve essere regolato come prescritto dal fabbricante dello strumento. Come gas di calibrazione si utilizza propano in aria per ottimizzare la risposta nel campo di lavoro più comune.

Con le portate di carburante e di aria raccomandate dal costruttore, si introduce nell'analizzatore un gas di calibrazione contenente 350 ± 75 ppm di C. La risposta ad un dato flusso di carburante si determina in base alla differenza tra la risposta al gas di calibrazione e la risposta al gas di azzeramento. Il flusso del carburante deve essere regolato per incrementi al di sopra e al di sotto del valore specificato dal costruttore. Si registrano le risposte di calibrazione e di azzeramento a questi flussi di carburante. Si riporta in grafico la differenza tra la risposta di calibrazione e la risposta di azzeramento e si regola il flusso di carburante sul lato ricco della curva. Questa regolazione rappresenta la regolazione iniziale della portata, che può essere successivamente ottimizzata in base ai risultati dei fattori di risposta agli idrocarburi e del controllo dell'interferenza dell'ossigeno secondo i punti 9.3.7.2 e 9.3.7.3. Se l'interferenza dell'ossigeno o i fattori di risposta agli idrocarburi non rispettano le specifiche indicate di seguito, il flusso dell'aria deve essere regolato in maniera incrementale verso l'alto e verso il basso rispetto alle specifiche del costruttore, ripetendo le procedure dei punti 9.3.7.2 e 9.3.7.3 per ciascun flusso.

In via facoltativa, l'ottimizzazione può essere effettuata utilizzando le procedure indicate nel documento SAE n. 770141.

9.3.7.2. Fattori di risposta agli idrocarburi

La linearità dell'analizzatore deve essere verificata usando propano in aria e aria sintetica purificata conformemente al punto 9.2.1.3.

Quando un analizzatore viene messo in servizio e dopo periodi di utilizzo prolungati, è necessario determinare i fattori di risposta. Il fattore di risposta (r_{hi}) per una particolare specie idrocarburica è il rapporto tra il valore di C1 letto sul FID e la concentrazione del gas nella bombola espressa in ppm di C1.

La concentrazione del gas di prova deve essere ad un livello tale da assicurare una risposta pari approssimativamente all'80 per cento del fondo scala. La concentrazione deve essere nota con un'accuratezza di ± 2 per cento relativamente a un campione gravimetrico espresso in volume. Inoltre, la bombola del gas deve essere preconditionata per 24 ore ad una temperatura di $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$ ($25 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$).

I gas di prova da usare e gli intervalli dei fattori di risposta relativi sono i seguenti:

- | | | |
|----|---------------------------------------|---------------------------|
| a) | metano e aria sintetica purificata | $1,00 \leq r_h \leq 1,15$ |
| b) | propilene e aria sintetica purificata | $0,90 \leq r_h \leq 1,1$ |
| c) | toluene e aria sintetica purificata | $0,90 \leq r_h \leq 1,1$ |

Questi valori sono relativi a un r_h pari a 1 per propano e aria sintetica purificata.

9.3.7.3. Controllo dell'interferenza dell'ossigeno

Per i soli analizzatori di gas di scarico, il controllo dell'interferenza dell'ossigeno deve essere eseguito quando si mette in servizio un analizzatore e dopo periodi di utilizzo prolungati.

Si deve scegliere un campo nel quale i gas di controllo dell'interferenza dell'ossigeno rientrino nel 50 per cento superiore. La prova deve essere effettuata regolando la temperatura del forno come indicato. Le specifiche relative al controllo dell'interferenza dell'ossigeno sono riportate nel punto 9.3.3.4.

- Si azzerava l'analizzatore.
- Si calibra l'analizzatore con la miscela allo 0 per cento di ossigeno per i motori ad accensione comandata e con la miscela al 21 per cento di ossigeno per i motori ad accensione spontanea.
- Si ricontrolla la risposta di azzeramento. Se è cambiata di oltre lo 0,5 per cento del fondo scala, si ripetono le operazioni di cui alle lettere a) e b) di questo punto.
- Si introducono i gas di controllo dell'interferenza dell'ossigeno al 5 e 10 per cento.
- Si ricontrolla la risposta di azzeramento. Se è cambiata di oltre ± 1 per cento del fondo scala, si ripete la prova.
- Si calcola l'interferenza dell'ossigeno E_{O_2} per ciascuna miscela di cui alla lettera d) come segue:

$$E_{O_2} = (c_{ref, d} - c) \times 100 / c_{ref, d} \quad (62)$$

in cui la risposta dell'analizzatore è

$$c = \frac{c_{rif, b} \times c_{FS, b}}{c_{m, b}} \times \frac{c_{m, d}}{c_{FS, d}} \quad (63)$$

dove:

- $c_{rif, b}$ è la concentrazione di HC di riferimento dell'operazione b), ppm C
- $c_{rif, d}$ è la concentrazione di HC di riferimento dell'operazione d), ppm C
- $c_{FS, b}$ è la concentrazione di HC di fondo scala dell'operazione b), ppm C
- $c_{FS, d}$ è la concentrazione di HC di fondo scala dell'operazione d), ppm C
- $c_{m, b}$ è la concentrazione di HC misurata dell'operazione b), ppm C
- $c_{m, d}$ è la concentrazione di HC misurata dell'operazione d), ppm C

- L'interferenza dell'ossigeno E_{O_2} deve essere inferiore a $\pm 1,5$ per cento per tutti i gas di controllo dell'interferenza dell'ossigeno prescritti prima della prova.
- Se l'interferenza dell'ossigeno E_{O_2} è maggiore di $\pm 1,5$ per cento, possono essere attuati correttivi regolando in maniera modo incrementale il flusso d'aria verso l'alto e verso il basso rispetto alle specifiche del costruttore, il flusso del carburante e il flusso del campione.
- L'interferenza dell'ossigeno deve essere ripetuta per ogni nuova regolazione.

9.3.8. Efficienza del dispositivo di eliminazione degli idrocarburi non metanici (NMC)

L'NMC viene usato per eliminare gli idrocarburi non metanici dal gas campione mediante ossidazione di tutti gli idrocarburi escluso il metano. L'efficienza di conversione ideale è dello 0 per cento e del 100 per cento per gli altri idrocarburi rappresentati dall'etano. Per una misura accurata degli NMHC, occorre determinare le due efficienze e usarle per il calcolo della portata massica dell'emissione di NMHC (v. punto 8.5.1).

9.3.8.1. Efficienza riferita al metano

Si fa fluire il gas di taratura del metano attraverso il FID, con e senza bypass dell'NMC, e si registrano le due concentrazioni. L'efficienza si determina come segue:

$$E_M = 1 - \frac{c_{HC(c/cutter)}}{c_{HC(s/cutter)}} \quad (64)$$

dove:

$c_{HC(c/cutter)}$ è la concentrazione di HC quando il CH₄ fluisce attraverso l'NMC, ppm di C

$c_{HC(s/cutter)}$ è la concentrazione di HC quando il CH₄ bypassa l'NMC, ppm di C

9.3.8.2. Efficienza riferita all'etano

Si fa fluire il gas di taratura dell'etano attraverso il FID, con e senza bypass dell'NMC, e si registrano le due concentrazioni. L'efficienza si determina come segue:

$$E_E = 1 - \frac{c_{HC(c/cutter)}}{c_{HC(s/cutter)}} \quad (65)$$

dove:

$c_{HC(c/cutter)}$ è la concentrazione di HC quando il C₂H₆ fluisce attraverso l'NMC, ppm di C

$c_{HC(s/cutter)}$ è la concentrazione di HC quando il C₂H₆ bypassa l'NMC, ppm di C

9.3.9. Effetti di interferenza

Gas diversi da quello analizzato possono interferire in vari modi col valore indicato. Negli analizzatori NDIR l'interferenza è positiva quando il gas interferente produce, in minor misura, lo stesso effetto del gas misurato. Negli analizzatori NDIR, l'interferenza è negativa quando il gas interferente amplia la banda di assorbimento del gas misurato, mentre nei rivelatori CLD lo è quando il gas interferente estingue la reazione. I controlli di interferenza descritti nei punti 9.3.9.1 e 9.3.9.2 devono essere eseguiti prima dell'utilizzo iniziale dell'analizzatore e dopo periodi di utilizzo prolungati.

9.3.9.1. Controllo dell'interferenza nell'analizzatore di CO

Acqua e CO₂ possono interferire con le prestazioni dell'analizzatore di CO. Pertanto, si deve far gorgogliare attraverso acqua a temperatura ambiente un gas di calibrazione CO₂ avente una concentrazione compresa tra l'80 e il 100 per cento del fondo scala del campo di lavoro massimo usato durante la prova e si deve registrare la risposta dell'analizzatore. La risposta dell'analizzatore non deve essere superiore all'1 per cento del fondo scala per campi uguali o superiori a 300 ppm, e non deve essere superiore a 3 ppm per campi al di sotto di 300 ppm.

9.3.9.2. Controlli dell'estinzione nell'analizzatore di NO_x

I due gas da considerare per gli analizzatori CLD (e HCLD) sono CO₂ e vapore acqueo. Le risposte di estinzione a questi gas sono proporzionali alle concentrazioni degli stessi e richiedono pertanto l'uso di tecniche di analisi per determinare l'estinzione alle più elevate concentrazioni prevedibili durante la prova.

9.3.9.2.1. Controllo dell'estinzione causata da CO₂

Si fa passare attraverso l'analizzatore NDIR un gas di calibrazione CO₂ avente una concentrazione dall'80 al 100 per cento del fondo scala del campo di lavoro massimo e si registra come A il valore del CO₂. Si diluisce poi approssimativamente al 50 per cento con gas di calibrazione NO e si fa passare attraverso gli analizzatori NDIR e CLD, registrando come B e C rispettivamente i valori di CO₂ e NO. Si chiude poi il CO₂, facendo passare solo il gas di calibrazione NO attraverso l'analizzatore (H)CLD; si registra come D il valore di NO.

Il coefficiente di estinzione (in percentuale) si calcola come segue:

$$E_{\text{CO}_2} = \left[1 - \left(\frac{C \times A}{(D \times A) - (D \times B)} \right) \right] \times 100 \quad (66)$$

dove:

- A è la concentrazione di CO₂ non diluito misurata con l'NDIR, percentuale
- B è la concentrazione di CO₂ diluito misurata con l'NDIR, percentuale
- C è la concentrazione di NO diluito misurata con l'(H)CLD, ppm
- D è la concentrazione di NO non diluito misurata con l'(H)CLD, ppm

È ammesso l'uso di metodi alternativi di diluizione e quantificazione dei valori dei gas di calibrazione CO₂ e NO, ad esempio la miscelazione dinamica, previa approvazione dell'autorità di omologazione.

9.3.9.2.2. Controllo dell'estinzione causata dall'acqua

Il controllo si applica solo alle misure della concentrazione dei gas umidi. Il calcolo dell'estinzione provocata dall'acqua deve tenere conto della diluizione del gas di calibrazione NO con vapore acqueo e dell'adattamento della concentrazione di vapore acqueo nella miscela in proporzione a quella prevista durante l'esecuzione delle prove.

Si fa passare un gas di calibrazione NO avente una concentrazione dall'80 al 100 per cento del fondo scala del normale campo di lavoro attraverso l'analizzatore (H)CLD e si registra come *D* il valore di NO. Si fa gorgogliare poi il gas di calibrazione NO attraverso acqua a temperatura ambiente e lo si fa passare attraverso l'analizzatore (H)CLD registrando come *C* il valore di NO. Si determina e si registra come *G* la pressione di vapore di saturazione della miscela che corrisponde alla temperatura dell'acqua nel gorgogliatore *f*).

Si calcola la concentrazione di vapore acqueo (in percentuale) della miscela come segue:

$$H = 100 \times (G/p_b) \quad (67)$$

e la si registra come *H*. Si calcola la concentrazione attesa del gas di calibrazione dell' NO diluito (in vapore acqueo) come segue:

$$D_e = D \times (1 - H/100) \quad (68)$$

e la si registra come *D_e*. Per il gas di scarico di motori diesel, si stima nel modo seguente la concentrazione massima del vapore acqueo nel gas di scarico (in percentuale) attesa durante le prove, assumendo un rapporto tra gli atomi H e C del carburante pari a 1,8:1, in base alla concentrazione massima di CO₂ nel gas di scarico *A*:

$$H_m = 0,9 \times A \quad (69)$$

e la si registra come *H_m*

Il coefficiente di estinzione percentuale causata dall'acqua (in percentuale) si calcola come segue:

$$E_{\text{H}_2\text{O}} = 100 \times ((D_e - C)/D_e) \times (H_m/H) \quad (70)$$

dove:

- D_e* è la concentrazione attesa di NO diluito, ppm
- C* è la concentrazione misurata di NO diluito, ppm
- H_m* è la concentrazione massima di vapore acqueo, percentuale
- H* è la concentrazione effettiva di vapore acqueo, percentuale

9.3.9.2.3. Estinzione massima ammessa

a) Per la misurazione nel gas grezzo:

- i) estinzione causata da CO₂ conformemente al punto 9.3.9.2.1: 2 per cento del fondo scala
- ii) estinzione causata dall'acqua conformemente al punto 9.3.9.2.2: 3 per cento del fondo scala

- b) Per la misurazione nel gas diluito:
 - i) estinzione combinata causata da CO₂ e acqua: 2 per cento.

9.3.9.2.4. Efficienza del bagno di raffreddamento

Per gli analizzatori CLD funzionanti su secco, si deve dimostrare che per la massima concentrazione di vapore acqueo attesa H_m (v. punto 9.3.9.2.2), la tecnica di eliminazione dell'acqua mantiene l'umidità del CLD a ≤ 5 g acqua/kg aria secca (o circa 0,008 per cento H₂O), che equivale a un'umidità relativa del 100 per cento a 3,9 °C e 101,3 kPa o a un'umidità relativa del 25 per cento a 25 °C e 101,3 kPa. Per dimostrarlo, si può misurare la temperatura all'uscita di un deumidificatore termico o misurare l'umidità in un punto subito a monte del CLD. Si può anche misurare l'umidità del flusso di scarico del CLD, a condizione che l'unico flusso in entrata nel CLD sia quello proveniente dal deumidificatore.

9.4. Sistema di misura e campionamento del particolato

9.4.1. Specifiche generali

Per determinare la massa del particolato è necessario utilizzare un sistema di campionamento del particolato, un filtro di campionamento del particolato, una bilancia precisa al microgrammo e una camera di pesata a temperatura e umidità controllate. Il sistema di campionamento del particolato deve essere concepito in modo tale da fornire un campione rappresentativo del particolato proporzionale al flusso del gas di scarico.

9.4.2. Filtri di campionamento del particolato

Per il campionamento del gas di scarico diluito, durante la sequenza di prova si utilizza un filtro conforme alle prescrizioni dei punti da 9.4.2.1 a 9.4.2.3.

9.4.2.1. Specifiche dei filtri

Tutti i tipi di filtri devono avere un'efficienza di raccolta del DOP (di-ottilftalato) da 0,3 µm pari ad almeno il 99 per cento. I filtri devono essere realizzati in fibre di vetro rivestite di fluorocarburo (PTFE).

9.4.2.2. Dimensioni dei filtri

Il diametro dei filtri deve essere 70 mm.

9.4.2.3. Velocità frontale alla superficie del filtro

La velocità di entrata nel filtro non deve essere superiore a 1 m/s. Fra l'inizio e la fine della prova la perdita di carico non deve aumentare di più di 25 kPa.

9.4.3. Specifiche della camera di pesata e della bilancia analitica

9.4.3.1. Condizioni della camera di pesata

La temperatura della camera (o locale) in cui vengono condizionati e pesati i filtri del particolato deve essere mantenuta a $295 \text{ K} \pm 3 \text{ K}$ ($22 \text{ °C} \pm 3 \text{ °C}$) per tutta la durata del condizionamento e della pesata dei filtri. L'umidità deve essere mantenuta a un punto di rugiada di $282,5 \text{ K} \pm 3 \text{ K}$ ($9,5 \text{ °C} \pm 3 \text{ °C}$) con un'umidità relativa del 45 per cento ± 8 per cento. Per le bilance sensibili, si raccomanda una tolleranza pari $\pm 1 \text{ K}$ per la temperatura dell'aria della camera di pesata e il punto di rugiada.

9.4.3.2. Pesata del filtro di riferimento

L'ambiente della camera (o locale) deve essere esente da qualsiasi contaminante ambientale (come la polvere) che possa depositarsi sui filtri del particolato durante la loro stabilizzazione. Sono ammessi disturbi delle caratteristiche della camera di pesata indicate al punto 9.4.3.1 purché la durata del disturbo non superi i 30 minuti. La camera di pesata deve essere conforme alle caratteristiche prescritte prima dell'ingresso del personale nella stessa. Entro 12 ore dalla pesata dei filtri del campione, ma preferibilmente nello stesso momento, devono essere pesati almeno due filtri di riferimento non utilizzati. Questi devono essere delle stesse dimensioni e dello stesso materiale dei filtri del campione.

Se il peso medio dei filtri di riferimento varia di oltre 10 µg tra le pesate dei filtri del campione, tutti i filtri del campione devono essere scartati e la prova delle emissioni deve essere ripetuta.

9.4.3.3. Bilancia analitica

La bilancia analitica utilizzata per determinare il peso dei filtri deve soddisfare il criterio di verifica della linearità indicato al punto 9.2, tabella 6. Questo implica una precisione (deviazione standard) di almeno 2 µg e una risoluzione di almeno 1 µg (1 divisione della scala = 1 µg).

9.4.3.4. Eliminazione degli effetti dell'elettricità statica

Il filtro deve essere neutralizzato elettrostaticamente prima della pesata, ad esempio mediante un neutralizzatore al polonio o un dispositivo di efficacia analoga.

9.4.3.5. Correzione degli effetti di galleggiabilità

Gli effetti di galleggiabilità in aria del filtro di campionamento devono essere corretti. La correzione della galleggiabilità dipende dalla densità del filtro di campionamento, dalla densità dell'aria e dalla densità del peso di taratura della bilancia, e non tiene conto della galleggiabilità del PM in sé.

Se la densità del materiale del filtro non è nota, si utilizzano le densità seguenti:

- a) filtro in fibre di vetro rivestite di teflon: 2 300 kg/m³
- b) filtro a membrana in teflon: 2 144 kg/m³
- c) filtro a membrana in teflon con anello di supporto in polimetilpentene: 920 kg/m³

Per i pesi di taratura in acciaio inossidabile, si utilizza un materiale con una densità di 8 000 kg/m³. Se si usa un materiale diverso, la sua densità deve essere nota.

Si utilizza l'equazione seguente:

$$m_f = m_{n/corr} \times \left(\frac{1 - \frac{\rho_a}{\rho_w}}{1 - \frac{\rho_a}{\rho_f}} \right) \quad (71)$$

in cui:

$$\rho_a = \frac{p_b \times 28,836}{8,3144 \times T_a} \quad (72)$$

dove:

$m_{n/corr}$	è la massa del campione di particolato non corretta, mg
ρ_a	è la densità dell'aria, kg/m ³
ρ_w	è la densità del peso di taratura della bilancia, kg/m ³
ρ_f	è la densità del filtro di campionamento del particolato, kg/m ³
p_b	è la pressione atmosferica totale, kPa
T_a	è la temperatura dell'aria ambiente in prossimità della bilancia, K
28,836	è la massa molare dell'aria all'umidità di riferimento (9,5 K), g/mol
8,3144	è la costante molare dei gas

9.4.4. Specifiche relative alla misurazione differenziale del flusso (solo per la diluizione a flusso parziale)

Per i sistemi di diluizione a flusso parziale, l'accuratezza del flusso del campione q_{mp} è particolarmente importante se la misurazione non è effettuata direttamente ma mediante misurazione differenziale del flusso:

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} \quad (73)$$

In questo caso, l'errore massimo della differenza deve essere tale che l'accuratezza di q_{mp} non sia superiore a ± 5 per cento quando il rapporto di diluizione è inferiore a 15. Questo valore può essere calcolato in base al valore quadratico medio degli errori di ciascuno strumento.

Si può ottenere un valore accettabile di accuratezza per q_{mp} se è soddisfatta una delle condizioni seguenti:

- a) se l'accuratezza assoluta di q_{mdew} e q_{mdw} è $\pm 0,2$ per cento, il che garantisce per q_{mp} un'accuratezza ≤ 5 per cento con un rapporto di diluizione di 15. Con rapporti di diluizione più elevati, tuttavia, gli errori saranno maggiori;
- b) se si effettua la taratura di q_{mdw} rispetto a q_{mdew} in modo da ottenere per q_{mp} la stessa accuratezza di cui alla lettera a). Per maggior dettaglio, v. punto 9.4.6.2;
- c) se l'accuratezza di q_{mp} si ricava indirettamente dall'accuratezza del rapporto di diluizione determinata mediante gas tracciante, ad es. CO₂. Per q_{mp} è richiesta un'accuratezza equivalente a quella indicata in a);
- d) se l'accuratezza assoluta di q_{mdew} e q_{mdw} non supera ± 2 per cento del fondo scala, l'errore massimo della differenza tra q_{mdew} e q_{mdw} non supera 0,2 per cento e l'errore di linearità non supera $\pm 0,2$ per cento del valore più alto di q_{mdew} osservato durante la prova.

9.4.5. Altre specifiche

Tutte le parti del sistema di diluizione e del sistema di campionamento tra il condotto di scarico e il portafiltri che vengono a contatto con gas di scarico grezzi e diluiti devono essere progettate in modo da minimizzare il deposito o l'alterazione del particolato. Le parti devono essere fabbricate con materiali elettroconduttori che non reagiscano con i componenti dei gas di scarico e devono essere a massa per impedire effetti elettrostatici.

9.4.6. Taratura della strumentazione di misura del flusso

9.4.6.1. Specifiche generali

Ogni flussometro utilizzato in un sistema di campionamento del particolato e di diluizione a flusso parziale deve essere sottoposto alla verifica di linearità descritta al punto 9.2.1 con la frequenza necessaria per soddisfare le prescrizioni relative all'accuratezza indicate nel presente RTM. Per i valori di riferimento del flusso si deve utilizzare un flussometro accurato riferibile a campioni internazionali e/o nazionali.

9.4.6.2. Taratura della misura del flusso differenziale (solo per la diluizione a flusso parziale)

La taratura del flussometro o della strumentazione per la misura del flusso deve essere effettuata mediante uno dei procedimenti indicati di seguito, in modo che il flusso della sonda q_{mp} nel tunnel soddisfi le prescrizioni relative all'accuratezza previste dal punto 9.4.4.

- a) Si collega in serie il flussometro per q_{mdw} al flussometro per q_{mdew} e si tara la differenza tra i due flussometri per almeno cinque punti di regolazione con valori di flusso equidistanti tra il valore di q_{mdw} più basso utilizzato nel corso della prova e il valore di q_{mdew} utilizzato nel corso della prova. Il tunnel di diluizione può essere bypassato.
- b) Si collega in serie un dispositivo tarato per la misura della portata massica al flussometro per q_{mdew} e si controlla l'accuratezza per il valore utilizzato nella prova. Si collega quindi in serie il dispositivo tarato per la misura del flusso al flussometro per q_{mdw} e si controlla l'accuratezza per almeno 5 posizioni di regolazione corrispondenti a rapporti di diluizione tra 3 e 50 rispetto al valore di q_{mdew} utilizzato nel corso della prova.
- c) Si scollega il condotto di trasferimento TT dal sistema di scarico e si collega al condotto di trasferimento un dispositivo tarato per la misura del flusso con un campo adeguato per misurare q_{mp} . Il valore di q_{mdew} deve essere regolato sul valore utilizzato nel corso della prova e quello di q_{mdw} deve essere regolato sequenzialmente su almeno 5 valori corrispondenti a rapporti di diluizione tra 3 e 50. In alternativa si può disporre un percorso speciale del flusso di taratura che bypassa il tunnel, ma in cui l'aria totale e l'aria di diluizione passano attraverso i corrispondenti flussometri come nella prova vera e propria.
- d) Nel condotto di trasferimento TT si immette un gas tracciante; quest'ultimo può essere un componente del gas di scarico, ad esempio CO₂ o NO_x. Dopo la diluizione nel tunnel, si misura il gas tracciante. La misurazione deve essere eseguita per 5 rapporti di diluizione compresi tra 3 e 50. L'accuratezza della portata del campione deve essere ricavata dal rapporto di diluizione r_d :

$$q_{mp} = q_{mdew}/r_d \quad (74)$$

Per essere certi dell'accuratezza di q_{mp} occorre tenere conto dell'accuratezza degli analizzatori dei gas.

9.4.7. Prescrizioni particolari per il sistema di diluizione a flusso parziale

9.4.7.1. Controllo del flusso di carbonio

Si raccomanda caldamente di effettuare un controllo del flusso di carbonio utilizzando il gas di scarico reale per individuare problemi di misura e di controllo e per verificare il corretto funzionamento del sistema a flusso parziale. È opportuno verificare il flusso di carbonio almeno ogni volta che viene montato un nuovo motore o che intervengono cambiamenti significativi nella configurazione della sala prova.

Il motore deve funzionare nelle condizioni di regime e di carico corrispondenti alla coppia massima oppure in qualsiasi altra modalità in condizioni stazionarie che produca il 5 per cento o più di CO₂. Il sistema di campionamento a flusso parziale deve funzionare con un fattore di diluizione di circa 15 a 1.

Se si effettua il controllo del flusso di carbonio, si applica la procedura di cui all'appendice 5. Le portate di carbonio devono essere calcolate utilizzando le equazioni da 80 a 82 dell'appendice 5; non devono differire tra loro di oltre il 3 per cento.

9.4.7.2. Verifica preliminare

Due ore al massimo prima della prova occorre svolgere la verifica preliminare descritta di seguito.

L'accuratezza dei flussometri deve essere controllata con lo stesso metodo usato per la taratura (v. punto 9.4.6.2) per almeno due punti, inclusi i valori di flusso di q_{mdw} corrispondenti a rapporti di diluizione compresi tra 5 e 15 per il valore di q_{mdew} utilizzato nel corso della prova.

Se la documentazione relativa al procedimento di taratura di cui al punto 9.4.6.2 dimostra che la taratura del flussometro è stabile per un periodo di tempo più lungo, la verifica preliminare può essere omessa.

9.4.7.3. Determinazione del tempo di trasformazione

Le regolazioni del sistema per la valutazione del tempo di trasformazione devono essere identiche a quelle usate per la misura nel corso della prova. Per determinare il tempo di trasformazione si deve applicare il metodo descritto di seguito.

Si dispone un flussometro di riferimento indipendente, con un campo di misura adeguato al flusso della sonda, in serie e nelle immediate vicinanze della sonda. Il flussometro deve avere un tempo di trasformazione inferiore a 100 ms per le dimensioni del gradino di flusso utilizzate ai fini della misura del tempo di risposta, con un restringimento del flusso sufficientemente basso da non causare ripercussioni sui risultati dinamici del sistema di diluizione a flusso parziale e conforme alla buona pratica ingegneristica.

Si introduce una variazione a gradino nell'immissione del flusso di gas di scarico (o del flusso dell'aria, se si sta calcolando il flusso del gas di scarico) del sistema di diluizione a flusso parziale, partendo da un flusso basso per arrivare almeno al 90 per cento del fondo scala. Il segnale di innesco della variazione a gradino deve essere lo stesso utilizzato per avviare il controllo predittivo nella prova vera e propria. Il segnale di aumento del flusso di gas di scarico e la risposta del flussometro devono essere registrati con una frequenza di campionamento di almeno 10 Hz.

Dai dati così raccolti è possibile ricavare il tempo di trasformazione per il sistema di diluizione a flusso parziale: si tratta dell'intervallo di tempo che intercorre tra l'inizio del gradino e il raggiungimento del punto corrispondente al 50 per cento della risposta del flussometro. In maniera analoga si determinano i tempi di trasformazione del segnale q_{mp} del sistema di diluizione a flusso parziale e del segnale $q_{mew,i}$ del flussometro del gas di scarico. Questi segnali sono utilizzati nelle verifiche di regressione svolte alla fine di ogni prova (v. punto 8.3.3.3).

Si ripete il calcolo per almeno 5 segnali di salita e di discesa e si stabilisce la media dei risultati ottenuti. Al valore ottenuto si sottrae il tempo di trasformazione interno (< 100 ms) del flussometro di riferimento. Si ottiene così il «valore predittivo» del sistema di diluizione a flusso parziale, da utilizzare secondo quanto indicato nel punto 8.3.3.3.

9.5. **Taratura del sistema CVS**

9.5.1. Prescrizioni generali

Per tarare il sistema CVS si utilizzano un flussometro accurato e un dispositivo di restrizione del flusso. Il flusso attraverso il sistema deve essere misurato per differenti regolazioni del limitatore, e i parametri di controllo del sistema devono essere misurati e messi in relazione con il flusso.

Si possono usare vari tipi di flussometro, per esempio tubo Venturi tarato, flussometro laminare tarato, flussometro a turbina tarato.

9.5.2. Taratura della pompa volumetrica (PDP)

Tutti i parametri relativi alla pompa devono essere misurati contemporaneamente ai parametri relativi a un tubo Venturi di taratura collegato in serie con la pompa. Si traccia il grafico della portata calcolata (in m³/s all'ingresso della pompa, a pressione e temperatura assolute) rispetto a una funzione di correlazione che è il valore di una combinazione specifica di parametri della pompa. Si determina poi l'equazione lineare che indica la relazione tra la mandata della pompa e la funzione di correlazione. Se un CVS è dotato di comando a velocità multiple, la taratura deve essere eseguita per ogni campo usato.

Durante la taratura la temperatura deve essere mantenuta stabile.

Le perdite in tutti i raccordi e condotti tra il tubo Venturi di taratura e la pompa CVS devono essere mantenute a un livello inferiore allo 0,3 per cento del punto di flusso più basso (punto in cui il restringimento della PDP è maggiore e la velocità è più bassa).

9.5.2.1. Analisi dei dati

La portata dell'aria ($q_{v, CVS}$) in corrispondenza di ciascuna regolazione del limitatore (minimo 6 punti) si calcola in normal m³/s in base ai dati del flussometro usando il metodo prescritto dal costruttore. La portata d'aria deve essere convertita in mandata della pompa (V_0) in m³/giro alla temperatura e pressione assolute all'ingresso della pompa nel modo seguente:

$$V_0 = \frac{q_{v, CVS}}{n} \times \frac{T}{273} \times \frac{101,3}{p_p} \quad (75)$$

dove:

$q_{v, CVS}$ è la portata d'aria in condizioni normali (101,3 kPa, 273 K), m³/s

T è la temperatura all'ingresso della pompa, K

p_p è la pressione assoluta all'ingresso della pompa, kPa

n è la velocità della pompa, giri/s

Per tenere conto dell'interazione tra le variazioni di pressione alla pompa e il grado di scorrimento della pompa, si calcolano nel modo seguente la funzione di correlazione (X_0) tra la velocità della pompa, il differenziale di pressione tra l'ingresso e l'uscita della pompa e la pressione assoluta all'uscita della pompa:

$$X_0 = \frac{1}{n} \times \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_p}} \quad (76)$$

dove:

Δp_p è il differenziale di pressione tra l'ingresso e l'uscita della pompa, kPa

p_p è la pressione di mandata assoluta all'uscita della pompa, kPa

L'equazione di taratura si ricava mediante interpolazione lineare secondo il metodo dei minimi quadrati nel modo seguente:

$$V_0 = D_0 - m \times X_0 \quad (77)$$

D_0 e m sono le costanti intercetta e coefficiente angolare, rispettivamente, che descrivono le linee di regressione.

Per un sistema CVS con velocità multiple, le curve di taratura generate nei vari intervalli di mandata della pompa devono essere approssimativamente parallele e i valori dell'intercetta (D_0) devono crescere al ridursi dell'intervallo di mandata della pompa.

I valori calcolati in base all'equazione devono corrispondere con un'approssimazione di $\pm 0,5$ per cento al valore misurato di V_0 . I valori di m variano da pompa a pompa. L'ingresso di particolato provoca nel tempo una riduzione dello scorrimento della pompa che si riflette in valori più bassi per m . Pertanto, la taratura deve essere eseguita all'avviamento della pompa, dopo importanti interventi di manutenzione e se la verifica complessiva del sistema indica una variazione del grado di scorrimento.

9.5.3. Taratura del tubo Venturi a flusso critico (CFV)

La taratura del CFV è basata sull'equazione di flusso per un tubo Venturi a flusso critico. Il flusso di gas è funzione della pressione e temperatura di ingresso.

Per determinare il campo di portata critica, si traccia la curva di K_v in funzione della pressione all'ingresso del tubo Venturi. Al flusso critico (strozzato), K_v avrà un valore relativamente costante. Al diminuire della pressione (aumento del vuoto), cessa lo strozzamento del tubo Venturi e K_v diminuisce, il che indica che il CFV funziona al di fuori del campo ammesso.

9.5.3.1. Analisi dei dati

La portata dell'aria ($q_{v, CVS}$) in corrispondenza di ciascuna regolazione del limitatore (minimo 8 punti) si calcola in normal m^3/s in base ai dati del flussometro usando il metodo prescritto dal costruttore. Il coefficiente di taratura si calcola come segue in base ai dati di taratura per ciascuna regolazione:

$$K_v = \frac{q_{v, CVS} \times \sqrt{T}}{P_p} \quad (78)$$

dove:

$q_{v, CVS}$ è la portata d'aria in condizioni normali (101,3 kPa, 273 K), m^3/s

T è la temperatura all'ingresso del tubo Venturi, K

P_p è la pressione assoluta all'ingresso del tubo Venturi, kPa

Si calcolano il K_v medio e la deviazione standard. La deviazione standard non deve superare $\pm 0,3$ per cento del K_v medio.

9.5.4. Taratura del tubo Venturi subsonico (SSV)

La taratura dell'SSV è basata sull'equazione di flusso relativa ai tubi Venturi subsonici. La portata del gas è funzione della pressione e della temperatura d'ingresso nonché della perdita di carico tra l'ingresso e la gola dell'SSV, come indicato nell'equazione 43 (v. punto 8.4.1.4).

9.5.4.1. Analisi dei dati

La portata dell'aria (Q_{SSV}) in corrispondenza di ciascuna regolazione del limitatore (minimo 16 punti) si calcola in normal m^3/s in base ai dati del flussometro usando il metodo prescritto dal costruttore. Il coefficiente di efflusso si calcola come segue in base ai dati di taratura per ciascuna posizione di regolazione:

$$C_d = \frac{Q_{SSV}}{d_v^2 \times P_p \times \sqrt{\left[\frac{1}{T} \times (r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143}) \times \left(\frac{1}{1 - r_D^4 \times r_p^{1,4286}} \right) \right]}} \quad (79)$$

dove:

Q_{SSV} è la portata d'aria in condizioni normali (101,3 kPa, 273 K), m^3/s

T è la temperatura all'ingresso del tubo Venturi, K

d_v è il diametro di gola dell'SSV, m

r_p è il rapporto tra la pressione alla gola dell'SSV e la pressione assoluta e statica all'ingresso, $1 - \frac{\Delta p}{P_p}$

r_D è il rapporto tra il diametro di gola dell'SSV, d_v , e il diametro interno del condotto di ingresso D

Per determinare il campo di portata subsonica, si traccia in un grafico C_d in funzione del numero di Reynolds Re alla gola dell'SSV. Per calcolare il numero di Reynolds Re alla gola dell'SSV si usa l'equazione seguente:

$$Re = A_1 \times \frac{Q_{SSV}}{d_v \times \mu} \quad (80)$$

in cui:

$$\mu = \frac{b \times T^{1,5}}{S + T} \quad (81)$$

dove:

$$A_1 = 25,55152 \text{ in unità SI di } \left(\frac{1}{\text{m}^3}\right) \left(\frac{\text{min}}{\text{s}}\right) \left(\frac{\text{mm}}{\text{m}}\right)$$

Q_{SSV} è la portata d'aria in condizioni normali (101,3 kPa, 273 K), m^3/s

d_V è il diametro di gola dell'SSV, m

μ è la viscosità assoluta o dinamica del gas, kg/ms

b è $1,458 \times 10^6$ (costante empirica), in $\text{kg}/\text{ms K}^{0,5}$

S è 110,4 (costante empirica), K

Dal momento che Q_{SSV} fa parte dell'equazione per il calcolo di Re , occorre iniziare i calcoli con un valore a scelta di Q_{SSV} o C_d del tubo Venturi di taratura e ripeterli finché Q_{SSV} converge. Il metodo di convergenza deve avere un'accuratezza pari allo 0,1 per cento o migliore

Per almeno sedici punti nella regione di portata subsonica, i valori di C_d calcolati in base alla risultante equazione di interpolazione della curva di taratura non devono eccedere $\pm 0,5$ per cento del C_d misurato per ciascun punto di taratura.

9.5.5. Verifica complessiva del sistema

L'accuratezza totale del sistema di campionamento CVS e del sistema di analisi si determina introducendo una massa nota di un gas inquinante nel sistema funzionante nella maniera normale. Si analizza l'inquinante e si calcola la massa secondo il punto 8.4.2.4, salvo nel caso del propano per il quale si usa un fattore u di 0,000472 anziché 0,000480 per HC. Si utilizza una delle due tecniche seguenti.

9.5.5.1. Misura con orifizio a flusso critico

Si introduce nel sistema CVS una quantità nota di gas puro (monossido di carbonio o propano) attraverso un orifizio tarato critico. Se la pressione di immissione è sufficientemente elevata, la portata, che viene regolata mediante l'orifizio a flusso critico, è indipendente dalla pressione di uscita dall'orifizio (flusso critico). Si fa funzionare il sistema CVS per circa 5-10 minuti come nella normale analisi delle emissioni allo scarico. Si analizza un campione di gas con l'apparecchiatura usuale (metodo con sacchetto di campionamento o integrazione) e si calcola la massa del gas. La massa così determinata deve corrispondere con un'approssimazione del ± 3 per cento alla massa nota del gas iniettato.

9.5.5.2. Misura mediante tecnica gravimetrica

Si determina, con una precisione di $\pm 0,01$ g, il peso di una piccola bombola riempita di monossido di carbonio o propano. Si fa funzionare per circa 5-10 minuti il sistema CVS come nella normale analisi delle emissioni allo scarico iniettando monossido di carbonio o propano nel sistema. Si determina la quantità di gas puro introdotta nel sistema mediante pesata differenziale. Si analizza un campione di gas con l'apparecchiatura usuale (metodo con sacchetto di campionamento o integrazione) e si calcola la massa del gas. La massa così determinata deve corrispondere con un'approssimazione di ± 3 per cento alla massa nota del gas iniettato.

Appendice 1

Tabella macchina dinamometrica WHTC

Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1	0,0	0,0	49	0,0	0,0	97	34,4	24,7
2	0,0	0,0	50	0,0	13,1	98	35,0	24,9
3	0,0	0,0	51	13,1	30,1	99	35,6	25,2
4	0,0	0,0	52	26,3	25,5	100	36,1	24,8
5	0,0	0,0	53	35,0	32,2	101	36,3	24,0
6	0,0	0,0	54	41,7	14,3	102	36,2	23,6
7	1,5	8,9	55	42,2	0,0	103	36,2	23,5
8	15,8	30,9	56	42,8	11,6	104	36,8	22,7
9	27,4	1,3	57	51,0	20,9	105	37,2	20,9
10	32,6	0,7	58	60,0	9,6	106	37,0	19,2
11	34,8	1,2	59	49,4	0,0	107	36,3	18,4
12	36,2	7,4	60	38,9	16,6	108	35,4	17,6
13	37,1	6,2	61	43,4	30,8	109	35,2	14,9
14	37,9	10,2	62	49,4	14,2	110	35,4	9,9
15	39,6	12,3	63	40,5	0,0	111	35,5	4,3
16	42,3	12,5	64	31,5	43,5	112	35,2	6,6
17	45,3	12,6	65	36,6	78,2	113	34,9	10,0
18	48,6	6,0	66	40,8	67,6	114	34,7	25,1
19	40,8	0,0	67	44,7	59,1	115	34,4	29,3
20	33,0	16,3	68	48,3	52,0	116	34,5	20,7
21	42,5	27,4	69	51,9	63,8	117	35,2	16,6
22	49,3	26,7	70	54,7	27,9	118	35,8	16,2
23	54,0	18,0	71	55,3	18,3	119	35,6	20,3
24	57,1	12,9	72	55,1	16,3	120	35,3	22,5
25	58,9	8,6	73	54,8	11,1	121	35,3	23,4
26	59,3	6,0	74	54,7	11,5	122	34,7	11,9
27	59,0	4,9	75	54,8	17,5	123	45,5	0,0
28	57,9	m	76	55,6	18,0	124	56,3	m
29	55,7	m	77	57,0	14,1	125	46,2	m
30	52,1	m	78	58,1	7,0	126	50,1	0,0
31	46,4	m	79	43,3	0,0	127	54,0	m
32	38,6	m	80	28,5	25,0	128	40,5	m
33	29,0	m	81	30,4	47,8	129	27,0	m
34	20,8	m	82	32,1	39,2	130	13,5	m
35	16,9	m	83	32,7	39,3	131	0,0	0,0
36	16,9	42,5	84	32,4	17,3	132	0,0	0,0
37	18,8	38,4	85	31,6	11,4	133	0,0	0,0
38	20,7	32,9	86	31,1	10,2	134	0,0	0,0
39	21,0	0,0	87	31,1	19,5	135	0,0	0,0
40	19,1	0,0	88	31,4	22,5	136	0,0	0,0
41	13,7	0,0	89	31,6	22,9	137	0,0	0,0
42	2,2	0,0	90	31,6	24,3	138	0,0	0,0
43	0,0	0,0	91	31,9	26,9	139	0,0	0,0
44	0,0	0,0	92	32,4	30,6	140	0,0	0,0
45	0,0	0,0	93	32,8	32,7	141	0,0	0,0
46	0,0	0,0	94	33,7	32,5	142	0,0	4,9
47	0,0	0,0	95	34,4	29,5	143	0,0	7,3
48	0,0	0,0	96	34,3	26,5	144	4,4	28,7

Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %	Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %	Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %
145	11,1	26,4	197	0,0	0,0	249	0,0	0,0
146	15,0	9,4	198	0,0	0,0	250	0,0	0,0
147	15,9	0,0	199	0,0	0,0	251	0,0	0,0
148	15,3	0,0	200	0,0	0,0	252	0,0	0,0
149	14,2	0,0	201	0,0	0,0	253	0,0	31,6
150	13,2	0,0	202	0,0	0,0	254	9,4	13,6
151	11,6	0,0	203	0,0	0,0	255	22,2	16,9
152	8,4	0,0	204	0,0	0,0	256	33,0	53,5
153	5,4	0,0	205	0,0	0,0	257	43,7	22,1
154	4,3	5,6	206	0,0	0,0	258	39,8	0,0
155	5,8	24,4	207	0,0	0,0	259	36,0	45,7
156	9,7	20,7	208	0,0	0,0	260	47,6	75,9
157	13,6	21,1	209	0,0	0,0	261	61,2	70,4
158	15,6	21,5	210	0,0	0,0	262	72,3	70,4
159	16,5	21,9	211	0,0	0,0	263	76,0	m
160	18,0	22,3	212	0,0	0,0	264	74,3	m
161	21,1	46,9	213	0,0	0,0	265	68,5	m
162	25,2	33,6	214	0,0	0,0	266	61,0	m
163	28,1	16,6	215	0,0	0,0	267	56,0	m
164	28,8	7,0	216	0,0	0,0	268	54,0	m
165	27,5	5,0	217	0,0	0,0	269	53,0	m
166	23,1	3,0	218	0,0	0,0	270	50,8	m
167	16,9	1,9	219	0,0	0,0	271	46,8	m
168	12,2	2,6	220	0,0	0,0	272	41,7	m
169	9,9	3,2	221	0,0	0,0	273	35,9	m
170	9,1	4,0	222	0,0	0,0	274	29,2	m
171	8,8	3,8	223	0,0	0,0	275	20,7	m
172	8,5	12,2	224	0,0	0,0	276	10,1	m
173	8,2	29,4	225	0,0	0,0	277	0,0	m
174	9,6	20,1	226	0,0	0,0	278	0,0	0,0
175	14,7	16,3	227	0,0	0,0	279	0,0	0,0
176	24,5	8,7	228	0,0	0,0	280	0,0	0,0
177	39,4	3,3	229	0,0	0,0	281	0,0	0,0
178	39,0	2,9	230	0,0	0,0	282	0,0	0,0
179	38,5	5,9	231	0,0	0,0	283	0,0	0,0
180	42,4	8,0	232	0,0	0,0	284	0,0	0,0
181	38,2	6,0	233	0,0	0,0	285	0,0	0,0
182	41,4	3,8	234	0,0	0,0	286	0,0	0,0
183	44,6	5,4	235	0,0	0,0	287	0,0	0,0
184	38,8	8,2	236	0,0	0,0	288	0,0	0,0
185	37,5	8,9	237	0,0	0,0	289	0,0	0,0
186	35,4	7,3	238	0,0	0,0	290	0,0	0,0
187	28,4	7,0	239	0,0	0,0	291	0,0	0,0
188	14,8	7,0	240	0,0	0,0	292	0,0	0,0
189	0,0	5,9	241	0,0	0,0	293	0,0	0,0
190	0,0	0,0	242	0,0	0,0	294	0,0	0,0
191	0,0	0,0	243	0,0	0,0	295	0,0	0,0
192	0,0	0,0	244	0,0	0,0	296	0,0	0,0
193	0,0	0,0	245	0,0	0,0	297	0,0	0,0
194	0,0	0,0	246	0,0	0,0	298	0,0	0,0
195	0,0	0,0	247	0,0	0,0	299	0,0	0,0
196	0,0	0,0	248	0,0	0,0	300	0,0	0,0

Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %	Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %	Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %
301	0,0	0,0	353	0,0	0,0	405	42,4	70,3
302	0,0	0,0	354	0,0	0,5	406	46,5	89,1
303	0,0	0,0	355	0,0	4,9	407	50,6	93,9
304	0,0	0,0	356	9,2	61,3	408	53,8	33,0
305	0,0	0,0	357	22,4	40,4	409	55,5	20,3
306	0,0	0,0	358	36,5	50,1	410	55,8	5,2
307	0,0	0,0	359	47,7	21,0	411	55,4	m
308	0,0	0,0	360	38,8	0,0	412	54,4	m
309	0,0	0,0	361	30,0	37,0	413	53,1	m
310	0,0	0,0	362	37,0	63,6	414	51,8	m
311	0,0	0,0	363	45,5	90,8	415	50,3	m
312	0,0	0,0	364	54,5	40,9	416	48,4	m
313	0,0	0,0	365	45,9	0,0	417	45,9	m
314	0,0	0,0	366	37,2	47,5	418	43,1	m
315	0,0	0,0	367	44,5	84,4	419	40,1	m
316	0,0	0,0	368	51,7	32,4	420	37,4	m
317	0,0	0,0	369	58,1	15,2	421	35,1	m
318	0,0	0,0	370	45,9	0,0	422	32,8	m
319	0,0	0,0	371	33,6	35,8	423	45,3	0,0
320	0,0	0,0	372	36,9	67,0	424	57,8	m
321	0,0	0,0	373	40,2	84,7	425	50,6	m
322	0,0	0,0	374	43,4	84,3	426	41,6	m
323	0,0	0,0	375	45,7	84,3	427	47,9	0,0
324	4,5	41,0	376	46,5	m	428	54,2	m
325	17,2	38,9	377	46,1	m	429	48,1	m
326	30,1	36,8	378	43,9	m	430	47,0	31,3
327	41,0	34,7	379	39,3	m	431	49,0	38,3
328	50,0	32,6	380	47,0	m	432	52,0	40,1
329	51,4	0,1	381	54,6	m	433	53,3	14,5
330	47,8	m	382	62,0	m	434	52,6	0,8
331	40,2	m	383	52,0	m	435	49,8	m
332	32,0	m	384	43,0	m	436	51,0	18,6
333	24,4	m	385	33,9	m	437	56,9	38,9
334	16,8	m	386	28,4	m	438	67,2	45,0
335	8,1	m	387	25,5	m	439	78,6	21,5
336	0,0	m	388	24,6	11,0	440	65,5	0,0
337	0,0	0,0	389	25,2	14,7	441	52,4	31,3
338	0,0	0,0	390	28,6	28,4	442	56,4	60,1
339	0,0	0,0	391	35,5	65,0	443	59,7	29,2
340	0,0	0,0	392	43,8	75,3	444	45,1	0,0
341	0,0	0,0	393	51,2	34,2	445	30,6	4,2
342	0,0	0,0	394	40,7	0,0	446	30,9	8,4
343	0,0	0,0	395	30,3	45,4	447	30,5	4,3
344	0,0	0,0	396	34,2	83,1	448	44,6	0,0
345	0,0	0,0	397	37,6	85,3	449	58,8	m
346	0,0	0,0	398	40,8	87,5	450	55,1	m
347	0,0	0,0	399	44,8	89,7	451	50,6	m
348	0,0	0,0	400	50,6	91,9	452	45,3	m
349	0,0	0,0	401	57,6	94,1	453	39,3	m
350	0,0	0,0	402	64,6	44,6	454	49,1	0,0
351	0,0	0,0	403	51,6	0,0	455	58,8	m
352	0,0	0,0	404	38,7	37,4	456	50,7	m

Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %	Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %	Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %
457	42,4	m	509	48,8	22,1	561	50,7	27,5
458	44,1	0,0	510	50,1	22,1	562	53,4	20,7
459	45,7	m	511	51,4	42,4	563	54,2	13,1
460	32,5	m	512	52,5	31,9	564	54,2	0,4
461	20,7	m	513	53,7	21,6	565	53,4	0,0
462	10,0	m	514	55,1	11,6	566	51,4	m
463	0,0	0,0	515	56,8	5,7	567	48,7	m
464	0,0	1,5	516	42,4	0,0	568	45,6	m
465	0,9	41,1	517	27,9	8,2	569	42,4	m
466	7,0	46,3	518	29,0	15,9	570	40,4	m
467	12,8	48,5	519	30,4	25,1	571	39,8	5,8
468	17,0	50,7	520	32,6	60,5	572	40,7	39,7
469	20,9	52,9	521	35,4	72,7	573	43,8	37,1
470	26,7	55,0	522	38,4	88,2	574	48,1	39,1
471	35,5	57,2	523	41,0	65,1	575	52,0	22,0
472	46,9	23,8	524	42,9	25,6	576	54,7	13,2
473	44,5	0,0	525	44,2	15,8	577	56,4	13,2
474	42,1	45,7	526	44,9	2,9	578	57,5	6,6
475	55,6	77,4	527	45,1	m	579	42,6	0,0
476	68,8	100,0	528	44,8	m	580	27,7	10,9
477	81,7	47,9	529	43,9	m	581	28,5	21,3
478	71,2	0,0	530	42,4	m	582	29,2	23,9
479	60,7	38,3	531	40,2	m	583	29,5	15,2
480	68,8	72,7	532	37,1	m	584	29,7	8,8
481	75,0	m	533	47,0	0,0	585	30,4	20,8
482	61,3	m	534	57,0	m	586	31,9	22,9
483	53,5	m	535	45,1	m	587	34,3	61,4
484	45,9	58,0	536	32,6	m	588	37,2	76,6
485	48,1	80,0	537	46,8	0,0	589	40,1	27,5
486	49,4	97,9	538	61,5	m	590	42,3	25,4
487	49,7	m	539	56,7	m	591	43,5	32,0
488	48,7	m	540	46,9	m	592	43,8	6,0
489	45,5	m	541	37,5	m	593	43,5	m
490	40,4	m	542	30,3	m	594	42,8	m
491	49,7	0,0	543	27,3	32,3	595	41,7	m
492	59,0	m	544	30,8	60,3	596	40,4	m
493	48,9	m	545	41,2	62,3	597	39,3	m
494	40,0	m	546	36,0	0,0	598	38,9	12,9
495	33,5	m	547	30,8	32,3	599	39,0	18,4
496	30,0	m	548	33,9	60,3	600	39,7	39,2
497	29,1	12,0	549	34,6	38,4	601	41,4	60,0
498	29,3	40,4	550	37,0	16,6	602	43,7	54,5
499	30,4	29,3	551	42,7	62,3	603	46,2	64,2
500	32,2	15,4	552	50,4	28,1	604	48,8	73,3
501	33,9	15,8	553	40,1	0,0	605	51,0	82,3
502	35,3	14,9	554	29,9	8,0	606	52,1	0,0
503	36,4	15,1	555	32,5	15,0	607	52,0	m
504	38,0	15,3	556	34,6	63,1	608	50,9	m
505	40,3	50,9	557	36,7	58,0	609	49,4	m
506	43,0	39,7	558	39,4	52,9	610	47,8	m
507	45,5	20,6	559	42,8	47,8	611	46,6	m
508	47,3	20,6	560	46,8	42,7	612	47,3	35,3

Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %	Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %	Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %
613	49,2	74,1	665	60,4	41,8	717	0,0	0,0
614	51,1	95,2	666	69,1	79,0	718	0,0	0,0
615	51,7	m	667	77,1	38,3	719	0,0	0,0
616	50,8	m	668	63,1	0,0	720	0,0	0,0
617	47,3	m	669	49,1	47,9	721	0,0	0,0
618	41,8	m	670	53,4	91,3	722	0,0	0,0
619	36,4	m	671	57,5	85,7	723	0,0	0,0
620	30,9	m	672	61,5	89,2	724	0,0	0,0
621	25,5	37,1	673	65,5	85,9	725	0,0	0,0
622	33,8	38,4	674	69,5	89,5	726	0,0	0,0
623	42,1	m	675	73,1	75,5	727	0,0	0,0
624	34,1	m	676	76,2	73,6	728	0,0	0,0
625	33,0	37,1	677	79,1	75,6	729	0,0	0,0
626	36,4	38,4	678	81,8	78,2	730	0,0	0,0
627	43,3	17,1	679	84,1	39,0	731	0,0	0,0
628	35,7	0,0	680	69,6	0,0	732	0,0	0,0
629	28,1	11,6	681	55,0	25,2	733	0,0	0,0
630	36,5	19,2	682	55,8	49,9	734	0,0	0,0
631	45,2	8,3	683	56,7	46,4	735	0,0	0,0
632	36,5	0,0	684	57,6	76,3	736	0,0	0,0
633	27,9	32,6	685	58,4	92,7	737	0,0	0,0
634	31,5	59,6	686	59,3	99,9	738	0,0	0,0
635	34,4	65,2	687	60,1	95,0	739	0,0	0,0
636	37,0	59,6	688	61,0	46,7	740	0,0	0,0
637	39,0	49,0	689	46,6	0,0	741	0,0	0,0
638	40,2	m	690	32,3	34,6	742	0,0	0,0
639	39,8	m	691	32,7	68,6	743	0,0	0,0
640	36,0	m	692	32,6	67,0	744	0,0	0,0
641	29,7	m	693	31,3	m	745	0,0	0,0
642	21,5	m	694	28,1	m	746	0,0	0,0
643	14,1	m	695	43,0	0,0	747	0,0	0,0
644	0,0	0,0	696	58,0	m	748	0,0	0,0
645	0,0	0,0	697	58,9	m	749	0,0	0,0
646	0,0	0,0	698	49,4	m	750	0,0	0,0
647	0,0	0,0	699	41,5	m	751	0,0	0,0
648	0,0	0,0	700	48,4	0,0	752	0,0	0,0
649	0,0	0,0	701	55,3	m	753	0,0	0,0
650	0,0	0,0	702	41,8	m	754	0,0	0,0
651	0,0	0,0	703	31,6	m	755	0,0	0,0
652	0,0	0,0	704	24,6	m	756	0,0	0,0
653	0,0	0,0	705	15,2	m	757	0,0	0,0
654	0,0	0,0	706	7,0	m	758	0,0	0,0
655	0,0	0,0	707	0,0	0,0	759	0,0	0,0
656	0,0	3,4	708	0,0	0,0	760	0,0	0,0
657	1,4	22,0	709	0,0	0,0	761	0,0	0,0
658	10,1	45,3	710	0,0	0,0	762	0,0	0,0
659	21,5	10,0	711	0,0	0,0	763	0,0	0,0
660	32,2	0,0	712	0,0	0,0	764	0,0	0,0
661	42,3	46,0	713	0,0	0,0	765	0,0	0,0
662	57,1	74,1	714	0,0	0,0	766	0,0	0,0
663	72,1	34,2	715	0,0	0,0	767	0,0	0,0
664	66,9	0,0	716	0,0	0,0	768	0,0	0,0

Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %	Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %	Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %
769	0,0	0,0	821	42,3	0,0	873	34,1	m
770	0,0	0,0	822	27,6	29,1	874	33,6	m
771	0,0	22,0	823	28,4	57,0	875	33,3	m
772	4,5	25,8	824	29,1	51,8	876	33,1	m
773	15,5	42,8	825	29,6	35,3	877	32,7	m
774	30,5	46,8	826	29,7	33,3	878	31,4	m
775	45,5	29,3	827	29,8	17,7	879	45,0	0,0
776	49,2	13,6	828	29,5	m	880	58,5	m
777	39,5	0,0	829	28,9	m	881	53,7	m
778	29,7	15,1	830	43,0	0,0	882	47,5	m
779	34,8	26,9	831	57,1	m	883	40,6	m
780	40,0	13,6	832	57,7	m	884	34,1	m
781	42,2	m	833	56,0	m	885	45,3	0,0
782	42,1	m	834	53,8	m	886	56,4	m
783	40,8	m	835	51,2	m	887	51,0	m
784	37,7	37,6	836	48,1	m	888	44,5	m
785	47,0	35,0	837	44,5	m	889	36,4	m
786	48,8	33,4	838	40,9	m	890	26,6	m
787	41,7	m	839	38,1	m	891	20,0	m
788	27,7	m	840	37,2	42,7	892	13,3	m
789	17,2	m	841	37,5	70,8	893	6,7	m
790	14,0	37,6	842	39,1	48,6	894	0,0	0,0
791	18,4	25,0	843	41,3	0,1	895	0,0	0,0
792	27,6	17,7	844	42,3	m	896	0,0	0,0
793	39,8	6,8	845	42,0	m	897	0,0	0,0
794	34,3	0,0	846	40,8	m	898	0,0	0,0
795	28,7	26,5	847	38,6	m	899	0,0	0,0
796	41,5	40,9	848	35,5	m	900	0,0	0,0
797	53,7	17,5	849	32,1	m	901	0,0	5,8
798	42,4	0,0	850	29,6	m	902	2,5	27,9
799	31,2	27,3	851	28,8	39,9	903	12,4	29,0
800	32,3	53,2	852	29,2	52,9	904	19,4	30,1
801	34,5	60,6	853	30,9	76,1	905	29,3	31,2
802	37,6	68,0	854	34,3	76,5	906	37,1	10,4
803	41,2	75,4	855	38,3	75,5	907	40,6	4,9
804	45,8	82,8	856	42,5	74,8	908	35,8	0,0
805	52,3	38,2	857	46,6	74,2	909	30,9	7,6
806	42,5	0,0	858	50,7	76,2	910	35,4	13,8
807	32,6	30,5	859	54,8	75,1	911	36,5	11,1
808	35,0	57,9	860	58,7	36,3	912	40,8	48,5
809	36,0	77,3	861	45,2	0,0	913	49,8	3,7
810	37,1	96,8	862	31,8	37,2	914	41,2	0,0
811	39,6	80,8	863	33,8	71,2	915	32,7	29,7
812	43,4	78,3	864	35,5	46,4	916	39,4	52,1
813	47,2	73,4	865	36,6	33,6	917	48,8	22,7
814	49,6	66,9	866	37,2	20,0	918	41,6	0,0
815	50,2	62,0	867	37,2	m	919	34,5	46,6
816	50,2	57,7	868	37,0	m	920	39,7	84,4
817	50,6	62,1	869	36,6	m	921	44,7	83,2
818	52,3	62,9	870	36,0	m	922	49,5	78,9
819	54,8	37,5	871	35,4	m	923	52,3	83,8
820	57,0	18,3	872	34,7	m	924	53,4	77,7

Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %	Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %	Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %
925	52,1	69,6	977	43,2	26,4	1 029	28,1	26,8
926	47,9	63,6	978	43,5	m	1 030	31,6	49,2
927	46,4	55,2	979	42,9	m	1 031	34,5	39,5
928	46,5	53,6	980	41,5	m	1 032	36,4	24,0
929	46,4	62,3	981	40,9	m	1 033	36,7	m
930	46,1	58,2	982	40,5	m	1 034	35,5	m
931	46,2	61,8	983	39,5	m	1 035	33,8	m
932	47,3	62,3	984	38,3	m	1 036	33,7	19,8
933	49,3	57,1	985	36,9	m	1 037	35,3	35,1
934	52,6	58,1	986	35,4	m	1 038	38,0	33,9
935	56,3	56,0	987	34,5	m	1 039	40,1	34,5
936	59,9	27,2	988	33,9	m	1 040	42,2	40,4
937	45,8	0,0	989	32,6	m	1 041	45,2	44,0
938	31,8	28,8	990	30,9	m	1 042	48,3	35,9
939	32,7	56,5	991	29,9	m	1 043	50,1	29,6
940	33,4	62,8	992	29,2	m	1 044	52,3	38,5
941	34,6	68,2	993	44,1	0,0	1 045	55,3	57,7
942	35,8	68,6	994	59,1	m	1 046	57,0	50,7
943	38,6	65,0	995	56,8	m	1 047	57,7	25,2
944	42,3	61,9	996	53,5	m	1 048	42,9	0,0
945	44,1	65,3	997	47,8	m	1 049	28,2	15,7
946	45,3	63,2	998	41,9	m	1 050	29,2	30,5
947	46,5	30,6	999	35,9	m	1 051	31,1	52,6
948	46,7	11,1	1 000	44,3	0,0	1 052	33,4	60,7
949	45,9	16,1	1 001	52,6	m	1 053	35,0	61,4
950	45,6	21,8	1 002	43,4	m	1 054	35,3	18,2
951	45,9	24,2	1 003	50,6	0,0	1 055	35,2	14,9
952	46,5	24,7	1 004	57,8	m	1 056	34,9	11,7
953	46,7	24,7	1 005	51,6	m	1 057	34,5	12,9
954	46,8	28,2	1 006	44,8	m	1 058	34,1	15,5
955	47,2	31,2	1 007	48,6	0,0	1 059	33,5	m
956	47,6	29,6	1 008	52,4	m	1 060	31,8	m
957	48,2	31,2	1 009	45,4	m	1 061	30,1	m
958	48,6	33,5	1 010	37,2	m	1 062	29,6	10,3
959	48,8	m	1 011	26,3	m	1 063	30,0	26,5
960	47,6	m	1 012	17,9	m	1 064	31,0	18,8
961	46,3	m	1 013	16,2	1,9	1 065	31,5	26,5
962	45,2	m	1 014	17,8	7,5	1 066	31,7	m
963	43,5	m	1 015	25,2	18,0	1 067	31,5	m
964	41,4	m	1 016	39,7	6,5	1 068	30,6	m
965	40,3	m	1 017	38,6	0,0	1 069	30,0	m
966	39,4	m	1 018	37,4	5,4	1 070	30,0	m
967	38,0	m	1 019	43,4	9,7	1 071	29,4	m
968	36,3	m	1 020	46,9	15,7	1 072	44,3	0,0
969	35,3	5,8	1 021	52,5	13,1	1 073	59,2	m
970	35,4	30,2	1 022	56,2	6,3	1 074	58,3	m
971	36,6	55,6	1 023	44,0	0,0	1 075	57,1	m
972	38,6	48,5	1 024	31,8	20,9	1 076	55,4	m
973	39,9	41,8	1 025	38,7	36,3	1 077	53,5	m
974	40,3	38,2	1 026	47,7	47,5	1 078	51,5	m
975	40,8	35,0	1 027	54,5	22,0	1 079	49,7	m
976	41,9	32,4	1 028	41,3	0,0	1 080	47,9	m

Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %	Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %	Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %
1 081	46,4	m	1 133	30,3	m	1 185	0,0	0,0
1 082	45,5	m	1 134	29,8	m	1 186	0,0	0,0
1 083	45,2	m	1 135	44,3	0,0	1 187	0,0	0,0
1 084	44,3	m	1 136	58,9	m	1 188	0,0	0,0
1 085	43,6	m	1 137	52,1	m	1 189	0,0	0,0
1 086	43,1	m	1 138	44,1	m	1 190	0,0	0,0
1 087	42,5	25,6	1 139	51,7	0,0	1 191	0,0	0,0
1 088	43,3	25,7	1 140	59,2	m	1 192	0,0	0,0
1 089	46,3	24,0	1 141	47,2	m	1 193	0,0	0,0
1 090	47,8	20,6	1 142	35,1	0,0	1 194	0,0	0,0
1 091	47,2	3,8	1 143	23,1	m	1 195	0,0	0,0
1 092	45,6	4,4	1 144	13,1	m	1 196	0,0	20,4
1 093	44,6	4,1	1 145	5,0	m	1 197	12,6	41,2
1 094	44,1	m	1 146	0,0	0,0	1 198	27,3	20,4
1 095	42,9	m	1 147	0,0	0,0	1 199	40,4	7,6
1 096	40,9	m	1 148	0,0	0,0	1 200	46,1	m
1 097	39,2	m	1 149	0,0	0,0	1 201	44,6	m
1 098	37,0	m	1 150	0,0	0,0	1 202	42,7	14,7
1 099	35,1	2,0	1 151	0,0	0,0	1 203	42,9	7,3
1 100	35,6	43,3	1 152	0,0	0,0	1 204	36,1	0,0
1 101	38,7	47,6	1 153	0,0	0,0	1 205	29,3	15,0
1 102	41,3	40,4	1 154	0,0	0,0	1 206	43,8	22,6
1 103	42,6	45,7	1 155	0,0	0,0	1 207	54,9	9,9
1 104	43,9	43,3	1 156	0,0	0,0	1 208	44,9	0,0
1 105	46,9	41,2	1 157	0,0	0,0	1 209	34,9	47,4
1 106	52,4	40,1	1 158	0,0	0,0	1 210	42,7	82,7
1 107	56,3	39,3	1 159	0,0	0,0	1 211	52,0	81,2
1 108	57,4	25,5	1 160	0,0	0,0	1 212	61,8	82,7
1 109	57,2	25,4	1 161	0,0	0,0	1 213	71,3	39,1
1 110	57,0	25,4	1 162	0,0	0,0	1 214	58,1	0,0
1 111	56,8	25,3	1 163	0,0	0,0	1 215	44,9	42,5
1 112	56,3	25,3	1 164	0,0	0,0	1 216	46,3	83,3
1 113	55,6	25,2	1 165	0,0	0,0	1 217	46,8	74,1
1 114	56,2	25,2	1 166	0,0	0,0	1 218	48,1	75,7
1 115	58,0	12,4	1 167	0,0	0,0	1 219	50,5	75,8
1 116	43,4	0,0	1 168	0,0	0,0	1 220	53,6	76,7
1 117	28,8	26,2	1 169	0,0	0,0	1 221	56,9	77,1
1 118	30,9	49,9	1 170	0,0	0,0	1 222	60,2	78,7
1 119	32,3	40,5	1 171	0,0	0,0	1 223	63,7	78,0
1 120	32,5	12,4	1 172	0,0	0,0	1 224	67,2	79,6
1 121	32,4	12,2	1 173	0,0	0,0	1 225	70,7	80,9
1 122	32,1	6,4	1 174	0,0	0,0	1 226	74,1	81,1
1 123	31,0	12,4	1 175	0,0	0,0	1 227	77,5	83,6
1 124	30,1	18,5	1 176	0,0	0,0	1 228	80,8	85,6
1 125	30,4	35,6	1 177	0,0	0,0	1 229	84,1	81,6
1 126	31,2	30,1	1 178	0,0	0,0	1 230	87,4	88,3
1 127	31,5	30,8	1 179	0,0	0,0	1 231	90,5	91,9
1 128	31,5	26,9	1 180	0,0	0,0	1 232	93,5	94,1
1 129	31,7	33,9	1 181	0,0	0,0	1 233	96,8	96,6
1 130	32,0	29,9	1 182	0,0	0,0	1 234	100,0	m
1 131	32,1	m	1 183	0,0	0,0	1 235	96,0	m
1 132	31,4	m	1 184	0,0	0,0	1 236	81,9	m

Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1 237	68,1	m	1 289	61,9	76,1	1 341	28,0	29,5
1 238	58,1	84,7	1 290	65,6	73,7	1 342	28,6	100,0
1 239	58,5	85,4	1 291	69,9	79,3	1 343	28,8	97,3
1 240	59,5	85,6	1 292	74,1	81,3	1 344	28,8	73,4
1 241	61,0	86,6	1 293	78,3	83,2	1 345	29,6	56,9
1 242	62,6	86,8	1 294	82,6	86,0	1 346	30,3	91,7
1 243	64,1	87,6	1 295	87,0	89,5	1 347	31,0	90,5
1 244	65,4	87,5	1 296	91,2	90,8	1 348	31,8	81,7
1 245	66,7	87,8	1 297	95,3	45,9	1 349	32,6	79,5
1 246	68,1	43,5	1 298	81,0	0,0	1 350	33,5	86,9
1 247	55,2	0,0	1 299	66,6	38,2	1 351	34,6	100,0
1 248	42,3	37,2	1 300	67,9	75,5	1 352	35,6	78,7
1 249	43,0	73,6	1 301	68,4	80,5	1 353	36,4	50,5
1 250	43,5	65,1	1 302	69,0	85,5	1 354	37,0	57,0
1 251	43,8	53,1	1 303	70,0	85,2	1 355	37,3	69,1
1 252	43,9	54,6	1 304	71,6	85,9	1 356	37,6	49,5
1 253	43,9	41,2	1 305	73,3	86,2	1 357	37,8	44,4
1 254	43,8	34,8	1 306	74,8	86,5	1 358	37,8	43,4
1 255	43,6	30,3	1 307	76,3	42,9	1 359	37,8	34,8
1 256	43,3	21,9	1 308	63,3	0,0	1 360	37,6	24,0
1 257	42,8	19,9	1 309	50,4	21,2	1 361	37,2	m
1 258	42,3	m	1 310	50,6	42,3	1 362	36,3	m
1 259	41,4	m	1 311	50,6	53,7	1 363	35,1	m
1 260	40,2	m	1 312	50,4	90,1	1 364	33,7	m
1 261	38,7	m	1 313	50,5	97,1	1 365	32,4	m
1 262	37,1	m	1 314	51,0	100,0	1 366	31,1	m
1 263	35,6	m	1 315	51,9	100,0	1 367	29,9	m
1 264	34,2	m	1 316	52,6	100,0	1 368	28,7	m
1 265	32,9	m	1 317	52,8	32,4	1 369	29,0	58,6
1 266	31,8	m	1 318	47,7	0,0	1 370	29,7	88,5
1 267	30,7	m	1 319	42,6	27,4	1 371	31,0	86,3
1 268	29,6	m	1 320	42,1	53,5	1 372	31,8	43,4
1 269	40,4	0,0	1 321	41,8	44,5	1 373	31,7	m
1 270	51,2	m	1 322	41,4	41,1	1 374	29,9	m
1 271	49,6	m	1 323	41,0	21,0	1 375	40,2	0,0
1 272	48,0	m	1 324	40,3	0,0	1 376	50,4	m
1 273	46,4	m	1 325	39,3	1,0	1 377	47,9	m
1 274	45,0	m	1 326	38,3	15,2	1 378	45,0	m
1 275	43,6	m	1 327	37,6	57,8	1 379	43,0	m
1 276	42,3	m	1 328	37,3	73,2	1 380	40,6	m
1 277	41,0	m	1 329	37,3	59,8	1 381	55,5	0,0
1 278	39,6	m	1 330	37,4	52,2	1 382	70,4	41,7
1 279	38,3	m	1 331	37,4	16,9	1 383	73,4	83,2
1 280	37,1	m	1 332	37,1	34,3	1 384	74,0	83,7
1 281	35,9	m	1 333	36,7	51,9	1 385	74,9	41,7
1 282	34,6	m	1 334	36,2	25,3	1 386	60,0	0,0
1 283	33,0	m	1 335	35,6	m	1 387	45,1	41,6
1 284	31,1	m	1 336	34,6	m	1 388	47,7	84,2
1 285	29,2	m	1 337	33,2	m	1 389	50,4	50,2
1 286	43,3	0,0	1 338	31,6	m	1 390	53,0	26,1
1 287	57,4	32,8	1 339	30,1	m	1 391	59,5	0,0
1 288	59,9	65,4	1 340	28,8	m	1 392	66,2	38,4

Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1 393	66,4	76,7	1 445	45,4	97,3	1 497	55,9	20,9
1 394	67,6	100,0	1 446	47,0	96,6	1 498	56,0	22,9
1 395	68,4	76,6	1 447	47,8	96,2	1 499	56,0	21,1
1 396	68,2	47,2	1 448	48,8	96,3	1 500	55,1	19,2
1 397	69,0	81,4	1 449	50,5	95,1	1 501	55,6	24,2
1 398	69,7	40,6	1 450	51,0	95,9	1 502	55,4	25,6
1 399	54,7	0,0	1 451	52,0	94,3	1 503	55,7	24,7
1 400	39,8	19,9	1 452	52,6	94,6	1 504	55,9	24,0
1 401	36,3	40,0	1 453	53,0	65,5	1 505	55,4	23,5
1 402	36,7	59,4	1 454	53,2	0,0	1 506	55,7	30,9
1 403	36,6	77,5	1 455	53,2	m	1 507	55,4	42,5
1 404	36,8	94,3	1 456	52,6	m	1 508	55,3	25,8
1 405	36,8	100,0	1 457	52,1	m	1 509	55,4	1,3
1 406	36,4	100,0	1 458	51,8	m	1 510	55,0	m
1 407	36,3	79,7	1 459	51,3	m	1 511	54,4	m
1 408	36,7	49,5	1 460	50,7	m	1 512	54,2	m
1 409	36,6	39,3	1 461	50,7	m	1 513	53,5	m
1 410	37,3	62,8	1 462	49,8	m	1 514	52,4	m
1 411	38,1	73,4	1 463	49,4	m	1 515	51,8	m
1 412	39,0	72,9	1 464	49,3	m	1 516	50,7	m
1 413	40,2	72,0	1 465	49,1	m	1 517	49,9	m
1 414	41,5	71,2	1 466	49,1	m	1 518	49,1	m
1 415	42,9	77,3	1 467	49,1	8,3	1 519	47,7	m
1 416	44,4	76,6	1 468	48,9	16,8	1 520	47,3	m
1 417	45,4	43,1	1 469	48,8	21,3	1 521	46,9	m
1 418	45,3	53,9	1 470	49,1	22,1	1 522	46,9	m
1 419	45,1	64,8	1 471	49,4	26,3	1 523	47,2	m
1 420	46,5	74,2	1 472	49,8	39,2	1 524	47,8	m
1 421	47,7	75,2	1 473	50,4	83,4	1 525	48,2	0,0
1 422	48,1	75,5	1 474	51,4	90,6	1 526	48,8	23,0
1 423	48,6	75,8	1 475	52,3	93,8	1 527	49,1	67,9
1 424	48,9	76,3	1 476	53,3	94,0	1 528	49,4	73,7
1 425	49,9	75,5	1 477	54,2	94,1	1 529	49,8	75,0
1 426	50,4	75,2	1 478	54,9	94,3	1 530	50,4	75,8
1 427	51,1	74,6	1 479	55,7	94,6	1 531	51,4	73,9
1 428	51,9	75,0	1 480	56,1	94,9	1 532	52,3	72,2
1 429	52,7	37,2	1 481	56,3	86,2	1 533	53,3	71,2
1 430	41,6	0,0	1 482	56,2	64,1	1 534	54,6	71,2
1 431	30,4	36,6	1 483	56,0	46,1	1 535	55,4	68,7
1 432	30,5	73,2	1 484	56,2	33,4	1 536	56,7	67,0
1 433	30,3	81,6	1 485	56,5	23,6	1 537	57,2	64,6
1 434	30,4	89,3	1 486	56,3	18,6	1 538	57,3	61,9
1 435	31,5	90,4	1 487	55,7	16,2	1 539	57,0	59,5
1 436	32,7	88,5	1 488	56,0	15,9	1 540	56,7	57,0
1 437	33,7	97,2	1 489	55,9	21,8	1 541	56,7	69,8
1 438	35,2	99,7	1 490	55,8	20,9	1 542	56,8	58,5
1 439	36,3	98,8	1 491	55,4	18,4	1 543	56,8	47,2
1 440	37,7	100,0	1 492	55,7	25,1	1 544	57,0	38,5
1 441	39,2	100,0	1 493	56,0	27,7	1 545	57,0	32,8
1 442	40,9	100,0	1 494	55,8	22,4	1 546	56,8	30,2
1 443	42,4	99,5	1 495	56,1	20,0	1 547	57,0	27,0
1 444	43,8	98,7	1 496	55,7	17,4	1 548	56,9	26,2

Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %	Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %	Tempo s	Regime norm. %	Coppia norm. %
1 549	56,7	26,2	1 601	56,7	42,6	1 653	55,8	69,5
1 550	57,0	26,6	1 602	56,7	41,5	1 654	56,0	69,8
1 551	56,7	27,8	1 603	56,7	42,2	1 655	56,2	69,3
1 552	56,7	29,7	1 604	56,5	42,2	1 656	56,2	69,8
1 553	56,8	32,1	1 605	56,8	41,9	1 657	56,4	69,2
1 554	56,5	34,9	1 606	56,5	42,0	1 658	56,3	68,7
1 555	56,6	34,9	1 607	56,7	42,1	1 659	56,2	69,4
1 556	56,3	35,8	1 608	56,4	41,9	1 660	56,2	69,5
1 557	56,6	36,6	1 609	56,7	42,9	1 661	56,2	70,0
1 558	56,2	37,6	1 610	56,7	41,8	1 662	56,4	69,7
1 559	56,6	38,2	1 611	56,7	41,9	1 663	56,2	70,2
1 560	56,2	37,9	1 612	56,8	42,0	1 664	56,4	70,5
1 561	56,6	37,5	1 613	56,7	41,5	1 665	56,1	70,5
1 562	56,4	36,7	1 614	56,6	41,9	1 666	56,5	69,7
1 563	56,5	34,8	1 615	56,8	41,6	1 667	56,2	69,3
1 564	56,5	35,8	1 616	56,6	41,6	1 668	56,5	70,9
1 565	56,5	36,2	1 617	56,9	42,0	1 669	56,4	70,8
1 566	56,5	36,7	1 618	56,7	40,7	1 670	56,3	71,1
1 567	56,7	37,8	1 619	56,7	39,3	1 671	56,4	71,0
1 568	56,7	37,8	1 620	56,5	41,4	1 672	56,7	68,6
1 569	56,6	36,6	1 621	56,4	44,9	1 673	56,8	68,6
1 570	56,8	36,1	1 622	56,8	45,2	1 674	56,6	68,0
1 571	56,5	36,8	1 623	56,6	43,6	1 675	56,8	65,1
1 572	56,9	35,9	1 624	56,8	42,2	1 676	56,9	60,9
1 573	56,7	35,0	1 625	56,5	42,3	1 677	57,1	57,4
1 574	56,5	36,0	1 626	56,5	44,4	1 678	57,1	54,3
1 575	56,4	36,5	1 627	56,9	45,1	1 679	57,0	48,6
1 576	56,5	38,0	1 628	56,4	45,0	1 680	57,4	44,1
1 577	56,5	39,9	1 629	56,7	46,3	1 681	57,4	40,2
1 578	56,4	42,1	1 630	56,7	45,5	1 682	57,6	36,9
1 579	56,5	47,0	1 631	56,8	45,0	1 683	57,5	34,2
1 580	56,4	48,0	1 632	56,7	44,9	1 684	57,4	31,1
1 581	56,1	49,1	1 633	56,6	45,2	1 685	57,5	25,9
1 582	56,4	48,9	1 634	56,8	46,0	1 686	57,5	20,7
1 583	56,4	48,2	1 635	56,5	46,6	1 687	57,6	16,4
1 584	56,5	48,3	1 636	56,6	48,3	1 688	57,6	12,4
1 585	56,5	47,9	1 637	56,4	48,6	1 689	57,6	8,9
1 586	56,6	46,8	1 638	56,6	50,3	1 690	57,5	8,0
1 587	56,6	46,2	1 639	56,3	51,9	1 691	57,5	5,8
1 588	56,5	44,4	1 640	56,5	54,1	1 692	57,3	5,8
1 589	56,8	42,9	1 641	56,3	54,9	1 693	57,6	5,5
1 590	56,5	42,8	1 642	56,4	55,0	1 694	57,3	4,5
1 591	56,7	43,2	1 643	56,4	56,2	1 695	57,2	3,2
1 592	56,5	42,8	1 644	56,2	58,6	1 696	57,2	3,1
1 593	56,9	42,2	1 645	56,2	59,1	1 697	57,3	4,9
1 594	56,5	43,1	1 646	56,2	62,5	1 698	57,3	4,2
1 595	56,5	42,9	1 647	56,4	62,8	1 699	56,9	5,5
1 596	56,7	42,7	1 648	56,0	64,7	1 700	57,1	5,1
1 597	56,6	41,5	1 649	56,4	65,6	1 701	57,0	5,2
1 598	56,9	41,8	1 650	56,2	67,7	1 702	56,9	5,5
1 599	56,6	41,9	1 651	55,9	68,9	1 703	56,6	5,4
1 600	56,7	42,6	1 652	56,1	68,9	1 704	57,1	6,1

Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1 705	56,7	5,7	1 738	55,8	46,9	1 771	46,2	m
1 706	56,8	5,8	1 739	56,1	46,8	1 772	43,1	m
1 707	57,0	6,1	1 740	56,1	45,8	1 773	39,9	m
1 708	56,7	5,9	1 741	56,2	46,0	1 774	36,6	m
1 709	57,0	6,6	1 742	56,3	45,9	1 775	33,6	m
1 710	56,9	6,4	1 743	56,3	45,9	1 776	30,5	m
1 711	56,7	6,7	1 744	56,2	44,6	1 777	42,8	0,0
1 712	56,9	6,9	1 745	56,2	46,0	1 778	55,2	m
1 713	56,8	5,6	1 746	56,4	46,2	1 779	49,9	m
1 714	56,6	5,1	1 747	55,8	m	1 780	44,0	m
1 715	56,6	6,5	1 748	55,5	m	1 781	37,6	m
1 716	56,5	10,0	1 749	55,0	m	1 782	47,2	0,0
1 717	56,6	12,4	1 750	54,1	m	1 783	56,8	m
1 718	56,5	14,5	1 751	54,0	m	1 784	47,5	m
1 719	56,6	16,3	1 752	53,3	m	1 785	42,9	m
1 720	56,3	18,1	1 753	52,6	m	1 786	31,6	m
1 721	56,6	20,7	1 754	51,8	m	1 787	25,8	m
1 722	56,1	22,6	1 755	50,7	m	1 788	19,9	m
1 723	56,3	25,8	1 756	49,9	m	1 789	14,0	m
1 724	56,4	27,7	1 757	49,1	m	1 790	8,1	m
1 725	56,0	29,7	1 758	47,7	m	1 791	2,2	m
1 726	56,1	32,6	1 759	46,8	m	1 792	0,0	0,0
1 727	55,9	34,9	1 760	45,7	m	1 793	0,0	0,0
1 728	55,9	36,4	1 761	44,8	m	1 794	0,0	0,0
1 729	56,0	39,2	1 762	43,9	m	1 795	0,0	0,0
1 730	55,9	41,4	1 763	42,9	m	1 796	0,0	0,0
1 731	55,5	44,2	1 764	41,5	m	1 797	0,0	0,0
1 732	55,9	46,4	1 765	39,5	m	1 798	0,0	0,0
1 733	55,8	48,3	1 766	36,7	m	1 799	0,0	0,0
1 734	55,6	49,1	1 767	33,8	m	1 800	0,0	0,0
1 735	55,8	49,3	1 768	31,0	m			
1 736	55,9	47,7	1 769	40,0	0,0			
1 737	55,9	47,4	1 770	49,1	m			

m= trascinato

Appendice 2

Carburante diesel di riferimento

Parametro	Unità	Limiti ⁽¹⁾		Metodo di prova
		Minimo	Massimo	
Numero di cetano		52	54	UNI EN ISO 5165
Massa volumica a 15 °C	kg/m ³	833	837	UNI EN ISO 3675
Distillazione:				
— 50 per cento vol.	°C	245		UNI EN ISO 3405
— 95 per cento vol.	°C	345	350	
— punto di ebollizione finale	°C		370	
Punto di infiammabilità	°C	55		UNI EN ISO 2719
Temperatura limite di filtrabilità	°C		-5	UNI EN 116
Viscosità cinematica a 40 °C	mm ² /s	2,3	3,3	UNI EN ISO 3104
Idrocarburi aromatici policiclici	% m/m	2,0	6,0	UNI EN 12916
Residuo carbonioso Conradson (sul 10 % del residuo distillato)	% m/m		0,2	UNI EN ISO 10370
Contenuto di ceneri	% m/m		0,01	UNI EN ISO 6245
Contenuto di acqua	% m/m		0,02	UNI EN ISO 12937
Contenuto di zolfo	mg/kg		10	UNI EN ISO 14596
Corrosività su rame a 50 °C			1	UNI EN ISO 2160
Untuosità (HFRR a 60 °C)	µm		400	CEC F-06-A-96
Numero di neutralizzazione	mg KOH/g		0,02	
Stabilità all'ossidazione	mg/ml		0,025	UNI EN ISO 12205

(¹) I valori indicati nella specifica sono «valori effettivi». Per stabilire i valori limite sono state applicate le condizioni indicate nella norma UNI EN ISO 4259 «Prodotti petroliferi. Determinazione e applicazione dei dati di precisione in relazione ai metodi di prova», e nel fissare un valore minimo si è tenuto conto di una differenza minima di 2R sopra lo zero; nel fissare un valore massimo e uno minimo la differenza minima è 4R (R = riproducibilità). Nonostante questi calcoli, necessari per ragioni statistiche, il produttore di un carburante deve comunque mirare ad un valore zero quando il valore massimo stabilito è 2R e al valore medio quando siano indicati limite massimo e limite minimo. In caso di dubbio sulla conformità di un carburante alle specifiche, si applicano le disposizioni della norma UNI EN ISO 4259.

Appendice 3

Apparecchi di misura

A.3.1. Sistema di analisi

A.3.1.1. Introduzione

Il presente allegato contiene le prescrizioni di base e le descrizioni generali relative ai sistemi di campionamento e analisi. Poiché varie configurazioni possono dare risultati equivalenti, non è richiesta una stretta conformità alle figure 9 e 10. Tuttavia, è obbligatoria la conformità alle prescrizioni di base riguardanti ad esempio le dimensioni della linea di campionamento, il riscaldamento e le caratteristiche progettuali. Per ricavare informazioni aggiuntive e coordinare le funzioni dei sistemi componenti è ammesso l'uso di componenti come strumenti, valvole, solenoidi, pompe, dispositivi di flusso e interruttori. Altri componenti che non sono necessari per mantenere l'accuratezza su alcuni sistemi possono essere omissi se la loro omissione è basata su criteri di buona valutazione ingegneristica.

A.3.1.2. Descrizione del sistema di analisi

Viene descritto un sistema di analisi per la determinazione delle emissioni gassose nel gas di scarico grezzo (figura 9) o diluito (figura 10) basato sull'uso di:

- analizzatore HFID o FID per la misura degli idrocarburi;
- analizzatori NDIR per la misura del monossido di carbonio e del biossido di carbonio;
- analizzatore HCLD o CLD per la misura degli ossidi di azoto.

Per il prelievo del campione dei vari componenti si utilizza una sola sonda di campionamento suddivisa internamente verso i differenti analizzatori. In via facoltativa, è ammesso l'uso di due sonde di campionamento disposte nelle immediate vicinanze l'una dell'altra. Aver cura che in nessun punto del sistema di analisi si verifichino fenomeni di condensazione non previsti dei componenti del gas di scarico (compresi acqua e acido solforico).

Figura 9

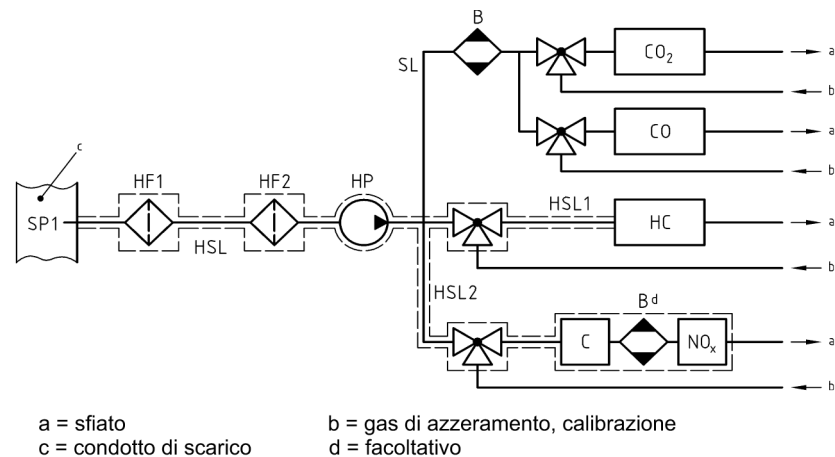
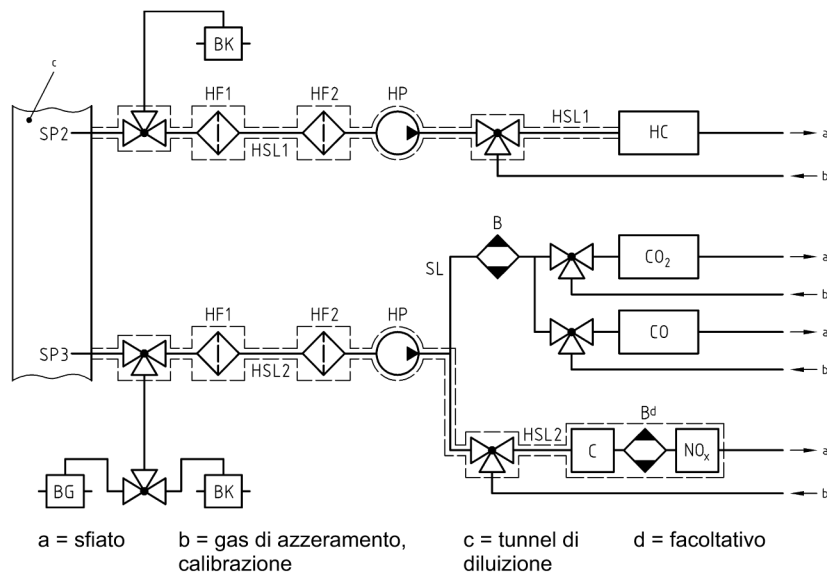
Schema di flusso del sistema di analisi del gas di scarico grezzo per CO, CO₂, NO_x, HC

Figura 10

Schema di flusso del sistema di analisi del gas di scarico diluito per CO, CO₂, NO_x, HC



A.3.1.3. Componenti delle figure 9 e 10:

EP: Condotto di scarico

SP: Sonda di campionamento del gas di scarico grezzo (solo figura 9)

Si raccomanda l'uso di una sonda diritta di acciaio inossidabile con l'estremità chiusa e a fori multipli. Il diametro interno non deve essere maggiore del diametro interno della linea di campionamento. Lo spessore della parete della sonda deve essere non superiore a 1 mm. Prevedere almeno 3 fori in 3 differenti piani radiali, dimensionati in modo da campionare flussi approssimativamente uguali. La sonda deve coprire almeno l'80 per cento del diametro del condotto di scarico. Si possono usare una o due sonde di campionamento.

SP2: Sonda di campionamento del gas di scarico diluito per la misura di HC (solo figura 10)

La sonda deve:

- formare il primo tratto, lungo da 254 mm a 762 mm, della linea di campionamento riscaldata HSL1;
- avere un diametro interno non inferiore a 5 mm;
- essere installata nel tunnel di diluizione DT (figura 15) in un punto in cui l'aria di diluizione e il gas di scarico sono ben miscelati (cioè circa 10 diametri del tunnel a valle del punto in cui il gas di scarico entra nel tunnel di diluizione);
- essere sufficientemente distante (radialmente) da altre sonde e dalla parete del tunnel per non subire l'influenza di scie o turbolenze;
- essere riscaldata in modo da innalzare la temperatura della corrente gassosa a $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$ ($190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$) all'uscita della sonda, o a $385 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$ ($112 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$) per i motori ad accensione comandata;
- essere non riscaldata nel caso della misurazione con FID (a freddo).

SP3: Sonda di campionamento del gas di scarico diluito per la misura di CO, CO₂, NO_x (solo figura 10)

La sonda deve:

- a) essere nello stesso piano di SP2;
- b) essere sufficientemente distante (radialmente) da altre sonde e dalla parete del tunnel per non subire l'influenza di scie o turbolenze;
- c) essere isolata e riscaldata su tutta la lunghezza ad una temperatura non inferiore a 328 K (55 °C) per evitare la condensazione dell'acqua.

HF1: Prefiltro riscaldato (facoltativo)

La temperatura deve essere uguale a quella di HSL1.

HF2: Filtro riscaldato

Il filtro deve estrarre eventuali particelle solide dal campione di gas prima dell'ingresso nell'analizzatore. La temperatura deve essere uguale a quella di HSL1. Il filtro deve essere sostituito quando necessario.

HSL1: Linea di campionamento riscaldata

Attraverso la linea di campionamento il campione di gas prelevato da una singola sonda viene inviato al punto o ai punti di divisione e all'analizzatore di HC.

La linea di campionamento deve:

- a) avere un diametro interno non inferiore a 4 mm e non superiore a 13,5 mm;
- b) essere di acciaio inossidabile o PTFE;
- c) mantenere una temperatura di parete di 463 K \pm 10 K (190 °C \pm 10 °C) misurata in ciascuna sezione riscaldata separatamente controllata, se la temperatura del gas di scarico in corrispondenza della sonda di campionamento è uguale o minore di 463 K (190 °C);
- d) mantenere una temperatura di parete maggiore di 453 K (180 °C), se la temperatura del gas di scarico in corrispondenza della sonda di campionamento è maggiore di 463 K (190 °C);
- e) mantenere una temperatura del gas di 463 K \pm 10 K (190 °C \pm 10 °C) immediatamente a monte del filtro riscaldato HF2 e dell'analizzatore HFID.

HSL2: Linea di campionamento riscaldata per la misura NO_x

La linea di campionamento deve:

- a) mantenere una temperatura di parete tra 328 K e 473 K (55 °C-200 °C), fino al convertitore per la misura su secco e fino all'analizzatore per la misura su umido;
- b) essere di acciaio inossidabile o PTFE.

HP: Pompa di campionamento riscaldata

La pompa deve essere riscaldata alla temperatura di HSL.

SL: Linea di campionamento per la misura di CO e CO₂

La linea deve essere di PTFE o acciaio inossidabile e può essere riscaldata o non riscaldata.

HC: Analizzatore HFID

Rivelatore a ionizzazione di fiamma riscaldato (HFID) o rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID) per la determinazione degli idrocarburi. La temperatura dell'HFID deve essere mantenuta a 453 K-473 K (180 °C-200 °C).

CO, CO₂: Analizzatore NDIR

Analizzatori NDIR per la determinazione del monossido di carbonio e del biossido di carbonio (facoltativi per la determinazione del rapporto di diluizione per la misura del PT)

NO_x: Analizzatore CLD

Analizzatore CLD o HCLD per la determinazione degli ossidi di azoto. Se si utilizza un HCLD, esso deve essere mantenuto a una temperatura compresa fra 328 K e 473 K (55 °C-200 °C).

B: Bagno di raffreddamento (facoltativo per la misurazione dell'NO)

Per il raffreddamento e la condensazione dell'acqua del campione di gas di scarico. Il bagno di raffreddamento è facoltativo se il vapore acqueo non crea interferenze nell'analizzatore, secondo quanto indicato nel punto 9.3.9.2.2. Se l'acqua viene rimossa mediante condensazione, si deve monitorare la temperatura del gas campione o il punto di rugiada all'interno della trappola dell'acqua o a valle di essa. Il valore massimo consentito per la temperatura del gas campione o la sua temperatura di rugiada è 280 K (7 °C). Non è ammesso l'uso di essiccatori chimici per rimuovere l'acqua dal campione.

BK: Sacchetto di campionamento per la misura del fondo (facoltativo; solo figura 10)

Per la misura delle concentrazioni di fondo.

BG: Sacchetto del campione (facoltativo; solo figura 10)

Per la misura delle concentrazioni del campione.

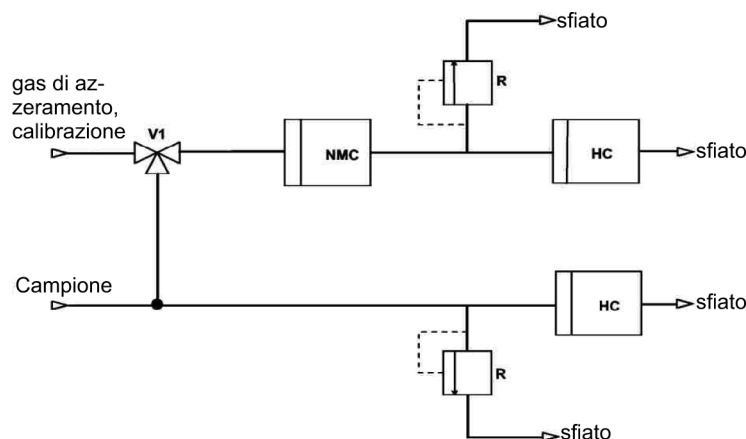
A.3.1.4. Metodo del dispositivo di eliminazione degli idrocarburi non metanici (NMC)

Il dispositivo di eliminazione (cutter) ossida tutti gli idrocarburi escluso il CH₄ a CO₂ e H₂O, in modo che facendo passare il campione attraverso l'NMC l'HFID riveli solo il CH₄. Oltre al consueto sistema di campionamento per HC (figure 9 e 10), si deve installare un secondo sistema di campionamento per HC completo di cutter, come indicato nella figura 11. Questo permette di misurare simultaneamente gli HC totali e gli NMHC.

Il cutter deve essere caratterizzato a 600 K (327 °C) o temperatura superiore prima di effettuare le prove reali sul suo effetto catalitico su CH₄ e C₂H₆ a valori di H₂O rappresentativi delle condizioni della corrente di gas di scarico. Il punto di rugiada e il livello di O₂ della corrente di gas scarico campionata devono essere noti. La risposta relativa del FID al CH₄ e al C₂H₆ deve essere determinata nel modo indicato al punto 9.3.8.

Figura 11

Schema di flusso dell'analisi del metano con l'NMC



A.3.1.5. Componenti della figura 11:

NMC: Dispositivo di eliminazione (cutter) degli idrocarburi non metanici

Per l'ossidazione di tutti gli idrocarburi tranne il metano.

HC:

Rivelatore a ionizzazione di fiamma riscaldato (HFID) o rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID) per la misura delle concentrazioni di HC e CH₄. La temperatura dell'HFID deve essere mantenuta a 453 K-473 K (180 °C-200 °C).

V1: Valvola di selezione

Per la selezione del gas di azzeramento e del gas di calibrazione.

R: Regolatore di pressione

Per la regolazione della pressione nella linea di campionamento e del flusso verso l'HFID.

A.3.2. Sistema di diluizione e di campionamento del particolato

A.3.2.1. Introduzione

Il presente allegato contiene le prescrizioni di base e le descrizioni generali relative ai sistemi di diluizione e di campionamento del particolato. Poiché varie configurazioni possono dare risultati equivalenti, non è richiesta una stretta conformità alle figure da 12 a 17. Tuttavia, è obbligatoria la conformità alle prescrizioni di base riguardanti ad esempio le dimensioni della linea di campionamento, il riscaldamento e le caratteristiche progettuali. Per ricavare informazioni aggiuntive e coordinare le funzioni dei sistemi componenti è ammesso l'uso di componenti addizionali come strumenti, valvole, solenoidi, pompe ed interruttori. Altri componenti che non sono necessari per mantenere l'accuratezza su alcuni sistemi possono essere omessi se la loro omissione è basata su criteri di buona valutazione ingegneristica.

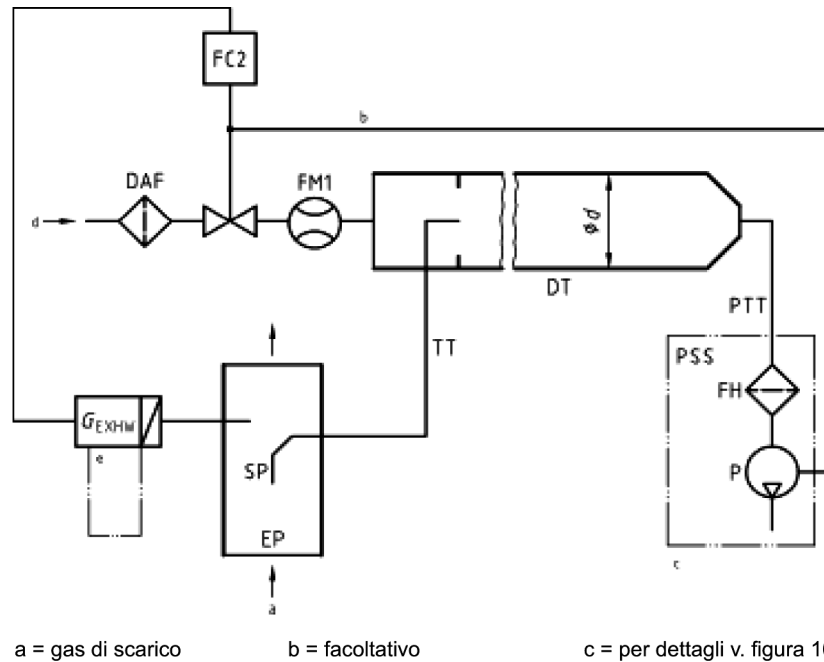
A.3.2.2. Descrizione del sistema a flusso parziale

Viene descritto un sistema di diluizione il cui funzionamento è basato sulla diluizione di una parte della corrente di gas di scarico. La divisione della corrente di gas di scarico e il successivo processo di diluizione possono essere effettuati mediante sistemi di diluizione di vario tipo. Per la successiva raccolta del particolato, si può trasferire al sistema di campionamento del particolato tutto il gas di scarico diluito o solo una parte dello stesso. Il primo metodo è detto metodo di campionamento totale, il secondo metodo di campionamento parziale. Il calcolo del rapporto di diluizione dipende dal tipo di sistema usato.

Con il sistema di campionamento totale illustrato nella figura 12, il gas di scarico grezzo viene trasferito dal condotto di scarico (EP) al tunnel di diluizione (DT) facendolo passare attraverso la sonda di campionamento (SP) e il condotto di trasferimento (TT). Il flusso totale attraverso il tunnel viene regolato con il regolatore di flusso FC2 e la pompa di campionamento (P) del sistema di campionamento del particolato (v. figura 16). Il flusso dell'aria di diluizione viene regolato con il regolatore di flusso FC1, che può utilizzare q_{mew} o q_{maw} e q_{mf} come segnale di comando, per ottenere la divisione desiderata del gas di scarico. Il flusso del campione in DT è la differenza tra il flusso totale e il flusso dell'aria di diluizione. La portata dell'aria di diluizione viene misurata con il dispositivo di misura della portata FM1, la portata totale con il dispositivo di misura della portata FM3 del sistema di campionamento del particolato (v. figura 16). Il rapporto di diluizione viene calcolato in base a queste due portate.

Figura 12

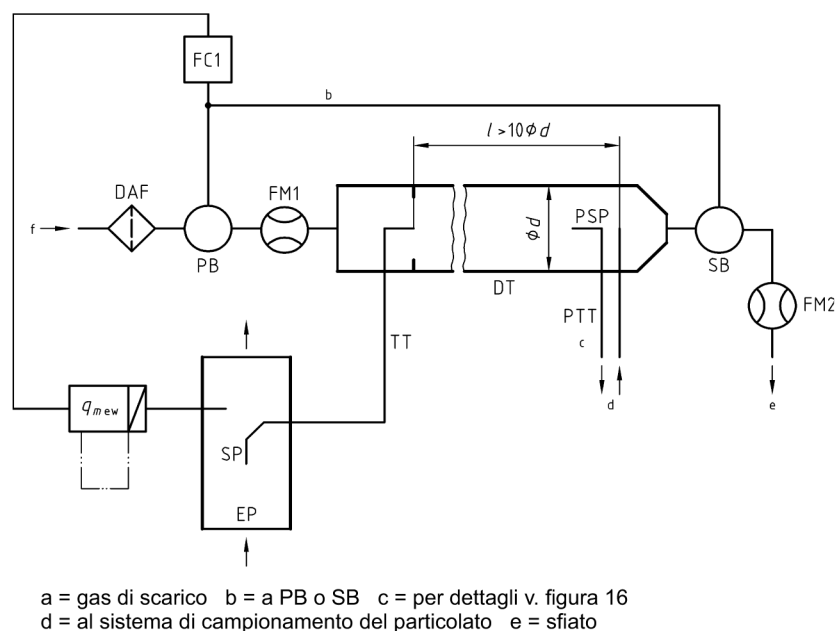
Schema del sistema di diluizione a flusso parziale (tipo a campionamento totale)



Con il sistema di campionamento parziale illustrato nella figura 13, il gas di scarico grezzo viene trasferito dal condotto di scarico EP al tunnel di diluizione DT facendolo passare attraverso la sonda di campionamento (SP) e il condotto di trasferimento (TT). Il flusso totale attraverso il tunnel viene regolato con il regolatore di flusso FC1 collegato al flusso d'aria di diluizione o all'aspiratore dinamico per il flusso totale attraverso il tunnel. Il regolatore di flusso FC1 può utilizzare q_{mew} o q_{maw} e q_{mf} come segnali di comando per ottenere la divisione voluta del gas di scarico. Il flusso del campione in DT è la differenza tra il flusso totale e il flusso dell'aria di diluizione. La portata dell'aria di diluizione viene misurata con il dispositivo di misura della portata FM1, la portata totale con il dispositivo di misura della portata FM2. Il rapporto di diluizione viene calcolato in base a queste due portate. Da DT viene prelevato un campione di particolato con il sistema di campionamento del particolato (v. figura 16).

Figura 13

Schema del sistema di diluizione a flusso parziale (tipo a campionamento parziale)



A.3.2.3. Componenti delle figure 12 e 13:

EP: Condotto di scarico

Il condotto di scarico può essere isolato. Allo scopo di ridurre l'inerzia termica del condotto di scarico, si raccomanda un rapporto spessore/diametro uguale o inferiore a 0,015. L'uso di sezioni flessibili deve essere limitato ad un rapporto lunghezza/diametro uguale o inferiore a 12. Le curve devono essere ridotte al minimo per limitare il deposito per inerzia. Se il sistema include un silenziatore del banco di prova, anche il silenziatore può essere isolato. Si raccomanda l'uso di un condotto rettilineo di lunghezza pari a 6 diametri del condotto a monte e 3 diametri del condotto a valle dell'estremità della sonda.

SP: Sonda di campionamento

La sonda deve essere di uno dei tipi seguenti:

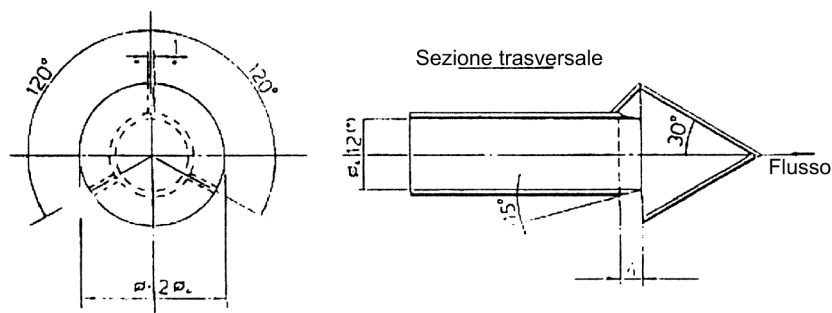
- tubo aperto rivolto verso monte sull'asse del condotto di scarico
- tubo aperto rivolto verso valle sull'asse del condotto di scarico
- sonda fori multipli descritta sotto SP nel punto A.3.1.3.
- sonda a cappuccio rivolta verso monte sull'asse del condotto di scarico (v. figura 14).

Il diametro interno minimo dell'estremità della sonda deve essere di 4 mm. Il rapporto minimo tra il diametro del condotto di scarico e della pompa deve essere 4.

Quando si usa una sonda di tipo a), immediatamente a monte del portafiltri si deve installare un preclassificatore inerziale con taglio granulometrico al 50 per cento compreso tra 2,5 e 10 μm .

Figura 14

Schema della sonda a cappuccio



TT: Condotto di trasferimento del gas di scarico

Il condotto di trasferimento deve:

- essere il più breve possibile e comunque non più lungo di 1 m;
- avere un diametro uguale o maggiore della sonda, ma non superiore a 25 mm;
- sboccare sull'asse del tunnel di diluizione ed essere rivolto verso valle.

Il condotto di scarico deve essere isolato con materiale avente una conducibilità termica non superiore a 0,05 W/mK e spessore radiale dell'isolamento pari al diametro della sonda, o altrimenti deve essere riscaldato.

FC1: Regolatore di flusso

Per regolare la portata dell'aria di diluizione attraverso il compressore dinamico PB e/o l'aspiratore dinamico SB si può usare un regolatore di flusso. Il regolatore può essere collegato ai segnali del sensore del flusso di gas di scarico di cui al punto 8.3.1 e può essere installato a monte o a valle del rispettivo compressore o aspiratore. Quando si utilizza una fonte di aria in pressione, FC1 regola direttamente il flusso d'aria.

FM1: Dispositivo di misura della portata

Contatore di gas o altro strumento per la misura della portata dell'aria di diluizione. FM1 è facoltativo se il compressore dinamico PB è tarato per misurare la portata.

DAF: Filtro dell'aria di diluizione

L'aria di diluizione (aria ambiente, aria sintetica o azoto) deve essere filtrata con un filtro ad alta efficienza (HEPA) con un'efficienza di raccolta minima iniziale pari al 99,97 per cento. L'aria di diluizione deve avere una temperatura superiore a 288 K (15 °C) e può essere deumidificata.

FM2: Dispositivo di misura della portata (tipo a campionamento parziale, solo figura 13)

Contatore di gas o altro strumento per la misura della portata del gas di scarico diluito. FM2 è facoltativo se l'aspiratore dinamico PB è tarato per misurare la portata.

PB: Compressore dinamico (tipo a campionamento parziale, solo figura 13)

Per il controllo della portata d'aria di diluizione, PB può essere collegato ai regolatori di flusso FC1 o FC2. PB non è necessario se si usa una valvola a farfalla. Se è tarato, PB può essere usato per misurare la portata dell'aria di diluizione.

SB: Aspiratore dinamico (tipo a campionamento parziale, solo figura 13)

Se è tarato, SB può essere usato per misurare la portata del gas di scarico diluito.

DT: Tunnel di diluizione

Il tunnel di diluizione:

- a) deve essere di lunghezza sufficiente a consentire un miscelamento completo del gas di scarico e dell'aria di diluizione in condizioni di flusso turbolento per i sistemi di campionamento parziale; pertanto, per i sistemi di campionamento totale non è necessario il miscelamento completo;
- b) deve essere costruito in acciaio inossidabile;
- c) deve avere un diametro di almeno 75 mm per il tipo a campionamento parziale;
- d) dovrebbe avere preferibilmente un diametro di almeno 25 mm per il tipo a campionamento totale;
- e) può essere riscaldato ad una temperatura di parete non superiore a 325 K (52 °C);
- f) può essere isolato.

PSP: Sonda di campionamento del particolato (tipo a campionamento parziale, solo figura 13)

La sonda di campionamento del particolato è la sezione iniziale del condotto di trasferimento del particolato PTT (v. punto A.3.2.5) e:

- a) deve essere installata rivolta verso monte in un punto in cui l'aria di diluizione e i gas di scarico sono ben miscelati, cioè sull'asse del tunnel di diluizione DT, approssimativamente 10 diametri del tunnel a valle del punto in cui il gas di scarico entra nel tunnel di diluizione;
- b) deve avere un diametro interno non inferiore a 12 mm;

- c) può essere riscaldata ad una temperatura di parete non superiore a 325 K (52 °C) mediante riscaldamento diretto o preriscaldamento dell'aria di diluizione, purché la temperatura dell'aria di diluizione non superi i 325 K (52 °C) prima dell'introduzione del gas di scarico nel tunnel di diluizione;
- d) può essere isolata.

A.3.2.4. Descrizione del sistema di diluizione a flusso totale

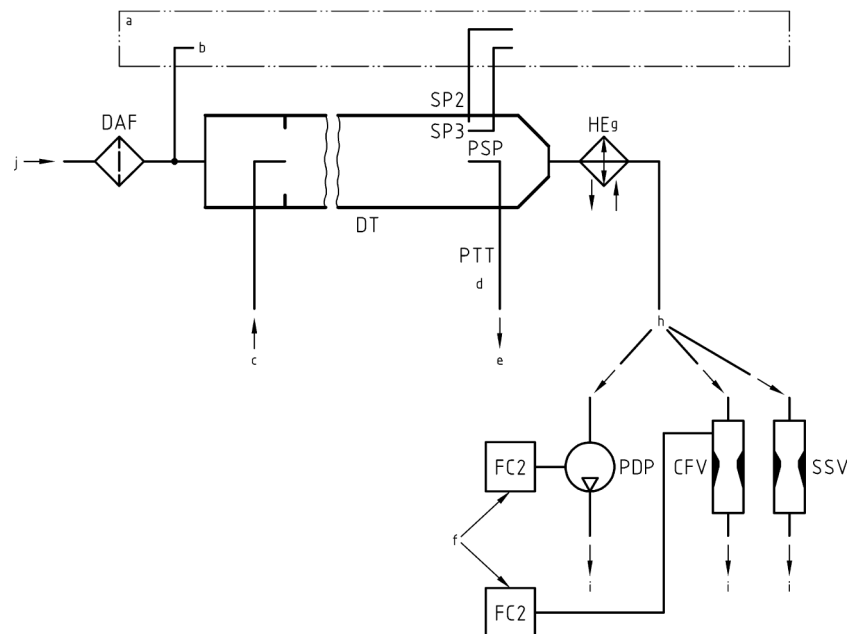
Viene descritto un sistema di diluizione il cui funzionamento è basato sulla diluizione della quantità totale di gas di scarico nel tunnel di diluizione DT secondo il principio di campionamento a volume costante (CVS); tale sistema è illustrato nella figura 15.

La portata del gas di scarico diluito viene misurata con una pompa volumetrica (PDP), con un tubo Venturi a flusso critico (CFV) o con un tubo Venturi subsonico (SSV). Per il campionamento proporzionale del particolato e per la determinazione del flusso si possono usare uno scambiatore di calore (HE) o la compensazione elettronica della portata (EFC). Poiché la determinazione della massa di particolato è basata sul flusso di gas di scarico diluito totale, non è necessario calcolare il rapporto di diluizione.

Per la successiva raccolta del particolato, si trasferisce un campione di gas di scarico diluito al sistema di campionamento del particolato a doppia diluizione (v. figura 17). Pur essendo almeno in parte un sistema di diluizione, il sistema a doppia diluizione è definito come una modifica del sistema di campionamento del particolato, perché i suoi elementi sono per la maggior parte gli stessi di un tipico sistema di campionamento del particolato.

Figura 15

Schema di sistema di diluizione a flusso totale (CVS)



a = analizzatore b = aria di fondo c = gas di scarico d = per dettagli v. figura 17
e = al sistema a doppia diluizione f = se si usa l'EFC i = sfiato g = facoltativo
h = or

A.3.2.5. Componenti della figura 15

EP: Condotto di scarico

La lunghezza del condotto di scarico dall'uscita del collettore di scarico del motore, del turbocompressore o del dispositivo di post-trattamento al tunnel di diluizione non deve essere superiore a 10 m. Se la lunghezza del sistema è superiore a 4 m, tutta la tubatura eccedente i 4 m deve essere isolata, salvo l'eventuale misuratore dei

fumi in linea. Lo spessore radiale dell'isolamento non deve essere inferiore a 25 mm. La conducibilità termica del materiale isolante deve avere un valore non superiore a 0,1 W/mK misurato a 673 K. Per ridurre l'inerzia termica del condotto di scarico, si raccomanda un rapporto spessore/diametro pari o inferiore a 0,015. L'uso di sezioni flessibili deve essere limitato ad un rapporto lunghezza/diametro uguale o inferiore a 12.

PDP: Pompa volumetrica

La PDP misura il flusso totale di gas di scarico diluito in base al numero di giri della pompa e alla sua cilindrata. La contropressione del sistema di scarico non deve essere abbassata artificialmente dalla PDP o dal sistema di immissione dell'aria di diluizione. La contropressione statica allo scarico misurata con il sistema PDP in funzione non deve differire di più di $\pm 1,5$ kPa dalla pressione statica misurata senza collegamento alla PDP a pari regime e carico del motore. La temperatura della miscela gassosa immediatamente a monte della PDP deve essere pari alla temperatura media di funzionamento osservata durante la prova, senza compensazione di flusso, ± 6 K. La compensazione di flusso è ammessa solo se la temperatura all'entrata della PDP non supera i 323 K (50 °C).

CFV: Tubo Venturi a flusso critico

Il CFV misura il flusso totale di gas di scarico diluito mantenendo il flusso in condizioni strozzate (flusso critico). La contropressione statica allo scarico misurata con il sistema CFV in funzione non deve differire di più di $\pm 1,5$ kPa dalla pressione statica misurata senza collegamento al CFV a pari regime e carico del motore. La temperatura della miscela gassosa immediatamente a monte del CFV deve essere pari alla temperatura media di funzionamento osservata durante la prova, senza compensazione di flusso, ± 11 K.

SSV: Tubo Venturi subsonico

L'SSV misura il flusso totale di gas di scarico diluito usando la funzione del flusso del gas di un tubo Venturi subsonico che dipende dalla pressione e dalla temperatura d'ingresso nonché dalla perdita di carico tra l'ingresso e la gola del tubo Venturi. La contropressione statica allo scarico misurata con il sistema SSV in funzione non deve differire di più di $\pm 1,5$ kPa dalla pressione statica misurata senza collegamento all'SSV a pari regime e carico del motore. La temperatura della miscela gassosa immediatamente a monte dell'SSV deve essere pari alla temperatura media di funzionamento osservata durante la prova, senza compensazione di flusso, ± 11 K.

HE: Scambiatore di calore (facoltativo)

Lo scambiatore di calore deve avere una capacità sufficiente a mantenere la temperatura entro i limiti sopraindicati. Se si usa l'EFC, lo scambiatore di calore non è necessario.

EFC: Compensazione elettronica della portata (facoltativa)

Se la temperatura all'ingresso della PDP, del CFV o dell'SSV non viene mantenuta entro i limiti sopraindicati, è necessario utilizzare un sistema di compensazione della portata per la misura in continuo della portata e per il controllo del campionamento proporzionale nel sistema a doppia diluizione. A questo scopo, si usano i segnali di portata misurati in continuo per mantenere la proporzionalità della portata del campione attraverso i filtri del particolato del sistema a doppia diluizione (v. figura 17) $\pm 2,5$ per cento.

DT: Tunnel di diluizione

Il tunnel di diluizione:

- a) deve essere di diametro sufficientemente piccolo da provocare un flusso turbolento (numero di Reynolds maggiore di 4 000) e di lunghezza sufficiente a provocare una miscelazione completa del gas di scarico con l'aria di diluizione;
- b) deve avere un diametro non inferiore a 75 mm;
- c) può essere isolato.

I gas di scarico del motore devono essere diretti a valle del punto in cui vengono introdotti nel tunnel di diluizione e accuratamente miscelati. Si può usare un orifizio di miscelazione.

Quando si usa un sistema a doppia diluizione, un campione prelevato dal tunnel di diluizione viene trasferito al tunnel di diluizione secondaria dove viene sottoposto a un'ulteriore diluizione e poi fatto passare attraverso i filtri di campionamento (figura 17). La capacità di flusso della PDP o del CFV deve essere sufficiente a mantenere la corrente di gas di scarico diluiti nel DT ad una temperatura inferiore o uguale a 464 K (191 °C) in corrispondenza della zona di campionamento. Il sistema di diluizione secondaria deve assicurare una quantità di aria di diluizione secondaria sufficiente per mantenere la corrente di gas di scarico sottoposto a doppia diluizione ad una temperatura fra 315 K (42 °C) e 325 K (52 °C) immediatamente a monte del filtro del particolato.

DAF: Filtro dell'aria di diluizione

L'aria di diluizione (aria ambiente, aria sintetica o azoto) deve essere filtrata con un filtro ad alta efficienza (HEPA) con un'efficienza di raccolta minima iniziale pari al 99,97 per cento. L'aria di diluizione deve avere una temperatura > 288 K (15 °C) e può essere deumidificata.

PSP: Sonda di campionamento del particolato

La sonda è la sezione iniziale di PTT e

- a) deve essere installata rivolta verso monte in un punto in cui l'aria di diluizione e i gas di scarico sono ben miscelati, cioè sull'asse del tunnel di diluizione DT dei sistemi di diluizione, approssimativamente 10 diametri del tunnel a valle del punto in cui il gas di scarico entra nel tunnel di diluizione;
- b) deve avere un diametro interno non inferiore a 12 mm;
- c) può essere riscaldata ad una temperatura di parete non superiore a 325 K (52 °C) mediante riscaldamento diretto o preriscaldamento dell'aria di diluizione, purché la temperatura dell'aria non superi i 325 K (52 °C) prima dell'introduzione del gas di scarico nel tunnel di diluizione;
- d) può essere isolata.

A.3.2.6. Descrizione del sistema di campionamento del particolato

Il sistema di campionamento del particolato descritto nelle figure 16 e 17 è necessario per raccogliere il particolato sul filtro per particolato. Se si utilizza la diluizione a flusso parziale con campionamento totale, che consiste nel far passare l'intero campione di gas di scarico diluito attraverso i filtri, il sistema di diluizione e quello di campionamento formano di norma un'unità integrata (v. figura 12). Se si utilizza la diluizione a flusso totale o a flusso parziale con campionamento parziale, che consiste nel far passare attraverso i filtri solo una parte del gas di scarico diluito, il sistema di diluizione e quello di campionamento costituiscono di norma unità distinte.

Nel caso dei sistemi di diluizione a flusso parziale, un campione del gas di scarico diluito viene prelevato dal tunnel di diluizione DT facendolo passare attraverso la sonda di campionamento del particolato PSP e il condotto di trasferimento del particolato PTT mediante la pompa di campionamento P, come indicato nella figura 16. Il campione viene fatto passare attraverso il portafiltri o i portafiltri FH contenenti i filtri di campionamento del particolato. La portata del campione viene controllata mediante il regolatore di flusso FC3.

Nel caso dei sistemi di diluizione a flusso totale, si utilizza un sistema di campionamento del particolato a doppia diluizione, illustrato nella figura 17. Un campione del gas di scarico diluito viene trasferito dal tunnel di diluizione DT attraverso la sonda di campionamento del particolato PSP e il condotto di trasferimento del particolato PTT al tunnel di diluizione secondaria SDT, dove è sottoposto a un'ulteriore diluizione. Il campione viene poi fatto passare attraverso il portafiltri o i portafiltri FH che contengono i filtri di campionamento del particolato. La portata dell'aria di diluizione in genere è costante, mentre la portata del campione viene regolata mediante il regolatore di flusso FC3. Se si usa la compensazione elettronica di portata EFC (v. figura 15) il flusso totale di gas di scarico diluito è utilizzato come segnale di comando per FC3.

Figura 16

Schema del sistema di campionamento del particolato

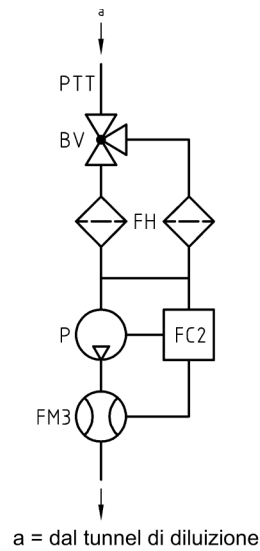
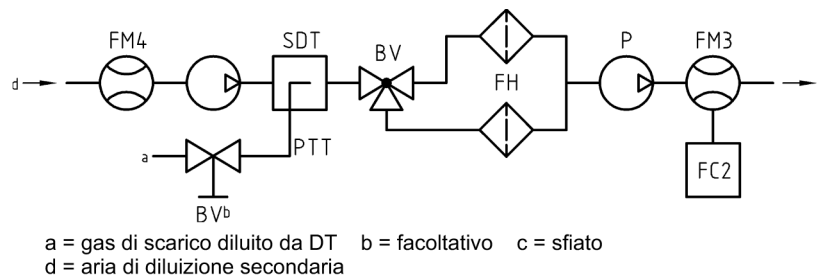


Figura 17

Schema del sistema di campionamento del particolato a doppia diluizione



A.3.2.7. Componenti delle figure 16 (solo sistema a flusso parziale) e 17 (solo sistema a flusso totale)

PTT: Condotto di trasferimento del particolato

La lunghezza del condotto di trasferimento del particolato deve essere non superiore a 1 020 mm e deve essere minimizzata ogniqualvolta possibile.

Le dimensioni indicate si intendono:

- a) per il sistema di campionamento parziale con diluizione del flusso parziale dall'estremità della sonda al portafiltri;
- b) per il sistema di campionamento totale con diluizione del flusso parziale dalla fine del tunnel di diluizione al portafiltri;
- c) per il sistema di doppia diluizione a flusso totale dall'estremità della sonda all'ingresso del tunnel di diluizione secondaria.

Il condotto di trasferimento:

- a) può essere riscaldato ad una temperatura di parete non superiore a 325 K (52 °C);
- b) può essere isolato.

SDT: Tunnel di diluizione secondaria (solo figura 17)

Il tunnel di diluizione secondaria deve avere un diametro non inferiore a 75 mm e una lunghezza sufficiente ad assicurare un tempo di residenza pari ad almeno 0,25 secondi per il campione sottoposto a doppia diluizione. Il portafiltri FH deve essere disposto entro 300 mm dall'uscita di SDT.

Il tunnel di diluizione secondaria:

- a) può essere riscaldato ad una temperatura di parete non superiore a 325 K (52 °C) mediante riscaldamento diretto o preriscaldamento dell'aria di diluizione, purché la temperatura dell'aria non superi i 325 K (52 °C) prima dell'introduzione del gas di scarico nel tunnel di diluizione;
- b) può essere isolato.

FH: Portafiltri

Il portafiltri:

- a) può essere riscaldato ad una temperatura di parete non superiore a 325 K (52 °C);
- b) può essere isolato.

Se si utilizza una sonda di campionamento con tubo aperto rivolto verso monte, immediatamente a monte del portafiltri deve essere installato un preclassificatore inerziale con taglio granulometrico al 50 per cento compreso tra 2,5 µm e 10 µm.

P: Pompa di campionamento

FC2: Regolatore di flusso

Per regolare la portata del campione di particolato si usa un regolatore di flusso.

FM3: Dispositivo di misura della portata

Contatore di gas o altro strumento per la determinazione del flusso del campione di particolato che passa attraverso il filtro del particolato. Può essere installato a monte o a valle della pompa di campionamento P.

FM4: Dispositivo di misura della portata

Contatore di gas o altro strumento per la determinazione del flusso dell'aria di diluizione secondaria che passa attraverso il filtro del particolato.

BV: Valvola a sfera (facoltativa)

La valvola a sfera deve avere un diametro interno non inferiore al diametro interno del condotto di trasferimento del particolato PTT, e un tempo di commutazione inferiore a 0,5 secondi.

Appendice 4

Determinazione dell'equivalenza dei sistemi

La determinazione dell'equivalenza dei sistemi conformemente al punto 5.1.1 del presente allegato è basata su uno studio di correlazione tra il sistema considerato e uno dei sistemi di riferimento del presente allegato effettuato su 7 (o più) coppie di campioni utilizzando i cicli di prova appropriati. I criteri di equivalenza applicabili sono il test F e il test t bilaterale di Student.

Questo metodo statistico esamina l'ipotesi che la deviazione standard del campione e il valore medio di un'emissione misurata con il sistema candidato non differiscono dalla deviazione standard del campione e dal valore medio del campione per tale emissione misurata con il sistema di riferimento. L'ipotesi deve essere provata sulla base di un livello significativo del 10 per cento dei valori F e t . I valori F e t critici per 7-10 coppie di campioni sono indicati nella tabella 8. Se i valori F e t calcolati in base all'equazione seguente sono superiori ai valori F e t critici, il sistema candidato non è equivalente.

La procedura da seguire è indicata in appresso. Le lettere R e C si riferiscono rispettivamente al sistema di riferimento e a quello candidato:

- a) Si effettuano almeno 7 prove con il sistema candidato e il sistema di riferimento funzionanti in parallelo. Il numero delle prove corrisponde a n_R e n_C .
- b) Si calcolano i valori medi \bar{x}_R e \bar{x}_C e le deviazioni standard s_R e s_C .
- c) Si calcola il valore F nel modo seguente:

$$F = \frac{S_{\text{major}}^2}{S_{\text{minor}}^2} \quad (82)$$

(la maggiore delle due deviazioni standard s_R o s_C deve essere nel numeratore).

- d) Si calcola il valore t nel modo seguente:

$$t = \frac{|\bar{x}_C - \bar{x}_R|}{\sqrt{(n_C - 1) \times S_C^2 + (n_R - 1) \times S_R^2}} \times \sqrt{\frac{n_C \times n_R \times (n_C + n_R - 2)}{n_C + n_R}} \quad (83)$$

- e) Si confrontano i valori F e t calcolati con i valori F e t critici corrispondenti al rispettivo numero di test indicato nella tabella 8. Per campioni di dimensioni più grandi, si consultano le tabelle statistiche per il livello di significatività del 10 per cento (confidenza 90 per cento).

- f) Si determinano i gradi di libertà (df) nel modo seguente:

$$\text{per il test } F: \quad df = n_R - 1 / n_C - 1 \quad (84)$$

$$\text{per il test } t: \quad df = n_C + n_R - 2 \quad (85)$$

- g) L'equivalenza si determina nel modo seguente:

i) se $F < F_{\text{crit}}$ e $t < t_{\text{crit}}$, il sistema candidato è equivalente al sistema di riferimento del presente allegato;

ii) se $F \geq F_{\text{crit}}$ o $t \geq t_{\text{crit}}$, il sistema candidato è diverso dal sistema di riferimento del presente allegato.

Tabella 8

Valori *t* e *F* per le dimensioni del campione selezionate

Dimensione del campione	Test <i>F</i>		Test <i>t</i>	
	<i>Df</i>	<i>F</i> _{crit}	<i>df</i>	<i>t</i> _{crit}
7	6/6	3,055	12	1,782
8	7/7	2,785	14	1,761
9	8/8	2,589	16	1,746
10	9/9	2,440	18	1,734

Appendice 5

Controllo del flusso di carbonio

A.5.1. Introduzione

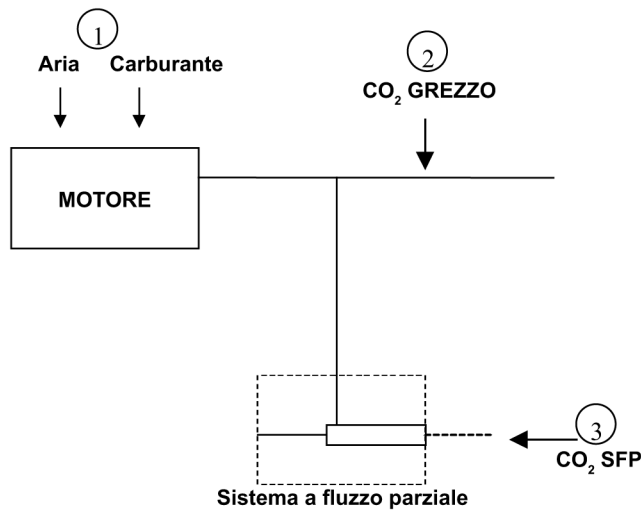
Solo una piccolissima parte del carbonio presente nel gas di scarico proviene dal carburante e solo una parte minima è presente nel gas di scarico come CO₂. Questo è il presupposto su cui si fonda la verifica del sistema basata sulle misurazioni di CO₂.

Il flusso di carbonio nei sistemi di misura dei gas di scarico si determina in base alla portata del carburante. Il flusso di carbonio nei vari punti di campionamento nei sistemi di campionamento delle emissioni e del particolato si determina in base alle concentrazioni di CO₂ e alla portata del gas in tali punti.

A questo riguardo, il motore costituisce una fonte nota di flusso di carbonio e, osservando lo stesso flusso di carbonio nel tubo di scarico e all'uscita del sistema di campionamento del PM a flusso parziale è possibile verificare l'assenza di perdite e l'accuratezza della misura del flusso. Tale controllo presenta il vantaggio di consentire il funzionamento dei componenti nelle effettive condizioni di prova del motore per quanto riguarda la temperatura e il flusso.

La figura 18 indica i punti di campionamento in cui deve essere controllato il flusso di carbonio. Le formule specifiche per la determinazione del flusso di carbonio in ogni punto di campionamento sono riportate di seguito.

Figura 18

Punti di misura per il controllo del flusso di carbonio

A.5.2. Portata di carbonio in entrata nel motore (punto 1)

La portata massica di carbonio in entrata nel motore per un carburante CH_aO_ε è data da:

$$q_{mCf} = \frac{12,011}{12,011 + a + 15,9994 \times \epsilon} \times q_{mf} \quad (86)$$

dove:

q_{mf} è la portata massica del carburante, kg/s

A.5.3. Portata di carbonio nel gas di scarico grezzo (punto 2)

La portata massica di carbonio nel condotto di scarico del motore si determina in base alla concentrazione di CO₂ nel gas di scarico grezzo e alla portata massica del gas di scarico:

$$q_{mC_e} = \left(\frac{C_{CO_2,r} - C_{CO_2,a}}{100} \right) \times q_{mew} \times \frac{12,011}{M_e} \quad (87)$$

dove:

$c_{CO_2,r}$ è la concentrazione di CO₂ su umido nel gas di scarico grezzo, percentuale
 $c_{CO_2,a}$ è la concentrazione di CO₂ su umido nell'aria ambiente, percentuale
 q_{mew} è la portata massica di gas di scarico su umido, kg/s
 M_e è la massa molare istantanea del gas di scarico, g/mol

Se il CO₂ è misurato su secco, le misurazioni devono essere convertite nel valore su umido conformemente al punto 8.1.

A.5.4. Portata di carbonio nel sistema di diluizione (punto 3)

Nel caso dei sistemi di diluizione a flusso parziale, occorre tenere conto anche del rapporto di divisione. La portata di carbonio si determina in base alla concentrazione del CO₂ nel gas di scarico diluito, alla portata massica del gas di scarico e alla portata di campionamento:

$$q_{mC_p} = \left(\frac{C_{CO_2,d} - C_{CO_2,a}}{100} \right) \times q_{mdew} \times \frac{12,011}{M_e} \times \frac{q_{mew}}{q_{mp}} \quad (88)$$

dove:

$c_{CO_2,d}$ è la concentrazione di CO₂ su umido nel gas di scarico diluito all'uscita del tunnel di diluizione, percentuale
 $c_{CO_2,a}$ è la concentrazione di CO₂ su umido nell'aria ambiente, percentuale
 q_{mew} è la portata massica di gas di scarico su umido, kg/s
 q_{mp} è la portata di campionamento del campione di gas di scarico in ingresso nel sistema di diluizione a flusso parziale, kg/s
 M_e è la massa molare istantanea del gas di scarico, g/mol

Se il CO₂ è misurato su secco, le misurazioni devono essere convertite nel valore su umido conformemente al punto 8.1.

A.5.5. Calcolo della massa molare del gas di scarico

La massa molare del gas di scarico si calcola con l'equazione 28 (v. punto 8.3.2.5).

In alternativa, per i gas di scarico si possono utilizzare le masse molecolari seguenti:

M_e (diesel) = 28,9 g/mol
 M_e (LPG) = 28,6 g/mol
 M_e (NG) = 28,3 g/mol

Appendice 6

Esempio di procedimento di calcolo

A.6.1. Dati di base per i calcoli stechiometrici

Massa atomica dell'idrogeno	1,00794 g/atomo
Massa atomica del carbonio	12,011 g/atomo
Massa atomica dello zolfo	32,065 g/atomo
Massa atomica dell'azoto	14,0067 g/atomo
Massa atomica dell'ossigeno	15,9994 g/atomo
Massa atomica dell'argon	39,9 g/atomo
Massa molare dell'acqua	18,01534 g/mol
Massa molare del biossido di carbonio	44,01 g/mol
Massa molare del monossido di carbonio	28,011 g/mol
Massa molare dell'ossigeno	31,9988 g/mol
Massa molare dell'azoto	28,011 g/mol
Massa molare dell'ossido nitrico	30,008 g/mol
Massa molare del biossido di azoto	46,01 g/mol
Massa molare del biossido di zolfo	64,066 g/mol
Massa molare dell'aria secca	28,965 g/mol

Assumendo l'assenza di effetti di comprimibilità, tutti i gas di cui si tiene conto nel processo di aspirazione/combustione/scarico del motore possono essere considerati ideali e tutti i calcoli volumetrici si basano quindi su un volume molare di 22,414 l/mol secondo l'ipotesi di Avogadro.

A.6.2. Emissioni gassose (carburante diesel)

Di seguito sono riportati dati di misura relativi a un singolo punto del ciclo di prova (frequenza di campionamento dati: 1 Hz) per il calcolo dell'emissione massica istantanea. In questo esempio, CO e NO_x sono misurati su secco, HC su umido. La concentrazione di HC è indicata in propano equivalente (C3) e deve essere moltiplicata per 3 per ottenere il C1 equivalente. Il procedimento di calcolo è identico per gli altri punti del ciclo.

Per maggior chiarezza, l'esempio di calcolo mostra i risultati intermedi arrotondati delle varie fasi di calcolo. Si noti però che per il calcolo effettivo non è ammesso l'arrotondamento dei risultati intermedi (v. punto 8).

$T_{a,i}$ (K)	$H_{a,i}$ (g/kg)	W_{eff} kWh	$q_{mew,i}$ (kg/s)	$q_{maw,i}$ (kg/s)	$q_{mf,i}$ (kg/s)	$c_{HC,i}$ (ppm)	$c_{CO,i}$ (ppm)	$c_{NOx,i}$ (ppm)
295	8,0	40	0,155	0,150	0,005	10	40	500

Si considera la seguente composizione di carburante:

Componente	Rapporto molare	percentuale massa
n	$\alpha = 1,8529$	$w_{ALF} = 13,45$
C	$\beta = 1,0000$	$w_{BET} = 86,50$
S	$\gamma = 0,0002$	$w_{GAM} = 0,050$
N	$\delta = 0,0000$	$w_{DEL} = 0,000$
O	$\epsilon = 0,0000$	$w_{EPS} = 0,000$

Fase 1: correzione da secco a umido (punto 8.1):

$$\text{Equazione (11): } k_f = 0,055584 \times 13,45 - 0,0001083 \times 86,5 - 0,0001562 \times 0,05 = 0,7382$$

Equazione (8):

$$k_{w,a} = \left(1 - \frac{1,2434 \times 8 + 111,12 \times 13,45 \times \frac{0,005}{0,148}}{773,4 + 1,2434 \times 8 + \frac{0,005}{0,148} \times 0,7382 \times 1,000} \right) \times 1,008 = 0,9331$$

Equazione (7): $c_{CO,i}$ (umido) = $40 \times 0,9331$ = 37,3 ppm
 $c_{NOx,i}$ (umido) = $500 \times 0,9331$ = 466,6 ppm

Fase 2: correzione del valore di NO_x in funzione della temperatura e dell'umidità (punto 8.2.1):

Equazione (18): $k_{h,D} = \frac{15,698 \times 8,00}{1\,000} + 0,832$ = 0,9576

Fase 3: calcolo dell'emissione istantanea di ciascun singolo punto del ciclo (punto 8.3.2.4):

Equazione (25): $m_{HC,i}$ = $10 \times 3 \times 0,155$ = 4,650
 $m_{CO,i}$ = $37,3 \times 0,155$ = 5,782
 $m_{NOx,i}$ = $466,6 \times 0,9576 \times 0,155$ = 69,26

Fase 4: calcolo dell'emissione massica nell'arco del ciclo tramite integrazione dei valori di emissione istantanei e i valori u della tabella 4 (punto 8.3.2.4):

Per il ciclo WHTC si assume il calcolo seguente (1 800 s), con la stessa emissione in ciascun punto del ciclo.

Equazione (25): m_{HC} = $0,000479 \times \sum_{i=1}^{1800} 4,650$ = 4,01 g/prova
 m_{CO} = $0,000966 \times \sum_{i=1}^{1800} 5,782$ = 10,05 g/prova
 m_{NOx} = $0,001586 \times \sum_{i=1}^{1800} 69,26$ = 197,72 g/prova

Fase 5: calcolo delle emissioni specifiche (punto 8.5.2.1):

Equazione (56): e_{HC} = $4,01/40$ = 0,10 g/kWh
 e_{CO} = $10,05/40$ = 0,25 g/kWh
 e_{NOx} = $197,72/40$ = 4,94 g/kWh

A.6.2. Emissione di particolato (carburante diesel)

P_b kPa	W_{eff} kWh	$q_{mew,i}$ (kg/s)	$q_{mf,i}$ (kg/s)	$q_{mdw,i}$ (kg/s)	$q_{mdew,i}$ (kg/s)	m_{uncor} (mg)	m_{sep} (kg)
99	40	0,155	0,005	0,0015	0,0020	1,7000	1,515

Fase 1: calcolo di m_{edf} (punto 8.3.3.5.2):

Equazione (37): $r_{d,i} = \frac{0,002}{(0,002 - 0,0015)}$ = 4
Equazione (36): $q_{medf,i} = 0,155 \times 4$ = 0,620 kg/s
Equazione (35): $m_{edf} = \sum_{i=1}^{1800} 0,620$ = 1,116 kg/prova

Fase 2: correzione della galleggibilità della massa del particolato (punto 9.4.3.5)

Equazione (72): $\rho_a = \frac{99 \times 28,836}{8,3144 \times 295}$ = 1,164 kg/m³
Equazione (71): $m_f = 1,7000 \times \frac{(1 - 1,164/8\,000)}{(1 - 1,164/2\,300)}$ = 1,7006 mg

Fase 3: calcolo dell'emissione massica di particolato (punto 8.3.3.5.2):

$$\text{Equazione (34): } m_{\text{PM}} = \frac{1,7006}{1,515} \times \frac{1,116}{1,000} = 1,253 \text{ g/prova}$$

Fase 4: calcolo dell'emissione specifica (punto 8.5.2.1):

$$\text{Equazione (56): } e_{\text{PM}} = 1,253/40 = 0,031 \text{ g/kWh}$$

ALLEGATO 5

Caratteristiche tecniche del carburante di riferimento prescritto per le prove di omologazione e per la verifica della conformità della produzione

1.1. Carburante di riferimento diesel utilizzato per le prove dei motori in relazione ai limiti di emissione indicati alla riga a delle tabelle che figurano al punto 5.2.1 del presente regolamento ^(a)

Parametro	Unità	Limiti ^(b)		Metodo di prova	Pubblicazione
		Minimo	Massimo		
Numero di cetano ^(c)		52	54	EN-ISO 5165	1998 ^(d)
Massa volumica a 15 °C	kg/m ³	833	837	EN-ISO 3675	1995
Distillazione:					
— punto 50 per cento	°C	245	—	EN-ISO 3405	1998
— punto 95 per cento	°C	345	350	EN-ISO 3405	1998
— punto di ebollizione finale	°C	—	370	EN-ISO 3405	1998
Punto di infiammabilità	°C	55	—	EN 27719	1993
CFPP	°C	—	- 5	EN 116	1981
Viscosità a 40 °C	mm ² /s	2,5	3,5	EN-ISO 3104	1996
Idrocarburi aromatici policiclici	% m/m	3,0	6,0	IP 391 (*)	1995
Contenuto di zolfo ^(e)	mg/kg	—	300	pr. EN-ISO/DIS 14596	1998 ^(d)
Corrosività su rame		—	1	EN-ISO 2160	1995
Residuo carbonioso Conradson (sul 10 % del residuo distillato)	% m/m	—	0,2	EN-ISO 10370	
Contenuto di ceneri	% m/m	—	0,01	EN-ISO 6245	1995
Contenuto di acqua	% m/m	—	0,05	EN-ISO 12937	1995
Numero di neutralizzazione (acido forte)	mg KOH/g	—	0,02	ASTM D 974-95	1998 ^(d)
Stabilità all'ossidazione ^(f)	mg/ml	—	0,025	EN-ISO 12205	1996
* Metodo nuovo e migliorato in sviluppo per gli aromatici policiclici	% m/m	—	—	EN 12916	[1997] ^(d)

^(a) Se è richiesto per il calcolo dell'efficienza termica di un motore o veicolo, il potere calorifico del carburante può essere calcolato con la seguente formula:
 energia specifica (potere calorifico) (netto) = (46,423 - 8,792d² + 3,170d) (1 - (x + y + s)) + 9,420s - 2,499x
 in MJ/kg

dove:

d = massa volumica a 15 °C

x = percentuale di acqua in massa (percentuale diviso 100)

y = percentuale di ceneri in massa (percentuale diviso 100)

s = percentuale di zolfo in massa (percentuale diviso 100)

^(b) I valori indicati nella specifica sono «valori effettivi». Per stabilire i valori limite sono state applicate le condizioni indicate nella norma UNI EN ISO 4259 «Prodotti petroliferi. Determinazione e applicazione dei dati di precisione in relazione ai metodi di prova», e nel fissare un valore minimo si è tenuto conto di una differenza minima di 2R sopra lo zero; nel fissare un valore massimo e uno minimo la differenza minima è 4R (R = riproducibilità). Nonostante questa misura, necessaria per ragioni statistiche, il produttore di un carburante deve comunque mirare ad un valore zero quando il valore massimo stabilito è 2R e al valore medio quando sono indicati i limiti massimo e minimo. In caso di dubbi circa la conformità di un carburante alle specifiche, si applicano le condizioni della norma UNI EN ISO 4259.

^(c) Il campo di variazione del numero di cetano non è conforme al requisito di un campo di variazione minimo di 4R. Tuttavia, eventuali controversie tra il fornitore e l'utilizzatore del carburante possono essere risolte applicando le condizioni della norma UNI EN ISO 4259 ed eseguendo misurazioni ripetute fino ad ottenere la necessaria precisione, anziché ricorrere a determinazioni singole.

^(d) Il mese di pubblicazione sarà inserito a tempo debito.

^(e) Deve essere indicato il contenuto effettivo di zolfo del carburante di prova.

^(f) Anche se la stabilità all'ossidazione è controllata, è probabile che la durata di conservazione sia limitata. Per le condizioni e la durata di immagazzinaggio chiedere istruzioni al fornitore.

1.2. **Carburante di riferimento diesel utilizzato per le prove dei motori in relazione ai limiti di emissione indicati alle righe b1, b2 o c delle tabelle che figurano al punto 5.2.1 del presente regolamento**

Parametro	Unità	Limiti ^(a)		Metodo di prova
		minimo	massimo	
Numero di cetano ^(b)		52,0	54,0	EN-ISO 5165
Massa volumica a 15 °C	kg/m ³	833	837	EN-ISO 3675
Distillazione:				
— punto 50 per cento	°C	245	—	EN-ISO 3405
— punto 95 per cento	°C	345	350	EN-ISO 3405
— Punto di ebollizione finale	°C	—	370	EN-ISO 3405
Punto di infiammabilità	°C	55	—	EN 22719
CFPP	°C	—	-5	EN 116
Viscosità a 40 °C	mm ² /s	2,3	3,3	EN-ISO 3104
Idrocarburi aromatici policiclici	% m/m	2,0	6,0	IP 391
Contenuto di zolfo ^(c)	mg/kg	—	10	ASTM D 5453
Corrosività su rame		—	classe 1	EN-ISO 2160
Residuo carbonioso Conradson (sul 10 % del residuo distillato)	% m/m	—	0,2	EN-ISO 10370
Contenuto di ceneri	% m/m	—	0,01	EN-ISO 6245
Contenuto di acqua	% m/m	—	0,02	EN-ISO 12937
Numero di neutralizzazione (acido forte)	Mg KOH/g	—	0,02	ASTM D 974
Stabilità all'ossidazione ^(d)	mg/ml	—	0,025	EN-ISO 12205
Untuosità (indice di usura HFRR a 60 °C)	µm	—	400	CEC F-06-A-96
FAME	vietati			

^(a) I valori indicati nelle specifiche sono «valori effettivi». Per stabilire i valori limite sono state applicate le condizioni indicate nella norma UNI EN ISO 4259 «Prodotti petroliferi. Determinazione e applicazione dei dati di precisione in relazione ai metodi di prova», e nel fissare un valore minimo si è tenuto conto di una differenza minima di 2R sopra lo zero; nel fissare un valore massimo e uno minimo la differenza minima è 4R (R = riproducibilità).

Nonostante questa misura, necessaria per ragioni tecniche, il produttore di carburante deve cercare di ottenere un valore zero quando il valore massimo stabilito è 2R o il valore medio nel caso in cui siano indicati i limiti massimo e minimo. Qualora si debba verificare la conformità di un carburante alle specifiche, si applica la norma UNI EN ISO 4259.

^(b) Il campo di variazione del numero di cetano non è conforme al requisito di un campo di variazione minimo di 4R. Tuttavia, in caso di controversia tra il fornitore e l'utilizzatore del carburante, può essere applicata la norma UNI EN ISO 4259, a condizione di effettuare ripetute misurazioni, in numero sufficiente ad ottenere la precisione necessaria, anziché ricorrere a una misurazione unica.

^(c) Deve essere indicato l'effettivo contenuto di zolfo del carburante utilizzato per la prova di tipo I.

^(d) Anche se la stabilità all'ossidazione è controllata, è probabile che la durata di conservazione sia limitata. Per le condizioni e la durata di immagazzinaggio chiedere istruzioni al fornitore.

1.3. Etanolo per motori diesel ^(a)

Parametro	Unità	Limiti ^(b)		Metodo di prova ^(c)
		Minimo	Massimo	
Alcol, massa	% m/m	92,4	—	ASTM D 5501
Alcol diverso dall'etanolo contenuto nell'alcol totale, massa	% m/m	—	2	ADTM D 5501
Massa volumica a 15 °C	kg/m ³	795	815	ASTM D 4052
Contenuto di ceneri	% m/m		0,001	ISO 6245
Punto di infiammabilità	°C	10		ISO 2719
Acidità calcolata come acido acetico	% m/m	—	0,0025	ISO 1388-2
Numero di neutralizzazione (acido forte)	KOH mg/l	—	1	
Colore	in base alla scala	—	10	ASTM D 1209
Residuo secco a 100 °C	mg/kg		15	ISO 759
Contenuto di acqua	% m/m		6,5	ISO 760
Aldeidi calcolate come acido acetico	% m/m		0,0025	ISO 1388-4
Contenuto di zolfo	mg/kg	—	10	ASTM D 5453
Esteri calcolati come etilacetato	% m/m	—	0,1	ASSTM D 1617

^(a) Può essere utilizzato un additivo per migliorare l'indice di cetano dell'etanolo, conformemente a quanto specificato dal costruttore del motore. La quantità massima ammessa è 10 % m/m.

^(b) I valori indicati nella specifica sono «valori effettivi». Per stabilire i valori limite sono state applicate le condizioni indicate nella norma UNI EN ISO 4259 «Prodotti petroliferi. Determinazione e applicazione dei dati di precisione in relazione ai metodi di prova», e nel fissare un valore minimo si è tenuto conto di una differenza minima di 2R sopra lo zero; nel fissare un valore massimo e uno minimo la differenza minima è 4R (R — riproducibilità). Nonostante questa misura, necessaria per ragioni statistiche, il produttore di un carburante deve comunque mirare ad un valore zero quando il valore massimo stabilito è 2R e al valore medio quando sono indicati i limiti massimo e minimo. In caso di dubbi circa la conformità di un carburante alle specifiche, si applicano le condizioni della norma UNI EN ISO 4259.

^(c) Quando saranno pubblicati metodi ISO equivalenti, questi verranno adottati per tutte le proprietà sopra elencate.

2. GAS NATURALE (GN)

Sul mercato europeo sono disponibili due gruppi di carburanti:

- il gruppo H, i cui carburanti di riferimento estremi sono G_R e G₂₃;
- il gruppo L, i cui carburanti estremi di riferimento sono G₂₃ e G₂₅.

Le caratteristiche dei carburanti di riferimento G_R, G₂₃ e G₂₅ sono riassunte qui di seguito.

Carburante di riferimento G _R					
Caratteristiche	Unità	Base	Limiti		Metodo di prova
			Minimo	Massimo	
Composizione:					
Metano		87	84	89	
Etano		13	11	15	

Carburante di riferimento G _R					
Caratteristiche	Unità	Base	Limiti		Metodo di prova
			Minimo	Massimo	
Resto ^(a)	% mol	—	—	1	UNI EN ISO 6974
Contenuto di zolfo	mg/m ³ ^(b)	—	—	10	UNI EN ISO 6326-5

^(a) Inerti +C₂₊
^(b) Valore da determinare in condizioni normali [293,2 K (20 °C) e 101,3 kPa].

Carburante di riferimento G ₂₃					
Caratteristiche	Unità	Base	Limiti		Metodo di prova
			Minimo	Massimo	
Composizione:					
Metano		92,5	91,5	93,5	
Resto ^(a)	% mol	—	—	1	UNI EN ISO 6974
N ₂		7,5	6,5	8,5	
Contenuto di zolfo	mg/m ³ ^(b)	—	—	10	UNI EN ISO 6326-5

^(a) Inerti (diversi da N₂) +C₂ +C₂₊
^(b) Valore da determinare in condizioni normali [293,2 K (20 °C) e 101,3 kPa].

Carburante di riferimento G ₂₅					
Caratteristiche	Unità	Base	Limiti		Metodo di prova
			Minimo	Massimo	
Composizione:					
Metano		86	84	88	
Resto ^(a)	% mol	—	—	1	UNI EN ISO 6974
N ₂		14	12	16	
Contenuto di zolfo	mg/m ³ ^(b)	—	—	10	UNI EN ISO 6326-5

^(a) Inerti (diversi da N₂) +C₂ +C₂₊
^(b) Valore da determinare in condizioni normali [293,2 K (20 °C) e 101,3 kPa].

3. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CARBURANTI DI RIFERIMENTO DI TIPO GPL

A. Caratteristiche tecniche dei carburanti di riferimento di tipo GPL usati per le prove dei veicoli in relazione ai limiti di emissione indicati alla riga a delle tabelle che figurano al punto 5.2.1 del presente regolamento

Parametro	Unità	Carburante A	Carburante B	Metodo di prova
Composizione:				ISO 7941
Contenuto di C ₃	% vol	50 ± 2	85 ± 2	
Contenuto di C ₄	% vol	resto	resto	
< C ₃ , > C ₄	% vol	max. 2	max. 2	

Parametro	Unità	Carburante A	Carburante B	Metodo di prova
Olefine	% vol	max. 12	max. 14	
Residuo all'evaporazione	mg/kg	max. 50	max. 50	UNI EN ISO 13757
Acqua a 0 °C		assente	assente	esame visivo
Contenuto totale di zolfo	mg/kg	max. 50	max. 50	UNI EN 24260
Solfuro di idrogeno		assente	assente	UNI EN ISO 8819
Corrosività su lamina di rame	valutazione	classe 1	classe 1	UNI EN ISO 6251 (*)
Odore		caratteristico	caratteristico	
Numero di ottano motore		min. 92,5	min. 92,5	UNI EN 589 allegato B

(*) La determinazione della presenza di materiali corrosivi secondo questo metodo può risultare imprecisa se il campione contiene inibitori della corrosione o altri prodotti chimici che diminuiscono la corrosività del campione nei confronti della lamina di rame. È pertanto vietata l'aggiunta di tali composti al solo scopo di falsare il metodo di prova.

B. Caratteristiche tecniche dei carburanti di riferimento di tipo GPL usati per le prove dei veicoli in relazione ai limiti di emissione indicati alle righe b1, b2 o c delle tabelle che figurano al punto 5.2.1 del presente regolamento

Parametro	Unità	Carburante A	Carburante B	Metodo di prova
Composizione:				ISO 7941
Contenuto di C ₃	% vol	50 ± 2	85 ± 2	
Contenuto di C ₄	% vol	resto	resto	
< C ₃ , > C ₄	% vol	max. 2	max. 2	
Olefine	% vol	max. 12	max. 14	
Residuo all'evaporazione	mg/kg	max. 50	max. 50	UNI EN ISO 13757
Acqua a 0 °C		assente	assente	esame visivo
Contenuto totale di zolfo	mg/kg	max. 10	max. 10	UNI EN 24260
Solfuro di idrogeno		assente	assente	UNI EN ISO 8819
Corrosività su lamina di rame	valutazione	classe 1	classe 1	UNI EN ISO 6251 (*)
Odore		caratteristico	caratteristico	
Numero di ottano motore		min. 92,5	min. 92,5	UNI EN 589 allegato B

(*) La determinazione della presenza di materiali corrosivi secondo questo metodo può risultare imprecisa se il campione contiene inibitori della corrosione o altri prodotti chimici che diminuiscono la corrosività del campione nei confronti della lamina di rame. È pertanto vietata l'aggiunta di tali composti al solo scopo di falsare il metodo di prova.

ALLEGATO 6

Esempio di procedimento di calcolo

1. PROVA ESC

1.1. Emissioni gassose

Di seguito sono riportati dati di misura per il calcolo dei risultati nelle singole modalità. In questo esempio, CO e NO_x sono misurati su secco, HC su umido. La concentrazione di HC è indicata in propano equivalente (C3) e deve essere moltiplicata per 3 per ottenere il C1 equivalente. Il procedimento di calcolo è identico per le altre modalità.

P (kW)	T _a (K)	H _a (g/kg)	G _{EXH} (kg)	G _{AIRW} (kg)	G _{FUEL} (kg)	HC (ppm)	CO (ppm)	NO _x (ppm)
82,9	294,8	7,81	563,38	545,29	18,09	6,3	41,2	495

Calcolo del fattore di correzione da secco a umido K_{W,r} (allegato 4A, appendice 1, punto 45.2):

$$F_{FH} = \frac{1,969}{1 + \frac{18,09}{545,29}} = 1,9058$$

$$K_{W2} = \frac{1,608 \times 7,81}{1000 + (1,608 \times 7,81)} = 0,0124$$

e

$$K_{W,r} = \left(1 - 1,9058 \times \frac{18,09}{541,06} \right) - 0,0124 = 0,9239$$

Calcolo delle concentrazioni su umido:

$$CO = 41,2 \times 0,9239 = 38,1 \text{ ppm}$$

$$NO_x = 495 \times 0,9239 = 457 \text{ ppm}$$

Calcolo del fattore di correzione di NO_x K_{H,D} in funzione dell'umidità (allegato 4A, appendice 1, punto 54.3):

$$A = 0,309 \times 18,09/541,06 - 0,0266 = -0,0163$$

$$B = -0,209 \times 18,09/541,06 + 0,00954 = 0,0026$$

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 - 0,0163 \times (7,81 - 10,71) + 0,0026 \times (294,8 - 298)} = 0,9625$$

Calcolo delle portate massiche delle emissioni (allegato 4A, appendice 1, punto 54.4):

$$NO_x = 0,001587 \times 457 \times 0,9625 \times 563,38 = 393,27 \text{ g/h}$$

$$CO = 0,000966 \times 38,1 \times 563,38 = 20,735 \text{ g/h}$$

$$HC = 0,000479 \times 6,3 \times 3 \times 563,38 = 5,100 \text{ g/h}$$

Calcolo delle emissioni specifiche (allegato 4A, appendice 1, punto 54.5):

Il seguente esempio si riferisce al calcolo di CO; il procedimento di calcolo è identico per gli altri componenti.

Le portate massiche delle emissioni delle singole modalità devono essere moltiplicate per i rispettivi fattori di ponderazione come indicato nell'allegato 4A, appendice 1, punto 2.7.1, e sommate per ottenere la portata massica media delle emissioni nel ciclo:

$$\begin{aligned} \text{CO} &= (6,7 \times 0,15) + (24,6 \times 0,08) + (20,5 \times 0,10) + (20,7 \times 0,10) + (20,6 \times 0,05) + (15,0 \times 0,05) + (19,7 \times 0,05) \\ &\quad + (74,5 \times 0,09) + (31,5 \times 0,10) + (81,9 \times 0,08) + (34,8 \times 0,05) + (30,8 \times 0,05) + (27,3 \times 0,05) \\ &= 30,91 \text{ g/h} \end{aligned}$$

La potenza del motore delle singole modalità deve essere moltiplicata per i rispettivi fattori di ponderazione come indicato nell'allegato 4A, appendice 1, punto 2.7.1, e sommata per ottenere la potenza media nell'arco del ciclo:

$$\begin{aligned} P(n) &= (0,1 \times 0,15) + (96,8 \times 0,08) + (55,2 \times 0,10) + (82,9 \times 0,10) + (46,8 \times 0,05) + (70,1 \times 0,05) + (23,0 \times 0,05) \\ &\quad + (114,3 \times 0,09) + (27,0 \times 0,10) + (122,0 \times 0,08) + (28,6 \times 0,05) + (87,4 \times 0,05) + (57,9 \times 0,05) \\ &= 60,006 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\overline{\text{CO}} = \frac{30,91}{60,006} = 0,0515 \text{ g/kWh}$$

Calcolo delle emissioni specifiche di NO_x del punto casuale (allegato 4A, appendice 1, punto 54.6.1):

Si supponga di aver determinato i seguenti valori nel punto casuale:

n _Z	1 600 min ⁻¹
M _Z	495 Nm
NO _{x mass, Z}	(calcolato secondo le formule precedenti)
P(n) _Z	83 kW
NO _{x, Z}	487,9/83 = 5,878 g/kWh

Determinazione del valore di emissione in base al ciclo di prova (allegato 4A, appendice 1, punto 45.6.2)

Si supponga di aver misurato i seguenti valori delle quattro modalità adiacenti nella prova ESC:

n _{RT}	n _{SU}	E _R	E _S	E _T	E _U	M _R	M _S	M _T	M _U
1 368	1 785	5,943	5,565	5,889	4,973	515	460	681	610

$$E_{TU} = 5,889 + (4,973 - 5,889) \times (1\ 600 - 1\ 368)/(1\ 785 - 1\ 368) = 5,377 \text{ g/kWh}$$

$$E_{RS} = 5,943 + (5,565 - 5,943) \times (1\ 600 - 1\ 368)/(1\ 785 - 1\ 368) = 5,732 \text{ g/kWh}$$

$$M_{TU} = 681 + (601 - 681) \times (1\ 600 - 1\ 368)/(1\ 785 - 1\ 368) = 641,3 \text{ Nm}$$

$$M_{RS} = 515 + (460 - 515) \times (1\ 600 - 1\ 368)/(1\ 785 - 1\ 368) = 484,3 \text{ Nm}$$

$$E_Z = 5,732 + (5,377 - 5,732) \times (495 - 484,3)/(641,3 - 484,3) = 5,708 \text{ g/kWh}$$

Confronto dei valori di emissione di NO_x (allegato 4A, appendice 1, punto 45.6.3):

$$\text{NO}_{x \text{ diff}} = 100 \times (5,878 - 5,708)/5,708 = 2,98 \text{ per cento}$$

1.2. Emissioni di particolato

Per la misura del particolato si effettua il campionamento del particolato in tutto l'arco del ciclo; il campione e le portate (M_{SAM} e G_{EDF}) vengono però determinati durante le singole modalità. Il calcolo di G_{EDF} dipende dal sistema usato. Negli esempi che seguono, vengono usati un sistema con misurazione del CO₂ e metodo del bilancio del carbonio e un sistema con misurazione del flusso. Quando si utilizza un sistema di diluizione a flusso totale, G_{EDF} viene misurata direttamente mediante l'apparecchiatura CVS.

Calcolo di G_{EDF} (allegato 4A, appendice 1, punti 6.2.3 e 6.2.4)

Si supponga di aver ottenuto i dati di misura seguenti relativi alla modalità 4. Il procedimento di calcolo è identico per le altre modalità.

G_{EXH}	G_{FUEL}	G_{DILW}	G_{TOTW}	CO_{2D}	CO_{2A}
(kg/h)	(kg/h)	(kg/h)	(kg/h)	(per cento)	(per cento)
334,02	10,76	5,4435	6,0	0,657	0,040

a) metodo del bilancio del carbonio

$$G_{EDFW} = \frac{206,5 \times 10,76}{0,657 - 0,040} = 3601,2 \text{ kg/h}$$

b) metodo della misurazione del flusso

$$q = \frac{6,0}{6,0 - 5,4435} = 10,78$$

$$G_{EDFW} = 334,02 \times 10,78 = 3600,7 \text{ kg/h}$$

Calcolo della portata massica delle emissioni (allegato 4A, appendice 1, punto 6.4):

Si moltiplicano le portate G_{EDFW} relative alle singole modalità per i rispettivi fattori di ponderazione, come indicato nell'allegato 4A, appendice 1, punto 2.7.1, e si sommano i valori così ottenuti per ottenere la G_{EDF} media nell'arco del ciclo. La portata totale del campione M_{SAM} si ottiene sommando le portate del campione nelle singole modalità.

$$\bar{G}_{EDFW} = (3567 \times 0,15) + (3592 \times 0,08) + (3611 \times 0,10) + (3600 \times 0,10) + (3618 \times 0,05) + (3600 \times 0,05) + (3640 \times 0,05) + (3614 \times 0,09) + (3620 \times 0,10) + (3601 \times 0,08) + (3639 \times 0,05) + (3582 \times 0,05) + (3635 \times 0,05)$$

$$= 3604,6 \text{ kg/h}$$

$$M_{SAM} = 0,226 + 0,122 + 0,151 + 0,152 + 0,076 + 0,076 + 0,076 + 0,136 + 0,151 + 0,121 + 0,076 + 0,076 + 0,075$$

$$= 1,515 \text{ kg}$$

Supponendo che la massa del particolato sui filtri sia pari a 2,5 mg, allora

$$PT_{mass} = \frac{2,5}{1,515} \times \frac{360,4}{1000} = 5,948 \text{ g/h}$$

Correzione del fondo (facoltativa)

Supponiamo che sia stata effettuata una misurazione del fondo e che abbia dato i valori seguenti. Il calcolo del fattore di diluizione DF è identico al punto 3.1 del presente allegato e non è riportato.

$$M_d = 0,1 \text{ mg}; M_{DIL} = 1,5 \text{ kg}$$

$$\text{Somma di DF} = [(1-1/119,15) \times 0,15] + [(1-1/8,89) \times 0,08] + [(1-1/14,75) \times 0,10] + [(1-1/10,10) \times 0,10] + [(1-1/18,02) \times 0,05] + [(1-1/12,33) \times 0,05] + [(1-1/32,18) \times 0,05] + [(1-1/6,94) \times 0,09] + [(1-1/25,19) \times 0,10] + [(1-1/6,12) \times 0,08] + [(1-1/20,87) \times 0,05] + [(1-1/8,77) \times 0,05] + [(1-1/12,59) \times 0,05]$$

$$= 0,923$$

$$PT_{\text{mass}} = \frac{2,5}{1,515} - \left(\frac{0,1}{1,5} \times 0,923 \right) \times \frac{3604,6}{1000} = 5,726 \text{ g/h}$$

Calcolo delle emissioni specifiche (allegato 4A, appendice 1, punto 6.5):

$$P(n) = (0,1 \times 0,15) + (96,8 \times 0,08) + (55,2 \times 0,10) + (82,9 \times 0,10) + (46,8 \times 0,05 + (70,1 \times 0,05) + (23,0 \times 0,05) + (114,3 \times 0,09) + (27,0 \times 0,10) + (122,0 \times 0,08) + (28,6 \times 0,05) + (87,4 \times 0,05) + (57,9 \times 0,05)$$

$$= 60,006 \text{ kW}$$

$$\overline{PT} = \frac{5,948}{60,006} = 0,099 \text{ g/kWh}$$

$$\text{con correzione del fondo} = (5,726/60,006) = 0,095 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{PT} = (5,726/60,006) = 0,095 \text{ g/kWh,}$$

Calcolo del fattore di ponderazione specifico (allegato 4A, appendice 1, punto 6.6):

$$\text{Se si prendono i valori calcolati per la modalità 4 di cui sopra, ne consegue che } W_{\text{fei}} = (0,152 \times 3604,6/1,515 \times 3600,7) = 0,1004$$

Questo valore è conforme al valore prescritto di $0,10 \pm 0,003$.

2. PROVA ELR

Poiché la filtrazione di Bessel è un procedimento di calcolo della media completamente nuovo nella legislazione europea concernente le emissioni allo scarico, nel seguito vengono forniti una spiegazione del filtro di Bessel, un esempio di costruzione di un algoritmo di Bessel e un esempio di calcolo dell'indice finale di fumo. Le costanti dell'algoritmo di Bessel dipendono solo dalle caratteristiche progettuali dell'opacimetro e dalla frequenza di campionamento del sistema di acquisizione dei dati. Il costruttore dell'opacimetro dovrebbe fornire le costanti di filtrazione di Bessel finali per varie frequenze di campionamento e il cliente dovrebbe usare queste costanti per sviluppare l'algoritmo di Bessel e calcolare gli indici di fumo.

2.1. Note generali sul filtro di Bessel

A motivo delle distorsioni ad alta frequenza, il segnale di opacità grezzo mostra di solito un tracciato molto disperso. Per eliminare queste distorsioni ad alta frequenza, per la prova ELR è necessario un filtro di Bessel. Il filtro di Bessel è un filtro passa-basso di secondo ordine ricorsivo che garantisce la più rapida salita del segnale senza eccesso di correzione.

Assumendo un pennacchio di scarico grezzo in tempo reale nel condotto di scarico, ciascun opacimetro mostra una traccia di opacità ritardata e misurata in modo differente. Il ritardo e l'ampiezza della traccia di opacità misurata dipendono principalmente dalla geometria della camera di misurazione dell'opacimetro, incluse le linee di campionamento del gas di scarico, e dal tempo necessario per elaborare il segnale nei circuiti elettronici dell'opacimetro. I valori che caratterizzano questi due effetti sono detti tempo di risposta fisica ed elettrica e sono specifici di un singolo filtro per ciascun tipo di opacimetro.

L'obiettivo dell'applicazione di un filtro di Bessel è di garantire una caratteristica di filtrazione complessiva uniforme dell'intero sistema dell'opacimetro, che combini:

- il tempo di risposta fisica dell'opacimetro (t_p)
- il tempo di risposta elettrica dell'opacimetro (t_e)
- il tempo di risposta del filtro di Bessel applicato (t_f).

Il tempo di risposta complessivo risultante del sistema t_{Aver} è dato dalla relazione:

$$t_{Aver} = \sqrt{t_f^2 + t_p^2 + t_e^2}$$

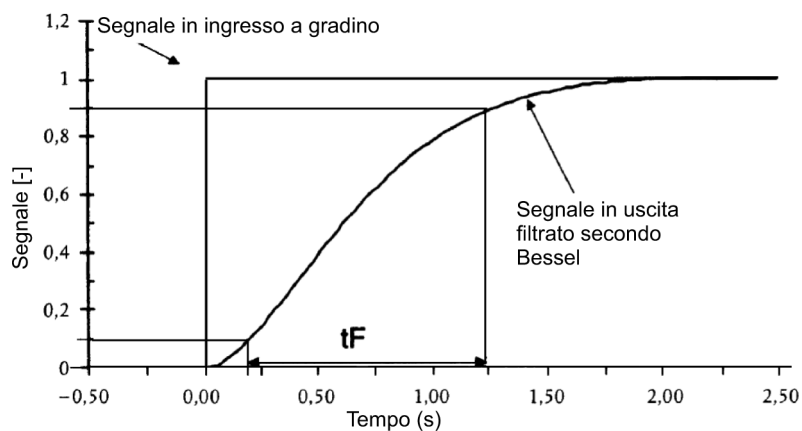
e deve essere uguale per tutti i tipi di opacimetro allo scopo di ottenere lo stesso indice di fumo. Pertanto, un filtro di Bessel deve essere creato in modo tale che il tempo di risposta del filtro (t_f) insieme con il tempo di risposta fisica (t_p) ed elettrica (t_e) del singolo opacimetro diano il tempo di risposta complessivo (t_{Aver}) prescritto. Poiché t_p e t_e sono valori dati per ogni singolo opacimetro e t_{Aver} nel presente regolamento è definito pari a 1,0, t_f può essere calcolato come segue:

$$t_f = \sqrt{t_{Aver}^2 + t_p^2 + t_e^2}$$

Per definizione, il tempo di risposta del filtro t_f è il tempo di risalita dal 10 per cento al 90 per cento di un segnale in uscita filtrato a seguito di un segnale in ingresso a gradino. Pertanto, la frequenza di taglio del filtro di Bessel deve essere iterata in modo tale che il tempo di risposta del filtro di Bessel concordi con il tempo di risalita prescritto.

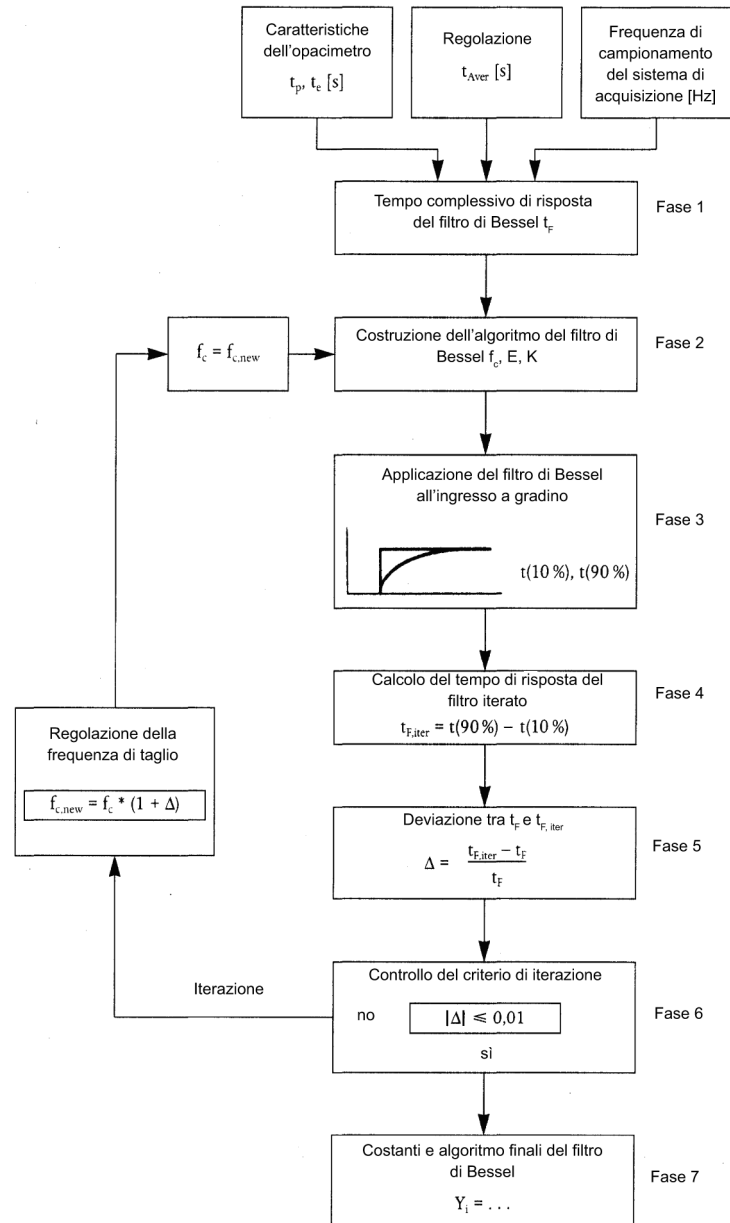
Figura a

Tracciati del segnale in ingresso a gradino e del segnale in uscita filtrato



In figura a, sono mostrati i tracciati di un segnale in ingresso a gradino e del segnale in uscita filtrato secondo Bessel nonché il tempo di risposta del filtro di Bessel (t_f).

La costruzione dell'algoritmo di filtrazione di Bessel finale è un processo in più fasi che richiede parecchi cicli di iterazione. Lo schema del procedimento di iterazione è presentato di seguito.



2.2. Calcolo dell'algoritmo di Bessel

In questo esempio un algoritmo di Bessel viene sviluppato in più fasi secondo il procedimento iterativo di cui sopra sulla base dell'allegato 4A, appendice 1, punto 7.1.

Per l'opacimetro e il sistema di acquisizione dei dati, si assumano le seguenti caratteristiche:

- | | | |
|----|--|--|
| a) | tempo di risposta fisica t_p | 0,15 s |
| b) | tempo di risposta elettrica t_e | 0,05 s |
| c) | tempo di risposta complessivo t_{Aver} | 1,00 s (per definizione secondo il presente regolamento) |
| d) | frequenza di campionamento | 150 Hz |

Fase 1: tempo di risposta richiesto del filtro di Bessel t_F

$$t_F = \sqrt{1^2 - (0.15^2 + 0.05^2)} = 0.987421 \text{ s}$$

Fase 2: stima della frequenza di taglio e calcolo delle costanti di Bessel E, K per la prima iterazione

$$f_c = \frac{3,1415}{10 \times 0,987421} = 0,318152 \text{ Hz}$$

$$\Delta t = 1/150 = 0,006667 \text{ s}$$

$$\Omega = \frac{1}{\tan[3,1415 \times 0,006667 \times 0,318152]} = 150,07664$$

$$E = \frac{1}{1 + 150,076644 \times \sqrt{3} \times 0,618034 + 0,618034 \times 150,076644^2} = 7,07948 \times 10^{-5}$$

$$K = 2 \times 7,07948 \times 10^{-5} \times (0,618034 \times 150,076644^2 - 1) - 1 = 0,970783$$

Si ricava così l'algoritmo di Bessel:

$$Y_i = Y_{i-1} + 7,07948 E - 5 \times (S_i + 2 \times S_{i-1} + S_{i-2} - 4 \times Y_{i-2}) + 0,970783 \times (Y_{i-1} - Y_{i-2})$$

dove S_i rappresenta i valori del segnale in ingresso a gradino («0» o «1»), e Y_i rappresenta i valori filtrati del segnale in uscita.

Fase 3: applicazione del filtro di Bessel ad un ingresso a gradino

Si definisce come tempo di risposta del filtro t_f il tempo di risalita dal 10 per cento al 90 per cento di un segnale in uscita filtrato a seguito di un segnale in ingresso a gradino. Per la determinazione dei tempi di 10 per cento (t_{10}) e 90 per cento (t_{90}) del segnale di uscita, si deve applicare un filtro di Bessel ad un ingresso a gradino utilizzando i valori di f_c , E e K visti sopra.

I numeri indice, il tempo e i valori di un segnale in ingresso a gradino e i valori conseguenti del segnale in uscita filtrato per la prima e la seconda iterazione sono mostrati in tabella B. I punti adiacenti a t_{10} e t_{90} sono indicati in grassetto.

In tabella B, prima iterazione, il valore del 10 per cento si incontra tra i numeri indice 30 e 31, e il valore del 90 per cento tra i numeri indice 191 e 192. Per il calcolo di $t_{f, \text{iter}}$ si determinano i valori esatti di t_{10} e t_{90} mediante interpolazione lineare tra i punti di misura adiacenti, come segue:

$$t_{10} = t_{\text{lower}} + \Delta t \times (0,1 - \text{usc}_{\text{lower}}) / (\text{usc}_{\text{upper}} - \text{usc}_{\text{lower}})$$

$$t_{90} = t_{\text{lower}} + \Delta t \times (0,9 - \text{usc}_{\text{lower}}) / (\text{usc}_{\text{upper}} - \text{usc}_{\text{lower}})$$

dove $\text{usc}_{\text{upper}}$ e $\text{usc}_{\text{lower}}$, rispettivamente sono i punti adiacenti dei segnali in uscita filtrati secondo Bessel, e t_{lower} è il tempo del punto di tempo adiacente, come indicato in tabella B.

$$t_{10} = 0,200000 + 0,006667 \times (0,1 - 0,099208) / (0,104794 - 0,099208) = 0,200945 \text{ s}$$

$$t_{90} = 0,273333 + 0,006667 \times (0,9 - 0,899147) / (0,901168 - 0,899147) = 1,276147 \text{ s}$$

Fase 4: tempo di risposta del filtro per il primo ciclo di iterazione

$$t_{f, \text{iter}} = 1,276147 - 0,200945 = 1,075202 \text{ s}$$

Fase 5: deviazione tra il tempo di risposta del filtro richiesto e quello ottenuto nel primo ciclo di iterazione

$$\Delta = (1,075202 - 0,987421) / 0,987421 = 0,081641$$

Fase 6: controllo del criterio di iterazione

Si richiede $|\Delta| \leq 0,01$. Poiché $0,081641 < 0,01$, il criterio di iterazione non è rispettato e bisogna avviare un ulteriore ciclo di iterazione. Per questo ciclo di iterazione, si calcola una nuova frequenza di taglio da f_c e Δ come segue: $f_{c, \text{new}} = 0,318152 \times (1 + 0,081641) = 0,344126 \text{ Hz}$

Questa nuova frequenza di taglio viene utilizzata nel secondo ciclo di iterazione iniziando di nuovo dalla fase 2. L'iterazione deve essere ripetuta fino a quando è soddisfatto il criterio di iterazione. I valori ottenuti nella prima e nella seconda iterazione sono riassunti in tabella A.

Tabella A

Valori della prima e della seconda iterazione

Parametro		1ª iterazione	2ª iterazione
f_c	(Hz)	0,318152	0,344126
E	(-)	7,07948 E-5	8,272777 E-5
K	(-)	0,970783	0,968410
t_{10}	(s)	0,200945	0,185523
t_{90}	(s)	1,276147	1,179562
$t_{F, iter}$	(s)	1,075202	0,994039
Δ	(-)	0,081641	0,006657
$f_{c, nuova}$	(Hz)	0,344126	0,346417

Fase 7: algoritmo finale di Bessel

Non appena il criterio di iterazione è soddisfatto, si calcolano le costanti finali del filtro di Bessel e l'algoritmo finale di Bessel secondo la fase 2. In questo esempio, il criterio di iterazione è soddisfatto dopo la seconda iterazione ($\Delta = 0,006657 \leq 0,01$). L'algoritmo finale viene poi usato per determinare gli indici di fumo medi (v. il successivo punto 2.3).

$$Y_i = Y_{i-1} + 8,272777 \times 10^{-5} \times (S_i + 2 \times S_{i-1} + S_{i-2} - 4 \times Y_{i-2}) + 0,968410 \times (Y_{i-1} - Y_{i-2})$$

Tabella B

Valori del segnale in ingresso a gradino e del segnale in uscita filtrato secondo Bessel per il primo e il secondo ciclo di iterazione

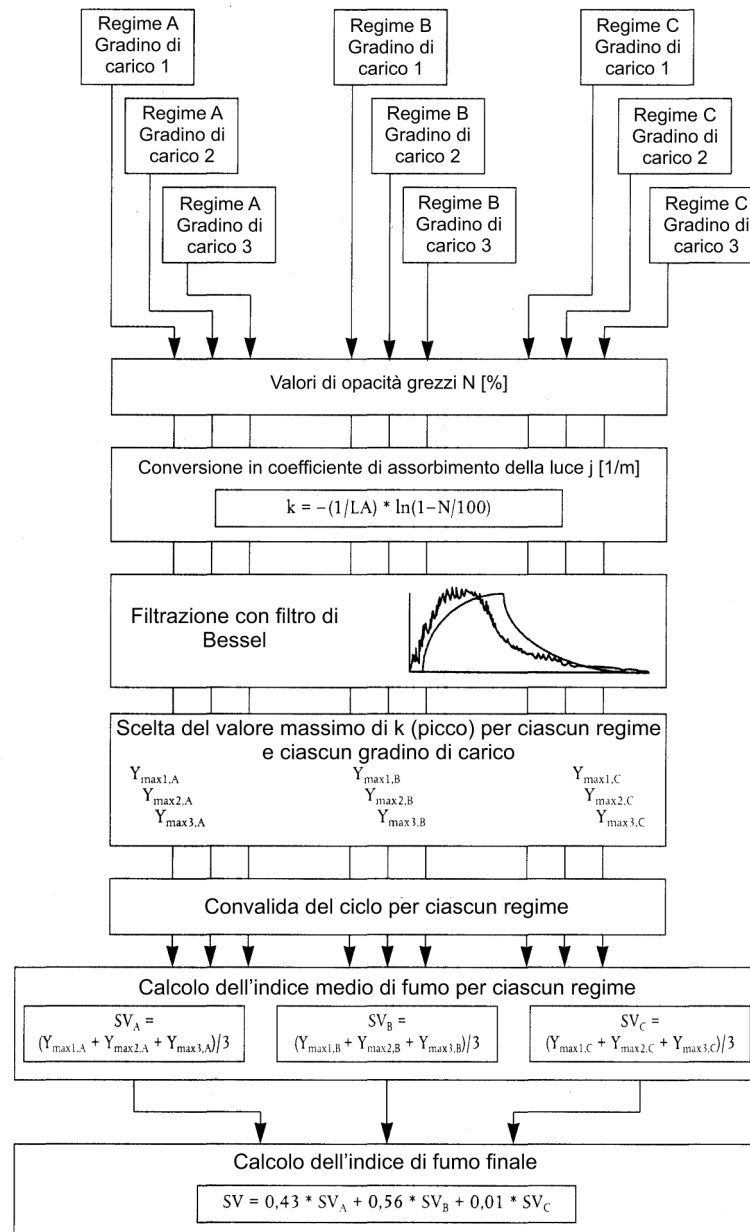
Indice i [-]	Tempo [s]	Segnale in ingresso a gradino S_i [-]	Segnale in uscita filtrato Y_i [-]	
			1ª iterazione	2ª iterazione
- 2	- 0,013333	0	0,000000	0,000000
- 1	- 0,006667	0	0,000000	0,000000
0	0,000000	1	0,000071	0,000083
1	0,006667	1	0,000352	0,000411
2	0,013333	1	0,000908	0,001060
3	0,020000	1	0,001731	0,002019
4	0,026667	1	0,002813	0,003278
5	0,033333	1	0,004145	0,004828
~	~	~	~	~
24	0,160000	1	0,067877	0,077876

Indice i [-]	Tempo [s]	Segnale in ingresso a gradino S_i [-]	Segnale in uscita filtrato Y_i [-]	
			1 ^a iterazione	2 ^a iterazione
25	0,166667	1	0,072816	0,083476
26	0,173333	1	0,077874	0,089205
27	0,180000	1	0,083047	0,095056
28	0,186667	1	0,088331	0,101024
29	0,193333	1	0,093719	0,107102
30	0,200000	1	0,099208	0,113286
31	0,206667	1	0,104794	0,119570
32	0,213333	1	0,110471	0,125949
33	0,220000	1	0,116236	0,132418
34	0,226667	1	0,122085	0,138972
35	0,233333	1	0,128013	0,145605
36	0,240000	1	0,134016	0,152314
37	0,246667	1	0,140091	0,159094
~	~	~	~	~
175	1,166667	1	0,862416	0,895701
176	1,173333	1	0,864968	0,897941
177	1,180000	1	0,867484	0,900145
178	1,186667	1	0,869964	0,902312
179	1,193333	1	0,872410	0,904445
180	1,200000	1	0,874821	0,906542
181	1,206667	1	0,877197	0,908605
182	1,213333	1	0,879540	0,910633
183	1,220000	1	0,881849	0,912628
184	1,226667	1	0,884125	0,914589
185	1,233333	1	0,886367	0,916517
186	1,240000	1	0,888577	0,918412
187	1,246667	1	0,890755	0,920276
188	1,253333	1	0,892900	0,922107
189	1,260000	1	0,895014	0,923907
190	1,266667	1	0,897096	0,925676
191	1,273333	1	0,899147	0,927414
192	1,280000	1	0,901168	0,929121
193	1,286667	1	0,903158	0,930799
194	1,293333	1	0,905117	0,932448

Indice i [-]	Tempo [s]	Segnale in ingresso a gradino S _i [-]	Segnale in uscita filtrato Y _i [-]	
			1 ^a iterazione	2 ^a iterazione
195	1,300000	1	0,907047	0,934067
~	~	~	~	~

2.3. Calcolo degli indici di fumo

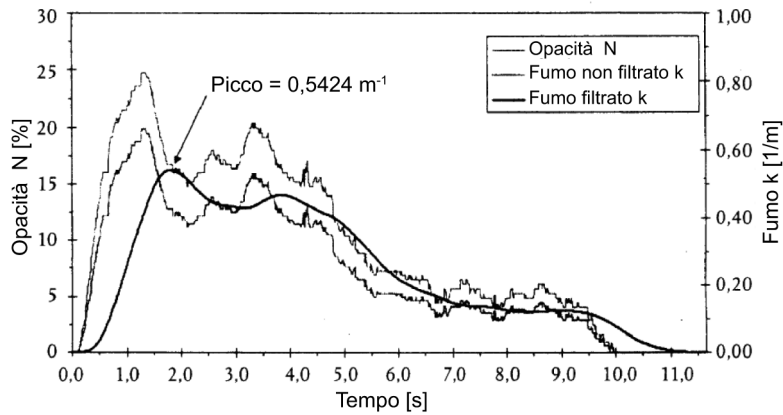
Nello schema seguente è presentato un procedimento generale per la determinazione dell'indice finale di fumo.



In figura b, sono mostrati i tracciati del segnale di opacità grezzo misurato e dei coefficienti di assorbimento della luce (k) non filtrato e filtrato del primo gradino di carico di una prova ELR ed è indicato il valore massimo $Y_{max1,A}$ (picco) del tracciato di k filtrato. La tabella C corrispondente a tale figura contiene i valori numerici dell'indice i, del tempo (frequenza di campionamento 150 Hz), dell'opacità grezza, di k non filtrato e di k filtrato. La filtrazione è stata effettuata utilizzando le costanti dell'algoritmo di Bessel sviluppato al punto 2.2 del presente allegato. Data la grande quantità di dati, sono riportate in tabella solo le parti del tracciato di fumo intorno all'inizio e al picco.

Figura b

Tracciati dell'opacità misurata N, del k del fumo non filtrato e del k del fumo filtrato



Il valore di picco ($i = 272$) è calcolato sulla base dei seguenti dati ricavati dalla tabella C. Tutti gli altri indici di fumo sono calcolati nello stesso modo. Per avviare l'algoritmo, S_{-1} , S_{-2} , Y_{-1} e Y_{-2} vengono posti pari a zero.

L_A (m)	0,430
Indice i	272
N (%)	16,783
S_{271} (m^{-1})	0,427392
S_{270} (m^{-1})	0,427532
Y_{271} (m^{-1})	0,542383
Y_{270} (m^{-1})	0,542337

Calcolo del valore di k (allegato 4A, appendice 1, punto 7.3.1):

$$k = - (1/0,430) \times \ln (1 - (16,783/100)) = 0,427252 \text{ m}^{-1}$$

Questo valore corrisponde a S_{272} nell'equazione seguente.

Calcolo del valore medio di fumo secondo Bessel (allegato 4A, appendice 1, punto 7.3.2)

Nell'equazione che segue si usano le costanti di Bessel del precedente punto 2.2. Il valore effettivo di k non filtrato calcolato sopra corrisponde a S_{272} (S_i). S_{271} (S_{i-1}) e S_{270} (S_{i-2}) sono i due precedenti valori non filtrati di k , Y_{271} (Y_{i-1}) e Y_{270} (Y_{i-2}) sono i due precedenti valori filtrati di k .

$$Y_{272} = 0,542383 + 8,272777 \times 10^{-5} \times (0,427252 + 2 \times 0,427392 + 0,427532 - 4 \times 0,542337) + 0,968410 \times (0,542383 - 0,542337)$$

$$= 0,542389 \text{ m}^{-1}$$

Questo valore corrisponde a $Y_{\max 1, A}$ nell'equazione seguente.

Calcolo dell'indice di fumo finale (allegato 4A, appendice 1, punto 7.3.3)

Da ciascun tracciato del fumo si ricava il valore massimo filtrato di k per il calcolo ulteriore. Con i valori seguenti:

Regime	Y _{max} (m ⁻¹)		
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
A	0,5424	0,5435	0,5587
B	0,5596	0,5400	0,5389
C	0,4912	0,5207	0,5177

$$SV_A = (0,5424 + 0,5435 + 0,5587)/3 = 0,5482 \text{ m}^{-1}$$

$$SV_B = (0,5596 + 0,5400 + 0,5389)/3 = 0,5462 \text{ m}^{-1}$$

$$SV_C = (0,4912 + 0,5207 + 0,5177)/3 = 0,5099 \text{ m}^{-1}$$

$$SV = (0,43 \times 0,5482) + (0,56 \times 0,5462) + (0,01 \times 0,5099) = 0,5467 \text{ m}^{-1}$$

Convalida del ciclo (allegato 4A, appendice 1, punto 3.4)

Prima di calcolare SV, il ciclo deve essere convalidato mediante calcolo delle deviazioni standard relative del fumo dei tre cicli per ciascun regime.

Regime	SV medio (m ⁻¹)	Deviazione standard assoluta (m ⁻¹)	Deviazione standard relativa (%)
A	0,5482	0,0091	1,7
B	0,5462	0,0116	2,1
C	0,5099	0,0162	3,2

In questo esempio, il criterio di convalida del 15 per cento è rispettato per tutti e tre i regimi.

Tabella C

Valori dell'opacità N, k non filtrato e k filtrato all'inizio del gradino di carico

Indice i [-]	Tempo [s]	Opacità N [per cento]	Valore k non filtrato [m ⁻¹]	Valore k filtrato [m ⁻¹]
- 2	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
- 1	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1	0,006667	0,020000	0,000465	0,000000
2	0,013333	0,020000	0,000465	0,000000
3	0,020000	0,020000	0,000465	0,000000
4	0,026667	0,020000	0,000465	0,000001
5	0,033333	0,020000	0,000465	0,000002
6	0,040000	0,020000	0,000465	0,000002
7	0,046667	0,020000	0,000465	0,000003
8	0,053333	0,020000	0,000465	0,000004
9	0,060000	0,020000	0,000465	0,000005
10	0,066667	0,020000	0,000465	0,000006
11	0,073333	0,020000	0,000465	0,000008
12	0,080000	0,020000	0,000465	0,000009
13	0,086667	0,020000	0,000465	0,000011

Indice i [-]	Tempo [s]	Opacità N [per cento]	Valore k non filtrato [m ⁻¹]	Valore k filtrato [m ⁻¹]
14	0,093333	0,020000	0,000465	0,000012
15	0,100000	0,192000	0,004469	0,000014
16	0,106667	0,212000	0,004935	0,000018
17	0,113333	0,212000	0,004935	0,000022
18	0,120000	0,212000	0,004935	0,000028
19	0,126667	0,343000	0,007990	0,000036
20	0,133333	0,566000	0,013200	0,000047
21	0,140000	0,889000	0,020767	0,000061
22	0,146667	0,929000	0,021706	0,000082
23	0,153333	0,929000	0,021706	0,000109
24	0,160000	1,263000	0,029559	0,000143
25	0,166667	1,455000	0,034086	0,000185
26	0,173333	1,697000	0,039804	0,000237
27	0,180000	2,030000	0,047695	0,000301
28	0,186667	2,081000	0,048906	0,000378
29	0,193333	2,081000	0,048906	0,000469
30	0,200000	2,424000	0,057067	0,000573
31	0,206667	2,475000	0,058282	0,000693
32	0,213333	2,475000	0,058282	0,000827
33	0,220000	2,808000	0,066237	0,000977
34	0,226667	3,010000	0,071075	0,001144
35	0,233333	3,253000	0,076909	0,001328
36	0,240000	3,606000	0,085410	0,001533
37	0,246667	3,960000	0,093966	0,001758
38	0,253333	4,455000	0,105983	0,002007
39	0,260000	4,818000	0,114836	0,002283
40	0,266667	5,020000	0,119776	0,002587
~	~	~	~	~

Valori dell'opacità N, k non filtrato e k filtrato intorno a $Y_{\max 1, A}$ (picco, indicato in grassetto)

Indice i [-]	Tempo [s]	Opacità N [per cento]	Valore k non filtrato [m ⁻¹]	Valore k filtrato [m ⁻¹]
~	~	~	~	~
259	1,726667	17,182000	0,438429	0,538856
260	1,733333	16,949000	0,431896	0,539423
261	1,740000	16,788000	0,427392	0,539936
262	1,746667	16,798000	0,427671	0,540396
263	1,753333	16,788000	0,427392	0,540805
264	1,760000	16,798000	0,427671	0,541163
265	1,766667	16,798000	0,427671	0,541473
266	1,773333	16,788000	0,427392	0,541735
267	1,780000	16,788000	0,427392	0,541951
268	1,786667	16,798000	0,427671	0,542123
269	1,793333	16,798000	0,427671	0,542251

Indice i [-]	Tempo [s]	Opacità N [per cento]	Valore k non filtrato [m ⁻¹]	Valore k filtrato [m ⁻¹]
270	1,800000	16,793000	0,427532	0,542337
271	1,806667	16,788000	0,427392	0,542383
272	1,813333	16,783000	0,427252	0,542389
273	1,820000	16,780000	0,427168	0,542357
274	1,826667	16,798000	0,427671	0,542288
275	1,833333	16,778000	0,427112	0,542183
276	1,840000	16,808000	0,427951	0,542043
277	1,846667	16,768000	0,426833	0,541870
278	1,853333	16,010000	0,405750	0,541662
279	1,860000	16,010000	0,405750	0,541418
280	1,866667	16,000000	0,405473	0,541136
281	1,873333	16,010000	0,405750	0,540819
282	1,880000	16,000000	0,405473	0,540466
283	1,886667	16,010000	0,405750	0,540080
284	1,893333	16,394000	0,416406	0,539663
285	1,900000	16,394000	0,416406	0,539216
286	1,906667	16,404000	0,416685	0,538744
287	1,913333	16,394000	0,416406	0,538245
288	1,920000	16,394000	0,416406	0,537722
289	1,926667	16,384000	0,416128	0,537175
290	1,933333	16,010000	0,405750	0,536604
291	1,940000	16,010000	0,405750	0,536009
292	1,946667	16,000000	0,405473	0,535389
293	1,953333	16,010000	0,405750	0,534745
294	1,960000	16,212000	0,411349	0,534079
295	1,966667	16,394000	0,416406	0,533394
296	1,973333	16,394000	0,416406	0,532691
297	1,980000	16,192000	0,410794	0,531971
298	1,986667	16,000000	0,405473	0,531233
299	1,993333	16,000000	0,405473	0,530477
300	2,000000	16,000000	0,405473	0,529704
~	~	~	~	~

3. PROVA ETC

3.1. Emissioni gassose (motore diesel)

Si assumano i seguenti risultati di prova per un sistema PDP-CVS

V_0 (m ³ /giro)	0,1776
N_p (giri)	23 073
p_B (kPa)	98,0
p_1 (kPa)	2,3
T (K)	322,5
H_a (g/kg)	12,8
$NO_{x\ conc}$ (ppm)	53,7
$NO_{x\ concd}$ (ppm)	0,4
CO_{conce} (ppm)	38,9
CO_{concd} (ppm)	1,0
HC_{conce} (ppm)	9,00
HC_{concd} (ppm)	3,02
$CO_{2,conce}$ (%)	0,723
W_{eff} (kWh)	62,72

Calcolo del flusso di gas di scarico diluito (allegato 4A, appendice 2, punto 4.1)

$$M_{TOTW} = 1,293 \times 0,1776 \times 23\,073 \times (98,0 - 2,3) \times 273 / (101,3 \times 322,5)$$

$$= 4\,237,2 \text{ kg}$$

Calcolo del fattore di correzione di NO_x (allegato 4A, appendice 2, punto 4.2)

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 - 0,0182 \times (12,8 - 10,71)} = 1,039$$

Calcolo delle concentrazioni con correzione del fondo (allegato 4A, appendice 2, punto 4.3.1.1)

Assumendo un carburante diesel di composizione $C_1H_{1,8}$

$$F_S = 100 \times \frac{1}{1 + \frac{1,8}{2} + \left[3,76 \times \left(1 + \frac{1,8}{4} \right) \right]} = 13,6$$

$$DF = \frac{13,6}{0,723 + (9,00 + 38,9) \times 10^{-4}} = 18,69$$

$$NO_{x\ conc} = 53,7 - 0,4 \times (1 - (1/18,69)) = 53,3 \text{ ppm}$$

$$CO_{conc} = 38,9 - 1,0 \times (1 - (1/18,69)) = 37,9 \text{ ppm}$$

$$HC_{conc} = 9,00 - 3,02 \times (1 - (1/18,69)) = 6,14 \text{ ppm}$$

Calcolo del flusso massico delle emissioni (allegato 4A, appendice 2, punto 4.3.1)

$$\text{NO}_{x\text{mass}} = 0,001587 \times 53,3 \times 1,039 \times 4\,237,2 = 372,391 \text{ g}$$

$$\text{CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \times 37,9 \times 4\,237,2 = 155,129 \text{ g}$$

$$\text{HC}_{\text{mass}} = 0,000479 \times 6,14 \times 4\,237,2 = 12,462 \text{ g}$$

Calcolo delle emissioni specifiche (allegato 4A, appendice 2, punto 4.4):

$$\overline{\text{NO}}_x = 372,391/62,72 = 5,94 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{CO}} = 155,129/62,72 = 2,47 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{HC}} = 12,462/62,72 = 0,199 \text{ g/kWh}$$

3.2. Emissioni di particolato (motore diesel)

Si assumano i seguenti risultati di prova per un sistema PDP-CVS con doppia diluizione

M_{TOTW} (kg)	4 237,2
$M_{f,p}$ (mg)	3,030
$M_{f,b}$ (mg)	0,044
M_{TOT} (kg)	2,159
M_{SEC} (kg)	0,909
M_d (mg)	0,341
M_{DIL} (kg)	1,245
DF	18,69
W_{eff} (kWh)	62,72

Calcolo delle emissioni massiche (allegato 4A, appendice 2, punto 5.1):

$$M_f = 3,030 + 0,044 = 3,074 \text{ mg}$$

$$M_{\text{SAM}} = 2,159 - 0,909 = 1,250 \text{ kg}$$

$$PT_{\text{mass}} = \frac{3,074}{1,250} \times \frac{4\,237,2}{1000} = 10,42 \text{ g}$$

Calcolo delle emissioni massiche con correzione del fondo (allegato 4A, appendice 2, punto 5.1)

$$PT_{\text{mass}} = \left[\frac{3,074}{1,250} - \left(\frac{0,341}{1,245} \times \left(1 + \frac{1}{18,69} \right) \right) \right] \times \frac{4\,237,2}{1000} = 9,32 \text{ g}$$

Calcolo delle emissioni specifiche (allegato 4A, appendice 2, punto 5.2):

$$\overline{PT} = 10,42/62,72 = 0,166 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{PT} = 9,32/62,72 = 0,149 \text{ g/kWh, con correzione del fondo}$$

3.3. Emissioni gassose (motore a GNC)

Si assumano i seguenti risultati di prova per un sistema PDP-CVS con doppia diluizione

M_{TOTW} (kg)	4 237,2
H_a (g/kg)	12,8

NO _x conce (ppm)	17,2
NO _x concd (ppm)	0,4
CO _{conce} (ppm)	44,3
CO _{concd} (ppm)	1,0
HC _{conce} (ppm)	27,0
HC _{concd} (ppm)	3,02
CH ₄ conce (ppm)	18,0
CH ₄ concd (ppm)	1,7
CO _{2,conce} (per cento)	0,723
W _{eff} (kWh)	62,72

Calcolo del fattore di correzione di NO_x (allegato 4A, appendice 2, punto 4.2)

$$K_{H,G} = \frac{1}{1 - 0,0329 \times (12,8 - 10,71)} = 1,074$$

Calcolo della concentrazione di NMHC (allegato 4A, appendice 2, punto 4.3.1)

a) metodo GC

$$\text{NMHC}_{\text{conce}} = 27,0 - 18,0 = 9,0 \text{ ppm}$$

b) metodo NMC

Assumendo un'efficienza riferita al metano pari a 0,04 e un'efficienza riferita all'etano pari a 0,98 (v. allegato 4A, appendice 5, punto 1.8.4)

$$\text{NMHC}_{\text{conce}} = \frac{27,0 \times (1 - 0,04) - 18,0}{0,98 - 0,04} = 8,4 \text{ ppm}$$

Calcolo delle concentrazioni con correzione del fondo (allegato 4A, appendice 2, punto 4.3.1.1)

Assumendo un carburante di riferimento G₂₀ (100 per cento metano) di composizione C₁H₄:

$$F_s = 100 \times \frac{1}{1 + \frac{4}{2} + \left(3,76 \times \left(1 + \frac{4}{4}\right)\right)} = 9,5$$

$$\text{DF} = \frac{9,5}{0,723 + (27,0 + 44,3) \times 10^{-4}} = 13,01$$

Per NMHC, la concentrazione di fondo è la differenza tra HC_{concd} e CH₄concd

$$\text{NO}_{x \text{ conc}} = 17,2 - 0,4 \times (1 - (1/13,01)) = 16,8 \text{ ppm}$$

$$\text{CO}_{\text{conc}} = 44,3 - 1,0 \times (1 - (1/13,01)) = 43,4 \text{ ppm}$$

$$\text{NMHC}_{\text{conc}} = 8,4 - 1,32 \times (1 - (1/13,01)) = 7,2 \text{ ppm}$$

$$\text{CH}_{4 \text{ conc}} = 18,0 - 1,7 \times (1 - (1/13,01)) = 16,4 \text{ ppm}$$

Calcolo del flusso massico delle emissioni (allegato 4A, appendice 2, punto 4.3.1)

$$\text{NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 \times 16,8 \times 1,074 \times 4\,237,2 = 121,330 \text{ g}$$

$$\text{CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \times 43,4 \times 4\,237,2 = 177,642 \text{ g}$$

$$\text{NMHC}_{\text{mass}} = 0,000502 \times 7,2 \times 4\,237,2 = 15,315 \text{ g}$$

$$\text{CH}_4_{\text{mass}} = 0,000554 \times 16,4 \times 4\,237,2 = 38,498 \text{ g}$$

Calcolo delle emissioni specifiche (allegato 4A, appendice 2, punto 4.4):

$$\overline{\text{NO}}_x = 121,330/62,72 = 1,93 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{CO}} = 177,642/62,72 = 2,83 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{NMHC}} = 15,315/62,72 = 0,244 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{CH}}_4 = 38,498/62,72 = 0,614 \text{ g/kWh}$$

4. FATTORE DI SPOSTAMENTO λ (S_λ)

4.1. Calcolo del fattore di spostamento λ (S_λ) ⁽¹⁾

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\% \text{ inerti}}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{\text{O}_2^*}{100}}$$

dove:

S_λ = fattore di spostamento λ

% inerti = percentuale in volume di gas inerti nel carburante (cioè N_2 , CO_2 , He, ecc.)

O_2^* = percentuale in volume dell'ossigeno originale nel carburante

n e m = sono riferiti al C_nH_m medio rappresentativo degli idrocarburi del carburante, cioè

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{\text{CH}_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{\text{C}_2\%}{100}\right] + 3 \times \left[\frac{\text{C}_3\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{\text{C}_4\%}{100}\right] + 5 \times \left[\frac{\text{C}_5\%}{100}\right] + \dots}{1 - \% \text{ diluenti}} \times 100$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{\text{CH}_4\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{\text{C}_2\text{H}_4\%}{100}\right] + 6 \times \left[\frac{\text{C}_2\text{H}_6\%}{100}\right] + \dots + 8 \times \left[\frac{\text{C}_3\text{H}_8\%}{100}\right] + \dots}{1 - \% \text{ diluenti}} \times 100$$

dove:

CH_4 = percentuale in volume di metano nel carburante;

C_2 = percentuale in volume di tutti gli idrocarburi C_2 (per es. C_2H_6 , C_2H_4 , ecc.) nel carburante;

C_3 = percentuale in volume di tutti gli idrocarburi C_3 (per es. C_3H_8 , C_3H_6 , ecc.) nel carburante;

C_4 = percentuale in volume di tutti gli idrocarburi C_4 (per es. C_4H_{10} , C_4H_8 , ecc.) nel carburante;

C_5 = percentuale in volume di tutti gli idrocarburi C_5 (per es. C_5H_{12} , C_5H_{10} , ecc.) nel carburante;

diluenti = per esempio in volume dei gas di diluizione nel carburante (per es. O_2^* , N_2 , CO_2 , He, etc.).

⁽¹⁾ Stoichiometric Air/Fuel ratios of automotive fuels, SAE J1829, giugno 1987. John B. Heywood, Internal combustion engine fundamentals, McGraw-Hill, 1988, capitolo 3.4 «Combustion stoichiometry» (pp. 68-72).

4.2. Esempio del calcolo del fattore di spostamento λS_λ

Esempio 1: G_2 : $CH_4 = 86$ per cento, $N_2 = 14$ per cento (in volume)

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100} \right] + \dots}{\frac{1 - \% \text{ diluenti}}{100}} = \frac{1 \times 0,86}{1 - \frac{14}{100}} = \frac{0,86}{0,86} = 1$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100} \right] + \dots}{\frac{1 - \% \text{ diluenti}}{100}} = \frac{4 \times 0,86}{0,86} = 4$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\% \text{ inerti}}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{14}{100}\right) \times \left(1 + \frac{4}{4}\right)} = 1,16$$

Esempio 2: G_R : $CH_4 = 87$ per cento, $C_2H_6 = 13$ per cento (in volume)

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100} \right] + \dots}{\frac{1 - \% \text{ diluenti}}{100}} = \frac{1 \times 0,87 + 2 \times 0,13}{1 - \frac{0}{100}} = \frac{1,13}{1} = 1,13$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100} \right] + \dots}{\frac{1 - \% \text{ diluenti}}{100}} = \frac{4 \times 0,87 + 6 \times 0,13}{1} = 4,26$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\% \text{ inerti}}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{0}{100}\right) \times \left(1,13 + \frac{4,26}{4}\right)} = 0,911$$

Esempio 3: USA : $CH_4 = 89$ per cento, $C_2H_6 = 4,5$ per cento, $C_3H_8 = 2,3$ per cento, $C_6H_{14} = 0,2$ per cento, $O_2 = 0,6$ per cento, $N_2 = 4$ per cento

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100} \right] + \dots}{\frac{1 - \% \text{ diluenti}}{100}} = \frac{1 \times 0,89 + 2 \times 0,045 + 3 \times 0,023 + 4 \times 0,002}{1 - \frac{0,64 + 4}{100}} = 1,11$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100} \right] + 6 \times \left[\frac{C_2H_6}{100} \right] + \dots + 8 \times \left[\frac{C_3H_8}{100} \right]}{\frac{1 - \% \text{ diluenti}}{100}} = \frac{4 \times 0,89 + 4 \times 0,045 + 8 \times 0,023 + 14 \times 0,002}{1 - \frac{0,6 + 4}{100}} = 4,24$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\% \text{ inerti}}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{4}{100}\right) \times \left(1,11 + \frac{4,24}{4}\right) - \frac{0,6}{100}} = 0,96$$

ALLEGATO 7

Procedimenti per la prova di durabilità dei sistemi di controllo delle emissioni

1. INTRODUZIONE

Il presente allegato illustra i procedimenti di selezione di una famiglia di motori da sottoporre a prova con programma di accumulo di esercizio al fine di determinare i fattori di deterioramento. Tali fattori devono essere applicati alle emissioni misurate prodotte da motori sottoposti a controllo periodico per garantire che le emissioni del motore in circolazione restino conformi ai limiti di emissione applicabili, indicati nelle tabelle del punto 5.2.1 del presente regolamento, per tutto il periodo di durabilità applicabile al veicolo su cui è installato tale motore.

Il presente allegato descrive inoltre gli interventi di manutenzione in relazione e non in relazione con le emissioni da eseguire sui motori sottoposti a un programma di accumulo di esercizio. Tali interventi devono essere effettuati sui motori in circolazione e comunicati ai proprietari dei motori pesanti nuovi.

2. SCELTA DEI MOTORI PER LA DETERMINAZIONE DEI FATTORI DEI DETERIORAMENTO NELL'ARCO DELLA VITA UTILE

2.1. I motori devono essere selezionati nell'ambito della famiglia di motori definita al punto 7.1 del presente regolamento per le prove di emissione effettuate per determinare i fattori di deterioramento durante la vita utile.

2.2. I motori appartenenti a diverse famiglie di motori possono essere raggruppati in altre famiglie in base al tipo di sistema di post-trattamento del gas di scarico utilizzato. Per inserire nella stessa famiglia di motori-sistemi di post-trattamento del gas di scarico motori con un numero di cilindri diverso e con una configurazione diversa dei cilindri, ma aventi le stesse specifiche tecniche e modalità di installazione dei sistemi di post-trattamento, il costruttore deve fornire all'autorità di omologazione dati che dimostrino l'equivalenza delle emissioni di tali motori.

2.3. Il costruttore del motore seleziona un motore rappresentativo della famiglia di motori-sistemi di post-trattamento per sottoporlo alle prove con il programma di accumulo di esercizio di cui al punto 3.2 del presente allegato, attenendosi ai criteri di selezione dei motori di cui al punto 7.2 del presente regolamento, e comunica tale scelta all'autorità di omologazione prima dell'inizio delle prove.

2.3.1. Se l'autorità di omologazione decide che il livello peggiore delle emissioni della famiglia di motori-sistemi di post-trattamento può essere caratterizzato meglio da un motore diverso, il motore di prova è selezionato dall'autorità di omologazione previa consultazione del costruttore del motore.

3. DETERMINAZIONE DEI FATTORI DI DETERIORAMENTO DURANTE LA VITA UTILE

3.1. **Prescrizioni generali**

I fattori di deterioramento da utilizzare per la famiglia di motori-sistemi di post-trattamento sono ricavati dai motori selezionati per mezzo di una procedura di accumulo di esercizio e di chilometraggio che include prove periodiche delle emissioni gassose e di particolato con i cicli di prova ESC e ETC.

3.2. **Programma di accumulo di esercizio**

I programmi di accumulo di esercizio possono essere effettuati a scelta del costruttore sottoponendo un veicolo dotato del motore capostipite selezionato a un programma di «accumulo di esercizio in circolazione» oppure sottoponendo il motore capostipite selezionato ad un programma di «accumulo di esercizio al banco dinamometrico».

3.2.1. Accumulo di esercizio in circolazione e al banco dinamometrico

- 3.2.1.1. Il costruttore stabilisce le modalità e l'estensione dell'accumulo di chilometraggio e di esercizio per i motori in base alla buona pratica ingegneristica.
- 3.2.1.2. Il costruttore stabilisce quando sottoporre a prova il motore per la determinazione delle emissioni gassose e di particolato con i cicli ESC e ETC.
- 3.2.1.3. Per tutti i motori di una stessa famiglia di motori-sistemi di post-trattamento deve essere utilizzato un unico programma di funzionamento del motore.
- 3.2.1.4. Su richiesta del costruttore e previa approvazione dell'autorità di omologazione, per ciascun punto di prova è sufficiente effettuare un solo ciclo di prova (ESC o ETC); in tal caso, l'altro ciclo di prova viene eseguito solo all'inizio e alla fine del programma di accumulo di esercizio.
- 3.2.1.5. I programmi di funzionamento possono essere diversi per le diverse famiglie di motori-sistemi di post-trattamento.
- 3.2.1.6. I programmi di funzionamento possono essere più brevi del periodo di vita utile, a condizione che il numero di punti di prova consenta un'extrapolazione corretta dei risultati di prova, conformemente al punto 3.5.2. In ogni caso l'accumulo di esercizio non deve essere inferiore a quello indicato nella tabella del punto 3.2.1.8.
- 3.2.1.7. Il costruttore indica la correlazione da applicare tra periodo minimo di accumulo di esercizio (chilometraggio percorso) e ore sul banco dinamometrico, ad esempio correlazione del consumo di carburante, correlazione tra velocità del veicolo e giri del motore, ecc.
- 3.2.1.8. Accumulo di esercizio minimo

Categoria del veicolo su cui è installato il motore	Periodo minimo di accumulo di esercizio	Vita utile (punto del presente regolamento)
Veicoli di categoria N ₁	100 000 km	punto 5.3.1.1.
Veicoli di categoria N ₂	125 000 km	punto 5.3.1.2.
Veicoli di categoria N ₃ con massa massima tecnicamente ammissibile non superiore a 16 tonnellate	125 000 km	punto 5.3.1.2.
Veicoli di categoria N ₃ con massa massima tecnicamente ammissibile superiore a 16 tonnellate	167 000 km	punto 5.3.1.3.
Veicoli di categoria M ₂	100 000 km	punto 5.3.1.1.
Veicoli di categoria M ₃ delle classi I, II, A e B con massa massima tecnicamente ammissibile non superiore a 7,5 tonnellate	125 000 km	punto 5.3.1.2.
Veicoli di categoria M ₃ delle classi III e B con massa massima tecnicamente ammissibile superiore a 7,5 tonnellate	167 000 km	punto 5.3.1.3.

- 3.2.1.9. Il programma di accumulo di esercizio in circolazione deve essere descritto dettagliatamente nella domanda di omologazione e comunicato all'autorità di omologazione prima dell'inizio delle prove.
- 3.2.2. Se l'autorità di omologazione decide che sono necessarie ulteriori misure per le prove ESC e ETC tra i punti selezionati dal costruttore, essa ne informa il costruttore. Il costruttore modifica il programma di accumulo di esercizio in circolazione o al banco dinamometrico e lo sottopone all'approvazione dell'autorità di omologazione.

3.3. Prove del motore

- 3.3.1. Avvio del programma di accumulo di esercizio

- 3.3.1.1. Per ogni famiglia di motori-sistemi di post-trattamento, il costruttore stabilisce il numero di ore di esercizio necessario per stabilizzare il motore-sistema di post-trattamento. Su richiesta dell'autorità di omologazione, il costruttore mette a disposizione i dati e le analisi utilizzati per stabilire il numero di ore necessario. In alternativa, il costruttore può scegliere di far funzionare il motore per 125 ore al fine di stabilizzare il motore-sistema di post-trattamento.
- 3.3.1.2. Il periodo di stabilizzazione di cui al punto 3.3.1.1 è considerato l'avvio del programma di accumulo di esercizio.
- 3.3.2. Prove di accumulo di esercizio
- 3.3.2.1. Dopo la stabilizzazione il motore è sottoposto al programma di accumulo di esercizio scelto dal costruttore conformemente al punto 3.2. A intervalli periodici nel programma di accumulo di esercizio stabilito dal costruttore e, se del caso, indicato dall'autorità di omologazione conformemente al punto 3.2.2, il motore è sottoposto a prove per determinare le emissioni gassose e di particolato mediante cicli di prova ESC e ETC. Conformemente al punto 3.2, se per ogni punto di prova viene effettuato solo un ciclo di prova (ESC o ETC), l'altro ciclo di prova (ESC o ETC) deve essere eseguito all'inizio e alla fine del programma di accumulo di esercizio.
- 3.3.2.2. Durante il programma di accumulo di esercizio, il motore è sottoposto a interventi di manutenzione conformemente al punto 4.
- 3.3.2.3. Durante il programma di accumulo di esercizio è ammessa l'effettuazione di interventi di manutenzione non programmata sul motore o sul veicolo, ad esempio se il sistema OBD ha individuato in modo specifico un problema che ha causato l'attivazione della spia di malfunzionamento (MI).

3.4. **Relazioni**

- 3.4.1. I risultati di tutte le prove di emissione (ESC e ETC) effettuate durante il programma di accumulo di esercizio sono messi a disposizione dell'autorità di omologazione. Se una prova di emissione è dichiarata nulla, il costruttore fornisce una spiegazione dei motivi che hanno portato a dichiarare nulla la prova. In questo caso deve essere effettuata un'altra serie di prove di emissione (ESC ed ETC) con un ulteriore accumulo di esercizio di 100 ore.
- 3.4.2. Se il costruttore prova un motore con un programma di accumulo di esercizio al fine di stabilire i fattori di deterioramento, egli registra tutte le informazioni relative alle prove di emissione e agli interventi di manutenzione effettuati sul motore durante il programma di accumulo di esercizio. Tali informazioni devono essere trasmesse all'autorità di omologazione insieme ai risultati delle prove di emissione effettuate durante il programma di accumulo di esercizio.

3.5. **Determinazione dei fattori di deterioramento**

- 3.5.1. Per ogni inquinante misurato con le prove ESC e ETC e in ogni punto di prova durante il programma di accumulo di esercizio, deve essere effettuata un'analisi di regressione «di migliore approssimazione» in base a tutti i risultati di prova. I risultati di ciascuna prova per ogni inquinante sono espressi con lo stesso numero di decimali del valore limite per tale inquinante, conformemente alle tabelle di cui al punto 5.2.1 del presente regolamento, più un decimale. Conformemente al punto 3.2, se è stato stabilito che solo un ciclo di prova (ESC o ETC) sia eseguito in ogni punto di prova e che l'altro ciclo di prova (ESC o ETC) sia eseguito solo all'inizio e alla fine del programma di accumulo di esercizio, l'analisi di regressione è effettuata solo in base ai risultati del ciclo di prova effettuato in ogni punto di prova.
- 3.5.2. In base all'analisi di regressione il costruttore calcola i valori di emissione previsti per ogni inquinante all'inizio del programma di accumulo di esercizio e al termine della vita utile applicabile al motore mediante estrapolazione dell'equazione di regressione di cui al punto 3.5.1.
- 3.5.3. Per i motori non dotati di sistema di post-trattamento del gas di scarico, il fattore di deterioramento per ogni inquinante corrisponde alla differenza tra i valori di emissione previsti al termine del periodo di vita utile e i valori di emissione all'inizio del programma di accumulo di esercizio.

Per i motori dotati di sistema di post-trattamento del gas di scarico, il fattore di deterioramento per ogni inquinante corrisponde al rapporto tra i valori di emissione previsti al termine del periodo di vita utile e i valori di emissione all'inizio del programma di accumulo di esercizio.

Conformemente al punto 3.2, se è stato stabilito che un solo ciclo di prova (ESC o ETC) sia eseguito in ogni punto di prova e che l'altro ciclo di prova (ESC o ETC) sia eseguito solo all'inizio e alla fine del programma di accumulo di esercizio, il fattore di deterioramento calcolato per il ciclo di prova eseguito in ogni punto di prova è applicabile anche all'altro ciclo di prova, a condizione che per entrambi i cicli di prova il rapporto tra i valori misurati all'inizio e alla fine del programma di accumulo di esercizio sia simile.

3.5.4. I fattori di deterioramento per ogni inquinante nei corrispondenti cicli di prova sono registrati nel punto 1.4 dell'appendice 1 dell'allegato 6 del presente regolamento.

3.6. Anziché usare un programma di accumulo di esercizio per la determinazione dei fattori di deterioramento, i costruttori di motori possono scegliere di utilizzare i fattori di deterioramento seguenti:

Tipo di motore	Ciclo di prova	CO	HC	NMHC	CH ₄	NO _x	PM
Motore diesel	ESC	1,1	1,05	—	—	1,05	1,1
	ETC	1,1	1,05	—	—	1,05	1,1
Motore a gas	ETC	1,1	1,05	1,05	1,2	1,05	—

3.6.1. Il costruttore può scegliere di applicare i fattori di deterioramento determinati per un motore o un insieme motore/sistema di post-trattamento a motori o insiemi motore/sistemi di post-trattamento che non rientrano nella stessa categoria della famiglia di motori determinata conformemente al punto 2.1. In tal caso il costruttore deve dimostrare all'autorità di omologazione che il motore o l'insieme motore/sistema di post-trattamento di base e i motori o insiemi motore/sistema di post-trattamento a cui sono applicati i fattori di deterioramento hanno le stesse caratteristiche tecniche e devono essere installati in modo identico e che le emissioni di tali motori o insiemi motore/sistema di post-trattamento sono simili.

3.7. Verifica della conformità della produzione

3.7.1. La verifica della conformità della produzione per quanto riguarda le emissioni è effettuata sulla base del punto 8 del presente regolamento.

3.7.2. Al momento dell'omologazione il costruttore può scegliere di misurare le emissioni di inquinanti contemporaneamente e a monte del sistema di post-trattamento del gas di scarico. In tal modo il costruttore può ricavare un fattore di deterioramento informale distinto per il motore e per il sistema di post-trattamento; tale fattore può essere utilizzato dal costruttore per la verifica alla fine della linea di produzione.

3.7.3. Ai fini dell'omologazione sono registrati nel punto 1.4 dell'appendice 1 dell'allegato 6 del presente regolamento solo i fattori di deterioramento adottati dal costruttore conformemente al punto 3.6.1 oppure i fattori di deterioramento ricavati conformemente al punto 3.5.

4. MANUTENZIONE

Durante il programma di accumulo di esercizio, gli interventi di manutenzione eseguiti sui motori e il consumo degli eventuali reagenti necessari utilizzati per la determinazione dei fattori di deterioramento sono classificati come in relazione o non in relazione con le emissioni e ognuno di tali interventi può essere classificato come programmato o non programmato. Alcuni interventi di manutenzione in relazione con le emissioni sono classificati anche come interventi critici di manutenzione in relazione con le emissioni.

4.1. Interventi di manutenzione programmata in relazione con le emissioni

4.1.1. Il presente punto precisa quali sono gli interventi di manutenzione programmata in relazione con le emissioni ai fini dell'esecuzione di un programma di accumulo di esercizio e dell'inserimento di tali interventi nelle istruzioni di manutenzione fornite ai proprietari di veicoli e motori pesanti nuovi.

4.1.2. Tutti gli interventi di manutenzione programmata in relazione con le emissioni effettuati nell'ambito di un programma di accumulo di esercizio devono essere eseguiti ad intervalli di chilometraggio identici o equivalenti a quelli indicati nelle istruzioni di manutenzione del costruttore per il proprietario del veicolo o motore pesante.

Il programma di manutenzione può essere aggiornato all'occorrenza durante il programma di accumulo di esercizio, a condizione che nessun intervento di manutenzione sia cancellato dal programma di manutenzione dopo l'effettuazione sul motore di prova.

- 4.1.3. Ogni intervento di manutenzione in relazione con le emissioni eseguito sui motori deve essere necessario a garantire la conformità in circolazione alle norme di emissione pertinenti. Il costruttore deve presentare all'autorità di omologazione dati che dimostrano che tutti gli interventi di manutenzione programmata in relazione con le emissioni sono tecnicamente necessari.
- 4.1.4. Il costruttore deve precisare gli interventi di regolazione, pulizia e, all'occorrenza, manutenzione dei seguenti elementi:
- a) filtri e refrigeratori del sistema di ricircolo dei gas di scarico;
 - b) valvola di ventilazione positiva del basamento motore;
 - c) polverizzatori degli iniettori di carburante (solo pulizia);
 - d) iniettori di carburante;
 - e) turbocompressore;
 - f) unità elettronica di controllo del motore e relativi sensori e attuatori;
 - g) sistema del filtro antiparticolato (compresi i relativi componenti);
 - h) sistema di ricircolo dei gas di scarico, compresi tutti i tubi e le valvole di controllo;
 - i) qualsiasi sistema di post-trattamento dei gas di scarico.
- 4.1.5. Ai fini della manutenzione, i seguenti componenti sono definiti come elementi critici in relazione con le emissioni:
- a) i sistemi di post-trattamento dei gas di scarico;
 - b) l'unità elettronica di controllo del motore e i relativi sensori e attuatori;
 - c) il sistema di ricircolo dei gas di scarico, compresi tutti i filtri, refrigeratori, tubi e valvole di controllo;
 - d) la valvola di ventilazione positiva del basamento motore.
- 4.1.6. Tutti gli interventi critici di manutenzione in relazione con le emissioni devono avere una probabilità ragionevole di essere eseguiti sul veicolo in circolazione. Prima dell'esecuzione degli interventi di manutenzione durante il programma di accumulo di esercizio, il costruttore deve dimostrare all'autorità di omologazione la probabilità ragionevole che tali interventi siano eseguiti sul veicolo in circolazione.
- 4.1.7. Per gli interventi critici di manutenzione programmata in relazione con le emissioni che soddisfano una qualsiasi delle condizioni di cui ai punti da 4.1.7.1 a 4.1.7.4 si considera che ci sia una probabilità ragionevole che l'intervento sia eseguito sul veicolo in circolazione.
- 4.1.7.1. Devono essere presentati dati che stabiliscano un collegamento tra emissioni e prestazioni del veicolo e dimostrino che, all'aumentare delle emissioni dovuto alla mancata manutenzione, le prestazioni del veicolo si deteriorano fino al punto di diventare inaccettabili per la guida tipica.
- 4.1.7.2. Devono essere presentati dati di indagine che dimostrino, con un livello di confidenza dell'80 per cento, che l'80 per cento dei motori viene già sottoposto all'intervento critico di manutenzione in circolazione all'intervallo o agli intervalli raccomandati.
- 4.1.7.3. In associazione con le prescrizioni di cui al punto [3.6....] dell'allegato 9A del presente regolamento, sul cruscotto del veicolo deve essere installata una spia chiaramente visibile che segnali al conducente la necessità di effettuare la manutenzione. La spia deve attivarsi una volta raggiunto il chilometraggio appropriato oppure in

caso di guasto; deve rimanere attiva quando il motore è in funzione e non deve disattivarsi senza che sia stato eseguito l'intervento di manutenzione necessario. Il resettaggio del segnale deve essere una procedura obbligatoria del programma di manutenzione. Il sistema non deve essere progettato in modo da disattivarsi al termine della vita utile del motore o successivamente.

- 4.1.7.4. Qualsiasi altro metodo che a parere dell'autorità di omologazione possa stabilire una probabilità ragionevole che l'intervento critico di manutenzione venga effettuato sul veicolo in circolazione.

4.2. **Modifiche della manutenzione programmata**

- 4.2.1. Il costruttore presenta all'autorità di omologazione richiesta di approvazione di eventuali nuovi interventi di manutenzione programmata che intende effettuare durante il programma di accumulo di esercizio e quindi raccomandare ai proprietari di veicoli e motori pesanti. Il costruttore indica anche la categoria raccomandata (in relazione o non in relazione con le emissioni, critico o no) di ogni nuovo intervento di manutenzione programmata proposto e, per gli interventi di manutenzione in relazione con le emissioni, l'intervallo massimo di manutenzione realizzabile. La richiesta deve essere accompagnata da dati che dimostrino la necessità dei nuovi interventi di manutenzione programmata e giustificano l'intervallo di manutenzione raccomandato.

4.3. **Interventi di manutenzione programmata non in relazione con le emissioni**

- 4.3.1. Gli interventi di manutenzione programmata non in relazione con le emissioni che sono plausibili e tecnicamente necessari (ad es. cambio dell'olio, sostituzione del filtro dell'olio, sostituzione del filtro del carburante, sostituzione del filtro dell'aria, manutenzione del sistema di raffreddamento, regolazione del regime di minimo, regolatore, coppia di serraggio del motore, gioco della valvola, gioco degli iniettori, fasatura, regolazione della tensione delle cinghie, ecc.) possono essere eseguiti sui motori o veicoli scelti per il programma di accumulo di esercizio agli intervalli massimi raccomandati dal costruttore al proprietario (ad es. non agli intervalli raccomandati per il servizio pesante).

4.4. **Interventi di manutenzione su motori selezionati per le prove con programma di accumulo di esercizio**

- 4.4.1. Gli interventi di riparazione su componenti di un motore selezionato per le prove con programma di accumulo di esercizio diversi dal motore, dal sistema di controllo delle emissioni o dal sistema di alimentazione sono eseguiti solo in seguito a guasto del componente o malfunzionamento del sistema motore.

- 4.4.2. Per l'individuazione di guasti, regolazioni non corrette o componenti difettosi del motore è ammesso l'uso di strumenti, apparecchiature o attrezzi a condizione che strumenti, apparecchiature o attrezzi identici o simili siano a disposizione di concessionari e altri centri di assistenza e:

- a) siano utilizzati negli interventi di manutenzione programmata su tali componenti,
- b) siano utilizzati successivamente all'individuazione di un malfunzionamento del motore.

4.5. **Interventi critici di manutenzione non programmata in relazione con le emissioni**

- 4.5.1. Il rifornimento di un reagente prescritto esaurito è considerato un intervento critico di manutenzione non programmata in relazione con le emissioni ai fini dell'esecuzione di un programma di accumulo di esercizio e dell'indicazione nelle istruzioni di manutenzione fornite dai costruttori ai proprietari di veicoli e motori pesanti nuovi.

ALLEGATO 8

Conformità dei veicoli/motori in circolazione

1. GENERALITÀ

- 1.1. Per le omologazioni concesse con riferimento alle emissioni, sono opportune misure che permettano di confermare la funzionalità dei dispositivi di controllo delle emissioni durante la vita utile di un motore montato su un veicolo e in condizioni normali di utilizzo (conformità dei veicoli/motori in circolazione sottoposti a un utilizzo e una manutenzione corretti).
- 1.2. Ai fini del presente regolamento, tali misure devono essere verificate per un periodo corrispondente al periodo di vita utile indicato nel punto 5.3 del presente regolamento per i veicoli o motori omologati a norma della riga B1, della riga B2 o della riga C delle tabelle del punto 5.2.1 del presente regolamento.
- 1.3. Il controllo della conformità di veicoli/motori in circolazione è effettuato sulla base di informazioni fornite dal costruttore all'autorità di omologazione che effettua la verifica delle prestazioni relative alle emissioni di una gamma di veicoli o motori rappresentativi per i quali il costruttore ha ottenuto l'omologazione.

La figura 1 del presente allegato illustra la procedura di controllo della conformità in circolazione.

2. PROCEDURE DI VERIFICA

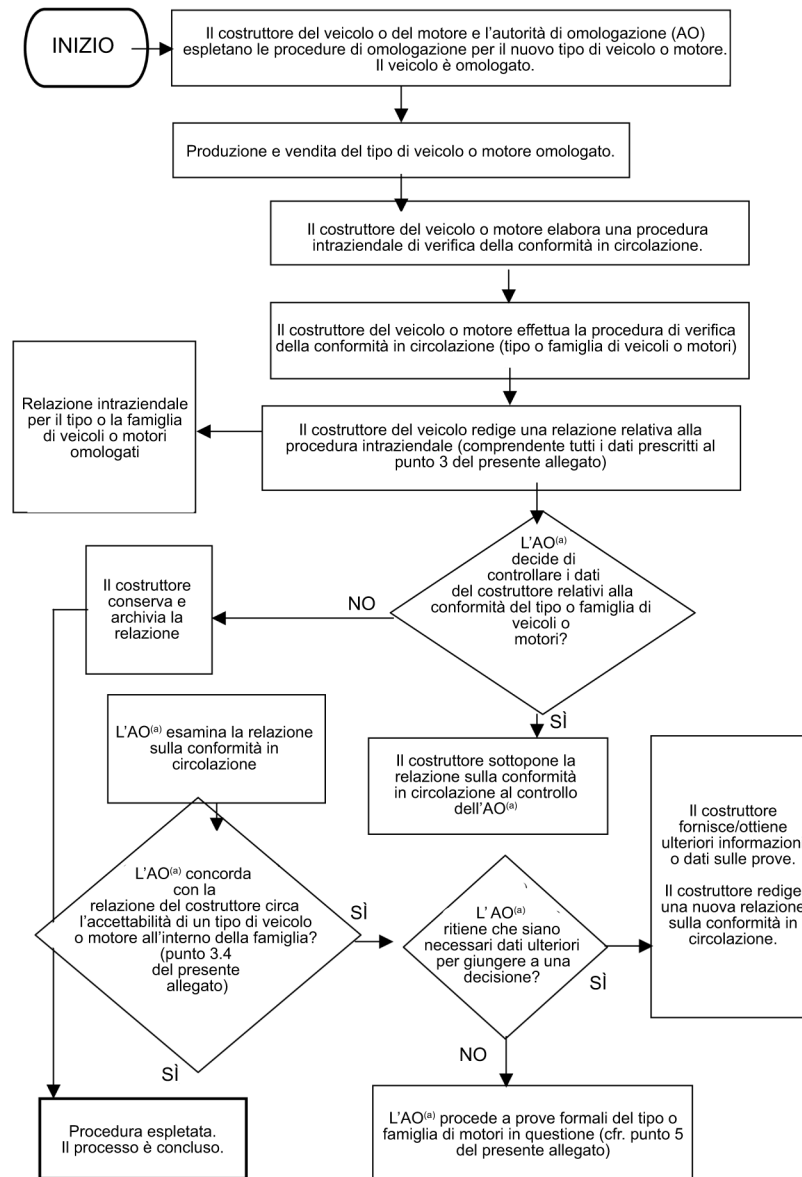
- 2.1. La verifica della conformità in circolazione da parte del servizio amministrativo è effettuata in base alle informazioni pertinenti in possesso del costruttore, con procedure analoghe a quelle di cui all'appendice 2 dell'accordo del 1958 (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev.2). Possibili alternative sono le relazioni sul monitoraggio in circolazione fornite dal costruttore, le prove di sorveglianza dell'autorità di omologazione e/o le informazioni sulle prove di sorveglianza effettuate da una parte contraente. Le procedure da usare sono illustrate al punto 3.

3. PROCEDURE DI VERIFICA

- 3.1. La verifica della conformità in circolazione è effettuata dall'autorità di omologazione in base alle informazioni fornite dal costruttore. La relazione sul monitoraggio in circolazione ad opera del costruttore (MIS) deve essere basata sulle prove effettuate su motori o veicoli in circolazione utilizzando protocolli di prova sperimentati e pertinenti. Tali informazioni (la relazione MIS) devono comprendere, in via non limitativa, gli elementi indicati ai punti da 3.1.1 a 3.1.13.
 - 3.1.1. Nome e indirizzo del costruttore.
 - 3.1.2. Nome, indirizzo, numero di telefono e di fax e indirizzo di posta elettronica del suo mandatario nelle aree a cui si riferiscono le informazioni fornite dal costruttore.
 - 3.1.3. Nome del modello o dei modelli di motori a cui si riferiscono le informazioni fornite dal costruttore.
 - 3.1.4. Elenco dei tipi di motore a cui si riferiscono le informazioni fornite dal costruttore, cioè famiglia di motori-sistemi di post-trattamento.
 - 3.1.5. Numeri di identificazione dei veicoli (codici VIN) muniti del motore sottoposto a verifica.
 - 3.1.6. Numeri di omologazione applicabili ai tipi di motore all'interno della famiglia in circolazione, nonché numeri delle eventuali estensioni dell'omologazione, riparazioni non urgenti o richiami (per la correzione di difetti in fabbrica).

Figura 1

Procedura di verifica della conformità dei veicoli in circolazione



^(a) In questo caso, per AO si intende l'autorità di omologazione che ha concesso l'omologazione.

- 3.1.7. Dettagli delle estensioni delle omologazioni, delle riparazioni non urgenti o dei richiami effettuati per i motori a cui si riferiscono le informazioni fornite dal costruttore (se richiesti dall'autorità di omologazione).
- 3.1.8. Arco di tempo nel quale le informazioni fornite dal costruttore sono state raccolte.
- 3.1.9. Periodo di produzione del motore a cui si riferiscono le informazioni fornite dal costruttore (ad esempio «veicoli o motori prodotti nell'anno solare 2005»).
- 3.1.10. Procedimento di controllo della conformità in circolazione applicato dal costruttore, tra cui:
- 3.1.10.1. metodo di individuazione dei veicoli o motori;
- 3.1.10.2. criteri di selezione ed esclusione dei veicoli o motori;

- 3.1.10.3. tipi di prove e procedimenti applicati;
- 3.1.10.4. criteri di accettazione/rigetto applicati dal costruttore per la famiglia di veicoli o motori in circolazione;
- 3.1.10.5. area o aree geografiche in cui il costruttore ha raccolto le informazioni;
- 3.1.10.6. dimensioni del campione e piano di campionamento.
- 3.1.11. Risultati del procedimento di controllo della conformità dei veicoli o motori in circolazione applicato dal costruttore, ivi compresi:
 - 3.1.11.1. identificazione dei motori inseriti nel programma (che siano stati sottoposti a prova o meno). L'identificazione comprende:
 - a) nome del modello;
 - b) numero di identificazione del veicolo (VIN);
 - c) numero di identificazione del motore;
 - d) numero di immatricolazione del veicolo munito di motore sottoposto a verifica;
 - e) data di fabbricazione;
 - f) regione di utilizzo (se nota);
 - g) tipo di utilizzo del veicolo (se noto), ad es. consegne in città, trasporti su lunghe distanze ecc.
 - 3.1.11.2. Motivi dell'esclusione di un veicolo o motore da un campione (ad es. veicolo in circolazione da meno di un anno, manutenzione in relazione con le emissioni non corretta, elementi oggettivi che indicano l'utilizzo di un carburante con un tenore di zolfo più elevato di quello prescritto per l'uso normale del veicolo, dispositivi per il controllo delle emissioni non conformi all'omologazione). Il motivo dell'esclusione deve essere documentato (ad es. tipo di mancato rispetto delle istruzioni di manutenzione, ecc.). Un utilizzo eccessivo dell'AECS da solo non è motivo di esclusione di un veicolo.
 - 3.1.11.3. Manutenzione programmata in relazione con le emissioni e antecedenti di manutenzione di ciascun motore facente parte del campione (comprese le eventuali correzioni di difetti in fabbrica).
 - 3.1.11.4. Antecedenti di riparazione di ciascun motore facente parte del campione (se noti).
 - 3.1.11.5. Dati sulla prova, in particolare:
 - a) data in cui è stata svolta la prova;
 - b) luogo in cui è stata svolta la prova;
 - c) chilometraggio indicato dal contachilometri del veicolo munito di motore sottoposto alla verifica;
 - d) specifiche del carburante usato per la prova (ad esempio carburante di riferimento per prove o normale carburante in commercio);
 - e) condizioni della prova (temperatura, umidità, massa del veicolo);
 - f) regolazioni dinamometriche (ad esempio regolazione della potenza);
 - g) risultati delle prove sulle emissioni effettuate con i cicli ESC, ETC ed ELR conformemente al punto 4 del presente allegato. Le prove devono essere effettuate su almeno cinque motori;

- h) in alternativa al punto g), le prove possono essere effettuate utilizzando un altro protocollo. La rilevanza di tali prove per il monitoraggio della funzionalità in circolazione deve essere dichiarata e documentata dal costruttore contestualmente al processo di omologazione (punti 3 e 4 del presente regolamento).
- 3.1.12. Registrazione delle indicazioni fornite dal sistema OBD.
- 3.1.13. Registrazione delle esperienze relative all'uso del reagente consumabile. Le relazioni devono descrivere tra l'altro le esperienze relative a rifornimento e consumo del reagente, utilizzo degli impianti di rifornimento e, in particolare, frequenza di attivazione in circolazione del limitatore temporaneo delle prestazioni e altri eventi legati a difetti, attivazione dell'MI e registrazione di un codice di guasto che segnala la mancanza del reagente consumabile.
- 3.1.13.1. Il costruttore presenta le relazioni sul funzionamento in circolazione e sui difetti. Il costruttore presenta relazioni riguardanti le azioni di garanzia richieste di intervento in garanzia e la loro natura, le indicazioni sull'attivazione/disattivazione della spia di malfunzionamento (MI), la registrazione di un codice di guasto che segnala la mancanza del reagente consumabile e l'attivazione/disattivazione del limitatore delle prestazioni del motore (v. punto 5.5.5 del presente regolamento).
- 3.2. Le informazioni raccolte dal costruttore devono essere sufficientemente esaurienti da garantire la possibilità di valutare le prestazioni dei veicoli/motori in circolazione relativamente alle condizioni normali di utilizzazione durante il periodo di durabilità/vita utile di cui al punto 6.3 del presente regolamento e in modo rappresentativo della penetrazione geografica del mercato da parte del costruttore.
- 3.3. Il costruttore può manifestare la volontà di effettuare il monitoraggio in circolazione con un numero di motori/veicoli inferiore a quello indicato al punto 3.1.11.5, lettera g) e utilizzando una procedura rispondente al punto 3.1.11.5, lettera h). Ciò può essere motivato dal fatto che il numero di motori delle famiglie di motori oggetto della relazione è ridotto. Le condizioni sono subordinate alla previa approvazione dell'autorità di omologazione.
- 3.4. In base alla relazione sul monitoraggio di cui al punto presente, l'autorità di omologazione:
- a) decide che un tipo o di una famiglia di motori in circolazione è conforme e non prende ulteriori provvedimenti; oppure
 - b) decide che le informazioni fornite dal costruttore sono insufficienti e richiede al costruttore ulteriori informazioni e/o dati di prova. Se richiesto e a seconda dell'omologazione del motore, i dati di prova supplementari devono includere i risultati delle prove ESC, ELR e ETC o di altre procedure di validità dimostrata conformemente al punto 3.1.11.5, lettera h); oppure
 - c) decide che la conformità di una famiglia di motori in circolazione è insufficiente e fa effettuare prove di conferma su un campione di motori della famiglia di motori, conformemente al punto 5 del presente allegato.
- 3.5. Una parte contraente può effettuare le prove di sorveglianza e comunicare i relativi risultati in base alla procedura di verifica descritta al punto presente. Possono essere registrate informazioni sull'acquisizione, sulla manutenzione e sulla partecipazione del costruttore alle attività. Allo stesso modo, la parte contraente può utilizzare protocolli alternativi per le prove delle emissioni, conformemente al punto 3.1.11.5, lettera h).
- 3.6. L'autorità di omologazione può utilizzare le prove di sorveglianza effettuate e comunicate da una parte contraente come base per le decisioni di cui al punto 3.4.
- 3.7. Se intende effettuare un intervento correttivo volontario, il costruttore deve comunicare all'autorità di omologazione e alle parti contraenti dove sono in circolazione i motori/veicoli in questione. La comunicazione deve essere presentata dal costruttore contestualmente alla decisione di effettuare l'intervento; deve precisare i particolari dell'intervento e descrivere i gruppi di motori/veicoli su cui esso sarà effettuato. In seguito il costruttore comunica periodicamente informazioni sull'avvio della campagna. Si possono applicare le disposizioni pertinenti di cui al punto 7 del presente allegato.

4. PROVE DI EMISSIONE

- 4.1 Un motore selezionato all'interno della famiglia di motori deve essere sottoposto a prova con i cicli ESC e ETC per verificare le emissioni di gas e particolato e con il ciclo ELR per verificare le emissioni di fumo. Il motore deve essere rappresentativo del tipo di utilizzo previsto per il tipo di motore e deve provenire da un veicolo utilizzato in condizioni normali. L'acquisizione, l'ispezione e la manutenzione di ripristino del motore/veicolo devono essere effettuati utilizzando un protocollo simile a quello di cui al punto 3 e devono essere documentati.

Il motore deve essere stato sottoposto ad un programma appropriato di manutenzione (v. punto 4 dell'allegato 7).

- 4.2 I valori di emissione determinati con le prove ESC, ETC e ELR sono espressi con lo stesso numero di decimali del valore limite per l'inquinante corrispondente, indicato nelle tabelle di cui al punto 5.2.1 del presente regolamento, più un decimale.

5. PROVE DI CONFERMA

- 5.1 Le prove di conferma sono effettuate al fine di confermare la funzionalità di una famiglia di motori in circolazione con riferimento alle emissioni.

- 5.1.1. Se l'autorità di omologazione non è soddisfatta del monitoraggio effettuato dal costruttore su motori in circolazione conformemente al punto 3.4 oppure è a conoscenza di elementi che indicano una conformità insufficiente dei motori in circolazione, ad esempio secondo quanto indicato nel 3.5, può imporre al costruttore di effettuare una prova di conferma. L'autorità di omologazione esamina la relazione della prova di conferma presentata dal costruttore.

- 5.1.2. L'autorità di omologazione può effettuare prove di conferma.

- 5.2. La prova di conferma deve essere costituita dalle prove ESC, ETC e ELR applicabili da effettuarsi sul motore conformemente al punto 4. I motori rappresentativi devono essere smontati dai veicoli, che devono essere stati utilizzati in condizioni normali, prima di essere sottoposti a prova. In alternativa, previo assenso dell'autorità di omologazione, il costruttore può effettuare le prove sui componenti di controllo delle emissioni di veicoli in circolazione, dopo averli smontati e rimontati su motori rappresentativi utilizzati in modo corretto. Per ogni serie di prove deve essere selezionato lo stesso insieme di componenti di controllo delle emissioni. Tale selezione deve essere motivata.

- 5.3. Il risultato di una prova può essere considerato insoddisfacente se, in base alle prove effettuate su almeno due motori rappresentanti la stessa famiglia di motori, viene superato in modo significativo il valore limite di cui al punto 5.2.1 del presente regolamento per un qualsiasi inquinante regolamentato.

6. PROVVEDIMENTI

- 6.1. Se l'autorità di omologazione non è soddisfatta delle informazioni o dei dati di prova presentati dal costruttore e, avendo già effettuato prove di conferma sul motore conformemente al punto 5 oppure basandosi sulle prove di conferma eseguite da una parte contraente (punto 5.3), è sicura che un tipo di motore non è conforme alle prescrizioni, chiede al costruttore di presentare un piano di interventi correttivi per rimediare alla non conformità.

- 6.2. In tal caso, gli interventi correttivi di cui all'appendice 2 dell'accordo del 1958 (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev.2) sono estesi ai motori in circolazione appartenenti allo stesso tipo di veicoli che potrebbero presumibilmente presentare gli stessi difetti, in applicazione del punto 8.

Per essere valido, il programma degli interventi correttivi presentato dal costruttore deve essere approvato dall'autorità di omologazione. Il costruttore è responsabile dell'esecuzione del programma correttivo approvato.

Entro trenta giorni l'autorità di omologazione notifica la sua decisione a tutte le parti contraenti. Le parti contraenti possono chiedere che lo stesso programma di interventi correttivi sia applicato a tutti i motori dello stesso tipo immatricolati nel proprio territorio.

- 6.3. Qualora una parte dell'accordo stabilisca che un tipo di veicolo non è conforme alle prescrizioni applicabili del presente allegato, deve notificarlo senza indugio alla parte dell'accordo che ha concesso l'omologazione originale in applicazione delle prescrizioni dell'accordo.

In tal caso, fatte salve le prescrizioni dell'accordo, l'autorità competente della parte dell'accordo che ha concesso l'omologazione originale comunica al costruttore che un tipo di veicolo non rispetta le prescrizioni e che da questo costruttore si attendono determinate misure. Entro due mesi dalla data di notifica il costruttore presenta all'autorità un piano di interventi per l'eliminazione dei difetti che risponda, per quanto riguarda i contenuti, alle prescrizioni di cui al punto 7. Successivamente l'autorità competente che ha concesso l'omologazione originale consulta entro due mesi il costruttore al fine di raggiungere un accordo sul piano e sulla sua attuazione. Qualora l'autorità competente che ha concesso l'omologazione originale constati che non è possibile raggiungere un accordo, si avviano le procedure previste dell'accordo.

7. PROGRAMMA DI INTERVENTI CORRETTIVI

- 7.1. Il programma di interventi correttivi richiesto conformemente al punto 6.1 deve essere presentato all'autorità di omologazione entro 60 giorni lavorativi a decorrere dalla data della notifica di cui al punto 6.1. Entro 30 giorni lavorativi l'autorità di omologazione deve approvare o rifiutare il programma. Tuttavia, qualora il costruttore possa comprovare all'autorità di omologazione competente che è necessario più tempo per compiere indagini sulla non conformità onde presentare un programma di interventi correttivi, viene concessa una proroga.
- 7.2. Gli interventi correttivi si applicano a tutti i veicoli che potrebbero presentare lo stesso difetto. Occorre valutare se debbano essere modificati i documenti relativi all'omologazione.
- 7.3. Il costruttore deve fornire una copia di tutte le comunicazioni relative al programma di interventi correttivi. Il costruttore deve inoltre tenere un registro relativo alla campagna di richiamo e presentare periodicamente all'autorità di omologazione una relazione sullo stato di avanzamento della campagna.
- 7.4. Il programma degli interventi correttivi deve contenere gli elementi di cui ai punti da 7.4.1 a 7.4.11. Il costruttore deve assegnare al programma un numero o un nome identificativo univoco.
 - 7.4.1. Descrizione di ogni tipo di motori rientrante nel programma di interventi correttivi.
 - 7.4.2. Descrizione delle modifiche, alterazioni, riparazioni, correzioni, regolazioni o altre variazioni specifiche da effettuare per assicurare la conformità dei motori, compreso un riassunto dei dati e degli studi tecnici a sostegno della decisione del costruttore di procedere con gli interventi specifici destinati a correggere la non conformità.
 - 7.4.3. Descrizione delle modalità con cui il costruttore informerà i proprietari dei motori o veicoli degli interventi correttivi.
 - 7.4.4. Descrizione della manutenzione o dell'utilizzazione corretti, se del caso, che il costruttore pone come condizione per godere del diritto alle riparazioni nel contesto del programma di interventi correttivi, con la spiegazione dei motivi di tali condizioni. Non possono essere imposti interventi di manutenzione o condizioni di impiego se non è dimostrato che essi sono connessi alla non conformità e agli interventi correttivi.
 - 7.4.5. Descrizione della procedura che i proprietari del motore devono seguire per ottenere la correzione della non conformità, compresa la data a partire dalla quale possono essere attuati gli interventi correttivi, il tempo previsto per la loro esecuzione in officina e il luogo in cui essi possono essere effettuati. La riparazione deve essere eseguita nei modi opportuni, entro un termine ragionevole dalla consegna del veicolo.
 - 7.4.6. Copia della comunicazione inviata al proprietario del veicolo.
 - 7.4.7. Descrizione sintetica del sistema utilizzato dal costruttore per garantire una fornitura adeguata dei componenti o dei sistemi necessari per l'intervento correttivo. Deve essere indicata la data in cui sarà disponibile una fornitura adeguata dei componenti o dei sistemi necessari per iniziare la campagna.
 - 7.4.8. Copia di tutte le istruzioni da inviare alle persone che effettuano la riparazione.
 - 7.4.9. Descrizione degli effetti dei proposti interventi correttivi su emissioni, consumo di carburante, guidabilità e sicurezza di ciascun tipo di motore che rientra nel programma di interventi correttivi, corredata di dati, studi tecnici, ecc. a sostegno di tali conclusioni.

-
- 7.4.10. Qualsiasi altra informazione, relazione o dato ritenuti necessari, entro limiti ragionevoli, dall'autorità di omologazione per valutare il programma degli interventi correttivi.
- 7.4.11. Qualora il programma comporti il richiamo dei veicoli, all'autorità di omologazione deve essere presentata una descrizione delle modalità di registrazione degli interventi di riparazione. Nel caso in cui si utilizzi un'etichetta, deve essere presentato un esemplare della medesima.
- 7.5. L'autorità di omologazione può imporre al costruttore di eseguire, sui componenti e sui motori che hanno subito una modifica, una riparazione o un cambiamento proposto, prove che siano contenute entro limiti ragionevoli e che siano necessarie per dimostrare l'efficacia del cambiamento, della riparazione o della modifica.
- 7.6. Il costruttore è tenuto a costituire un registro relativo a tutti i motori o veicoli richiamati e riparati con l'indicazione dell'officina che ha eseguito le riparazioni. L'autorità di omologazione deve poter consultare tali registri, su richiesta, per un periodo di cinque anni a decorrere dall'attuazione del programma di interventi correttivi.
- 7.7. La riparazione e/o la modifica o il montaggio di nuovi equipaggiamenti sono annotati in un certificato rilasciato dal costruttore al proprietario del motore.
-

ALLEGATO 9A

Sistemi diagnostici di bordo (OBD)

1. INTRODUZIONE

Il presente allegato descrive le disposizioni specifiche relative al sistema diagnostico di bordo (OBD) per i sistemi di controllo delle emissioni dei veicoli a motore.

2. DEFINIZIONI

Ai fini del presente allegato, oltre alle definizioni contenute nel punto 2 del presente regolamento valgono le seguenti definizioni:

«ciclo di riscaldamento»: il funzionamento del motore per un periodo sufficiente a far aumentare la temperatura del fluido refrigerante di almeno 22 K dopo l'avviamento del motore e farle raggiungere un valore minimo di 343 K (70 °C);

«accesso»: la disponibilità di tutti i dati OBD in relazione con le emissioni, compresi tutti i codici di guasto, necessari per l'ispezione, la diagnosi, la manutenzione programmata o la riparazione di parti del veicolo in relazione con le emissioni attraverso l'interfaccia seriale del connettore diagnostico standard;

«anomalia»: in relazione ai sistemi OBD dei motori, caratteristiche operative temporanee o permanenti che sono rilevate in non più di due distinti componenti o sistemi sottoposti a monitoraggio e che compromettono il monitoraggio OBD altrimenti efficiente di tali componenti o sistemi o non soddisfano tutte le altre prescrizioni dettagliate applicabili agli OBD. I motori o i veicoli, relativamente al motore, possono essere omologati, immatricolati e venduti con tali anomalie a norma del punto 4.3 del presente allegato;

«componente/sistema deteriorato»: componente/sistema del motore o del sistema di post-trattamento del gas di scarico intenzionalmente sottoposto dal costruttore a un deterioramento controllato ai fini dell'effettuazione di una prova di omologazione sul sistema OBD;

«ciclo di prova dell'OBD»: ciclo di guida costituito da una versione del ciclo di prova ESC caratterizzata dallo stesso ordine di esecuzione delle 13 singole modalità descritte al punto 2.7.1 dell'appendice 1 dell'allegato 4A del presente regolamento, ma in cui la lunghezza di ciascuna modalità è ridotta a 60 secondi;

«sequenza operativa»: sequenza utilizzata per determinare le condizioni per lo spegnimento dell'MI. Consta delle seguenti fasi: avviamento del motore, periodo di funzionamento, arresto del motore e tempo che intercorre fino al successivo avviamento, in cui il monitoraggio dell'OBD è attivo e un eventuale malfunzionamento sarebbe rilevato;

«ciclo di preconditionamento»: effettuazione di almeno tre cicli di prova dell'OBD o cicli di prova delle emissioni consecutivi finalizzata al raggiungimento della stabilità di funzionamento del motore e del sistema di controllo delle emissioni e al raggiungimento della condizione di disponibilità del sistema OBD per il monitoraggio;

«informazioni per la riparazione»: tutte le informazioni necessarie per la diagnosi, la manutenzione programmata, l'ispezione, la revisione periodica o la riparazione del motore, messe a disposizione dal costruttore a concessionari e officine di riparazione autorizzati. Tali informazioni comprendono all'occorrenza manuali sulla manutenzione programmata, manuali tecnici, informazioni diagnostiche (per esempio valori teorici minimi e massimi per le misurazioni), schemi elettrici, numero di identificazione della taratura del software applicabile a un tipo di motore, informazioni che consentono l'aggiornamento del software dei sistemi elettronici conformemente alle specifiche del costruttore del veicolo, istruzioni per casi individuali e speciali, informazioni su attrezzi e apparecchiature, informazioni sui registri di dati e dati bidirezionali sul monitoraggio e sulle prove. Il costruttore non ha l'obbligo di mettere a disposizione informazioni che sono coperte da diritti di proprietà intellettuale o costituiscono cognizioni specifiche di cui sono depositari il costruttore o i fornitori del costruttore del dispositivo di origine; in questo caso, le informazioni tecniche necessarie non devono essere indebitamente negate;

«normalizzato»: caratteristica che indica che tutti i dati dell'OBD in relazione con le emissioni (cioè i dati a flusso nel caso in cui sia utilizzato uno scanner), compresi tutti i codici di guasto utilizzati, sono ottenuti esclusivamente nel rispetto di norme industriali che, grazie alla definizione precisa del formato e delle opzioni ammesse, assicurano la massima armonizzazione nell'industria automobilistica e la cui utilizzazione è espressamente consentita nel presente regolamento;

«illimitato»: caratteristica di un accesso che:

- a) non richiede l'uso di un codice di accesso ottenibile solo dal costruttore o di un dispositivo analogo, oppure
- b) consente la valutazione dei dati ottenuti senza la necessità di informazioni di decodifica uniche, a meno che le informazioni stesse siano normalizzate;

3. PRESCRIZIONI E PROVE

3.1. Prescrizioni generali

- 3.1.1. I sistemi OBD devono essere progettati, costruiti e montati sul veicolo in modo tale da consentire l'identificazione dei tipi di malfunzionamento per l'intera vita del motore. Nel conseguimento di tale obiettivo, l'autorità di omologazione accetta che i motori che sono stati utilizzati più a lungo del periodo di durabilità corrispondente di cui al punto 5.3 del presente regolamento possano presentare un deterioramento dell'efficienza del sistema OBD tale da determinare il possibile superamento dei valori limite per l'OBD di cui al punto 5.4.4 del presente regolamento prima della segnalazione del guasto al conducente del veicolo da parte del sistema OBD.
- 3.1.2. A ciascun avviamento del motore deve iniziare una sequenza di verifiche diagnostiche che deve essere completata almeno una volta, purché le condizioni di prova prescritte siano soddisfatte. Le condizioni di prova devono essere selezionate in modo che si presentino tutte durante le condizioni di guida di cui alla prova definita al punto 2 dell'appendice 1 del presente allegato.
 - 3.1.2.1. I costruttori non sono obbligati ad attivare un componente/sistema esclusivamente ai fini del monitoraggio funzionale ad opera dell'OBD in condizioni operative del veicolo in cui non sarebbe normalmente attivo (ad es., attivazione del riscaldamento del serbatoio di reagente di un sistema deNO_x o di un filtro combinato deNO_x-filtro antiparticolato in condizioni in cui tale sistema non sarebbe normalmente attivo).
- 3.1.3. Il sistema OBD può comprendere dispositivi che misurano, rilevano o rispondono a variabili operative (ad es. velocità del veicolo, regime del motore, marcia innestata, temperatura, pressione di aspirazione o qualsiasi altro parametro) al fine di individuare malfunzionamenti e minimizzare il rischio di false indicazioni di malfunzionamento. Tali dispositivi non sono dispositivi di manipolazione.
- 3.1.4. L'accesso al sistema OBD necessario per l'ispezione, la diagnosi, la manutenzione o la riparazione del motore deve essere illimitato e normalizzato. Tutti i codici di guasto relativi alle emissioni devono essere conformi al punto 6.8.5 del presente allegato.

3.2. Prescrizioni per la fase OBD 1

- 3.2.1. A decorrere dalle date di cui al punto 5.4.1 del presente regolamento, il sistema OBD di tutti i motori diesel e dei veicoli dotati di motore diesel deve indicare il guasto di un componente o sistema in relazione con le emissioni quando tale guasto comporta un incremento delle emissioni al di sopra dei valori limite per l'OBD di cui alla tabella del punto 5.4.4 del presente regolamento.
- 3.2.2. Per rispettare le prescrizioni della fase 1, il sistema OBD deve monitorare quanto segue:
 - 3.2.2.1. rimozione completa del catalizzatore, se montato in un'unità separata, che può essere o no parte di un sistema deNO_x o di un filtro antiparticolato;
 - 3.2.2.2. riduzione di efficienza del sistema deNO_x, se in dotazione, in relazione alle sole emissioni di NO_x;
 - 3.2.2.3. riduzione di efficienza del filtro antiparticolato, se in dotazione, in relazione alle sole emissioni di particolato;
 - 3.2.2.4. riduzione di efficienza del sistema di combinato deNO_x-filtro antiparticolato, se in dotazione, in relazione alle emissioni di NO_x e particolato.

3.2.3. Difetto funzionale importante

3.2.3.1. In alternativa al monitoraggio in base ai valori limite per l'OBD appropriati di cui ai punti da 3.2.2.1 a 3.2.2.4, conformemente al punto 5.4.1.1 del presente regolamento, il monitoraggio effettuato dai sistemi OBD dei motori diesel può essere finalizzato all'individuazione di difetti funzionali importanti dei componenti seguenti:

- a) catalizzatore, se montato come unità separata, che può essere o no parte di un sistema deNO_x o di un filtro antiparticolato;
- b) sistema deNO_x, se in dotazione;
- c) filtro antiparticolato, se in dotazione;
- d) sistema combinato deNO_x-filtro antiparticolato.

3.2.3.2. Nel caso di un motore dotato di sistema deNO_x, il monitoraggio finalizzato all'individuazione di difetti funzionali importanti può riguardare ad esempio la rimozione completa del sistema o la sua sostituzione con un sistema fittizio (entrambe costituiscono un difetto funzionale importante intenzionale), la mancanza del reagente necessario per il sistema deNO_x, il guasto di qualsiasi componente elettrico del sistema SCR, il guasto elettrico di un componente (ad es. sensori e attuatori, unità di controllo del dosaggio) del sistema deNO_x compreso, se del caso, il sistema di riscaldamento del reagente, il malfunzionamento del sistema di dosaggio del reagente (ad es. mancanza d'aria, intasamento dell'ugello, guasto della pompa di dosaggio).

3.2.3.3. Nel caso di un motore dotato di filtro antiparticolato, il monitoraggio finalizzato all'individuazione di difetti funzionali importanti può riguardare ad esempio la fusione di una parte rilevante del substrato della trappola o l'intasamento della trappola, se ciò determina una pressione differenziale non compresa nel campo di valori indicato dal costruttore, qualsiasi guasto elettrico di un componente (ad es. sensori e attuatori, unità di controllo del dosaggio) del filtro antiparticolato, qualsiasi malfunzionamento, se del caso, del sistema di dosaggio del reagente (ad es. intasamento dell'ugello, guasto della pompa di dosaggio).

3.2.4. I costruttori possono dimostrare all'autorità di omologazione che per determinati componenti o sistemi non è necessario il monitoraggio se, nel caso di difetto funzionale totale o rimozione degli stessi, le emissioni non superano i valori limite applicabili per la fase OBD 1 di cui alla tabella del punto 5.4.4 del presente regolamento, quando tali valori sono misurati nei cicli di cui al punto 1.1 dell'appendice 1 del presente allegato. Questa disposizione non si applica ai dispositivi di ricircolo del gas di scarico (EGR), ai sistemi deNO_x, ai filtri antiparticolato o ai sistemi combinati deNO_x-filtro antiparticolato né a componenti o sistemi sottoposti a monitoraggio per l'individuazione di difetti funzionali importanti.

3.3. Prescrizioni per la fase OBD 2

3.3.1. A decorrere dalle date di cui al punto 5.4.2 del presente regolamento, il sistema OBD di tutti i motori diesel o a gas e dei veicoli dotati di motore diesel o a gas deve indicare il guasto di un componente o sistema del sistema motore in relazione con le emissioni quando tale guasto comporta un incremento delle emissioni al di sopra dei valori limite per l'OBD di cui alla tabella del punto 5.4.4 del presente regolamento.

Il sistema OBD deve tenere conto dell'interfaccia di comunicazione (hardware e messaggi) tra l'unità elettronica di controllo del sistema motore (EECU) e qualsiasi altra unità di controllo del motore o del veicolo qualora le informazioni scambiate influiscano sul corretto funzionamento del controllo delle emissioni. Il sistema OBD deve effettuare la diagnosi sull'integrità del collegamento tra l'EECU e il mezzo che assicura la connessione con questi altri componenti del veicolo (ad es. il bus di comunicazione).

3.3.2. Per rispettare le prescrizioni della fase 2, il sistema OBD deve monitorare quanto segue:

3.3.2.1. riduzione di efficienza del catalizzatore, se montato in un'unità separata, che può essere o no parte di un sistema deNO_x o di un filtro antiparticolato;

3.3.2.2. riduzione di efficienza del sistema deNO_x, se in dotazione, in relazione alle sole emissioni di NO_x;

3.3.2.3. riduzione di efficienza del filtro antiparticolato, se in dotazione, in relazione alle sole emissioni di particolato;

3.3.2.4. riduzione di efficienza del sistema di combinato deNO_x-filtro antiparticolato, se in dotazione, in relazione alle emissioni di NO_x e particolato;

3.3.2.5. interfaccia tra l'unità elettronica di controllo del motore (EECU) e qualsiasi altro sistema elettrico o elettronico del motopropulsore o del veicolo (ad es. l'unità di controllo della trasmissione, TECU) per eventuali disinnesti elettrici.

3.3.3. I costruttori possono dimostrare all'autorità di omologazione che per alcuni componenti o sistemi non è necessario il monitoraggio se, nel caso di difetto totale o rimozione rimozione degli stessi, le emissioni non superano i valori limite applicabili per la fase OBD 2 di cui alla tabella al punto 5.4.4 del presente regolamento, quando tali valori sono misurati nei cicli di cui al punto 1.1 dell'appendice 1 del presente allegato. Tale disposizione non si applica ai dispositivi di ricircolo del gas di scarico (EGR), ai sistemi deNO_x, ai filtri antiparticolato o ai sistemi combinati deNO_x-filtro antiparticolato.

3.4. **Prescrizioni per le fasi 1 e 2**

3.4.1. Per rispettare le prescrizioni della fase 1 o della fase 2, il sistema OBD deve monitorare quanto segue:

3.4.1.1. elettronica del sistema di iniezione del carburante, attuatori che regolano la quantità di carburante e la fasatura per accertare la continuità del circuito (circuito aperto o corto circuito) e la presenza di un difetto funzionale totale;

3.4.1.2. tutti gli altri componenti o sistemi del motore o del sistema di post-trattamento del gas di scarico in relazione con le emissioni che sono collegati a un computer, il cui guasto comporterebbe emissioni allo scarico superiori ai valori limite per l'OBD di cui alla tabella del punto 5.4.4 del presente regolamento, ad esempio almeno il sistema di ricircolo del gas di scarico (EGR), sistemi o componenti per il monitoraggio e il controllo del flusso massico dell'aria, del flusso volumetrico (e della temperatura) dell'aria, della pressione di sovralimentazione e della pressione nel collettore di aspirazione (e i relativi sensori che permettono l'esecuzione di tali funzioni), sensori e attuatori del sistema deNO_x, sensori e attuatori del filtro antiparticolato attivo ad azionamento elettronico;

3.4.1.3. in assenza di altri sistemi di monitoraggio, eventuali disinnesti elettrici di qualsiasi altro componente o sistema del motore o del sistema di post-trattamento del gas di scarico in relazione con le emissioni collegato a un'unità elettronica di controllo.

3.4.1.4. Nel caso di motori dotati di sistema di post-trattamento che utilizza un reagente consumabile, il sistema OBD deve monitorare:

- a) l'eventuale mancanza del reagente prescritto,
- b) la conformità della qualità del reagente prescritto alle specifiche del costruttore indicate nell'allegato 1 del presente regolamento,
- c) il consumo del reagente e l'attività di dosaggio dello stesso,

conformemente al punto 5.5.4 del presente regolamento.

3.5. **Funzionamento del sistema OBD e disattivazione temporanea di alcune capacità di monitoraggio dell'OBD**

3.5.1. Il sistema OBD deve essere progettato, costruito e montato sul veicolo in modo tale da essere conforme alle prescrizioni del presente allegato nelle condizioni di utilizzo definite al punto 5.1.5.4 del presente regolamento.

In condizioni di utilizzo diverse da quelle normali il sistema di controllo delle emissioni può presentare un livello di deterioramento dell'efficienza del sistema OBD tale da determinare il superamento dei valori limite di cui alla tabella del punto 5.4.4 prima della segnalazione del guasto al conducente del veicolo.

Il sistema OBD non deve essere disabilitato se non è soddisfatta almeno una delle condizioni seguenti.

3.5.1.1. I sistemi di monitoraggio OBD possono essere disabilitati se la capacità di monitoraggio è influenzata da un basso livello di carburante. Per questo motivo la disabilitazione è permessa se il livello di carburante nel serbatoio scende al di sotto del 20 per cento della capacità nominale del serbatoio.

3.5.1.2. I sistemi di monitoraggio OBD possono essere disabilitati temporaneamente durante il funzionamento di una strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni di cui al punto 5.1.5.1 del presente regolamento.

- 3.5.1.3. I sistemi OBD possono essere temporaneamente disabilitati se sono attivate la strategia di sicurezza di funzionamento o la strategia di efficienza ridotta (limp-home).
- 3.5.1.4. Nel caso di veicoli che prevedono una presa di potenza, è consentita la disattivazione dei sistemi di monitoraggio OBD purché ciò avvenga esclusivamente quando la presa di potenza è in funzione e non si sta guidando il veicolo.
- 3.5.1.5. I sistemi OBD possono essere disattivati temporaneamente durante la rigenerazione periodica di un sistema di controllo delle emissioni a valle del motore (filtro antiparticolato, sistema deNO_x o sistema combinato deNO_x-filtro antiparticolato).
- 3.5.1.6. I sistemi OBD possono essere disattivati temporaneamente in condizioni di utilizzo diverse da quelle definite al punto 5.1.5.4 del presente regolamento, se la disattivazione può essere giustificata da una limitazione della capacità di monitoraggio del sistema OBD (modellazione inclusa).
- 3.5.2. Non occorre che il sistema OBD valuti i componenti durante il loro malfunzionamento, se la valutazione comporta un rischio per la sicurezza o può provocare un guasto dei componenti stessi.

3.6. Attivazione della spia di malfunzionamento (MI)

- 3.6.1. Il sistema OBD deve comprendere una spia di malfunzionamento facilmente visibile dal conducente del veicolo. Ad eccezione del caso di cui al punto 3.6.2 del presente allegato, l'MI (simbolo o lampadina) non deve essere utilizzata per scopi diversi dalla segnalazione di malfunzionamenti in relazione con le emissioni tranne che per indicare l'attivazione di routine di avvio di emergenza o di efficienza ridotta. È possibile assegnare la massima priorità ai messaggi relativi alla sicurezza. L'MI deve essere visibile in tutte le normali condizioni di luce. Quando è attiva, deve visualizzare un simbolo conforme alla norma ISO 2575 ⁽¹⁾ (lampada spia sul cruscotto o simbolo su un display della plancia). Ogni veicolo deve essere munito di non più di una MI generale per i problemi legati alle emissioni. È ammessa la visualizzazione di informazioni specifiche diverse (riguardanti ad es. l'impianto frenante, le cinture di sicurezza non allacciate, la pressione dell'olio, la manutenzione programmata da eseguire, la mancanza del reagente necessario al funzionamento del sistema deNO_x). Per la spia di malfunzionamento non è consentito l'uso del colore rosso.
- 3.6.2. L'MI può essere utilizzata per indicare al conducente che è necessario un intervento urgente. Tale indicazione può essere accompagnata da un messaggio appropriato su un display della plancia indicante l'urgenza dell'intervento.
- 3.6.3. Nel caso di sistemi che richiedono più di un ciclo di precondizionamento per l'attivazione dell'MI, il costruttore deve presentare dati e/o una valutazione tecnica che dimostrino in modo adeguato che il sistema di monitoraggio è ugualmente efficace e tempestivo nel rilevare il deterioramento di un elemento. Non sono ammesse strategie che richiedono in media più di dieci cicli OBD o cicli di prova delle emissioni per attivare l'MI.
- 3.6.4. L'MI deve attivarsi anche ogni volta che il controllo del motore entra in una modalità in difetto di segnale. L'MI deve inoltre attivarsi se il sistema OBD non è in grado di soddisfare le prescrizioni di monitoraggio di base indicate nel presente regolamento.
- 3.6.5. Nei casi in cui viene fatto riferimento al presente punto, oltre all'MI deve attivarsi una modalità distinta di avvertimento, ad esempio lampeggiamento dell'MI o attivazione di un simbolo conforme alla norma ISO 2575 ⁽²⁾.
- 3.6.6. L'MI deve attivarsi quando la chiave di accensione del veicolo è in posizione di contatto prima dell'avviamento del motore e disattivarsi entro 10 secondi dall'avviamento del motore se non è stato rilevato alcun malfunzionamento.

3.7. Memorizzazione dei codici di guasto

Il sistema OBD deve registrare i codici di guasto che indicano lo stato del sistema di controllo delle emissioni. Per qualsiasi malfunzionamento individuato e verificato che causa l'attivazione dell'MI deve essere registrato un codice di guasto che deve identificare il sistema o il componente guasto nel modo più preciso possibile. Deve essere registrato un codice separato indicante lo stato di attivazione previsto dell'MI (ad es. MI programmata accesa «ON», MI programmata spenta «OFF»).

⁽¹⁾ Simboli numero F01 o F22.

⁽²⁾ Simbolo numero F24.

Devono essere usati codici di stato differenti per identificare i sistemi di controllo delle emissioni che funzionano correttamente e quelli che richiedono un ulteriore funzionamento del motore per poter essere valutati in modo completo. Se l'MI è attivata a causa di un malfunzionamento o in presenza di modalità in difetto di segnale, deve essere registrato un codice di guasto che individua la localizzazione probabile del malfunzionamento. Un codice di guasto deve essere registrato anche nei casi di cui ai punti 3.4.1.1 e 3.4.1.3 del presente allegato.

- 3.7.1. Se il monitoraggio è stato disattivato per 10 cicli di guida a causa del funzionamento continuato del veicolo in condizioni corrispondenti a quelle indicate al punto 3.5.1.2 del presente allegato, il sistema di monitoraggio può essere impostato sullo stato «pronto» anche se il monitoraggio non è stato completato.
- 3.7.2. Le ore di funzionamento del motore con l'MI attivata devono essere disponibili su richiesta in qualsiasi momento attraverso la porta seriale del connettore standard, conformemente alle disposizioni di cui al punto 6.8 del presente allegato.

3.8. Disattivazione dell'MI

- 3.8.1. L'MI può essere disattivata dopo tre sequenze operative consecutive o dopo 24 ore di funzionamento del motore nel corso delle quali il sistema di monitoraggio responsabile dell'attivazione dell'MI non rileva più il malfunzionamento e se non è stato individuato nessun altro tipo di malfunzionamento che possa attivare indipendentemente l'MI.
- 3.8.2. Se l'MI si attiva a causa della mancanza di reagente per il sistema deNO_x o per il sistema combinato di post-trattamento deNO_x -filtro antiparticolato oppure a causa dell'impiego di un reagente non conforme alle caratteristiche tecniche indicate dal costruttore, essa può essere riportata al precedente stato di attivazione dopo il rifornimento o la sostituzione del reagente con un reagente conforme alle specifiche.
- 3.8.3. Se l'MI si attiva a causa del cattivo funzionamento del sistema motore per quanto riguarda le misure di controllo degli NO_x, o a causa di un consumo e dosaggio non corretti del reagente, l'MI può essere riportata al precedente stato di attivazione se non sussistono più le condizioni di cui ai punti 5.5.3, 5.5.4 e 5.5.7 del presente regolamento.

3.9. Cancellazione di un codice di guasto

- 3.9.1. Il sistema OBD può cancellare un codice di guasto, le ore di funzionamento del motore e i dati freeze-frame se lo stesso guasto non viene nuovamente registrato per almeno 40 cicli di riscaldamento del motore o 100 ore di funzionamento del motore, se questa condizione si verifica prima, ad eccezione dei casi di cui al punto 3.9.2.
- 3.9.2. A decorrere dal 9 novembre 2006 per le nuove omologazioni e dal 1° ottobre 2007 per tutte le immatricolazioni, se viene generato un codice di guasto non cancellabile di cui ai punti 5.5.3 o 5.5.4 del presente regolamento, il sistema OBD deve mantenere in memoria il codice di guasto e le ore di funzionamento del motore con l'MI attivata per almeno 400 giorni o 9 600 ore di funzionamento del motore.

Il codice di guasto e le corrispondenti ore di funzionamento del motore con l'MI attivata non devono poter essere cancellati da strumenti diagnostici esterni o altri strumenti di cui al punto 6.8.3 del presente allegato.

4. PRESCRIZIONI RELATIVE ALL'OMOLOGAZIONE DEI SISTEMI OBD

- 4.1. Ai fini dell'omologazione, il sistema OBD deve essere sottoposto a prova conformemente alle procedure di cui all'appendice 1 del presente allegato.

Per le prove dimostrative del sistema OBD si utilizza un motore rappresentativo della famiglia di motori (v. punto 7 del presente regolamento); in alternativa all'effettuazione della prova dimostrativa del sistema OBD, è possibile presentare all'autorità di omologazione la relazione di prova del sistema OBD capostipite della famiglia di motori-OBD.

- 4.1.1. Per la fase OBD 1 di cui al punto 3.2 il sistema OBD deve:
- 4.1.1.1. indicare il guasto di un componente o di un sistema in relazione con le emissioni, qualora detto guasto provochi un incremento delle emissioni al di sopra dei valori limite per l'OBD di cui alla tabella del punto 5.4.4 del presente regolamento; oppure
- 4.1.1.2. se del caso, indicare qualsiasi difetto funzionale importante del sistema di post-trattamento del gas di scarico.

4.1.2. Per la fase OBD 2 di cui al punto 3.3, il sistema OBD deve indicare il guasto di un componente o di un sistema in relazione con le emissioni, qualora detto guasto provochi un incremento delle emissioni al di sopra dei valori limite per l'OBD di cui alla tabella del punto 5.4.4 del presente regolamento.

4.1.3. Per entrambe le fasi (OBD 1 e OBD 2) il sistema OBD deve indicare l'assenza di qualsiasi reagente prescritto necessario per il funzionamento del sistema di post-trattamento del gas di scarico.

4.2. **Prescrizioni relative all'installazione**

4.2.1. L'installazione sul veicolo di un motore dotato di un sistema OBD deve essere conforme alle seguenti disposizioni del presente allegato in relazione ai componenti del veicolo:

- a) le disposizioni dei punti 3.6.1, 3.6.2 e 3.6.5 riguardanti l'MI e, se del caso, ulteriori modalità di avvertimento;
- b) se del caso, le disposizioni del punto 6.8.3.1 riguardanti l'impiego di un sistema diagnostico di bordo;
- c) le disposizioni del punto 6.8.6 riguardanti l'interfaccia di collegamento.

4.3. **Omologazione di un sistema OBD che presenta anomalie**

4.3.1. Il costruttore può chiedere all'autorità che un sistema OBD sia ammesso all'omologazione anche se presenta una o più anomalie che non consentono di soddisfare appieno le prescrizioni specifiche del presente allegato.

4.3.2. Nel valutare tale richiesta, l'autorità deve stabilire se la conformità alle prescrizioni del presente allegato sia o non sia ragionevolmente possibile.

L'autorità deve tenere conto dei dati forniti dal costruttore in relazione (ma non limitatamente) a fattori quali fattibilità tecnica, tempi e cicli di produzione, compresi l'introduzione o l'eliminazione di caratteristiche progettuali dei motori e l'aggiornamento programmato dei computer, la misura in cui il sistema OBD è in grado di rispettare le prescrizioni del presente regolamento e il fatto che il costruttore abbia dimostrato di avere fatto uno sforzo accettabile per ottenere la conformità alle prescrizioni del presente regolamento.

4.3.3. L'autorità non accetta la richiesta di ammettere anomalie che includano la completa assenza di un sistema di monitoraggio diagnostico prescritto.

4.3.4. L'autorità non accetta la richiesta di ammettere anomalie qualora non siano rispettati i valori limite per l'OBD di cui alla tabella del punto 5.4.4 del presente regolamento.

4.3.5. Nel determinare l'ordine identificato delle anomalie, vengono identificate prima le anomalie relative alla fase OBD 1 in applicazione dei punti 3.2.2.1, 3.2.2.2, 3.2.2.3, 3.2.2.4 e 3.4.1.1 e alla fase OBD 2 in applicazione dei punti 3.3.2.1, 3.3.2.2, 3.3.2.3, 3.3.2.4 e 3.4.1.1 del presente allegato.

4.3.6. Prima dell'omologazione o al momento della stessa non è ammessa alcuna anomalia in relazione alle prescrizioni del punto 3.2.3 e del punto 6, ad eccezione del punto 6.8.5 del presente allegato.

4.3.7. Periodo in cui è ammessa un'anomalia

4.3.7.1. Un'anomalia può essere ammessa per un periodo di due anni dopo l'omologazione del motore o del veicolo, a meno che non si possa adeguatamente dimostrare che, per correggerla, sono necessari cambiamenti sostanziali del motore e un periodo di tempo superiore a due anni. In questo caso un'anomalia può essere ammessa per un periodo non superiore a tre anni.

4.3.7.2. Il costruttore può richiedere che l'autorità che ha rilasciato l'omologazione originaria ammetta un'anomalia con effetto retroattivo se tale anomalia è stata individuata dopo che è stata rilasciata l'omologazione originaria. In questo caso, l'anomalia può essere ammessa per un periodo di due anni dopo la notifica all'autorità di omologazione, a meno che non si possa adeguatamente dimostrare che, per correggerla, sono necessari cambiamenti sostanziali del motore e un periodo di tempo superiore a due anni. In questo caso un'anomalia può essere ammessa per un periodo non superiore a tre anni.

4.3.7.3. L'autorità notifica a tutte le parti contraenti la decisione di ammettere una richiesta di anomalia.

5. ACCESSO AI DATI DEL SISTEMA OBD

5.1. **Pezzi di ricambio, strumenti diagnostici e apparecchiature di prova**

- 5.1.1. Le domande di omologazione o di modifica di un'omologazione devono essere corredate di informazioni riguardanti il sistema OBD. Tali informazioni devono permettere di fabbricare componenti di ricambio o di adeguamento compatibili con i sistemi OBD al fine di assicurarne un funzionamento corretto ed evitare malfunzionamenti. Tali informazioni devono inoltre permettere di fabbricare strumenti diagnostici e apparecchiature di prova in grado di effettuare diagnosi efficaci e precise dei sistemi di controllo delle emissioni.
- 5.1.2. L'autorità di omologazione mette a disposizione di ogni fabbricante di componenti, strumenti diagnostici o apparecchiature di prova che ne faccia richiesta, senza discriminazioni, l'appendice 1 dell'allegato 2A, contenente le informazioni utili riguardo al sistema OBD specificate nell'appendice 2 dell'allegato 6 del presente regolamento.
- 5.1.2.1. Queste informazioni possono essere richieste soltanto per componenti di ricambio o di manutenzione soggetti a omologazione o per componenti di sistemi che fanno parte di sistemi soggetti a omologazione.
- 5.1.2.2. La richiesta di informazioni deve indicare le caratteristiche esatte del tipo o modello di motore/tipo o modello di motore di una famiglia di motori per cui sono richieste informazioni. Deve confermare che le informazioni sono necessarie per lo sviluppo di pezzi o componenti di ricambio o di adeguamento, strumenti diagnostici o apparecchiature di prova.

5.2 **Informazioni relative alle riparazioni**

- 5.2.1. Al più tardi tre mesi dopo che il costruttore ha fornito a concessionari od officine di riparazione autorizzati che siano parti contraenti le informazioni relative alla riparazione, lo stesso mette a disposizione tali informazioni (nonché le successive modifiche e integrazioni) dietro compenso adeguato e non discriminatorio.
- 5.2.2. Il costruttore è tenuto altresì a rendere accessibili, eventualmente a titolo oneroso, le informazioni tecniche necessarie per la riparazione o la manutenzione di veicoli a motore, a meno che tali informazioni siano oggetto di un diritto di proprietà intellettuale o costituiscano cognizioni segrete ed essenziali, identificate come tali; in questo caso le informazioni tecniche necessarie non devono essere indebitamente negate.

Hanno diritto a ottenere tali informazioni tutte le persone che operano nei servizi commerciali di assistenza tecnica o riparazione, nei servizi di assistenza su strada, nei servizi di ispezione o prova dei veicoli o nella produzione e vendita di componenti di ricambio o adeguamento, di strumenti diagnostici e apparecchiature di prova.

- 5.2.3. Qualora queste disposizioni non vengano osservate, l'autorità di omologazione interviene, in conformità delle procedure prescritte per l'omologazione e il controllo in servizio, per assicurare la disponibilità delle informazioni relative alle riparazioni.

6. SEGNALI DIAGNOSTICI

- 6.1. Una volta individuato il primo malfunzionamento di un componente o di un sistema, le condizioni del motore presenti nel momento dell'individuazione devono essere memorizzate nel computer come dati freeze-frame. Le condizioni del motore memorizzate includono (l'elenco non è limitativo) il valore di carico calcolato, il regime del motore, la temperatura del refrigerante, la pressione del collettore di aspirazione (se disponibile) e il codice di guasto all'origine della memorizzazione dei dati. Il costruttore deve selezionare, per la memorizzazione delle condizioni freeze-frame, la serie di condizioni più adatta a favorire una riparazione efficace.
- 6.2. È prescritto un solo frame di dati. Il costruttore può decidere di inserire altri frame di dati, purché sia possibile leggere almeno il frame di dati prescritto utilizzando uno scanner generico conforme alle prescrizioni di cui ai punti 6.8.3 e 6.8.4. Se il codice di guasto che ha determinato la memorizzazione delle condizioni è cancellato conformemente al punto 3.9 del presente allegato, possono essere cancellate anche le condizioni memorizzate relative al motore.
- 6.3. Oltre ai dati freeze-frame prescritti, i seguenti segnali, se disponibili, devono essere messi a disposizione, su richiesta, attraverso la porta seriale del connettore normalizzato per la trasmissione dati, sempreché tali dati siano disponibili al computer di bordo o possano essere determinati utilizzando i dati di cui lo stesso computer dispone: codici diagnostici di guasto, temperatura del liquido di raffreddamento del motore, fasatura dell'iniezione, temperatura dell'aria di aspirazione, pressione nel collettore di aspirazione, portata d'aria, regime del motore, valore di uscita del sensore di posizione del pedale, valore di carico calcolato, velocità del veicolo e pressione del carburante.

I segnali devono essere trasmessi in unità standard conformemente alle specifiche di cui al punto 6.8. I segnali effettivi devono essere chiaramente distinti dai segnali dei valori per difetto o dai segnali di efficienza ridotta («limp home»).

- 6.4. Per tutti i sistemi di controllo delle emissioni per cui sono eseguite prove di valutazione specifiche a bordo devono essere registrati nella memoria del computer codici di stato, o codici di disponibilità, distinti in modo da identificare correttamente i sistemi di controllo delle emissioni che funzionano e quelli che richiedono un ulteriore funzionamento del veicolo per poter completare una valutazione diagnostica adeguata. Non è necessario memorizzare un codice di disponibilità per i sistemi di monitoraggio che possono essere considerati a funzionamento continuo. I codici di disponibilità non devono mai essere impostati sullo stato «non pronto» all'inserimento o disinserimento dell'accensione (chiave in posizione «on» o chiave in posizione «off»). Se i codici di disponibilità sono impostati intenzionalmente sullo stato «non pronto» mediante procedure di servizio, tale impostazione deve essere applicata a tutti i codici e non a singoli codici.
- 6.5. Le prescrizioni sull'OBD in base alle quali il veicolo è omologato (fase OBD 1 o 2) e i principali sistemi di controllo delle emissioni monitorati dal sistema OBD a norma delle disposizioni del punto 6.8.4 devono essere verificabili attraverso la porta seriale del connettore normalizzato per la trasmissione dati, in conformità delle specifiche di cui al punto 6.8.
- 6.6. Il numero di identificazione della taratura del software dichiarato negli allegati 1 e 2 del presente regolamento deve essere verificabile tramite la porta seriale del connettore diagnostico normalizzato. Il numero di identificazione della taratura del software deve essere fornito in formato normalizzato.
- 6.7. Il numero di identificazione del veicolo (VIN) deve essere verificabile tramite la porta seriale del connettore diagnostico normalizzato. Il numero VIN deve essere fornito in formato normalizzato.
- 6.8. Il sistema diagnostico di controllo delle emissioni deve consentire un accesso normalizzato o illimitato ed essere conforme alle norme ISO 15765 o SAE J1939, come indicato nei punti seguenti ⁽¹⁾.
- 6.8.1. L'applicazione della norma ISO 15765 o SAE J1939 deve essere uniforme per tutti i punti da 6.8.2 a 6.8.5.
- 6.8.2. Il link di comunicazione tra strumenti di bordo e strumenti esterni deve essere conforme alla norma ISO 15765-4 o a disposizioni analoghe della serie di norme SAE J1939.
- 6.8.3. L'apparecchiatura di prova e gli strumenti diagnostici necessari per comunicare con i sistemi OBD devono avere caratteristiche funzionali conformi o superiori a quelle indicate nella norma ISO 15031-4 o SAE J1939-73, punto 5.2.2.1.
- 6.8.3.1. L'utilizzo di dispositivi diagnostici di bordo come un display montato sulla plancia che consente l'accesso ai dati dell'OBD è consentito ma costituisce un dispositivo supplementare rispetto all'accesso ai dati dell'OBD tramite il connettore diagnostico standard.
- 6.8.4. I dati diagnostici di cui al punto presente e le informazioni per il controllo bidirezionale devono essere forniti utilizzando il formato e le unità descritti nella norma ISO 15031-5 o SAE J1939-73, punto 5.2.2.1 e deve essere possibile accedervi utilizzando uno strumento diagnostico conforme alle prescrizioni di cui alla norma ISO 15031-5 o SAE J1939-73, punto 5.2.2.1.

Il costruttore comunica ad un organismo nazionale di normazione i dati diagnostici in relazione con le emissioni, ad es. PID, ID sistema di monitoraggio OBD, ID di prova non specificati nella norma ISO 15031-5, ma connessi al presente regolamento.

- 6.8.5. Quando viene registrato un guasto, il costruttore deve identificarlo con il codice di guasto più appropriato; tale codice deve essere conforme a quelli indicati al punto 6.3 della norma ISO 15031-6 relativa ai codici diagnostici di guasto in relazione con le emissioni. Se non è possibile identificare un codice appropriato, il costruttore può utilizzare i codici diagnostici di guasto di cui ai punti 5.3 e 5.6 della norma ISO 15031-6. I codici di guasto devono essere interamente accessibili utilizzando uno strumento diagnostico normalizzato conforme alle prescrizioni di cui al punto 6.8.3 del presente allegato.

Il costruttore comunica ad un organismo nazionale di normazione i dati diagnostici in relazione con le emissioni, ad es. PID, ID monitoraggio OBD, ID di prova non specificati nella norma ISO 15031-5, ma connessi al presente regolamento.

⁽¹⁾ In caso di applicazione della norma ISO sul protocollo unificato (ISO/PAS 27145) sviluppata per le normative tecniche generali a livello mondiale relative agli OBD di motori e veicoli pesanti, le prescrizioni applicabili del punto 6 saranno considerate soddisfatte.

In alternativa, il costruttore può identificare il guasto utilizzando il codice di guasto più appropriato coerentemente con i codici indicati nella norma SAE J2012 o SAE J1939-73.

- 6.8.6. L'interfaccia di connessione tra il veicolo e il dispositivo diagnostico deve essere normalizzata e conforme a tutte le prescrizioni della norma ISO 15031-3 o SAE J1939-13.

Nel caso di veicoli delle categorie N₂, N₃, M₂ e M₃, in alternativa alla posizione del connettore descritta nelle norme indicate e a condizione che siano rispettate tutte le altre prescrizioni della norma ISO 15031-3, il connettore può essere posizionato in un punto adatto sul lato conducente, incluso il pavimento della cabina. In tal caso il connettore deve essere accessibile ad una persona all'esterno del veicolo e non deve limitare l'accesso al sedile del conducente.

La posizione di montaggio deve essere autorizzata dall'autorità di omologazione e deve essere facilmente accessibile al personale tecnico, ma protetta in modo da evitare danni accidentali nelle normali condizioni d'uso.

*Appendice 1***Prove di omologazione dei sistemi diagnostici di bordo (OBD)****1. INTRODUZIONE**

La presente appendice descrive la procedura per la verifica del funzionamento del sistema diagnostico di bordo (OBD) montato sul veicolo mediante la simulazione di guasti dei sistemi in relazione con le emissioni facenti parte del sistema di gestione del motore o del sistema di controllo delle emissioni. Essa indica inoltre le procedure per la determinazione della durabilità dei sistemi OBD.

1.1. Componenti/sistemi deteriorati

Per dimostrare l'efficienza del monitoraggio di un sistema o componente di controllo delle emissioni il cui guasto può determinare emissioni allo scarico superiori ai valori limite per l'OBD appropriati, il costruttore deve mettere a disposizione i componenti e/o i dispositivi elettrici deteriorati da utilizzare per la simulazione dei guasti.

Tali componenti o dispositivi deteriorati non devono causare emissioni superiori di oltre il 20 per cento ai valori limite per l'OBD di cui alla tabella del punto 5.4.4 del presente regolamento.

Nel caso dell'omologazione di un sistema OBD a norma del punto 5.4.1 del presente regolamento, le emissioni devono essere misurate nell'arco di un ciclo di prova ESC (v. appendice 1 dell'allegato 4A del presente regolamento). Nel caso dell'omologazione di un sistema OBD a norma del punto 5.4.2 del presente regolamento, le emissioni devono essere misurate mediante un ciclo di prova ETC (v. appendice 2 dell'allegato 4A del presente regolamento).

- 1.1.1. Se è accertato che il montaggio di un componente o dispositivo deteriorato su un motore non consente un confronto con i valori limite per l'OBD (ad es. perché non sono soddisfatte le condizioni statistiche per la convalida del ciclo di prova ETC), il guasto di tale componente o dispositivo può essere considerato qualificato se l'autorità di omologazione esprime il suo consenso sulla base dell'argomentazione tecnica presentata dal costruttore.
- 1.1.2. Nel caso in cui con il montaggio di un componente o dispositivo deteriorato su un motore non sia possibile raggiungere (nemmeno parzialmente) la curva di pieno carico (determinata con un motore che funziona correttamente) durante la prova, il componente o dispositivo deteriorato è considerato qualificato se l'autorità di omologazione esprime il suo consenso sulla base sull'argomentazione tecnica presentata dal costruttore.
- 1.1.3. In alcuni casi ben specifici (ad es. se è attivata una strategia di efficienza ridotta, se il motore non può effettuare alcuna prova o nel caso di valvole dell'EGR bloccate) può non essere necessario l'impiego di componenti o dispositivi deteriorati che causano emissioni superiori di non più del 20 per cento ai valori limite per l'OBD di cui alla tabella del punto 5.4.4 del presente regolamento. Il costruttore deve documentare tale eccezione, che è subordinata al consenso del servizio tecnico.

1.2. Principio della prova

Quando il motore viene sottoposto a prova con i componenti o dispositivi deteriorati montati, l'omologazione del sistema OBD viene concessa se l'MI si attiva. L'omologazione del sistema OBD viene concessa anche se l'MI si attiva al di sotto dei valori limite per l'OBD.

Nel caso specifico dei tipi di guasto di cui ai punti 6.3.1.6 e 6.3.1.7 della presente appendice e nel caso del monitoraggio finalizzato all'individuazione di difetti funzionali importanti, non è necessario utilizzare componenti o dispositivi deteriorati che causano emissioni del motore superiori di non più del 20 per cento ai valori limite per l'OBD di cui alla tabella del punto 5.4.4 del presente regolamento.

- 1.2.1. In alcuni casi ben specifici (ad es. se è attivata una strategia di efficienza ridotta, se il motore non può effettuare alcuna prova o nel caso di valvole dell'EGR bloccate) può non essere necessario l'impiego di componenti o dispositivi deteriorati che causano emissioni superiori di non più del 20 per cento ai valori limite per l'OBD di cui alla tabella del punto 5.4.4 del presente regolamento. Il costruttore deve documentare tale eccezione, che è subordinata al consenso del servizio tecnico.

2. DESCRIZIONE DELLA PROVA

2.1. La prova dei sistemi OBD si articola nelle seguenti fasi:

- a) simulazione di malfunzionamento di un componente del sistema di gestione del motore o di controllo delle emissioni di cui al punto 1.1 della presente appendice;
- b) preconditionamento del sistema OBD con un malfunzionamento simulato nel ciclo di preconditionamento di cui al punto 6.2;
- c) funzionamento del motore con un malfunzionamento simulato nel ciclo di prova dell'OBD di cui al punto 6.1;
- d) verifica della reazione del sistema OBD al malfunzionamento simulato e della corretta segnalazione del malfunzionamento.

2.1.1. Se le prestazioni (ad esempio la curva di potenza) del motore sono influenzate dal malfunzionamento, il ciclo di prova dell'OBD rimane la versione abbreviata del ciclo di prova ESC impiegato per la valutazione delle emissioni allo scarico del motore senza tale malfunzionamento.

2.2. In alternativa, su richiesta del costruttore può essere simulato elettronicamente il malfunzionamento di uno o più componenti, in conformità alle prescrizioni del punto 6.

2.3. Il costruttore può chiedere che il monitoraggio venga effettuato al di fuori del ciclo di prova dell'OBD di cui al punto 6.1 se può dimostrare all'autorità che il monitoraggio nelle condizioni del ciclo di prova dell'OBD imporrebbe condizioni di monitoraggio restrittive per il veicolo in circolazione.

3. MOTORE E CARBURANTE DI PROVA

3.1. **Motore**

Il motore di prova deve essere conforme alle prescrizioni dell'allegato 1 del presente regolamento.

3.2. **Carburante**

Per le prove deve essere usato il carburante di riferimento appropriato descritto nell'allegato 5 del presente regolamento.

4. CONDIZIONI DI PROVA

Le condizioni di prova devono rispettare le prescrizioni della prova di emissione descritta nel presente regolamento.

5. APPARECCHIATURA DI PROVA

Il banco dinamometrico per motori deve essere conforme alle prescrizioni dell'allegato 4A del presente regolamento.

6. CICLO DI PROVA DELL'OBD

6.1. Il ciclo di prova dell'OBD consiste in un unico ciclo di prova ESC abbreviato. Le singole modalità devono essere eseguite nella stessa sequenza del ciclo di prova ESC, definito nel punto 2.7.1 dell'appendice 1 dell'allegato 4A del presente regolamento.

Si fa funzionare il motore per un massimo di 60 secondi in ciascuna modalità, completando le variazioni di regime e di carico nei primi 20 secondi. Si mantengono il regime specificato con una differenza massima di $\pm 50 \text{ min}^{-1}$ e la coppia specificata con una differenza massima di ± 2 per cento rispetto alla coppia massima a ciascun regime.

Durante il ciclo di prova dell'OBD non è necessario misurare le emissioni allo scarico.

6.2. Ciclo di preconditionamento

- 6.2.1. Dopo l'introduzione di uno dei tipi di guasto di cui al punto 6.3, il motore e il sistema OBD devono essere preconditionati eseguendo un ciclo di preconditionamento.
- 6.2.2. Su richiesta del costruttore e previo consenso dell'autorità di omologazione, è possibile utilizzare un numero alternativo di cicli di prova OBD consecutivi; tale numero non deve essere superiore a nove.

6.3. Prova del sistema OBD

6.3.1. Motori diesel e veicoli dotati di motori diesel

- 6.3.1.1. Dopo il ciclo di preconditionamento di cui al punto 6.2, il motore di prova viene fatto funzionare nel ciclo di prova dell'OBD di cui al punto 6.1 della presente appendice. L'MI deve attivarsi prima del termine di tale prova in tutte le condizioni di cui ai punti da 6.3.1.2 a 6.3.1.7. Il servizio tecnico può sostituire tali condizioni con altre in conformità al punto 6.3.1.7. Ai fini dell'omologazione, il numero totale di guasti oggetto della prova, nel caso di diversi sistemi o componenti, non deve essere superiore a 4.

Se la prova è effettuata per omologare una famiglia di motori-OBD che comprende motori non appartenenti alla stessa famiglia di motori, l'autorità di omologazione aumenta il numero di guasti oggetto della prova fino a un massimo quattro volte il numero di famiglie di motori presenti nella famiglia di motori-OBD. L'autorità di omologazione può decidere di interrompere le prove in qualsiasi momento prima del raggiungimento del numero massimo di prove sui guasti.

- 6.3.1.2. Sostituzione di qualsiasi catalizzatore montato in un'unità separata che può far parte o no di un sistema deNO_x o di un filtro antiparticolato diesel con un catalizzatore deteriorato o difettoso oppure simulazione elettronica di tale guasto.
- 6.3.1.3. Sostituzione dell'eventuale sistema deNO_x (inclusi i sensori che sono parte integrante del sistema) con un sistema deNO_x deteriorato o difettoso oppure simulazione elettronica di un sistema deNO_x deteriorato o difettoso che comporti emissioni superiori ai valori limite per gli NO_x di cui alla tabella del punto 5.4.4 del presente regolamento.

Se il motore viene omologato in applicazione del punto 5.4.1 del presente regolamento per quanto riguarda il monitoraggio di difetti funzionali importanti, la prova del sistema deNO_x deve provocare l'accensione dell'MI in ognuna delle condizioni seguenti:

- a) rimozione completa del sistema o sostituzione dello stesso con un sistema fittizio;
 - b) mancanza di un reagente prescritto per il sistema deNO_x;
 - c) qualsiasi guasto elettrico di un componente (ad es. sensori e attuatori, unità di controllo del dosaggio) del sistema deNO_x, compreso, se del caso, il sistema di riscaldamento del reagente;
 - d) malfunzionamento di un sistema di dosaggio del reagente (ad es. mancanza d'aria, intasamento dell'ugello, guasto della pompa di dosaggio) del sistema deNO_x;
 - e) avaria rilevante del sistema.
- 6.3.1.4. Rimozione completa dell'eventuale filtro antiparticolato oppure sostituzione dello stesso con un filtro antiparticolato difettoso che provoca emissioni superiori ai valori limite di cui alla tabella del punto 5.4.4 del presente regolamento.

Se il motore viene omologato in applicazione del punto 5.4.1 del presente regolamento per quanto riguarda il monitoraggio di difetti funzionali importanti, la prova del filtro antiparticolato deve provocare l'accensione dell'MI in ognuna delle condizioni seguenti:

- a) rimozione completa del filtro antiparticolato o sostituzione del sistema con un sistema fittizio;
- b) fusione di una parte rilevante del substrato del filtro antiparticolato;

- c) fessurazione rilevante del substrato del filtro antiparticolato;
- d) qualsiasi guasto elettrico di un componente (ad es. sensori e attuatori, unità di controllo del dosaggio) di un filtro antiparticolato;
- e) se del caso, malfunzionamento del sistema di dosaggio del reagente (ad es. intasamento dell'ugello, guasto della pompa di dosaggio) del filtro antiparticolato;
- f) intasamento del filtro antiparticolato che determina una pressione differenziale al di fuori del campo indicato dal costruttore.

6.3.1.5. Sostituzione dell'eventuale sistema combinato deNO_x-filtro antiparticolato (inclusi i sensori che sono parte integrante del dispositivo) con un sistema deteriorato o difettoso oppure simulazione elettronica di un sistema deteriorato o difettoso che comporti emissioni superiori ai valori limite per gli NO_x e il particolato di cui alla tabella del punto 5.4.4 del presente regolamento.

Se il motore viene omologato in applicazione del punto 5.4.1 del presente regolamento per quanto riguarda il monitoraggio di difetti funzionali importanti, la prova del sistema combinato deNO_x-filtro antiparticolato deve provocare l'accensione dell'MI in ognuna delle condizioni seguenti:

- a) rimozione completa del sistema o sostituzione dello stesso con un sistema fittizio;
- b) mancanza di un reagente prescritto per il sistema combinato deNO_x-filtro antiparticolato;
- c) qualsiasi guasto elettrico di un componente (ad es. sensori e attuatori, unità di controllo del dosaggio) di un sistema combinato deNO_x-filtro antiparticolato, incluso, se del caso, il sistema di riscaldamento del reagente;
- d) malfunzionamento di un sistema di dosaggio del reagente (ad es. mancanza d'aria, intasamento dell'ugello, guasto della pompa di dosaggio) di un sistema combinato deNO_x-filtro antiparticolato;
- e) avaria rilevante della trappola per NO_x;
- f) fusione di una parte rilevante del substrato del filtro antiparticolato;
- g) fessurazione rilevante del substrato del filtro antiparticolato;
- h) intasamento del filtro antiparticolato che determina una pressione differenziale al di fuori del campo di valori indicato dal costruttore.

6.3.1.6. Disinnesto di qualsiasi attuatore elettronico di controllo della mandata di carburante e della fasatura del sistema di alimentazione che comporta emissioni superiori ai valori limite per l'OBD di cui alla tabella del punto 5.4.4 del presente regolamento.

6.3.1.7. Disinnesto di qualsiasi componente del motore in relazione con le emissioni, collegato ad un computer, che determina emissioni superiori ai valori limite di cui alla tabella del punto 5.4.4 del presente regolamento.

6.3.1.8. Per dimostrare la conformità alle prescrizioni dei punti 6.3.1.6 e 6.3.1.7 e previo consenso dell'autorità di omologazione, il costruttore può prendere misure opportune per dimostrare che il sistema OBD segnala un guasto quando si produce il disinnesto.

ALLEGATO 9B

Prescrizioni tecniche relative ai sistemi diagnostici di bordo (OBD) per motori diesel montati su veicoli stradali (armonizzazione mondiale degli OBD, RTM n. 5)

1. APPLICABILITÀ

Per il momento, il presente allegato non è applicabile ai fini dell'omologazione a norma del presente regolamento; lo sarà in futuro.

2. Riservato ⁽¹⁾.

3. DEFINIZIONI

- 3.1. «Sistema di segnalazione»: sistema a bordo del veicolo che segnala al conducente dello stesso o a terzi interessati che il sistema OBD ha rilevato un malfunzionamento.
- 3.2. «Autorità di omologazione»: autorità che rilascia l'omologazione con cui viene attestata la conformità di un sistema OBD considerato nel presente allegato. Per estensione, anche il servizio tecnico accreditato per la valutazione della conformità tecnica del sistema OBD.
- 3.3. «Numero di verifica della taratura»: il numero calcolato e indicato dal sistema motore per la convalida della taratura/integrità del software.
- 3.4. «Monitoraggio dei componenti»: monitoraggio dei componenti di input volto all'individuazione dei difetti dei circuiti elettrici e dei difetti di razionalità e monitoraggio dei componenti di output volto all'individuazione di guasti dei circuiti elettrici e dei difetti di funzionalità. Riguarda componenti collegati elettricamente al dispositivo o ai dispositivi di controllo del sistema motore.
- 3.5. «DTC confermato e attivo»: DTC che viene memorizzato quando il sistema OBD stabilisce che è presente un malfunzionamento.
- 3.6. «MI continua»: spia di malfunzionamento che mostra un'indicazione fissa in ogni momento quando la chiave è in posizione di contatto («on») e il motore è in moto (accensione inserita — motore acceso).
- 3.7. «Anomalia»: strategia di monitoraggio o altro elemento dell'OBD che non soddisfa tutte le prescrizioni dettagliate del presente allegato.
- 3.8. «Codice diagnostico di guasto (DTC)»: codice numerico o alfanumerico che identifica o designa un malfunzionamento.
- 3.9. «Difetto del circuito elettrico»: malfunzionamento (ad es. circuito aperto o cortocircuito) in conseguenza del quale il segnale misurato (tensione, corrente, frequenza, ecc.) è al di fuori dei limiti normali della funzione di trasferimento del sensore.
- 3.10. «Famiglia di OBD delle emissioni»: raggruppamento, operato dal costruttore, comprendente sistemi motore che hanno metodi comuni di monitoraggio/diagnosi dei malfunzionamenti in relazione con le emissioni.
- 3.11. «Monitoraggio dei valore limite di emissione»: monitoraggio di un malfunzionamento che determina il superamento degli OTL. È costituito da quanto segue:
- misura diretta delle emissioni per mezzo di uno o più sensori che rilevano le emissioni allo scarico e di un modello che permette di correlare le emissioni dirette con le emissioni specifiche nel ciclo di prova, e/o
 - indicazione di un aumento delle emissioni attraverso la correlazione dei dati di input/output del computer con le emissioni specifiche per il ciclo di prova.

⁽¹⁾ La numerazione del presente allegato rispecchia quella del progetto di RTM sull'armonizzazione mondiale degli OBD; tuttavia, alcune parti di tale RTM non sono necessarie in questo allegato.

- 3.12. «Sistema motore»: motore nella configurazione che avrebbe nelle prove sulle emissioni allo scarico effettuate al banco ai fini dell'omologazione. Comprende:
- il dispositivo o i dispositivi elettronici di controllo e gestione del motore;
 - il sistema o i sistemi di post-trattamento del gas di scarico;
 - ogni componente del motore o del sistema di scarico in relazione con le emissioni che fornisce un segnale di ingresso al dispositivo o ai dispositivi elettronici di controllo e gestione del motore o riceve un segnale di uscita dagli stessi; e
 - l'interfaccia di comunicazione (hardware e messaggi) tra il dispositivo o i dispositivi elettronici di controllo e gestione del motore e qualsiasi altra unità di controllo del motopropulsore o del veicolo qualora i dati scambiati influiscano sul controllo delle emissioni.
- 3.13. «Difetto di funzionalità»: malfunzionamento in cui un componente di output non risponde nella maniera prevista a un comando del computer.
- 3.14. «Strategia di controllo delle emissioni in caso di malfunzionamento (MECS)»: strategia del sistema motore che viene attivata in risposta a un malfunzionamento in relazione con le emissioni.
- 3.15. «Spia di malfunzionamento (MI)»: spia che segnala chiaramente al conducente del veicolo la presenza di un malfunzionamento. L'MI fa parte del sistema di segnalazione (v. «MI continua», «MI su richiesta» e «MI breve»).
- 3.16. «Malfunzionamento»: guasto o deterioramento di un sistema motore, ivi compreso il sistema OBD, che può provocare l'aumento della quantità di uno o più inquinanti regolamentati emessi dal sistema motore, o una riduzione dell'efficacia del sistema OBD.
- 3.17. «Stato dell'MI»: lo stato di comando dell'MI; può essere MI continua, MI breve, MI a richiesta o MI spenta.
- 3.18. «Monitoraggio» (v. «monitoraggio dei valori limite di emissione», «monitoraggio dell'efficienza» e «monitoraggio di difetto funzionale totale»).
- 3.19. «Ciclo di prova dell'OBD»: ciclo con cui viene fatto funzionare un motore al banco di prova motori per valutare la risposta di un sistema OBD alla presenza di un componente deteriorato qualificato.
- 3.20. «Sistema motore capostipite-OBD»: sistema motore scelto tra i componenti di una famiglia di OBD per le emissioni e in cui la maggior parte degli elementi progettuali dell'OBD è rappresentativa di tale famiglia.
- 3.21. «Sistema diagnostico di bordo (OBD)»: sistema presente a bordo di un veicolo o motore che è in grado di:
- rilevare malfunzionamenti che incidono sulle prestazioni del sistema motore in termini di emissioni;
 - segnalare la loro presenza per mezzo di un sistema di segnalazione;
 - individuare la localizzazione probabile dei malfunzionamenti per mezzo di dati memorizzati nel computer e/o comunicare tali dati all'esterno del veicolo.
- 3.22. «MI a richiesta»: spia di malfunzionamento che mostra un'indicazione fissa in risposta a una richiesta manuale proveniente dal posto di guida quando la chiave è in posizione di contatto («on») e il motore è spento (accensione inserita — motore spento).
- 3.23. «Sequenza operativa»: sequenza che consta delle fasi seguenti: avviamento del motore, periodo di funzionamento, arresto del motore e tempo che intercorre fino al successivo avviamento, in cui un sistema di monitoraggio specifico dell'OBD effettua un ciclo completo e un eventuale malfunzionamento sarebbe rilevato.
- 3.24. «DTC in sospenso»: DTC memorizzato dal sistema OBD perché un sistema di monitoraggio ha rilevato una situazione di possibile malfunzionamento nella sequenza operativa in corso o nell'ultima sequenza completata.

- 3.25. «Monitoraggio dell'efficienza»: monitoraggio dei malfunzionamenti effettuato per mezzo di controlli della funzionalità e parametri di monitoraggio non correlati con i limiti di emissione. Di norma tale monitoraggio è effettuato su componenti o sistemi per verificare che stiano funzionando nel campo di lavoro previsto (ad es. pressione differenziale nel caso di un DPF).
- 3.26. «DTC potenziale»: DTC che è stato memorizzato dal sistema OBD perché un sistema di monitoraggio ha rilevato una situazione di possibile malfunzionamento ma che per essere confermato richiede un'ulteriore valutazione. Un DTC potenziale è un DTC in sospenso che non è confermato né attivo.
- 3.27. «DTC precedentemente attivo»: DTC precedentemente confermato e attivo che rimane memorizzato dopo che il sistema OBD ha stabilito che il malfunzionamento che ha causato il DTC non è più presente.
- 3.28. «Componente o sistema deteriorato qualificato (QDC)»: componente o sistema intenzionalmente sottoposto a deterioramento (ad es. tramite invecchiamento accelerato) e/o manipolato in maniera controllata, accettato dalle autorità conformemente alle disposizioni riportate nel presente allegato.
- 3.29. «Difetto di razionalità»: malfunzionamento in cui il segnale proveniente da un singolo sensore o componente non corrisponde a quello atteso quando viene valutato rispetto a segnali ricavabili da altri sensori o componenti del sistema di controllo. I difetti di razionalità comprendono anche malfunzionamenti in conseguenza dei quali il segnale misurato (tensione, corrente, frequenza, ecc.) si situa all'interno dei limiti entro cui è destinata a operare la funzione di trasferimento del sensore.
- 3.30. «Disponibilità»: stato che indica se successivamente all'ultima cancellazione eseguita su richiesta di uno scanner esterno per comunicare con il sistema OBD un sistema di monitoraggio o gruppo di sistemi di monitoraggio ha funzionato.
- 3.31. «Scanner»: apparecchiatura di prova esterna usata per la comunicazione normalizzata tra l'esterno e il sistema OBD conformemente alle prescrizioni del presente allegato.
- 3.32. «MI breve»: indicazione fissa della spia di malfunzionamento che è presente dal momento in cui la chiave viene spostata in posizione di contatto («on») e il motore viene acceso (accensione inserita — motore acceso) e si spegne dopo 15 secondi o quando la chiave viene spostata su «off», se questo avviene prima che siano trascorsi 15 secondi.
- 3.33. «Identificativo di taratura del software»: serie di caratteri alfanumerici che identificano la taratura o la versione del software installato nel sistema motore.
- 3.34. «Monitoraggio di difetto funzionale totale»: monitoraggio di un malfunzionamento che comporta la perdita totale della funzione desiderata di un sistema.
- 3.35. «Ciclo di riscaldamento»: funzionamento del motore per un periodo sufficiente a far aumentare la temperatura del fluido refrigerante di almeno 295 K (22 °C/40 °F) dopo l'avviamento del motore e fargli raggiungere almeno la temperatura di 333 K (60 °C/140 °F) ⁽¹⁾.
- 3.36. **Abbreviazioni**
- | | |
|-----------------|--|
| CV | Ventilazione del basamento |
| DOC | Catalizzatore di ossidazione per motori diesel |
| DPF | Filtro antiparticolato diesel (DPF) o trappola per particolato, compresi DPF catalizzati e trappole a rigenerazione continua (CRT) |
| DTC | Codice diagnostico di guasto |
| EGR | Ricircolo dei gas di scarico |
| HC | Idrocarburi |
| LNT | Trappola per NO _x con funzionamento in magro (o assorbitore di NO _x) |
| MECS | Strategia di controllo delle emissioni in caso di malfunzionamento |
| NO _x | Ossidi di azoto |
| OTL | Valore limite per l'OBD |
| PM | Particolato |

⁽¹⁾ Questa definizione non implica che debba essere presente un sensore per misurare la temperatura del fluido refrigerante.

SCR	Riduzione catalitica selettiva
TFF	Monitoraggio di difetto funzionale totale
VGT	Turbocompressore a geometria variabile
VVT	Fasatura variabile delle valvole

4. PRESCRIZIONI GENERALI

Ai sensi del presente allegato, il sistema OBD deve essere in grado di rilevare i malfunzionamenti, di segnalare la loro presenza per mezzo di una spia di malfunzionamento, di individuare la localizzazione probabile dei malfunzionamenti per mezzo di dati presenti nella memoria del computer, e di comunicare all'esterno tali dati.

Il sistema OBD deve essere progettato e costruito in modo tale da consentire l'identificazione dei tipi di malfunzionamento per l'intera vita del veicolo/motore. Nel conseguimento di tale obiettivo, il servizio amministrativo riconosce che i motori che sono stati utilizzati più a lungo della vita utile regolamentare possano presentare un deterioramento dell'efficienza e della sensibilità del sistema OBD tale da determinare il possibile superamento dei valori limite per l'OBD prima della segnalazione del malfunzionamento al conducente del veicolo da parte del sistema OBD.

Il paragrafo precedente non prolunga la responsabilità del costruttore del motore oltre la vita utile regolamentare del motore stesso (ovvero il periodo di tempo o il chilometraggio per i quali le norme sulle emissioni o i limiti di emissione rimangono applicabili).

4.1. Domanda di omologazione di un sistema OBD

4.1.1. Omologazione primaria

Il costruttore di un sistema motore può chiedere l'omologazione di un sistema OBD in tre modi:

- a) può chiedere l'omologazione di un singolo sistema OBD fornendo la dimostrazione che il sistema OBD rispetta tutte le disposizioni del presente allegato;
- b) può chiedere l'omologazione di una famiglia di OBD delle emissioni fornendo la dimostrazione che il sistema motore capostipite-OBD rispetta tutte le disposizioni del presente allegato.
- c) Il costruttore di un sistema motore può anche chiedere l'omologazione di un sistema OBD fornendo la dimostrazione che il sistema OBD soddisfa i criteri di appartenenza a una famiglia di OBD delle emissioni già omologata.

4.1.2. Estensione o modifica di un'omologazione esistente

4.1.2.1. Estensione in seguito all'inclusione di un nuovo sistema motore in una famiglia di OBD delle emissioni

A richiesta del costruttore e previo consenso del servizio amministrativo, un nuovo sistema motore può essere incluso in una famiglia di OBD delle emissioni già omologata se tutti i sistemi motore della famiglia di OBD delle emissioni così estesa utilizzano ancora gli stessi metodi di monitoraggio/diagnosi dei malfunzionamenti in relazione con le emissioni.

Se tutti gli elementi progettuali dell'OBD del sistema motore capostipite-OBD sono rappresentativi di quelli del nuovo sistema motore, il sistema motore capostipite-OBD deve rimanere invariato e il costruttore deve modificare il fascicolo di documentazione conformemente al punto 8 del presente allegato.

Se il nuovo sistema motore contiene elementi progettuali che non sono rappresentati nel sistema motore capostipite-OBD ma è esso stesso rappresentativo dell'intera famiglia, il nuovo sistema motore diventa il nuovo sistema motore capostipite-OBD. In questo caso, si deve dimostrare che gli elementi progettuali dell'OBD rispettano le disposizioni del presente allegato, e il fascicolo di documentazione deve essere modificato conformemente al punto 8 del presente allegato.

4.1.2.2. Estensione in seguito alla modifica progettuale del sistema OBD

A richiesta del costruttore e previo consenso del servizio amministrativo, l'estensione di un'omologazione esistente può essere concessa in caso di modifica progettuale del sistema OBD se il costruttore dimostra che tale modifica è conforme alle disposizioni del presente allegato.

Il fascicolo di documentazione deve essere modificato conformemente al punto 8 del presente allegato.

Se l'omologazione esistente si applica a una famiglia di OBD delle emissioni, il costruttore deve dimostrare al servizio amministrativo che la famiglia ha ancora gli stessi metodi di monitoraggio/diagnosi dei malfunzionamenti in relazione con le emissioni e che il sistema motore capostipite-OBD è ancora rappresentativo della famiglia.

4.1.2.3. Modifica dell'omologazione in seguito alla riclassificazione di malfunzionamenti

Il presente punto si applica quando il costruttore, su richiesta dell'autorità che ha concesso l'omologazione o di propria iniziativa, chiede la modifica di un'omologazione esistente al fine di riclassificare uno o più malfunzionamenti.

La conformità della nuova classificazione deve essere dimostrata in ottemperanza alle disposizioni del presente allegato e il fascicolo di documentazione deve essere modificato conformemente al punto 8 del presente allegato.

4.2. **Prescrizioni relative al monitoraggio**

Tutti i componenti e i sistemi di un sistema motore che sono in relazione con le emissioni devono essere sottoposti a monitoraggio da parte del sistema OBD conformemente alle prescrizioni dell'appendice 3. Tuttavia, il sistema OBD non deve necessariamente usare un unico sistema di monitoraggio per rilevare tutti i singoli malfunzionamenti di cui all'appendice 3.

Il sistema OBD deve monitorare anche i propri componenti.

Nell'appendice 3 sono elencati i sistemi o componenti che devono essere monitorati dal sistema OBD e sono descritti i tipi di monitoraggio previsti per ciascuno di questi componenti o sistemi (monitoraggio dei valori limite di emissione, monitoraggio dell'efficienza, monitoraggio di difetto funzionale totale, monitoraggio di componenti).

Il costruttore può decidere di estendere il monitoraggio ad altri sistemi e componenti.

4.2.1. Scelta del metodo di monitoraggio

Le autorità di omologazione possono autorizzare l'uso, da parte del costruttore, di un metodo di monitoraggio diverso da quello indicato nell'appendice 3. Il costruttore deve dimostrare (presentando considerazioni tecniche, risultati di prova, accordi precedenti, ecc.) che il tipo di monitoraggio prescelto è affidabile, tempestivo ed efficiente.

Nel caso di sistemi e/o componenti non contemplati nell'appendice 3, il costruttore deve chiedere l'autorizzazione del servizio amministrativo per il metodo di monitoraggio prescelto. Il servizio amministrativo autorizza il tipo e il metodo di monitoraggio prescelto (monitoraggio dei valori limite di emissione, monitoraggio dell'efficienza, monitoraggio di difetto funzionale totale, monitoraggio di componenti) se il costruttore dimostra (presentando considerazioni tecniche, risultati di prova, accordi precedenti, ecc.) che esso è affidabile, tempestivo ed efficiente.

4.2.1.1. Correlazione con le emissioni effettive

Nel caso del monitoraggio dei valori limite di emissione, deve essere effettuata la correlazione con le emissioni specifiche del ciclo di prova. La correlazione deve di norma essere dimostrata su un motore di prova in laboratorio.

Per gli altri tipi di monitoraggio (monitoraggio dell'efficienza, monitoraggio di difetto funzionale totale o monitoraggio di componenti), la correlazione con le emissioni effettive non è necessaria. Tuttavia, il servizio amministrativo può chiedere che vengano forniti dati di prova per verificare la classificazione degli effetti del malfunzionamento come indicato nel punto 6.2 del presente allegato.

Esempi

Per un malfunzionamento elettrico la correlazione può non essere necessaria, perché si tratta di un malfunzionamento «sì/no». Per il malfunzionamento di un DPF monitorato per mezzo del delta di pressione la correlazione può non essere necessaria, perché si tratta in realtà di una situazione predittiva di un malfunzionamento.

Se il costruttore dimostra, conformemente alle prescrizioni contenute nel presente allegato, che le emissioni non supererebbero i valori limite per l'OBD in caso di guasto o rimozione totale di un componente o sistema, il monitoraggio dell'efficienza di tale componente o sistema è accettato.

Quando per il monitoraggio delle emissioni di un inquinante specifico viene usato un sensore che rileva le emissioni allo scarico, per tutti gli altri sistemi di monitoraggio può non essere effettuata un'ulteriore correlazione con le emissioni effettive di tale inquinante. Tali sistemi di monitoraggio che utilizzano altri metodi di monitoraggio devono essere ugualmente inclusi nel sistema OBD, poiché essi sono comunque necessari per l'individuazione dei malfunzionamenti.

Un malfunzionamento deve sempre essere classificato conformemente al punto 4.5 in funzione del suo impatto sulle emissioni, indipendentemente dal tipo di monitoraggio usato per rilevarne la presenza.

4.2.2. Monitoraggio di componenti (componenti o sistemi di input/output)

Nel caso di componenti di input che appartengono a un sistema motore, il sistema OBD deve individuare almeno i difetti del circuito elettrico e, se possibile, i difetti di razionalità.

Ai fini della diagnosi dei difetti di razionalità occorre verificare che l'output di un sensore non sia incongruo perché troppo alto o troppo basso (la diagnosi, quindi deve essere eseguita su due fronti).

Nella misura del possibile, e con il consenso del servizio amministrativo, il sistema OBD deve individuare separatamente i difetti di razionalità (ad es. valori incongrui perché troppo elevati o troppo bassi) e i difetti del circuito elettrico (ad es. valori alti fuori campo e bassi fuori campo). Inoltre, per ogni malfunzionamento distinto (ad es. valore basso fuori campo, valore alto fuori campo e difetto di razionalità) deve memorizzato un DTC univoco.

Nel caso di componenti di output che appartengono a un sistema motore, il sistema OBD deve individuare almeno i difetti del circuito elettrico e, se possibile, l'assenza di una risposta funzionale corretta ai comandi del computer.

Nella misura del possibile, e con il consenso del servizio amministrativo, il sistema OBD deve individuare separatamente i difetti di funzionalità e i difetti del circuito elettrico (ad es. valore alto fuori campo e valore basso fuori campo) e memorizzare un DTC univoco per ciascun malfunzionamento distinto (ad es. valore alto fuori campo e valore basso fuori campo, difetto di funzionalità).

Il sistema OBD deve effettuare anche il monitoraggio sulla razionalità dei dati che provengono da o vengono inviati a componenti che non appartengono al sistema motore, quando tali dati compromettono il funzionamento del sistema di controllo delle emissioni e/o del sistema motore.

4.2.2.1. Eccezioni previste per il monitoraggio dei componenti

Il monitoraggio dei difetti del circuito elettrico e, nella misura del possibile, dei difetti di funzionalità e di razionalità del sistema motore non è obbligatorio se sono rispettate tutte le condizioni seguenti:

- a) il difetto comporta un aumento delle emissioni dei vari inquinanti inferiore al 50 per cento dei rispettivi limiti di emissione,
- b) il difetto non provoca per nessuna emissione il superamento dei limiti di emissione ⁽¹⁾,
- c) il difetto non riguarda un componente o sistema indispensabile per il corretto funzionamento del sistema OBD.

La determinazione dell'impatto sulle emissioni deve essere effettuata su un sistema motore stabilizzato in una cella di prova dotata di banco dinamometrico per motori, conformemente alle procedure di dimostrazione indicate nel presente allegato.

4.2.3. Frequenza di monitoraggio

I sistemi di monitoraggio devono funzionare in continuo, in ogni momento in cui sono soddisfatte le condizioni per il monitoraggio, oppure una sola volta per sequenza operativa (ad es. per sistemi di monitoraggio il cui funzionamento determina un aumento delle emissioni).

⁽¹⁾ Il valore misurato deve essere considerato tenendo conto della tolleranza relativa alla precisione del sistema della cella di prova e della maggiore variabilità dei risultati di prova dovuta al malfunzionamento.

Se un sistema di monitoraggio non funziona in continuo, il costruttore deve segnalarlo chiaramente al servizio amministrativo e descrivere le condizioni in cui esso si attiva.

I sistemi di monitoraggio devono essere in funzione durante il ciclo di prova dell'OBD applicabile, indicato nel punto 7.2.2.

Un sistema di monitoraggio è considerato a funzionamento continuo se funziona non meno di una volta al secondo. Se un componente di input o output del computer viene campionato meno di una volta al secondo per scopi legati al controllo del motore, il sistema di monitoraggio va ugualmente considerato a funzionamento continuo purché il segnale del componente venga valutato ogni volta che viene campionato.

Nel caso dei componenti o sistemi monitorati in continuo, non occorre attivare un componente/sistema di uscita al solo scopo di monitorarli.

4.3. **Prescrizioni relative alla registrazione dei dati dell'OBD**

Quando è stato rilevato un malfunzionamento ma lo stesso non è ancora stato confermato, il possibile malfunzionamento deve essere considerato un «DTC potenziale» e di conseguenza deve essere registrato lo stato «DTC in sospeso». Un «DTC potenziale» non deve provocare l'attivazione del sistema di segnalazione con le modalità indicate nel punto 4.6.

Nel corso della prima sequenza operativa, un malfunzionamento può essere considerato direttamente «confermato e attivo» senza essere stato prima un «DTC potenziale». A tale malfunzionamento devono essere assegnati gli stati «DTC in sospeso» e «DTC confermato e attivo».

Nel caso in cui si ripeta un malfunzionamento con lo stato precedentemente attivo, a tale malfunzionamento possono essere assegnati direttamente gli stati «DTC in sospeso» e «DTC confermato e attivo» senza che questi siano preceduti dallo stato «DTC potenziale». Se a tale malfunzionamento viene assegnato lo stato potenziale, lo stato precedentemente attivo deve essere anch'esso mantenuto fino a quando il malfunzionamento non diventa confermato o attivo.

Il sistema di monitoraggio deve stabilire se è presente un malfunzionamento prima della conclusione della sequenza operativa successiva al primo rilevamento dello stesso. A questo punto, deve essere memorizzato un DTC «confermato e attivo» e deve essere attivato il sistema di segnalazione con le modalità indicate nel punto 4.6.

Nel caso di una MECS reversibile (quindi se il funzionamento torna automaticamente alle modalità normali e la MECS viene disattivata al successivo avviamento del motore), non occorre che sia memorizzato un DTC «confermato e attivo» tranne nel caso in cui la MECS si attivi nuovamente prima della conclusione della sequenza operativa successiva. Nel caso di una MECS non reversibile, non appena la MECS si attiva deve essere memorizzato un DTC «confermato e attivo».

In alcuni casi specifici in cui ai sistemi di monitoraggio occorrono due o più sequenze operative per rilevare con precisione un malfunzionamento e confermarlo (nel caso quindi di sistemi di monitoraggio che usano modelli statistici o si riferiscono al consumo di fluidi del veicolo), il servizio amministrativo può autorizzare l'uso di più di due sequenze operative per il monitoraggio, purché il costruttore indichi i motivi che rendono necessario un periodo più lungo (ad es. presentando considerazioni tecniche, risultati sperimentali, esperienze interne ecc.).

Quando nel corso di una sequenza operativa completa non viene più rilevato un malfunzionamento confermato e attivo, all'inizio della sequenza operativa successiva il sistema assegna a tale malfunzionamento lo stato precedentemente attivo; tale stato viene mantenuto fino a quando il malfunzionamento viene cancellato tramite uno scanner o cancellato dalla memoria del computer con le modalità indicate nel punto 4.4.

Nota: le prescrizioni indicate nel presente punto sono illustrate nell'appendice 2.

4.4. **Prescrizioni relative alla cancellazione dei dati dell'OBD**

L'OBD non deve cancellare dalla memoria del computer i DTC e i dati pertinenti (compresi i dati freeze-frame) fino a che il DTC non sia rimasto nello stato precedentemente attivo per almeno 40 cicli di riscaldamento o 200 ore di funzionamento del motore, se questa condizione si verifica prima. Il sistema OBD deve cancellare tutti i DTC e i dati pertinenti (compresi i dati freeze-frame) su richiesta di uno scanner o di uno strumento usato per la manutenzione.

4.5. **Prescrizioni relative alla classificazione dei malfunzionamenti**

La classificazione dei malfunzionamenti precisa la classe a cui è assegnato un malfunzionamento allorché esso viene rilevato, conformemente alle prescrizioni del punto 4.2 del presente allegato.

Ogni malfunzionamento deve essere assegnato a un'unica classe durante la vita effettiva del veicolo, salvo il caso in cui l'autorità di omologazione o il costruttore stabilisca che è necessario assegnarlo a una classe diversa.

Se un malfunzionamento è tale da comportare classificazioni diverse a seconda dell'inquinante considerato o dell'effetto su altre capacità di monitoraggio, esso deve essere assegnato alla classe a cui è attribuita la priorità nella strategia di visualizzazione selettiva.

Se in seguito al rilevamento di un malfunzionamento viene attivata una MECS, tale malfunzionamento deve essere classificato in base all'effetto della MECS sulle emissioni, oppure al suo effetto su altre capacità di monitoraggio. Il malfunzionamento deve quindi essere assegnato alla classe a cui è attribuita la priorità nella strategia di visualizzazione selettiva.

4.5.1. Malfunzionamenti di classe A

Un malfunzionamento è assegnato alla classe A quando i valori limite per l'OBD (OTL) si presumono superati.

È inteso che per i malfunzionamenti di classe A le emissioni possono non essere essere superiori agli OTL.

4.5.2. Malfunzionamenti di classe B1

Un malfunzionamento è assegnato alla classe B1 quando sono presenti circostanze che potrebbero causare il superamento degli OTL ma non è possibile stimare esattamente l'effetto delle stesse sulle emissioni, che quindi possono essere superiori o inferiori agli OTL, a seconda dei casi.

Tra gli esempi di malfunzionamenti di classe B1 sono compresi malfunzionamenti rilevati da sistemi di monitoraggio che deducono i livelli delle emissioni in base ai valori rilevati da sensori o a una riduzione della capacità di monitoraggio.

I malfunzionamenti di classe B1 comprendono malfunzionamenti che limitano la capacità del sistema OBD di effettuare il monitoraggio di malfunzionamenti di classe A o B1.

4.5.3. Malfunzionamenti di classe B2

Un malfunzionamento è assegnato alla classe B2 quando sono presenti circostanze che si ritiene influenzino le emissioni senza però provocare il superamento degli OTL.

I malfunzionamenti che limitano la capacità del sistema OBD di effettuare il monitoraggio di malfunzionamenti di classe B2 sono assegnati alla classe B1 o B2.

4.5.4. Malfunzionamenti di classe C

Un malfunzionamento è assegnato alla classe C quando sono presenti circostanze che, se monitorate, si presume influenzino le emissioni senza però provocare il superamento dei limiti di emissione prescritti.

I malfunzionamenti che limitano la capacità del sistema OBD di effettuare il monitoraggio di malfunzionamenti di classe C sono assegnati alla classe B1 o B2.

4.6. **Sistema di segnalazione**

Il guasto di un componente del sistema di segnalazione non deve interrompere il funzionamento del sistema OBD.

4.6.1. Specifiche relative all'MI

La spia di malfunzionamento deve essere percepibile al conducente seduto al posto di guida in tutte le condizioni di illuminazione. La spia di malfunzionamento deve essere costituita da un segnale di avvertimento di colore giallo (secondo la definizione contenuta nell'allegato 5 del regolamento UNECE n. 7) o giallo ambra (secondo la definizione contenuta nell'allegato 5 del regolamento UNECE n. 6) corrispondente al simbolo F01 definito nella norma ISO 2575:2004.

4.6.2. Modalità di accensione dell'MI

A seconda del malfunzionamento o dei malfunzionamenti rilevati dal sistema OBD, l'MI deve accendersi conformemente a una delle modalità di attivazione descritte nella tabella seguente.

	Modalità di attivazione 1	Modalità di attivazione 2	Modalità di attivazione 3	Modalità di attivazione 4
Condizioni di attivazione	Nessun malfunzionamento	Malfunzionamento di classe C	Malfunzionamento di classe B e contatori di B1 < 200 h	Malfunzionamento di classe A o contatori di B1 > 200 h
Chiave «on», motore acceso	Nessuna segnalazione	Strategia di visualizzazione selettiva	Strategia di visualizzazione selettiva	Strategia di visualizzazione selettiva
Chiave «on» motore spento	Strategia di visualizzazione armonizzata	Strategia di visualizzazione armonizzata	Strategia di visualizzazione armonizzata	Strategia di visualizzazione armonizzata

La strategia di visualizzazione prevede che l'MI sia attivata in funzione della classe a cui è assegnato il malfunzionamento. Tale strategia deve essere protetta mediante codifica software; in condizioni ordinarie non deve essere possibile accedere a quest'ultima attraverso lo scanner.

La strategia di attivazione dell'MI con chiave in posizione di contatto, motore spento è descritta al punto 4.6.4.

Le figure B1 e B2 illustrano le strategie di attivazione prescritte con chiave in posizione di contatto («on»), motore acceso o spento.

Figura B1

Segnalazione della prova della lampadina e della disponibilità

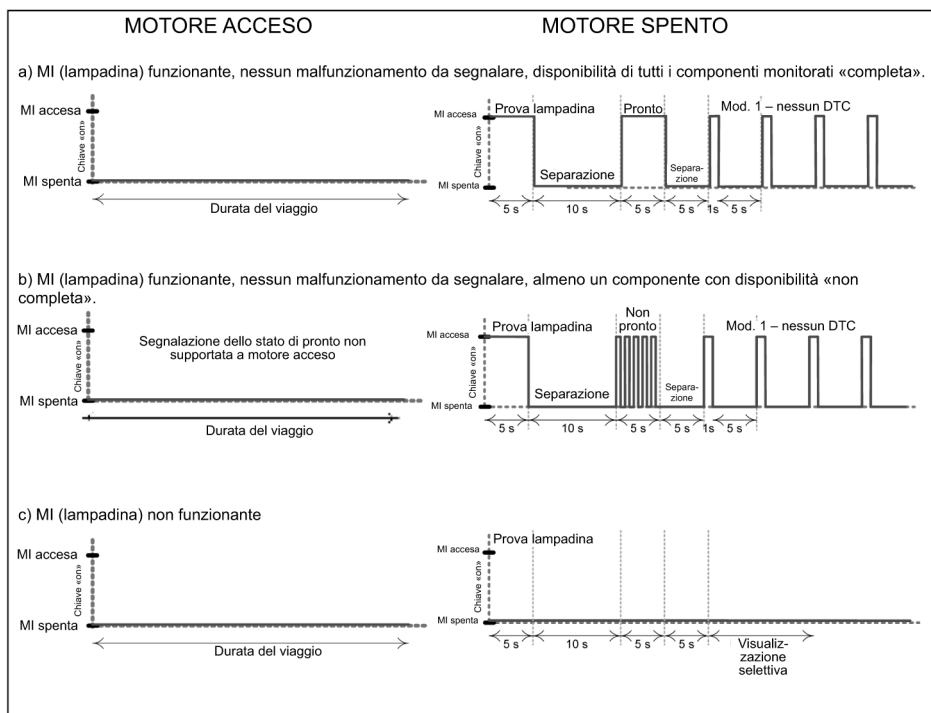
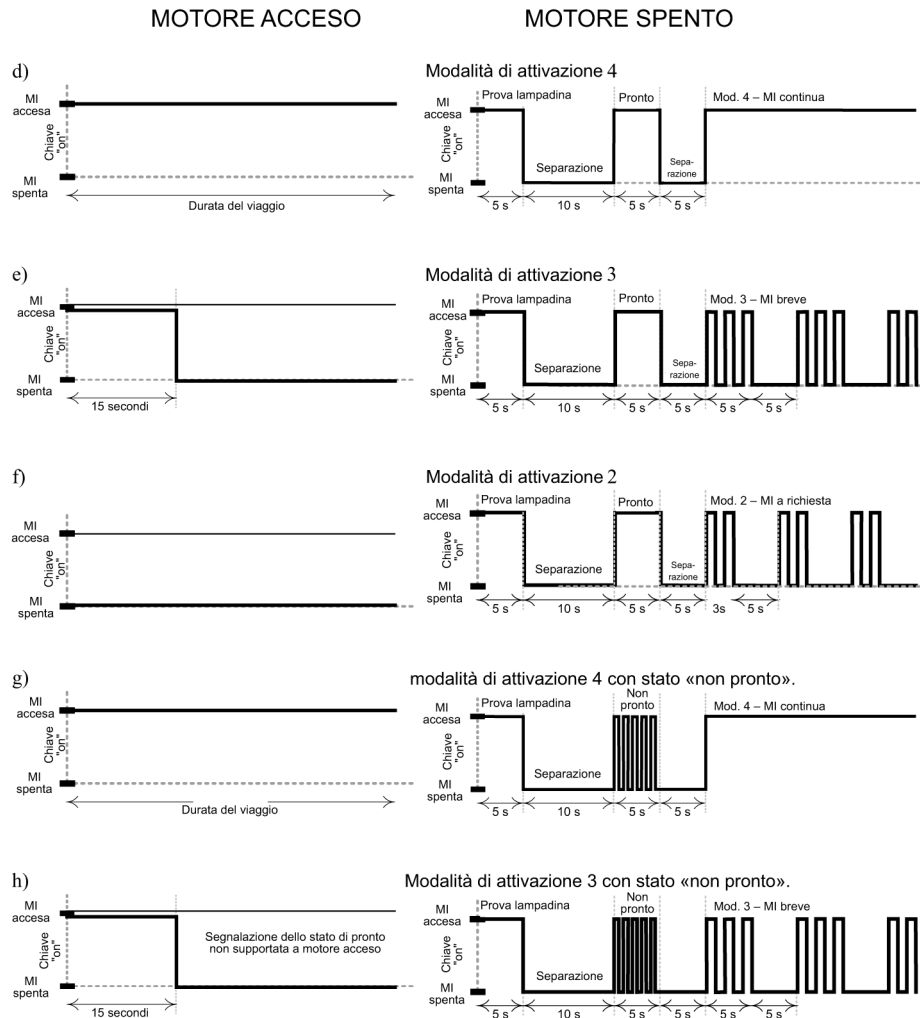


Figura B2

Strategia di visualizzazione dei malfunzionamenti: si può applicare solo la strategia selettiva

- Visualizzazione armonizzata
- - - Visualizzazione non selettiva
- Visualizzazione selettiva



4.6.3. Attivazione dell'MI con «motore acceso»

Quando la chiave viene posta in posizione di contatto («on») e il motore viene avviato (motore acceso), l'MI deve essere programmata per spegnersi salvo nel caso in cui siano soddisfatte le disposizioni del punto 4.6.3.1 e/o del punto 4.6.3.2.

4.6.3.1. Strategia di visualizzazione dell'MI

Ai fini dell'attivazione dell'MI, l'MI continua ha priorità sull'MI breve e sull'MI a richiesta; allo stesso modo, l'MI breve ha priorità sull'MI a richiesta.

4.6.3.1.1. Malfunzionamenti di classe A

Una volta memorizzato un DTC confermato associato a un malfunzionamento di classe A, l'OBD emette il comando «MI continua».

4.6.3.1.2. Malfunzionamenti di classe B

La prima volta che la chiave viene messa in posizione di contatto dopo la memorizzazione di un DTC confermato e attivo associato a un malfunzionamento di classe B, il sistema OBD emette il comando «MI breve».

Quando un contatore di B1 raggiunge 200 ore, il sistema OBD dà il comando «MI continua».

4.6.3.1.3. Malfunzionamento di classe C

Il costruttore può comunicare informazioni su malfunzionamenti di classe C attraverso l'uso di un'MI a richiesta; tali informazioni devono essere disponibili fino all'avviamento del motore.

4.6.3.1.4. Modalità di disattivazione dell'MI

Da «MI continua» si passa a «MI breve» se il monitoraggio è concentrato in un unico evento, se il malfunzionamento che in origine ha attivato l'MI continua non viene più rilevato nella sequenza operativa corrente e se non si attiva un'MI continua in conseguenza di un altro malfunzionamento.

L'MI breve» si disattiva se il malfunzionamento non viene rilevato in 3 sequenze operative consecutive e se l'MI non si attiva in conseguenza di un altro malfunzionamento di classe A o B.

4.6.4. Attivazione dell'MI con chiave in posizione di contatto/motore spento

L'attivazione dell'MI con chiave in posizione di contatto/motore spento si effettua in due sequenze di 5 secondi separate da un lasso di tempo in cui l'MI rimane spenta:

- a) la prima sequenza serve a indicare il corretto funzionamento dell'MI e la disponibilità dei componenti sottoposti a monitoraggio;
- b) la seconda sequenza serve a segnalare la presenza di un malfunzionamento.

La seconda sequenza viene ripetuta fino a quando il motore viene avviato (motore acceso) o la chiave viene posta in posizione «off».

4.6.4.1. MI funzionante/disponibilità

L'MI rimane accesa con indicazione fissa per 5 secondi per segnalare che funziona.

Successivamente, l'MI rimane spenta per 10 secondi.

L'MI rimane poi accesa per 5 secondi per segnalare che la disponibilità di tutti i componenti monitorati è completa.

L'MI lampeggia una volta al secondo per 5 secondi per segnalare che la disponibilità di uno o più componenti monitorati non è completa.

Successivamente, l'MI rimane spenta per 5 secondi.

4.6.4.2. Presenza/assenza di un malfunzionamento

Terminata la sequenza di cui al punto 4.6.4.1, l'MI indica la presenza di un malfunzionamento con una serie di lampeggi o un'illuminazione fissa, a seconda della modalità di attivazione applicabile (v. punti successivi), o l'assenza di malfunzionamenti con una serie di lampeggi singoli. Ad ogni lampeggio, l'MI resta accesa per 1 secondo quindi si spegne per 1 secondo; la serie di lampeggi è seguita da 5 secondi in cui l'MI rimane spenta.

Sono previste 4 modalità di attivazione. La modalità di attivazione 4 ha la priorità sulle modalità di attivazione 1, 2 e 3; la modalità di attivazione 3 ha la priorità sulle modalità di attivazione 1 e 2; la modalità di attivazione 2 ha la priorità sulla modalità di attivazione 1.

4.6.4.2.1. Modalità di attivazione 1: assenza di malfunzionamenti

L'MI lampeggia una volta.

4.6.4.2.2. Modalità di attivazione 2: «MI a richiesta»

L'MI lampeggia due volte se il sistema OBD richiede «MI a richiesta» in base alla strategia di visualizzazione selettiva descritta al punto 4.6.3.1.

4.6.4.2.3. Modalità di attivazione 3: «MI breve»

L'MI lampeggia tre volte se il sistema OBD richiede «MI breve» in base alla strategia di visualizzazione selettiva descritta al punto 4.6.3.1.

4.6.4.2.4. Modalità di attivazione 4: «MI continua»

L'MI rimane accesa con luce fissa (MI continua) se il sistema OBD richiede «MI continua» in base alla strategia di visualizzazione selettiva descritta al punto 4.6.3.1.

4.6.5. Contatori associati ai malfunzionamenti

4.6.5.1. Contatori dell'MI

4.6.5.1.1. Contatore di MI continua

Il sistema OBD deve essere dotato di un contatore di MI continua che registra il numero di ore di funzionamento del motore con l'MI continua attivata.

Il contatore di MI continua conta fino al valore massimo previsto in un contatore da 2 byte con risoluzione di 1 ora e mantiene tale valore tranne nel caso in cui sono soddisfatte le condizioni che consentono l'azzeramento del contatore.

Il contatore di MI continua funziona con le modalità seguenti:

- a) se parte da zero, il contatore di MI continua inizia a contare non appena si attiva l'MI continua;
- b) quando l'MI continua si disattiva, il contatore di MI continua si ferma e mantiene il valore raggiunto;
- c) se per 3 sequenze operative viene rilevato un malfunzionamento tale da provocare l'attivazione dell'MI continua, il contatore di MI continua riprende a contare dal valore su cui si era fermato;
- d) se dopo che sono state completate tre sequenze operative successive all'arresto del contatore viene rilevato un malfunzionamento tale da provocare l'attivazione dell'MI continua, il contatore di MI continua ricomincia a contare da zero;
- e) il contatore di MI continua si azzerava quando:
 - i) per 40 cicli di riscaldamento o 200 ore di funzionamento del motore, se questa condizione si verifica per prima, non viene rilevato alcun malfunzionamento tale da provocare un'MI continua; oppure
 - ii) lo scanner dell'OBD comanda al sistema OBD di azzerare i dati dell'OBD.

Figura C1

Illustrazione dei principi di attivazione dei contatori dell'MI

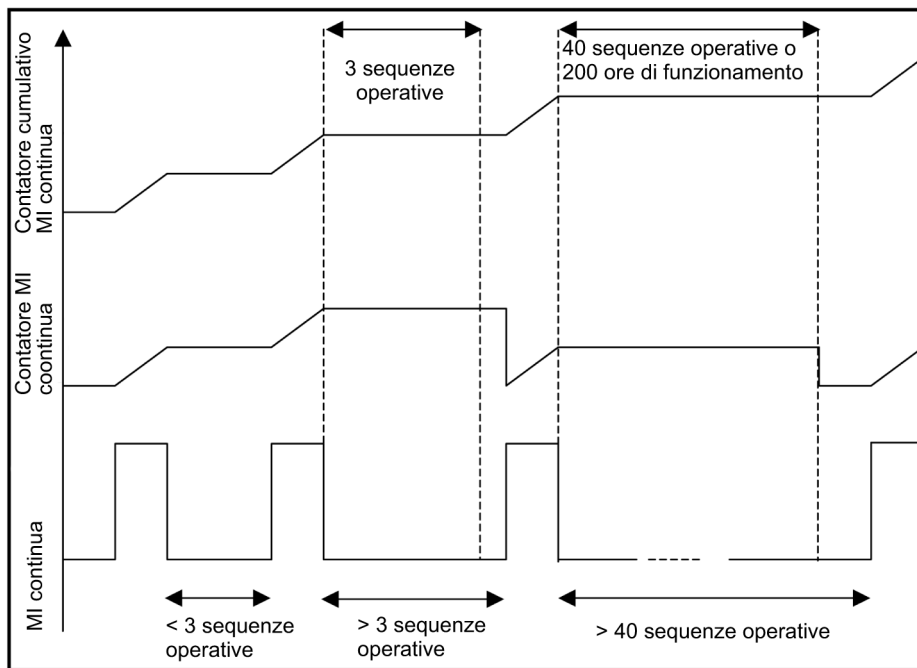
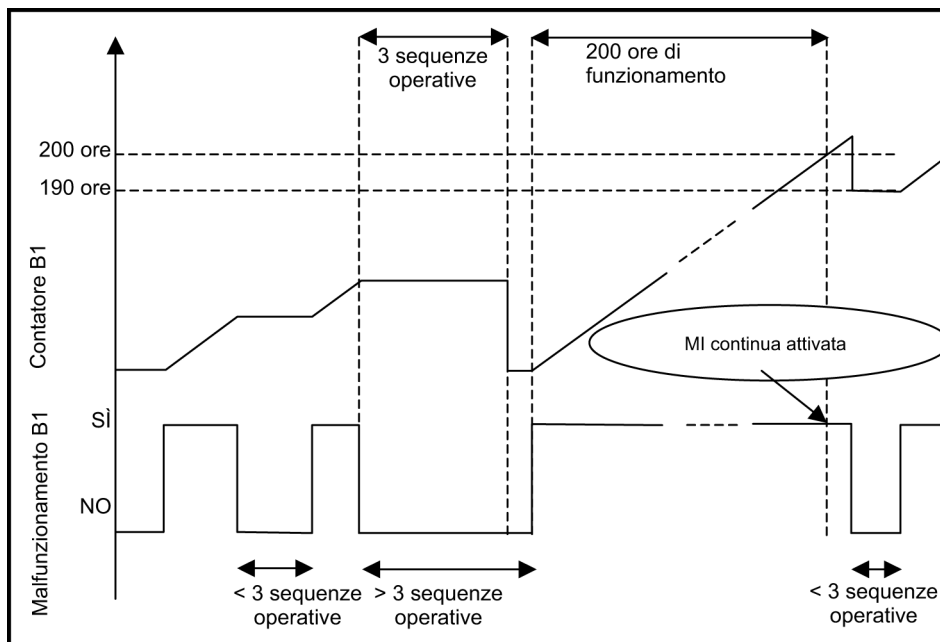


Figura C2

Illustrazione dei principi di attivazione del contatore di B1



4.6.5.1.2. Contatore cumulativo di MI continua

Il sistema OBD deve essere dotato di un contatore di MI continua che registra il numero totale di ore di funzionamento del motore con l'MI continua attivata nell'arco della vita del motore stesso.

Il contatore cumulativo di MI continua conta fino al valore massimo previsto in un contatore da 2 byte con risoluzione di 1 ora e mantiene tale valore.

Il contatore cumulativo di MI continua non deve azzerarsi in risposta a segnali del sistema motore o dello scanner o in seguito al distacco della batteria.

Il contatore cumulativo di MI continua funziona con le modalità seguenti:

- a) quando l'MI continua si attiva, il contatore cumulativo di MI continua inizia a contare;
- b) quando l'MI continua si disattiva, il contatore cumulativo di MI continua si ferma e mantiene il valore raggiunto;
- c) se l'MI continua si riattiva, il contatore cumulativo di MI continua riprende a contare dal valore su cui si era fermato.

La figura C1 illustra il principio di funzionamento del contatore cumulativo di MI continua; l'appendice 2 contiene alcuni esempi che ne illustrano la logica di funzionamento.

4.6.5.2. Contatori associati a malfunzionamenti di classe B1

4.6.5.2.1. Contatore di B1 singolo

Il sistema OBD deve essere dotato di un contatore di B1 che registra il numero di ore di funzionamento del motore con un malfunzionamento di classe B1.

Il contatore di B1 funziona con le modalità seguenti:

- a) non appena viene rilevato un malfunzionamento di classe B1 e viene memorizzato un DTC attivo e confermato, il contatore di B1 inizia a contare;
- b) se non viene rilevato alcun malfunzionamento di classe B1 confermato e attivo, o se tutti i malfunzionamenti di classe B1 sono cancellati per mezzo di uno scanner, il contatore di B1 si ferma e mantiene il valore raggiunto;
- c) se in tre sequenze operative viene rilevato un successivo malfunzionamento di classe B1, il contatore di B1 riprende a contare dal valore su cui si era fermato.

Nel caso in cui il contatore di B1 abbia superato 200 ore di funzionamento del motore, il sistema OBD imposta il contatore su 190 ore di funzionamento del motore quando il sistema medesimo stabilisce che un malfunzionamento di classe B1 non è più confermato e attivo, o quando tutti i malfunzionamenti di classe B1 sono cancellati per mezzo di uno scanner. Se in 3 sequenze operative è presente un successivo malfunzionamento di classe B1, il contatore di B1 inizia a contare da 190 ore di funzionamento del motore.

Trascorse tre sequenze operative in cui non sono rilevati malfunzionamenti di classe B1, il contatore di B1 si azzerava.

Nota: il contatore di B1 non indica il numero di ore di funzionamento del motore con un singolo malfunzionamento di classe B1.

Il valore del contatore di B1 può riferirsi al numero di ore accumulate con 2 o più diversi malfunzionamenti di classe B1, nessuno dei quali ha raggiunto il valore indicato dal contatore stesso.

Il contatore di B1 ha unicamente la funzione di stabilire quando deve attivarsi l'MI continua.

La figura C2 illustra il principio di funzionamento del contatore di B1; l'appendice 2 contiene alcuni esempi che ne illustrano la logica di funzionamento.

4.6.5.2.2. Contatori di B1 multipli

Un costruttore può utilizzare più di un contatore di B1. In tal caso, il sistema deve essere in grado di assegnare uno specifico contatore di B1 a ciascun malfunzionamento di classe B1.

Il controllo dei contatori di B1 specifici segue le stesse regole applicate ai contatori di B1 singoli; ciascun contatore di B1 specifico inizia a contare quando viene rilevato il malfunzionamento di classe B1 ad esso assegnato.

4.7. **Dati dell'OBD**

4.7.1. Dati registrati

Se un sistema esterno li richiede, i dati registrati dal sistema OBD devono essere messi a disposizione raggruppati nei pacchetti seguenti:

- a) dati sullo stato del motore;
- b) dati sui malfunzionamenti attivi che sono in relazione con le emissioni;
- c) dati per le riparazioni.

4.7.1.1. Dati sullo stato del motore;

Questi dati forniscono agli organismi preposti all'applicazione delle norme ⁽¹⁾ l'indicazione dello stato della spia di malfunzionamento con i relativi dati (ad es. contatore di MI continua, disponibilità).

Il sistema OBD deve fornire tutti i dati (conformemente alla norma applicabile indicata nell'appendice 6) affinché le apparecchiature esterne di prova e controllo possano acquisirli e mettere a disposizione degli organismi preposti all'applicazione le informazioni seguenti:

- a) strategia di visualizzazione selettiva/non selettiva;
- b) numero di identificazione del veicolo (VIN);
- c) presenza di una MI continua;
- d) disponibilità del sistema OBD;
- e) numero di ore di funzionamento del motore con l'ultima MI continua attivata (contatore di MI continua).

Questi dati devono essere di sola lettura (non azzerabili).

4.7.1.2. Dati sui malfunzionamenti attivi in relazione con le emissioni

Questi dati devono fornire a qualsiasi centro di ispezione ⁽²⁾ un sottoinsieme di dati dell'OBD in relazione con il motore tra cui lo stato della spia di malfunzionamento con i relativi dati (contatori dell'MI), nonché un elenco dei malfunzionamenti attivi/confermati delle classi A e B con i relativi dati (ad es. contatore di B1).

Il sistema OBD deve fornire tutti i dati (conformemente alla norma applicabile indicata nell'appendice 6) affinché le apparecchiature esterne di prova e ispezione possano acquisirli e mettere a disposizione degli ispettori i dati seguenti:

- a) numero dell'RTM (e della relativa revisione), da inserire nel marchio di omologazione previsto dal regolamento n. 49;
- b) strategia di visualizzazione selettiva/non selettiva;
- c) numero di identificazione del veicolo (VIN);
- d) stato della spia di malfunzionamento;
- e) disponibilità del sistema OBD;
- f) numero di cicli di riscaldamento e numero di ore di funzionamento del motore dopo l'ultimo azzeramento dei dati registrati dall'OBD;

⁽¹⁾ Un uso tipico di questo pacchetto di dati può essere la determinazione dettagliata dell'idoneità alla circolazione del sistema motore per quanto riguarda le emissioni.

⁽²⁾ Un uso tipico di questo pacchetto di dati può essere la determinazione dettagliata dell'idoneità alla circolazione del sistema motore per quanto riguarda le emissioni.

- g) numero di ore di funzionamento del motore con l'ultima MI continua attivata (contatore di MI continua);
- h) numero totale di ore di funzionamento con una MI continua (contatore cumulativo di MI continua);
- i) valore del contatore di B1 con il più alto numero di ore di funzionamento del motore;
- j) DTC confermati e attivi per malfunzionamenti di classe A;
- k) DTC confermati e attivi per malfunzionamenti di classe B (B1 e B2);
- l) DTC confermati e attivi per malfunzionamenti di classe B1;
- m) identificativi di taratura del software;
- n) numeri di verifica della taratura.

Questi dati devono essere di sola lettura (non azzerabili).

4.7.1.3. Dati per le riparazioni

Questi dati devono permettere ai tecnici addetti alle riparazioni di disporre di tutti i dati dell'OBD precisati nel presente allegato (ad es. dati freeze frame).

Il sistema OBD deve fornire tutti i dati (conformemente alla norma applicabile indicata nell'appendice 6) affinché le apparecchiature esterne di prova e riparazione possano acquisirli e mettere a disposizione dei tecnici addetti alle riparazioni le informazioni seguenti:

- a) numero dell'RTM (e della relativa revisione), da inserire nel marchio di omologazione previsto dal regolamento n. 49;
- b) numero di identificazione del veicolo (VIN);
- c) stato della spia di malfunzionamento;
- d) disponibilità del sistema OBD;
- e) numero di cicli di riscaldamento e numero di ore di funzionamento del motore dopo l'ultimo azzeramento dei dati registrati dall'OBD;
- f) stato del sistema di monitoraggio (disabilitato per il resto del ciclo in corso, disponibilità completa nel ciclo in corso o disponibilità non completa nel ciclo in corso) dopo l'ultimo spegnimento del motore per ciascun sistema di monitoraggio usato per determinare lo stato di disponibilità;
- g) numero di ore di funzionamento del motore dopo l'attivazione della spia di malfunzionamento (contatore di MI continua);
- h) DTC confermati e attivi per malfunzionamenti di classe A;
- i) DTC confermati e attivi per malfunzionamenti di classe B (B1 e B2);
- j) numero totale di ore di funzionamento con una MI continua (contatore cumulativo di MI continua);
- k) valore del contatore di B1 con il più alto numero di ore di funzionamento del motore;
- l) DTC confermati e attivi per malfunzionamenti di classe B1 e numero di ore di funzionamento del motore ricavato dal contatore o dai contatori di B1;
- m) DTC confermati e attivi per malfunzionamenti di classe C;

- n) DTC in sospenso con la relativa classe;
- o) DTC precedentemente attivi con la relativa classe;
- p) dati in tempo reale sui segnali dei sensori selezionati e supportati dagli OEM, nonché sui segnali di ingresso e uscita (v. punto 4.7.2 e appendice 5);
- q) dati freeze frame prescritti nel presente allegato (v. punto 4.7.1.4 e appendice 5);
- r) identificativi di taratura del software;
- s) numeri di verifica della taratura.

Il sistema OBD deve azzerare tutti i malfunzionamenti registrati del sistema motore e i relativi dati (dati sulle ore di funzionamento, freeze frame ecc.) secondo quanto stabilito nel presente allegato quando una richiesta in tal senso viene trasmessa attraverso le apparecchiature esterne di prova e riparazione conformemente alla norma applicabile indicata nell'appendice 6.

4.7.1.4. Dati freeze frame

Nell'istante in cui viene memorizzato un DTC potenziale o un DTC confermato e attivo su decisione del costruttore, deve essere memorizzato almeno un freeze frame di dati. Il costruttore può aggiornare i dati freeze frame ogniqualvolta viene nuovamente rilevato il DTC in sospenso.

I dati freeze frame devono indicare le condizioni operative del veicolo nell'istante in cui viene rilevato il malfunzionamento, nonché il DTC associato ai dati memorizzati. Il freeze frame deve inoltre contenere i dati indicati nella tabella 1 dell'appendice 5 del presente allegato, nonché tutti i dati delle tabelle 2 e 3 dell'appendice 5 del presente allegato che sono utilizzati per scopi di monitoraggio o controllo nell'unità di controllo specifica che ha memorizzato il DTC.

La memorizzazione dei dati freeze frame associati a un malfunzionamento di classe A deve avere la priorità rispetto alla memorizzazione dei dati associati a un malfunzionamento di classe B1, la quale a sua volta deve avere la priorità rispetto alla memorizzazione dei dati associati a un malfunzionamento di classe B2, la quale a sua volta deve avere la priorità sulla memorizzazione dei dati associati a un malfunzionamento di classe C. Il primo malfunzionamento rilevato deve avere la priorità sul malfunzionamento più recente, salvo quando il malfunzionamento più recente appartiene a una classe più elevata.

Nel caso di dispositivi monitorati dal sistema OBD e non contemplati dall'appendice 5, i dati freeze frame devono comprendere dati destinati ai sensori e agli attuatori del dispositivo considerato analoghi a quelli descritti nell'appendice 5. Una domanda di omologazione deve essere depositata presso il servizio amministrativo.

4.7.1.5. Disponibilità

La disponibilità deve essere impostata su «completa» quando un sistema di monitoraggio o un gruppo di sistemi di monitoraggio a cui si riferisce questo stato hanno funzionato successivamente all'ultima cancellazione effettuata su richiesta di uno scanner esterno. La disponibilità deve essere impostata su «non completa» quando i codici di guasto memorizzati sono cancellati su richiesta di uno scanner esterno.

Il normale spegnimento del motore non deve modificare la disponibilità.

Il costruttore può chiedere che, con il consenso del servizio amministrativo, lo stato di disponibilità di un sistema di monitoraggio sia impostato su «completa» senza che il monitoraggio sia stato completato se il monitoraggio è disabilitato per più sequenze operative a causa della presenza ininterrotta di condizioni operative estreme (ad es. bassa temperatura ambiente, altitudine elevata). In tale richiesta devono essere specificate le condizioni previste per la disabilitazione del sistema di monitoraggio e il numero di sequenze operative che si devono concludere senza il completamento del monitoraggio prima che l'indicazione relativa allo stato di disponibilità venga impostata su «completa».

4.7.2. Dati a flusso

Su richiesta, il sistema OBD deve rendere disponibili in tempo reale a uno scanner i dati indicati nelle tabelle da 1 a 4 dell'appendice 5 del presente allegato (i valori effettivi dei segnali sono da preferirsi ai valori surrogate).

Per i parametri di carico e coppia calcolati, il sistema OBD deve indicare i valori più accurati calcolati nell'unità elettronica di controllo pertinente (ad es. il computer di controllo del motore).

La tabella 1 dell'appendice 5 riporta l'elenco dei dati obbligatori dell'OBD riguardanti il carico e il regime del motore.

La tabella 2 dell'appendice 5 indica gli altri dati dell'OBD che devono essere indicati, se sono usati dal sistema delle emissioni o dal sistema OBD per abilitare o disabilitare uno qualsiasi dei sistemi di monitoraggio OBD.

La tabella 3 dell'appendice 5 mostra i dati che devono essere indicati se il motore è progettato per rilevarli per mezzo di sensori o calcolarli ⁽¹⁾. Il costruttore può decidere di aggiungere altri dati freeze frame o a flusso.

Nel caso di dispositivi monitorati dal sistema OBD e non contemplati dall'appendice 5 (ad es. SCR), i dati a flusso devono comprendere dati destinati ai sensori e agli attuatori del dispositivo considerato analoghi a quelli descritti nell'appendice 5. Una domanda di omologazione deve essere depositata presso il servizio amministrativo.

4.7.3. Accesso ai dati dell'OBD

I dati dell'OBD devono essere comunicati solo in conformità delle norme indicate nell'appendice 6 del presente allegato e nei punti seguenti ⁽²⁾.

L'accesso ai dati dell'OBD non deve essere subordinato all'uso di un codice di accesso o di un altro dispositivo o metodo che può essere ottenuto solo presso il costruttore o i suoi fornitori. Per l'interpretazione dei dati dell'OBD non deve essere necessaria una decodifica unica, salvo il caso in cui tali dati siano disponibili al pubblico.

Per il recupero dei dati dell'OBD deve essere previsto un unico metodo di accesso (ad es. punto/nodo di accesso unico). Tale metodo deve consentire l'accesso a tutti i dati dell'OBD prescritti dal presente allegato. Esso deve inoltre consentire l'accesso a specifici pacchetti di dati più piccoli, definiti nel presente allegato (ad es. sull'idoneità di un veicolo alla circolazione nel caso degli OBD relativi alle emissioni).

L'accesso ai dati dell'OBD deve effettuarsi utilizzando almeno una delle norme seguenti, indicate nell'appendice 6:

- a) ISO/PAS 27145 (protocollo CAN)
- b) ISO 27145 (protocollo TCP/IP)
- c) SAE J1939-71

Per accedere ai dati dell'OBD deve essere possibile utilizzare una connessione cablata.

I dati dell'OBD devono essere forniti a richiesta dal sistema OBD per mezzo di uno scanner conforme ai requisiti della norma pertinente indicata nell'appendice 6 (comunicazione con un tester esterno).

4.7.3.1. Comunicazione cablata con protocollo CAN

La velocità di comunicazione del collegamento dati cablato del sistema OBD deve essere di 250 kbps o 500 kbps.

È compito del costruttore selezionare il baud rate e progettare il sistema OBD conformemente ai requisiti delle norme indicate nell'appendice 6 e a cui si fa riferimento nel presente allegato. Il sistema OBD deve essere compatibile con il rilevamento automatico della velocità da parte delle apparecchiature esterne.

⁽¹⁾ Non è necessario dotare il motore degli equipaggiamenti corrispondenti al solo scopo di acquisire i dati indicati nelle tabelle 2 e 3 dell'allegato 5.

⁽²⁾ Per consentire l'accesso ai dati dell'OBD, il costruttore può usare un display diagnostico supplementare di bordo, ad es. un display montato sulla plancia. Tale dispositivo supplementare non è soggetto alle prescrizioni del presente allegato.

L'interfaccia di connessione tra il veicolo e le apparecchiature diagnostiche esterne (ad es. scanner) deve essere normalizzata e rispettare tutti i requisiti della norma ISO 15031-3 Type A (alimentazione 12 Vcc), Type B (alimentazione 24 Vcc) o SAE J1939-13 (alimentazione 12 o 24 Vcc).

4.7.3.2. [riservato per la comunicazione cablata con protocollo TCP/IP (Ethernet)]

4.7.3.3. Posizione del connettore

Il connettore deve essere situato all'interno del veicolo nella zona del vano piedi lato conducente nell'area delimitata dalla fiancata lato conducente del veicolo e dalla parete lato conducente della console centrale (o dalla mezzeria del veicolo se il veicolo non è dotato di console centrale), in un punto non più alto del punto inferiore del volante nella posizione di regolazione più bassa. Il connettore può non essere situato sulla o nella console centrale (né sulle superfici orizzontali in prossimità della leva del cambio, della leva del freno di stazionamento o dei portabicchieri, né sulle superfici verticali in prossimità dello stereo/radio, del climatizzatore o del navigatore). La posizione del connettore deve essere facilmente identificabile e accessibile (ad es. per il collegamento di uno strumento esterno). Per i veicoli muniti di portiera lato conducente, il connettore deve essere facilmente identificabile e accessibile per una persona in piedi (o accovacciata) all'esterno del veicolo sul lato conducente con la portiera lato conducente aperta.

Il servizio amministrativa può autorizzare, su richiesta del costruttore, una posizione alternativa a condizione che tale posizione sia facilmente accessibile e protetta contro danni accidentali nelle normali condizioni di impiego, ad esempio la posizione descritta nella serie di norme ISO 15031.

Se il connettore è coperto o è situato all'interno di un contenitore specifico, il coperchio o lo sportello del contenitore devono poter essere rimossi a mano senza l'uso di attrezzi e devono essere chiaramente identificati con la scritta «OBD» per consentire l'individuazione della posizione del connettore.

Il costruttore può installare sul veicolo connettori diagnostici e collegamenti dati supplementari rispetto a quelli prescritti per le funzioni dell'OBD, se tali connettori e collegamenti servono per scopi specifici del costruttore. Se il connettore supplementare è conforme a uno dei connettori diagnostici normalizzati autorizzati nell'appendice 6, solo il connettore prescritto dal presente allegato deve essere chiaramente identificato con la scritta «OBD» in modo che sia possibile distinguerlo da altri connettori simili.

4.7.4. Cancellazione/resettaggio dei dati dell'OBD per mezzo di uno scanner

Su richiesta dello scanner, i dati seguenti devono essere cancellati dalla memoria o reimpostati al valore specificato nel presente allegato.

Dati dell'OBD	Cancellabili	Reimpostabili ⁽¹⁾
Stato della spia di malfunzionamento		X
Disponibilità del sistema OBD		X
Numero di ore di funzionamento del motore dopo l'attivazione della spia di malfunzionamento (contatore di MI continua)	X	
Tutti i DTC	X	
Valore del contatore di B1 con il più alto numero di ore di funzionamento del motore		X
Numero di ore di funzionamento del motore indicato dal contatore o dai contatori di B1		X
Tutti i dati freeze frame prescritti dal presente allegato	X	

I dati dell'OBD non devono cancellarsi in seguito al distacco della batteria o delle batterie del veicolo.

⁽¹⁾ al valore specificato nel punto corrispondente del presente allegato.

4.8. **Sicurezza elettronica**

Ogni veicolo dotato di un'unità di controllo delle emissioni deve possedere caratteristiche tali da ostacolarne la modificazione, tranne che nei limiti consentiti dal costruttore. Il costruttore autorizza le modifiche necessarie per la diagnosi, la manutenzione programmata, l'ispezione, l'adeguamento o la riparazione del veicolo.

Tutti i codici informatici o parametri operativi riprogrammabili devono essere protetti contro la manomissione e presentare un livello di protezione almeno equivalente a quello previsto dalle norme ISO 15031-7 (SAE J2186) o J1939-73 a condizione che lo scambio di dati sulla sicurezza sia effettuato utilizzando i protocolli e il connettore diagnostico prescritto nel presente allegato. Tutti i circuiti di memoria di taratura asportabili devono essere rivestiti di resina, racchiusi in un contenitore sigillato o protetti da un algoritmo elettronico e devono poter essere sostituiti soltanto per mezzo di procedure o attrezzi appositi.

I parametri computerizzati di funzionamento del motore devono poter essere modificati soltanto per mezzo di procedure o attrezzi appositi [ad es. componenti di computer saldati o rivestiti di resina, o racchiusi in un contenitore sigillato (o saldato)].

Il costruttore deve prendere le misure necessarie per evitare la manomissione della regolazione della mandata massima di carburante dei veicoli in circolazione.

Il costruttore può inoltrare al servizio amministrativo una domanda di esenzione da una di tali prescrizioni per i veicoli che, verosimilmente, non richiedono tale protezione. I criteri che il servizio amministrativo prende in considerazione nel valutare una domanda di esenzione includono (in via non limitativa) la disponibilità corrente dei circuiti di memoria per il miglioramento delle prestazioni, la capacità del veicolo di produrre prestazioni elevate e il probabile volume di vendite dello stesso.

I costruttori che utilizzano sistemi di codifica computerizzati programmabili (ad esempio Electrical Erasable Programmable Read-Only Memory, EEPROM) devono ostacolarne la riprogrammazione non autorizzata. I costruttori devono adottare strategie sofisticate per prevenire la manomissione e funzioni di protezione contro la scrittura che rendano necessario l'accesso elettronico a un computer esterno posto sotto il loro controllo. Il servizio può autorizzare metodi alternativi che garantiscono un livello equivalente di protezione contro la manomissione.

4.9. **Durabilità del sistema OBD**

Il sistema OBD deve essere progettato e costruito in modo tale da consentire l'identificazione dei tipi di malfunzionamento per l'intera vita del veicolo o del sistema motore.

Tutte le prescrizioni supplementari relative alla durabilità dei sistemi OBD sono contenute nel presente allegato.

I sistemi OBD non devono essere programmati o comunque progettati per disattivarsi in parte o totalmente con il passare del tempo e/o l'accumulo di chilometraggio del veicolo nell'arco della durata effettiva in servizio del veicolo; allo stesso modo, non devono contenere algoritmi o strategie intesi a ridurre l'efficacia del sistema OBD con il passare del tempo.

5. **PRESCRIZIONI RELATIVE ALL'EFFICIENZA**

5.1. **Valori limite**

Gli OTL relativi ai criteri di monitoraggio applicabili di cui all'appendice 3 sono definiti nel corpo del presente regolamento.

5.2. **Disabilitazione temporanea del sistema OBD**

Le autorità di omologazione possono autorizzare la temporanea disabilitazione di un sistema OBD nelle condizioni precisate nei punti seguenti.

All'atto dell'omologazione, il costruttore deve fornire al servizio amministrativo la descrizione dettagliata di ciascuna delle strategie di disabilitazione temporanea del sistema OBD, nonché i dati e/o la valutazione ingegneristica atti a dimostrare che nelle condizioni in cui è prevista l'applicazione della strategia il monitoraggio sarebbe inattuabile o inattuabile.

In ogni caso, il monitoraggio deve riprendere una volta che non sono più presenti le condizioni che giustificano la disabilitazione temporanea.

5.2.1. Sicurezza di funzionamento del motore/veicolo

Il costruttore può chiedere che sia autorizzata la disabilitazione dei sistemi di monitoraggio OBD in caso di attivazione di strategie di funzionamento in sicurezza.

Non occorre che il sistema OBD valuti i componenti durante il loro malfunzionamento, se la valutazione comporta un rischio per la sicurezza di impiego del veicolo.

5.2.2. Temperatura ambiente e altitudine

Il costruttore può chiedere che sia autorizzata la disabilitazione dei sistemi di monitoraggio OBD in presenza di temperature ambiente all'avviamento del motore inferiori a 266 K (-7 gradi Celsius or 20 gradi Fahrenheit) o superiori a 308 K (35 gradi Celsius o 95 gradi Fahrenheit), o ad altitudini superiori a 2 500 metri (8 202 piedi) sul livello del mare.

Il costruttore può inoltre chiedere che sia approvata la disabilitazione di un sistema di monitoraggio OBD in presenza di temperature ambiente diverse all'avviamento del motore purché dimostri con opportuni dati e/o con una idonea valutazione ingegneristica che a temperatura ambiente il sistema produrrebbe una diagnosi errata a causa dell'effetto della temperatura sul componente (ad es. «congelamento» del componente).

Nota: le condizioni ambientali possono essere stimate con metodi indiretti; ad esempio, la temperatura ambiente può essere determinata in base a quella dell'aria di aspirazione.

5.2.3. Basso livello di carburante

Il costruttore può chiedere che sia autorizzata la disabilitazione di sistemi di monitoraggio influenzati da un basso livello del carburante o dall'esaurimento del carburante (ad es. diagnosi di malfunzionamenti del sistema di alimentazione o di accensioni irregolari). Il livello di carburante è considerato basso ai fini della disabilitazione se non supera 100 litri o il 20 per cento della capacità nominale del serbatoio di carburante, se questo valore è inferiore a 100 litri.

5.2.4. Tensione della batteria o dell'impianto elettrico

Il costruttore può chiedere che sia autorizzata la disabilitazione di sistemi di monitoraggio che possono essere influenzati dai livelli di tensione della batteria o dell'impianto elettrico del veicolo.

5.2.4.1. Tensione insufficiente

Il costruttore può chiedere che sia autorizzata la disabilitazione dei sistemi di monitoraggio influenzati da una tensione insufficiente della batteria o dell'impianto elettrico del veicolo quando la tensione della batteria o dell'impianto elettrico è inferiore al 90 per cento della tensione nominale (o a 11,0 Volt per una batteria a 12 Volt, 22,0 Volt per una batteria a 24 Volt). Il costruttore può chiedere che sia autorizzato l'uso di un valore limite di tensione più elevato di quello indicato ai fini della disabilitazione del monitoraggio.

Il costruttore deve dimostrare che alle tensioni considerate il monitoraggio sarebbe inattendibile e che il veicolo non potrebbe verosimilmente funzionare a lungo in tali condizioni, oppure che il sistema OBD effettua il monitoraggio della tensione della batteria e dell'impianto e rileva l'eventuale malfunzionamento alla tensione usata per disabilitare gli altri sistemi di monitoraggio.

5.2.4.2. Tensione eccessiva

Il costruttore può chiedere che sia autorizzata la disabilitazione dei sistemi di monitoraggio in relazione con le emissioni influenzati da una tensione eccessiva della batteria o dell'impianto elettrico quando la tensione della batteria o dell'impianto elettrico supera un valore definito dal costruttore stesso.

Il costruttore deve dimostrare che il monitoraggio al di sopra della tensione definita dal costruttore sarebbe inattendibile e che la spia del sistema di ricarica o dell'alternatore si accende (o che il voltmetro è nella «zona rossa»), oppure che il sistema OBD effettua il monitoraggio della tensione della batteria o dell'impianto e rileva l'eventuale malfunzionamento alla tensione usata per disabilitare gli altri sistemi di monitoraggio.

5.2.5. Presa di potenza attiva

Il costruttore può chiedere che sia autorizzata la disabilitazione temporanea dei sistemi di monitoraggio nei veicoli dotati di presa di potenza nelle condizioni in cui la presa di potenza è temporaneamente attiva.

5.2.6. Rigenerazione forzata

Il costruttore può chiedere che sia autorizzata la disabilitazione dei sistemi di monitoraggio OBD durante la rigenerazione forzata di un sistema di controllo delle emissioni a valle del motore (ad es. filtro antiparticolato).

5.2.7. AECS

Il costruttore può chiedere che sia autorizzata la disabilitazione dei sistemi di monitoraggio OBD mentre è operativa un'AECS, ivi compresa una MECS, in condizioni non contemplate nel punto 5.2 se la capacità di monitoraggio di un sistema di monitoraggio è influenzata dall'operatività di un'AECS.

6. PRESCRIZIONI RELATIVE ALLA DIMOSTRAZIONE

Per dimostrare la conformità alle prescrizioni del presente allegato, un sistema OBD deve essere sottoposto alle procedure seguenti:

- a) selezione del sistema motore capostipite-OBD. Il sistema motore capostipite-OBD è scelto dal costruttore d'accordo con il servizio amministrativo;
- b) dimostrazione della classificazione di un malfunzionamento. Il costruttore sottopone al servizio amministrativo la classificazione di ciascun malfunzionamento del sistema motore capostipite-OBD e i dati giustificativi necessari a motivare tale classificazione;
- c) qualificazione di un componente deteriorato. Su richiesta del servizio amministrativo, il costruttore deve mettere a disposizione componenti deteriorati da utilizzare per le prove dell'OBD. Tali componenti sono qualificati sulla base dei dati comunicati dal costruttore.

6.1. **Famiglia di OBD delle emissioni**

Spetta al costruttore determinare la composizione di una famiglia di OBD delle emissioni. Il raggruppamento di sistemi motore in una famiglia di OBD delle emissioni si effettua sulla base della buona pratica ingegneristica ed è subordinato all'approvazione del servizio amministrativo.

Motori che non appartengono alla stessa famiglia di motori possono comunque appartenere alla stessa famiglia di OBD delle emissioni.

6.1.1. Parametri che definiscono una famiglia di OBD delle emissioni

Una famiglia di OBD delle emissioni si caratterizza in base a parametri fondamentali di progettazione comuni a tutti i sistemi motore della famiglia.

Si considerano appartenenti alla stessa famiglia di motori-OBD sistemi motore che hanno in comune i seguenti parametri fondamentali:

- a) sistemi di controllo delle emissioni
- b) metodi di monitoraggio OBD
- c) criteri di monitoraggio dell'efficienza e dei componenti
- d) parametri di monitoraggio (ad es. frequenza).

Queste similitudini devono essere dimostrate dal costruttore per mezzo di opportune dimostrazioni tecniche o altre procedure e devono essere sottoposte al servizio amministrativo per approvazione.

Il costruttore può chiedere al servizio amministrativo di autorizzare differenze non significative dei metodi di monitoraggio/diagnosi del sistema di controllo delle emissioni del motore dovute a variazioni della configurazione del sistema motore, se tali metodi sono ritenuti simili dal costruttore e:

- a) le differenze sono motivate unicamente da specificità dei componenti considerati (ad es. dimensioni, flusso di gas di scarico ecc.); o

b) le similitudini sono stabilite in base alla buona valutazione ingegneristica.

6.1.2. Sistema motore capostipite-OBd

Affinché una famiglia di OBd delle emissioni sia conforme alle prescrizioni del presente allegato, è sufficiente che sia dimostrata la conformità del sistema motore capostipite-OBd.

La scelta del sistema motore capostipite-OBd è effettuata dal costruttore ed è subordinata all'approvazione del servizio amministrativo.

Prima delle prove, il servizio amministrativo può decidere di chiedere al costruttore di selezionare un motore aggiuntivo per le dimostrazioni.

Il costruttore può anche chiedere al servizio amministrativo di effettuare prove su motori aggiuntivi in modo da coprire tutta la famiglia di OBd delle emissioni.

6.2. Procedure di dimostrazione della classificazione dei malfunzionamenti

Il costruttore deve fornire al servizio amministrativo la documentazione che dimostri la corretta classificazione di ciascun malfunzionamento. La documentazione deve comprendere un'analisi del guasto (ad es. elementi di un'analisi dei modi di guasto e degli effetti del guasto», FMEA) e può comprendere anche:

- a) risultati di simulazioni
- b) risultati di prove
- c) riferimenti a classificazioni approvate in precedenza.

Nei punti seguenti sono riportate le prescrizioni per la dimostrazione della corretta classificazione, comprese le prescrizioni relative alle prove. Il numero minimo di prove è quattro e il numero massimo di prove è quattro volte il numero di famiglie di motori considerate nella famiglia di OBd delle emissioni. Il servizio amministrativo può decidere di interrompere le prove in qualsiasi momento prima del raggiungimento del numero massimo di prove.

In casi specifici in cui non è possibile effettuare le prove di classificazione (ad es. se si è attivata una MECS e il motore non può effettuare la prova), il malfunzionamento può essere classificato in base alla giustificazione tecnica. Questa eccezione deve essere documentata dal costruttore ed è subordinata all'approvazione del servizio amministrativo.

6.2.1. Dimostrazione dell'assegnazione alla classe A

L'assegnazione di un malfunzionamento alla classe A da parte del costruttore non è soggetta a prova di dimostrazione.

Se il servizio amministrativo non è d'accordo sull'assegnazione di un malfunzionamento alla classe A, esso impone l'assegnazione del malfunzionamento alla classe B1, B2 o C, a seconda dei casi.

In tal caso, il documento di omologazione deve indicare che la classificazione del malfunzionamento è stata effettuata su indicazione del servizio amministrativo.

6.2.2. Dimostrazione dell'assegnazione alla classe B1 (distinzione tra A e B1)

Per giustificare l'assegnazione di un malfunzionamento alla classe B1, la documentazione deve dimostrare chiaramente che, in determinate circostanze ⁽¹⁾, il malfunzionamento provoca emissioni inferiori agli OTL.

Nel caso in cui il servizio amministrativo richieda una prova di emissione per dimostrare l'assegnazione di un malfunzionamento alla classe B1, il costruttore deve dimostrare che le emissioni dovute a quel particolare malfunzionamento sono, in determinate circostanze, inferiori agli OTL:

- a) il costruttore seleziona le circostanze della prova d'accordo con il servizio amministrativo;

⁽¹⁾ L'età del sistema motore e l'uso di un componente nuovo o invecchiato per le prove sono esempi di circostanze che possono influenzare il superamento degli OTL e il periodo temporale in cui si produce il superamento.

- b) il costruttore non è tenuto a dimostrare che in altre circostanze le emissioni dovute al malfunzionamento sono effettivamente superiori agli OTL.

Se il costruttore non è in grado di dimostrare la fondatezza dell'assegnazione alla classe B1, il malfunzionamento è assegnato alla classe A.

6.2.3. Dimostrazione dell'assegnazione alla classe B1 (distinzione tra B2 e B1)

Se il servizio amministrativo non è d'accordo sull'assegnazione di un malfunzionamento alla classe B1 perché ritiene che gli OTL non siano superati, esso impone l'assegnazione del malfunzionamento alla classe B2 o C. In tal caso, i documenti di omologazione devono indicare che la classificazione del malfunzionamento è stata effettuata su indicazione del servizio amministrativo.

6.2.4. Dimostrazione dell'assegnazione alla classe B2 (distinzione tra B2 e B1)

Per giustificare l'assegnazione di un malfunzionamento alla classe B2, il costruttore deve dimostrare che le emissioni sono inferiori agli OTL.

Se il servizio amministrativo non è d'accordo sull'assegnazione di un malfunzionamento alla classe B2 perché ritiene che le emissioni superino gli OTL, esso può imporre al costruttore di dimostrare tramite una prova che le emissioni dovute al malfunzionamento sono inferiori agli OTL. Se il costruttore non è in grado di dimostrarlo, il servizio amministrativo assegna il malfunzionamento alla classe A o B1, il costruttore deve fornire la dimostrazione della classificazione corretta e la documentazione deve essere aggiornata.

6.2.5. Dimostrazione dell'assegnazione alla classe B2 (distinzione tra B2 e C)

Se il servizio amministrativo non è d'accordo sull'assegnazione di un malfunzionamento alla classe B2 perché ritiene che i limiti di emissione regolamentati non siano superati, esso assegna il malfunzionamento alla classe C. In tal caso, nei documenti di omologazione si deve indicare che la classificazione del malfunzionamento è stata effettuata su richiesta del servizio amministrativo.

6.2.6. Dimostrazione della assegnazione alla classe C

Per giustificare l'assegnazione di un malfunzionamento alla classe C, il costruttore deve dimostrare che le emissioni sono inferiori ai limiti di emissione regolamentati.

Se il servizio amministrativo non è d'accordo sull'assegnazione di un malfunzionamento alla classe C, esso può imporre al costruttore di dimostrare tramite una prova che le emissioni dovute al malfunzionamento sono inferiori ai limiti di emissione regolamentati.

Se il costruttore non è in grado di dimostrarlo, il servizio amministrativo richiede la riclassificazione del malfunzionamento, il costruttore deve dare la dimostrazione della classe assegnata e la documentazione deve essere aggiornata.

6.3. **Procedure per la dimostrazione dell'efficienza dell'OBD**

Il costruttore deve fornire al servizio amministrativo un fascicolo di documentazione completo che dimostri la conformità del sistema OBD per quanto riguarda la capacità di monitoraggio; tale fascicolo può comprendere:

- a) algoritmi e diagrammi delle decisioni
- b) risultati delle prove e/o simulazioni
- c) riferimenti a sistemi di monitoraggio già approvati, ecc.

Nei punti seguenti sono riportate le prescrizioni relative alla dimostrazione dell'efficienza dell'OBD, comprese le prescrizioni relative alle prove. Il numero minimo di prove è quattro e il numero massimo di prove è quattro volte il numero di famiglie di motori facenti parte della famiglia di OBD delle emissioni. Il servizio amministrativo può decidere di interrompere le prove in qualsiasi momento prima del raggiungimento del numero massimo di prove.

6.3.1. Procedure per la dimostrazione dell'efficienza dell'OBD mediante prove

Oltre a fornire i dati giustificativi di cui al punto 6.3, il costruttore deve dimostrare il monitoraggio corretto di specifici sistemi o componenti di controllo delle emissioni sottoponendoli a prova al banco motori conformemente alle procedure indicate al punto 7.2 del presente allegato.

In tal caso, il costruttore deve mettere a disposizione i componenti deteriorati qualificati o il dispositivo elettrico da usare per simulare un malfunzionamento.

Il corretto rilevamento del malfunzionamento da parte del sistema OBD e la corretta risposta dello stesso (indicazioni dell'MI, memorizzazione del DTC, ecc.) devono essere dimostrati come indicato al punto 7.2.

6.3.2. Procedure di qualificazione di un componente (o sistema) deteriorato

Il presente punto si applica ai casi in cui il malfunzionamento selezionato per una prova di dimostrazione dell'OBD viene monitorato per mezzo delle emissioni allo scarico⁽¹⁾ (monitoraggio dei valori limite di emissione — v. punto 4.2) in una prova di emissione, per la qualificazione del componente deteriorato.

In casi ben precisi, può non essere possibile ricorrere a prove per la qualificazione dei componenti o sistemi deteriorati (ad esempio se si è attivata una MECS e il motore non può effettuare la prova richiesta, ecc.). In questi casi, il componente deteriorato deve essere qualificato senza ricorrere a prove. Questa eccezione deve essere documentata dal costruttore ed è subordinata all'approvazione del servizio amministrativo.

6.3.2.1. Procedura di qualificazione di un componente deteriorato usato per dimostrare il rilevamento di malfunzionamenti delle classi A e B1

Nel caso in cui il malfunzionamento scelto dal servizio amministrativo provochi emissioni allo scarico che possono superare un valore limite per l'OBD, il costruttore deve dimostrare per mezzo di una prova di emissione effettuata conformemente al punto 7 che il componente o dispositivo deteriorato non provoca il superamento dell'OTL applicabile all'emissione considerata in misura eccedente il 20 per cento.

6.3.2.2. Qualificazione di componenti deteriorati usati per dimostrare il rilevamento di malfunzionamenti di classe B2

Nel caso di malfunzionamenti di classe B2 e su richiesta del servizio amministrativo, il costruttore deve dimostrare per mezzo di una prova di emissione effettuata conformemente al punto 7 che il componente o dispositivo deteriorato non provoca il superamento dell'OTL applicabile all'emissione considerata.

6.3.2.3. Qualificazione di componenti deteriorati usati per dimostrare il rilevamento di malfunzionamenti di classe C

Nel caso di malfunzionamenti di classe C e su richiesta del servizio amministrativo, il costruttore deve dimostrare per mezzo di una prova di emissione effettuata conformemente al punto 7 che il componente o dispositivo deteriorato non provoca il superamento del limite di emissione regolamentato applicabile all'emissione considerata.

6.3.3. Relazione di prova

La relazione di prova deve contenere almeno le informazioni indicate nell'appendice 4.

6.4. Omologazione di un sistema OBD che presenta anomalie

6.4.1. Le autorità di omologazione possono omologare su richiesta di un costruttore un sistema OBD anche se tale sistema contiene una o più anomalie.

Nel valutare tale richiesta, il servizio amministrativo deve stabilire se le prescrizioni enunciate nel presente allegato possono essere rispettate o se invece esse sono irragionevoli.

Il servizio amministrativo deve tenere conto dei dati forniti dal costruttore in relazione (ma non limitatamente) a fattori quali fattibilità tecnica, tempi e cicli di produzione, compresi l'introduzione o l'eliminazione di caratteristiche progettuali dei motori e l'aggiornamento programmato dei computer, la misura in cui il sistema OBD associato è in grado di rispettare le prescrizioni del presente allegato e il fatto che il costruttore abbia dimostrato di avere fatto uno sforzo accettabile per rispettare le prescrizioni del presente allegato.

Il servizio amministrativo non accetta la richiesta di ammettere anomalie che includano la completa assenza di un prescritto sistema di monitoraggio diagnostico (cioè la completa assenza dei sistemi di monitoraggio prescritti nell'appendice 3).

⁽¹⁾ Il presente punto sarà esteso in futuro a sistemi di monitoraggio diversi da quelli utilizzati per la misura dei valori limite delle emissioni.

6.4.2. Periodo in cui è ammessa un'anomalia

La presenza di un'anomalia è ammessa per un periodo di un anno dopo la data di omologazione del sistema motore.

Se il costruttore può dimostrare in modo adeguato al servizio amministrativo che per correggere l'anomalia sono necessari cambiamenti sostanziali del motore e tempi più lunghi, l'anomalia può essere ammessa per un ulteriore periodo di un anno, a condizione che il periodo totale non sia superiore a 3 anni (cioè che l'anomalia non sia ammessa per più di 3 volte, ogni volta per un anno).

Il costruttore non può chiedere la proroga del periodo in cui è ammessa l'anomalia.

7. PROCEDIMENTI DI PROVA

7.1. Modalità di prova

La dimostrazione mediante prova della corretta classificazione di un malfunzionamento e la dimostrazione mediante prova dell'efficienza di monitoraggio di un sistema OBD sono questioni da considerare separatamente. Ad esempio, un malfunzionamento di classe A non richiede una prova di classificazione ma può essere oggetto di una prova di efficienza dell'OBD.

Ove opportuno, la stessa prova può essere usata per dimostrare la corretta classificazione di un malfunzionamento, la qualificazione di un componente deteriorato fornito dal costruttore e il corretto monitoraggio ad opera del sistema OBD.

Il sistema motore su cui viene sottoposto a prova il sistema OBD deve essere conforme a quanto prescritto dal presente regolamento in materia di emissioni.

7.1.1. Modalità della prova per la dimostrazione della classificazione dei malfunzionamenti

Quando, conformemente a quanto indicato nel punto 6.2, il servizio amministrativo chiede al costruttore di giustificare mediante prove la classificazione di un malfunzionamento specifico, la dimostrazione di conformità è costituita da una serie di prove sulle emissioni.

Conformemente al punto 6.2.2, quando il servizio amministrativo impone l'effettuazione di prove per giustificare l'assegnazione di un malfunzionamento alla classe B1 anziché alla classe A, il costruttore deve dimostrare che le emissioni dovute a quel particolare malfunzionamento sono, in determinate circostanze, inferiori agli OTL:

- a) il costruttore seleziona le circostanze specifiche d'accordo con il servizio amministrativo;
- b) il costruttore non è tenuto a dimostrare che in altre circostanze le emissioni dovute al malfunzionamento sono effettivamente superiori agli OTL.

La prova sulle emissioni può essere ripetuta fino a tre volte su richiesta del costruttore.

Se in una qualsiasi di queste prove si registrano emissioni inferiori agli OTL considerati, la classificazione del malfunzionamento nella classe B1 è approvata.

Quando il servizio amministrativo impone l'effettuazione di prove per giustificare l'assegnazione di un malfunzionamento alla classe B2 anziché alla classe B1 o alla classe C anziché alla classe B2, la prova sulle emissioni non è ripetuta. Se le emissioni misurate nella prova sono superiori agli OTL o al limite di emissione, rispettivamente, il malfunzionamento deve essere riclassificato.

Nota: conformemente al punto 6.2.1, il presente punto non si applica ai malfunzionamenti assegnati alla classe A.

7.1.2. Modalità della prova per la dimostrazione dell'efficienza dell'OBD

Quando il servizio amministrativo chiede, in applicazione del punto 6.3, che siano effettuate prove sull'efficienza del sistema OBD, la dimostrazione di conformità si articola nelle fasi seguenti:

- a) il servizio amministrativo seleziona un malfunzionamento e il costruttore mette a disposizione un componente o sistema deteriorato corrispondente;

- b) ove opportuno e se richiesto, il costruttore dimostra per mezzo di una prova delle emissioni che il componente deteriorato è qualificato per una dimostrazione dell'efficienza del monitoraggio;
- c) il costruttore dimostra che la risposta del sistema OBD è conforme alle prescrizioni del presente allegato (indicazione dell'MI, memorizzazione del DTC, ecc.) al più tardi al termine della serie di cicli di prova dell'OBD.

7.1.2.1. Qualificazione del componente deteriorato

Quando il servizio amministrativo chiede al costruttore di qualificare un componente deteriorato mediante prove conformemente al punto 6.3.2, la dimostrazione deve essere effettuata eseguendo una prova delle emissioni.

Se è accertato che il montaggio di un componente o dispositivo deteriorato in un sistema motore non consente un confronto con i valori limite per l'OBD (ad es. perché non sono soddisfatte le condizioni statistiche per la convalida del ciclo di prova delle emissioni applicabile), il malfunzionamento di tale componente o dispositivo può essere considerato qualificato se il servizio amministrativo esprime il suo consenso sulla base della motivazione tecnica presentata dal costruttore.

Nel caso in cui con il montaggio di un componente o dispositivo deteriorato su un motore non sia possibile raggiungere la curva di pieno carico (determinata con un motore che funziona correttamente) durante la prova, il componente o dispositivo deteriorato può essere considerato qualificato se il servizio amministrativo esprime il suo consenso sulla base della motivazione tecnica presentata dal costruttore.

7.1.2.2. Rilevamento dei malfunzionamenti

Ciascun sistema di monitoraggio selezionato dal servizio amministrativo per essere sottoposto a prova al banco di prova motori deve rispondere all'introduzione di un componente deteriorato qualificato in modo rispondente alle prescrizioni del presente allegato in due cicli di prova dell'OBD consecutivi conformi al punto 7.2.2 del presente allegato.

Nel caso in cui nella descrizione del monitoraggio sia stato specificato che per un sistema di monitoraggio specifico occorrono più di due sequenze operative per completare il monitoraggio, il numero di cicli di prova dell'OBD può essere aumentato in base alla richiesta del costruttore previo consenso del servizio amministrativo.

Nella prova di dimostrazione, ogni ciclo di prova dell'OBD deve essere separato dagli altri mediante lo spegnimento del motore. Nel tempo che trascorre fino all'avviamento successivo si deve tenere conto delle eventuali attività di monitoraggio effettuate dopo lo spegnimento del motore e di ogni condizione necessaria che deve sussistere affinché sia effettuato il monitoraggio all'avviamento successivo.

La prova è considerata terminata non appena il sistema OBD ha risposto in modo conforme alle prescrizioni del presente allegato.

7.2. Prove applicabili

La prova delle emissioni è il ciclo di prova usato per la misura delle emissioni regolamentate.

Il ciclo di prova dell'OBD è il ciclo di prova usato nella valutazione dell'efficienza del sistema di monitoraggio OBD. In molti casi, questi cicli di prova coincidono.

7.2.1. Ciclo di prova delle emissioni

Il ciclo di prova previsto nel presente allegato per la misurazione delle emissioni è il ciclo di prova WHTC descritto nell'allegato 10.

7.2.2. Ciclo di prova dell'OBD

Il ciclo di prova dell'OBD armonizzato a livello mondiale previsto nel presente allegato è la parte a caldo del ciclo WHTC descritto nell'allegato 10.

Su richiesta del costruttore e previo consenso del servizio amministrativo, la parte a freddo del ciclo WHTC può essere usata come ciclo alternativo per le prove sull'OBD. La richiesta deve essere corredata di elementi (considerazioni tecniche, risultati di prove, simulazioni, ecc.) che dimostrino che:

- a) il ciclo di prova richiesto permette di dimostrare l'idoneità del sistema di monitoraggio per le condizioni di guida reali, e

- b) il ciclo di prova dell'OBD armonizzato a livello mondiale o accettato a livello regionale è palesemente meno adatto per il monitoraggio considerato (ad es. per il monitoraggio del consumo di fluidi).

7.2.3. Condizioni di effettuazione delle prove

Le condizioni (temperatura, altitudine, qualità del carburante ecc.) di effettuazione delle prove di cui ai punti 7.2.1 e 7.2.2 sono quelle prescritte per il ciclo di prova WHTC descritto nell'allegato 10.

Nel caso di una prova delle emissioni effettuata allo scopo di giustificare l'assegnazione di uno specifico malfunzionamento alla classe B1, le condizioni della prova possono, per decisione del costruttore, essere diverse da quelle indicate nei punti precedenti conformemente al punto 6.2.2.

7.3. **Relazione di prova**

La relazione di prova deve contenere almeno le informazioni indicate nell'appendice 4.

8. PRESCRIZIONI RELATIVE ALLA DOCUMENTAZIONE

8.1. **Documentazione per l'omologazione**

Il costruttore deve presentare un fascicolo di documentazione comprendente una descrizione completa del sistema OBD. Il fascicolo deve essere composto da due parti:

- a) una prima parte, anche concisa, in cui sono addotti dati obiettivi sui rapporti tra sistema di monitoraggio, sensori/attuatori e condizioni di utilizzo (cioè vengano descritte tutte le condizioni in cui i sistemi di monitoraggio possono funzionare e quelle in cui invece non possono funzionare). La documentazione deve descrivere il funzionamento dell'OBD, compresa la graduatoria dei malfunzionamenti all'interno della classificazione gerarchica. Il materiale presentato viene trattenuto dal servizio amministrativo. Le informazioni in esso contenute possono essere messe a disposizione di terzi su richiesta;
- b) una seconda parte contenente tutti i dati, comprese le informazioni dettagliate sui componenti o sistemi deteriorati e sui risultati delle relative prove, utilizzati a sostegno del processo di decisione di cui sopra, e un elenco di tutti i segnali di ingressi e uscita disponibili al motore e monitorati dal sistema OBD. Questa seconda parte deve anche descrivere schematicamente ogni strategia di monitoraggio e il processo di decisione.

La seconda parte della documentazione rimane strettamente riservata. Può essere conservata dal servizio amministrativo oppure, a discrezione del servizio amministrativo, dal costruttore ma deve essere messa a disposizione per le verifiche ispettive del servizio amministrativo al momento dell'omologazione o in qualsiasi altro momento durante il periodo di validità dell'omologazione.

8.1.1. Documentazione relativa a ciascun componente o sistema monitorato

La documentazione inclusa nella seconda parte deve comprendere, in via non limitativa, le informazioni seguenti per ciascun componente o sistema monitorato:

- a) malfunzionamenti e relativi DTC;
- b) metodo di monitoraggio utilizzato per il rilevamento dei malfunzionamenti;
- c) parametri utilizzati e condizioni necessarie per il rilevamento dei malfunzionamenti e, se applicabile, limiti dei criteri di guasto (monitoraggio dell'efficienza e dei componenti);
- d) criteri di memorizzazione dei DTC;
- e) «durata temporale» del monitoraggio (cioè tempo/procedimento operativo necessario per completare il monitoraggio) e «frequenza» del monitoraggio (ad es. continuo, una volta per viaggio ecc.).

8.1.2. Documentazione relativa alla classificazione dei malfunzionamenti

La documentazione inclusa nella seconda parte deve comprendere, in via non limitativa, le informazioni indicate di seguito per la classificazione dei malfunzionamenti.

La classificazione dei malfunzionamenti di ciascun DTC deve essere documentata. Tale classificazione può essere diversa per i diversi tipi di motori (ad es. in funzione della potenza del motore) della stessa famiglia di OBD delle emissioni.

Le informazioni incluse nella documentazione devono comprendere la giustificazione tecnica prescritta al punto 4.2 del presente allegato per l'assegnazione alla classe A, B1 o B2.

8.1.3. Documentazione relativa alla famiglia di OBD delle emissioni

La documentazione inclusa nella seconda parte deve comprendere, in via non limitativa, le informazioni indicate di seguito per la famiglia di OBD delle emissioni.

Deve essere fornita una descrizione della famiglia di OBD delle emissioni. La descrizione deve comprendere un elenco e una descrizione dei tipi di motori facenti parte della famiglia, la descrizione del sistema motore capostipite-OBD nonché tutti gli elementi che caratterizzano la famiglia secondo quanto indicato al punto 6.1.1 del presente allegato.

Se la famiglia di OBD delle emissioni comprende motori appartenenti a famiglie di motori diverse, deve essere fornita una descrizione riassuntiva di queste famiglie di motori.

Inoltre, il costruttore deve fornire un elenco di tutti gli elementi elettronici di input e output e l'identificazione del protocollo di comunicazione utilizzato da ciascuna famiglia di OBD delle emissioni.

8.2. **Documentazione per l'installazione di un sistema motore munito di OBD**

Il costruttore del motore deve includere nei documenti sull'installazione del sistema motore prescrizioni atte ad assicurare che il veicolo, utilizzato su strada o altrove a seconda dei casi, rispetti le prescrizioni del presente allegato. Tale documentazione deve comprendere, in via non limitativa:

- a) le prescrizioni tecniche dettagliate, comprese le disposizioni che assicurano la compatibilità con il sistema OBD del sistema motore;
- b) la procedura di verifica da effettuare.

L'esistenza e l'adeguatezza delle prescrizioni relative all'installazione possono essere controllate durante il processo di omologazione del sistema motore.

Nota: se il costruttore di un veicolo chiede l'omologazione diretta dell'installazione del sistema OBD sul veicolo, tale documentazione non è richiesta.

8.3. **Documentazione riguardante le informazioni relative all'OBD**

Devono essere rispettate le prescrizioni dell'appendice 7.

9. APPENDICI

Appendice 1: Omologazione dell'installazione dei sistemi OBD

Appendice 2: Malfunzionamenti — Illustrazione dello stato del DTC — Illustrazione delle modalità di attivazione dell'MI e dei contatori

Appendice 3: Prescrizioni relative al monitoraggio

Appendice 4: Relazione di conformità tecnica

Appendice 5: Dati freeze-frame e dati a flusso

Appendice 6: Norme di riferimento

Appendice 7: Documentazione riguardante le informazioni relative all'OBD

*Appendice 1***Omologazione dell'installazione dei sistemi OBD**

La presente appendice prende in considerazione il caso in cui il costruttore del veicolo chieda l'omologazione dell'installazione su un veicolo di uno o più sistemi OBD che fanno parte di una famiglia di OBD delle emissioni e di cui è certificata la conformità alle prescrizioni del presente allegato.

In questo caso, oltre al rispetto dei requisiti generali contenuti nel presente allegato, il costruttore è tenuto a dimostrare la corretta installazione del sistema o dei sistemi OBD. Tale dimostrazione deve essere effettuata tramite gli opportuni elementi progettuali, risultati delle prove di verifica ecc. e deve riguardare la conformità dei seguenti elementi alle prescrizioni del presente allegato:

- a) installazione a bordo del veicolo per quanto riguarda la compatibilità del sistema OBD con il sistema motore;
- b) MI (pittogramma, modalità di attivazione, ecc.);
- c) interfaccia di comunicazione cablata.

Devono essere effettuati controlli sulla corretta illuminazione dell'MI, sulla memorizzazione delle informazioni e sulla comunicazione tra l'OBD e dispositivi esterni e viceversa; tali controlli non devono però obbligare a smontare il sistema motore (ad es. può essere sufficiente staccare i collegamenti elettrici).

Appendice 2

Malfunzionamenti

Illustrazione dello stato dei DTC

Illustrazione delle modalità di attivazione dell'MI e dei contatori

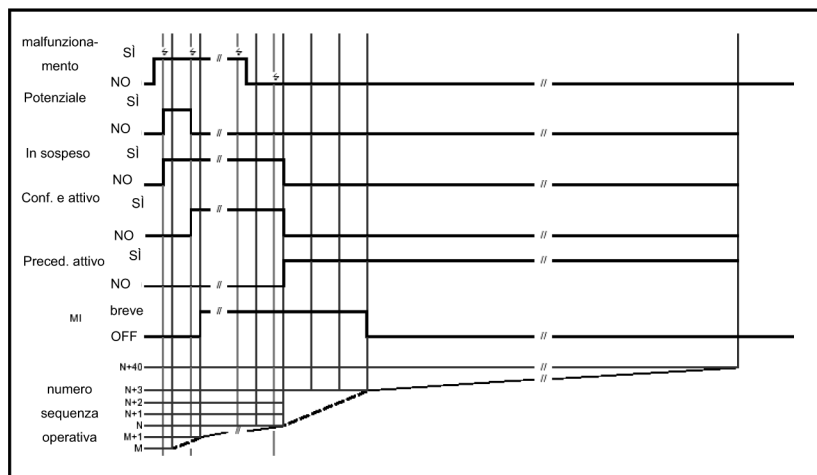
La presente appendice illustra le prescrizioni indicate nei punti 4.3 e 4.6.6 del presente allegato.

Contiene le figure seguenti:

- Figura 1: stato del DTC nel caso di un malfunzionamento di classe B1
 Figura 2: stato del DTC nel caso di 2 diversi malfunzionamenti consecutivi di classe B1
 Figura 3: stato del DTC nel caso di un malfunzionamento ripetuto di classe B1
 Figura 4: malfunzionamento di classe A, attivazione dell'MI e dei contatori dell'MI
 Figura 5: malfunzionamento di classe B1, attivazione del contatore di B1 in 5 casi.

Figura 1

Stato del DTC nel caso di un malfunzionamento di classe B1



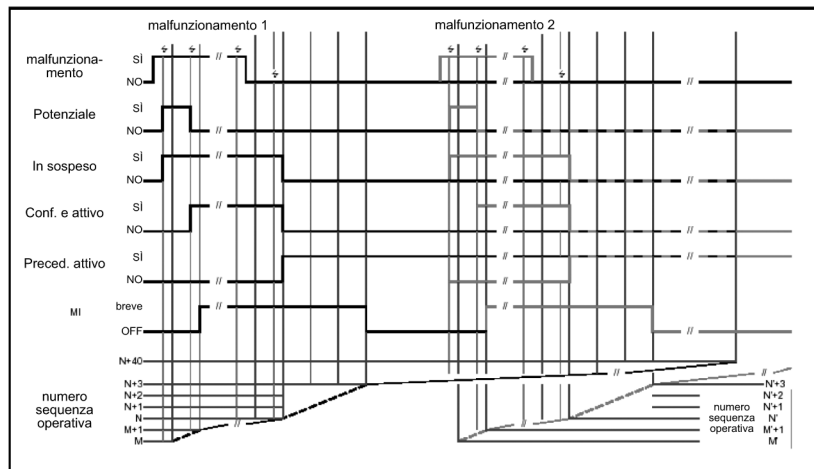
Note:

- ↔ — indica il punto in cui si effettua il monitoraggio del malfunzionamento considerato
- N, M — questo allegato prescrive che debbano essere identificate sequenze operative «essenziali» in cui si producono determinati eventi, e che debbano essere contate le sequenze operative successive. Per illustrare tale prescrizione, alle sequenze operative «essenziali» sono stati attribuiti i valori N e M.

Ad esempio, M indica la prima sequenza operativa dopo che è stato rilevato un potenziale malfunzionamento e N indica la sequenza operativa in cui l'MI si disattiva (OFF).

Figura 2

Stato del DTC nel caso di 2 diversi malfunzionamenti consecutivi di classe B1

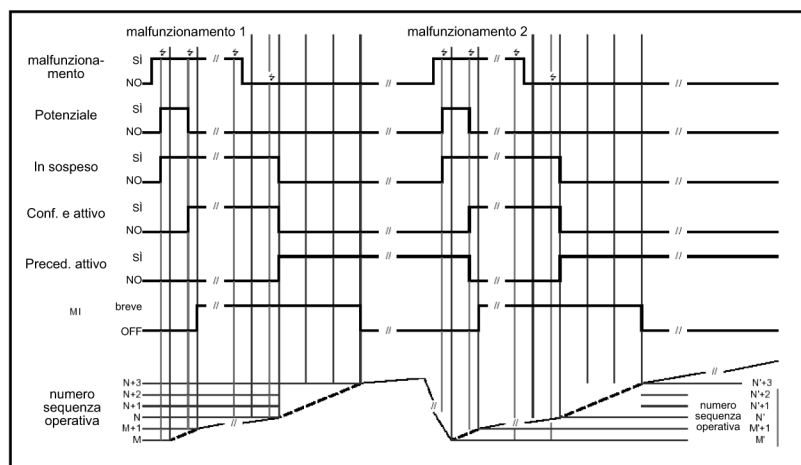


Note:

- ⚡ — indica il punto in cui si effettua il monitoraggio del malfunzionamento considerato
- N, M, N', M' — questo allegato prescrive che debbano essere identificate sequenze operative «essenziali» in cui si producono determinati eventi, e che debbano essere contate le sequenze operative successive. Per illustrare tale prescrizione, alle sequenze operative «essenziali» sono stati attribuiti i valori N e M per il primo malfunzionamento, e N' e M' per il secondo malfunzionamento.
Ad esempio, M indica la prima sequenza operativa dopo che è stato rilevato un potenziale malfunzionamento e N indica la sequenza operativa in cui l'MI si disattiva (OFF).
- N + 40 — è la quarantesima sequenza operativa dopo il primo spegnimento dell'MI o 200 ore di funzionamento del motore, se questa condizione si verifica per prima.

Figura 3

Stato del DTC nel caso di un malfunzionamento ripetuto di classe B1



Note:

- ⚡ — indica il punto in cui si effettua il monitoraggio del malfunzionamento considerato

N, M, N', M' — questo allegato prescrive che debbano essere identificate sequenze operative «essenziali» in cui si producono determinati eventi, e che debbano essere contate le sequenze operative successive. Per illustrare tale prescrizione, alle sequenze operative «essenziali» sono stati attribuiti i valori N e M per la prima occorrenza di un malfunzionamento, e N' e M' per la seconda occorrenza.

Ad esempio, M indica la prima sequenza operativa dopo che è stato rilevato un potenziale malfunzionamento e N indica la sequenza operativa in cui l'MI si disattiva (OFF).

Figura 4

Malfunzionamento di classe A, attivazione dell'MI e dei contatori dell'MI

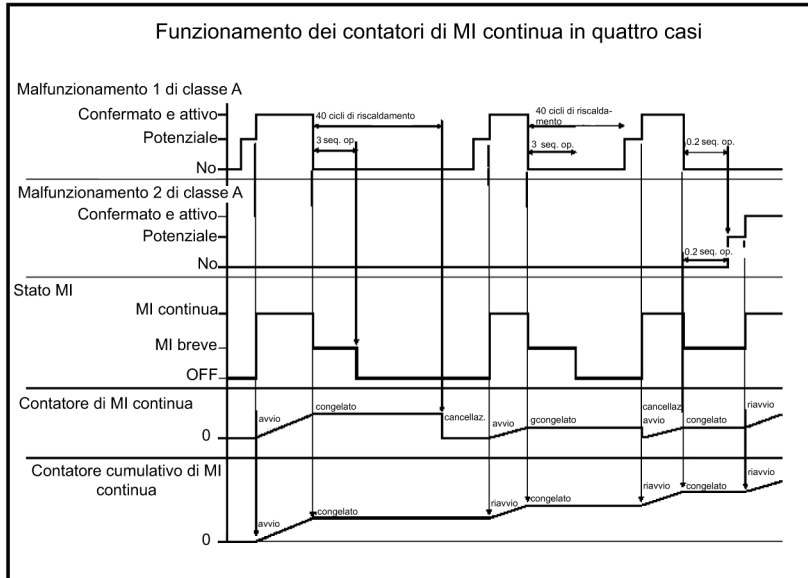
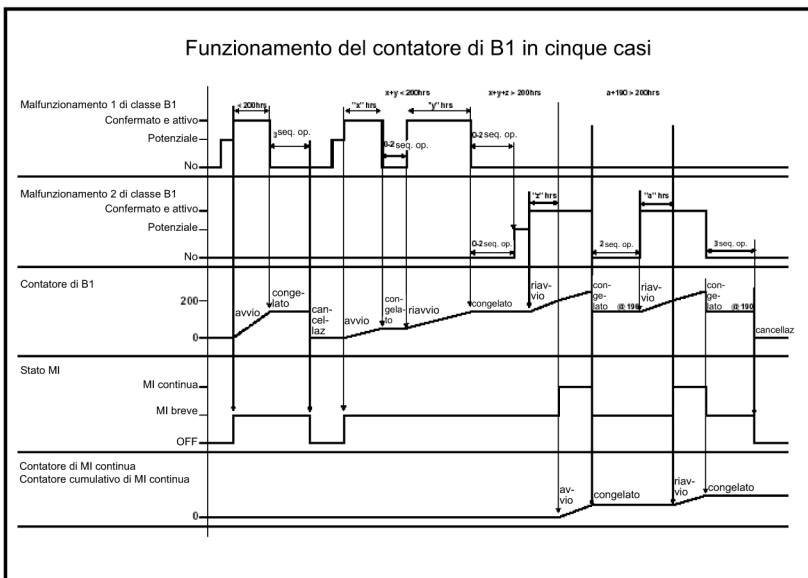


Figura 5

Malfunzionamento di classe B1, attivazione del contatore di B1 in 5 casi.



Nota:

In questo esempio, si ipotizza che ci sia un unico contatore di B1.

Appendice 3

Prescrizioni relative al monitoraggio

Le diverse parti di questa appendice elencano i sistemi o componenti che devono essere monitorati dal sistema OBD, conformemente a quanto indicato nel punto 4.2.

PARTE 1

MONITORAGGIO DEI COMPONENTI ELETTRICI/ELETRONICI

I componenti elettrici/elettronici usati per controllare o monitorare i sistemi di controllo delle emissioni descritti nella presente appendice sono soggetti a monitoraggio dei componenti conformemente a quanto indicato nel punto 4.1 del presente allegato. Tali componenti comprendono (ma l'elenco non è limitativo) sensori di pressione, sensori di temperatura, sensori del gas di scarico, iniettori per l'iniezione di carburante nel gas di scarico o iniettori di riduzione, elementi riscaldanti o bruciatori nella linea di scarico, candelette di preriscaldamento, dispositivi di riscaldamento dell'aria di aspirazione.

Se esiste un anello di retroazione, il sistema OBD deve monitorare la capacità del sistema di mantenere la retroazione così come previsto (ad es. avvio della retroazione entro il lasso di tempo specificato dal costruttore, incapacità del sistema di assicurare la retroazione, superamento delle possibilità di regolazione della retroazione consentite dal costruttore) — monitoraggio dei componenti.

PARTE 2

FILTRO ANTIPARTICOLATO DIESEL (DPF) O TRAPPOLA PER PARTICOLATO

Il sistema OBD deve monitorare il corretto funzionamento dei seguenti elementi del DPF nei motori che ne sono muniti:

- a) substrato del DPF: presenza del substrato del DPF — monitoraggio di difetto funzionale totale
- b) prestazioni del DPF: intasamento del DPF — monitoraggio di difetto funzionale totale
- c) prestazioni del DPF: processi di filtrazione e rigenerazione (ad es. accumulo di particolato durante il processo di filtrazione ed eliminazione del particolato durante il processo di rigenerazione forzata) — monitoraggio dell'efficienza (ad esempio valutazione dei parametri misurabili del DPF quali la contropressione o la pressione differenziale, il che può non essere sufficiente per rilevare tutte le modalità di guasto che possono ridurre l'efficienza di filtrazione).

PARTE 3

MONITORAGGIO DELLA RIDUZIONE CATALITICA SELETTIVA(SCR)

Ai fini della parte 3 dell'appendice 3, per SCR si intende il sistema di riduzione catalitica selettiva o un altro dispositivo di catalizzazione degli NO_x con funzionamento in magro. Il sistema OBD deve monitorare il corretto funzionamento dei seguenti elementi del sistema SCR nei motori che ne sono muniti:

- a) sistema di iniezione dell'agente riducente attivo/intrusivo: capacità del sistema di erogare correttamente l'agente riducente, sia che l'erogazione avvenga mediante iniezione nella linea di scarico, sia che avvenga nel cilindro — monitoraggio dell'efficienza;
- b) agente riducente attivo/intrusivo: disponibilità a bordo dell'agente riducente, consumo corretto dell'agente riducente qualora si utilizzi un agente diverso dal carburante (ad es. urea) — monitoraggio dell'efficienza;
- c) agente riducente attivo/intrusivo: nella misura del possibile, qualità dell'agente riducente qualora si utilizzi un agente diverso dal carburante (ad es. urea) — monitoraggio dell'efficienza.

PARTE 4

TRAPPOLA PER NO_x CON FUNZIONAMENTO IN MAGRO (LNT, O ADSORBITORE DI NO_x)

Il sistema OBD deve monitorare il corretto funzionamento dei seguenti elementi del sistema LNT nei motori che ne sono muniti:

- a) capacità dell'LNT: capacità del sistema LNT di adsorbire/immagazzinare e convertire gli NO_x — monitoraggio dell'efficienza;
- b) sistema di iniezione dell'agente riducente attivo/intrusivo dell'LNT: capacità del sistema di erogare correttamente l'agente riducente, sia che l'erogazione avvenga mediante iniezione nella linea di scarico, sia che avvenga nel cilindro — monitoraggio dell'efficienza.

PARTE 5

MONITORAGGIO DEL CATALIZZATORE OSSIDANTE PER MOTORI DIESEL (DOC)

La parte 5 dell'appendice 3 si applica a DOC separati da altri sistemi di post-trattamento. I DOC incorporati in un sistema di post-trattamento sono oggetto della parte corrispondente della presente appendice.

Il sistema OBD deve monitorare il corretto funzionamento dei seguenti elementi del DOC nei motori che ne sono muniti:

- a) efficienza di conversione degli HC: capacità del DOC di convertire gli HC a monte di altri dispositivi di post-trattamento — monitoraggio di difetto funzionale totale;
- b) efficienza di conversione degli HC: capacità del DOC di convertire gli HC a valle di altri dispositivi di post-trattamento — monitoraggio di difetto funzionale totale;

PARTE 6

MONITORAGGIO DEL SISTEMA DI RICIRCOLO DEI GAS DI SCARICO (EGR)

Il sistema OBD deve monitorare il corretto funzionamento dei seguenti elementi del sistema EGR nei motori che ne sono muniti:

- a) portata bassa/alta dell'EGR: capacità del sistema EGR di mantenere la portata programmata, rilevando sia condizioni di «portata troppo bassa» che condizioni di «portata troppo alta» — monitoraggio dei valori limite di emissione;
- b) lentezza di risposta dell'attuatore dell'EGR: capacità del sistema EGR di raggiungere la portata programmata, una volta ricevuto il comando, entro il lasso di tempo specificato dal costruttore — monitoraggio dell'efficienza;
- c) raffreddamento insufficiente del dispositivo di raffreddamento dell'EGR: capacità del sistema di raffreddamento dell'EGR di ottenere il raffreddamento raccomandato dal costruttore — monitoraggio dell'efficienza.

PARTE 7

MONITORAGGIO DEL SISTEMA DI ALIMENTAZIONE DEL CARBURANTE

Il sistema OBD deve monitorare il corretto funzionamento dei seguenti elementi del sistema di alimentazione del carburante nei motori che ne sono muniti:

- a) controllo della pressione del sistema di alimentazione del carburante: capacità del sistema di alimentazione del carburante di ottenere la pressione del carburante programmata con controllo in anello chiuso — monitoraggio dell'efficienza;
- b) controllo della pressione del sistema di alimentazione del carburante: capacità del sistema di alimentazione del carburante di ottenere la pressione del carburante programmata con controllo in anello chiuso nei casi in cui il sistema è costruito in modo da poter regolare la pressione indipendentemente dagli altri parametri — monitoraggio dell'efficienza;
- c) fasatura dell'iniezione di carburante: capacità del sistema di alimentazione di carburante di ottenere la fasatura programmata per almeno un ciclo di iniezione quando il motore è dotato dei sensori appropriati — monitoraggio dell'efficienza.

PARTE 8

SISTEMA DI GESTIONE ARIA E DI CONTROLLO DELLA PRESSIONE DI SOVRALIMENTAZIONE NEL TURBOCOMPRESSORE

Il sistema OBD deve monitorare il corretto funzionamento dei seguenti elementi del sistema di gestione aria e di controllo della pressione di sovralimentazione nel turbocompressore nei motori che ne sono muniti:

- a) pressione di sovralimentazione troppo bassa/troppo elevata: capacità del sistema EGR di mantenere la pressione di sovralimentazione programmata, rilevando sia condizioni di «pressione di sovralimentazione troppo bassa» che condizioni di «pressione di sovralimentazione troppo alta» — monitoraggio dei valori limite di emissione;
- b) lentezza di risposta della turbina a geometria variabile (VGT): capacità del sistema VGT di ottenere la geometria programmata entro il lasso di tempo specificato dal costruttore — monitoraggio dell'efficienza;
- c) raffreddamento dell'aria di sovralimentazione: efficienza di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione — monitoraggio di difetto funzionale totale.

PARTE 9

SISTEMA DI FASATURA VARIABILE (VVT)

Il sistema OBD deve monitorare il corretto funzionamento dei seguenti elementi del sistema di fasatura variabile (VVT) nei motori che ne sono muniti:

- a) mancato raggiungimento della fasatura richiesta da parte del sistema VVT: capacità del sistema VVT di raggiungere la fasatura programmata — monitoraggio dell'efficienza;
- b) lentezza di risposta della VVT: capacità del sistema VVT di ottenere la fasatura programmata, una volta ricevuto il comando, entro il lasso di tempo specificato dal costruttore — monitoraggio dell'efficienza.

PARTE 10

MONITORAGGIO DELLE ACCENSIONI IRREGOLARI

Nessuna prescrizione.

PARTE 11

MONITORAGGIO DEL SISTEMA DI VENTILAZIONE DEL BASAMENTO

Nessuna prescrizione.

PARTE 12

MONITORAGGIO DEL SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO DEL MOTORE

Il sistema OBD deve monitorare il corretto funzionamento dei seguenti elementi del sistema di raffreddamento del motore:

- a) temperatura del liquido di raffreddamento (termostato): termostato bloccato aperto. Il monitoraggio del termostato non è obbligatorio se il malfunzionamento non disabilita altri sistemi di monitoraggio del sistema OBD — monitoraggio di difetto funzionale totale.

Il monitoraggio della temperatura del liquido di raffreddamento o del sensore di temperatura del liquido di raffreddamento non è necessario se la temperatura del liquido di raffreddamento o il sensore di temperatura del liquido di raffreddamento non sono utilizzati per attivare la regolazione ad anello chiuso/retroazione di un sistema di controllo delle emissioni e/o non provocano la disattivazione di altri sistemi di monitoraggio.

I costruttori possono sospendere o ritardare il funzionamento del sistema di monitoraggio per il tempo necessario a raggiungere la temperatura di attivazione della regolazione ad anello chiuso se il motore è sottoposto a condizioni che possono falsare i risultati della diagnosi (ad es. funzionamento del motore al minimo per più del 50-75 per cento del tempo di riscaldamento).

PARTE 13

MONITORAGGIO DEL SENSORE DEL GAS DI SCARICO

Il sistema OBD deve monitorare il corretto funzionamento degli elementi elettrici dei sensori del gas di scarico sui motori che ne sono muniti conformemente alla parte 1 della presente appendice.

PARTE 14

MONITORAGGIO DEL SISTEMA DI CONTROLLO DEL MINIMO

Il sistema OBD deve monitorare il corretto funzionamento degli elementi elettrici dei sistemi di controllo del minimo sui motori che ne sono dotati conformemente alla parte 1 della presente appendice.

Appendice 4

Relazione di conformità tecnica

Questa relazione è rilasciata dal servizio amministrativo, secondo quanto disposto ai punti 6.3.3 e 7.3, dopo l'esame di un sistema OBD o di una famiglia di OBD delle emissioni quando tale sistema o famiglia soddisfa le prescrizioni della presente appendice.

Nella relazione si deve fare riferimento con esattezza alla presente appendice (indicando anche il numero di versione), nonché al presente regolamento (indicando anche il numero di versione).

La relazione si compone di un frontespizio in cui è indicata la conformità finale del sistema OBD o della famiglia di OBD delle emissioni e delle 5 parti seguenti:

Parte 1	INFORMAZIONI SUL SISTEMA OBD
Parte 2	INFORMAZIONI SULLA CONFORMITÀ DEL SISTEMA OBD
Parte 3	INFORMAZIONI SULLE ANOMALIE
Parte 4	INFORMAZIONI SULLE PROVE DI DIMOSTRAZIONE DEL SISTEMA OBD
Parte 5	PROTOCOLLO DI PROVA

La relazione tecnica e le parti da cui è composta devono contenere almeno tutti gli elementi indicati negli esempi che seguono.

Nella relazione deve essere indicato che la riproduzione o pubblicazione di estratti della relazione non è consentita se non con l'autorizzazione scritta del servizio amministrativo che ha sottoscritto la relazione.

RELAZIONE DI CONFORMITÀ FINALE

Il fascicolo di documentazione e il sistema OBD/la famiglia di OBD delle emissioni in esso descritti sono conformi alle prescrizioni del regolamento seguente:

Regolamento .../versione .../data di applicazione

RTM .../A + B/versione .../data

La relazione di conformità tecnica si compone di ... pagine.

Luogo, data:

Autore (nome e firma)

Servizio amministrativo (name, timbro)

Parte 1 della relazione di conformità tecnica (esempio)

INFORMAZIONI SUL SISTEMA OBD

1. Tipo di omologazione richiesta

<i>Omologazione richiesta</i>	
— Omologazione di un singolo sistema OBD	Sì/NO
— Omologazione di una famiglia di OBD delle emissioni	Sì/NO
— Omologazione di un sistema OBD in quanto componente di una famiglia di OBD delle emissioni omologata	Sì/NO
— Estensione per inclusione di un nuovo sistema motore in una famiglia di OBD delle emissioni	Sì/NO
— Estensione per modifica progettuale con effetti sul sistema OBD	Sì/NO
— Estensione per riclassificazione di un malfunzionamento	Sì/NO

2. Informazioni sul sistema OBD

<i>Omologazione di un singolo sistema OBD</i>	
— tipo (tipi) ⁽¹⁾ di famiglia di sistemi motore (se del caso, v. punto 6.1 del presente allegato), o tipo (tipi) ⁽¹⁾ di sistema motore	....
— Descrizione dell'OBD (fornita dal costruttore): riferimento e data	....
<i>Omologazione di una famiglia di OBD delle emissioni</i>	
— Elenco delle famiglie di motori facenti parte della famiglia di OBD delle emissioni (se del caso, v. punto 6.1)	....
— Tipo ⁽¹⁾ di sistema motore capostipite della famiglia di OBD delle emissioni	....
— Elenco dei tipi di motori ⁽¹⁾ facenti parte della famiglia di OBD delle emissioni	....
— Descrizione dell'OBD (fornita dal costruttore): riferimento e data	....
<i>Omologazione di un sistema OBD in quanto componente di una famiglia di OBD delle emissioni omologata</i>	
— Elenco delle famiglie di motori facenti parte della famiglia di OBD delle emissioni (se del caso, v. punto 6.1)	....
— Tipo ⁽¹⁾ di sistema motore capostipite della famiglia di OBD delle emissioni	....
— Elenco dei tipi di motori ⁽¹⁾ facenti parte della famiglia di OBD delle emissioni	....
— Nome della famiglia di sistemi motore cui è riferibile il nuovo sistema OBD (se del caso)	....
— Tipo ⁽¹⁾ di sistema motore cui è riferibile il nuovo sistema OBD	....
— Descrizione estesa dell'OBD (fornita dal costruttore): riferimento e data	....
<i>Estensione per inclusione di un nuovo sistema motore in una famiglia di OBD delle emissioni</i>	
— Elenco (esteso se necessario) delle famiglie di motori cui è riferibile la famiglia di OBD delle emissioni (se del caso, v. punto 6.1)	....
— Elenco (esteso se necessario) dei tipi di motori ⁽¹⁾ facenti parte della famiglia di OBD delle emissioni	....
— Tipo aggiornato (nuovo o invariato) ⁽¹⁾ di sistema motore capostipite della famiglia di OBD delle emissioni	....
— Descrizione estesa dell'OBD (fornita dal costruttore): riferimento e data	....
<i>Estensione per modifica progettuale con effetti sul sistema OBD</i>	
— Elenco delle famiglie di motori (se del caso) cui è riferibile la modifica progettuale	....
— Elenco dei tipi di motori ⁽¹⁾ cui è riferibile la modifica progettuale	....
— Tipo aggiornato (se del caso, nuovo o invariato) ⁽¹⁾ di sistema motore capostipite della famiglia di OBD delle emissioni	....
— Descrizione dell'OBD modificato (fornita dal costruttore): riferimento e data	....
<i>Estensione per riclassificazione di un malfunzionamento</i>	
— Elenco delle famiglie di motori (se del caso) cui è riferibile la riclassificazione	....
— Elenco dei tipi di motori ⁽¹⁾ cui è riferibile la riclassificazione	....
— Descrizione dell'OBD modificato (fornita dal costruttore): riferimento e data	....

⁽¹⁾ Come indicato nel documento di omologazione

Parte 2 della relazione di conformità tecnica (esempio)

INFORMAZIONI SULLA CONFORMITÀ DEL SISTEMA OBD

1. Fascicolo di documentazione

Gli elementi forniti dal costruttore nel fascicolo di documentazione della famiglia di OBD delle emissioni sono completi e conformi alle prescrizioni del punto 8 del presente allegato riguardo agli aspetti seguenti:	
— documentazione relativa a ciascun componente o sistema monitorato	Sì/NO
— documentazione relativa a ciascun DTC	Sì/NO
— documentazione relativa alla classificazione dei malfunzionamenti	Sì/NO
— documentazione relativa alla famiglia di OBD delle emissioni	Sì/NO
La documentazione prescritta nel punto 8.2 del presente allegato per l'installazione di un sistema OBD in un veicolo è stata fornita dal costruttore nel fascicolo di documentazione, è completa ed è conforme alle prescrizioni del presente allegato:	Sì/NO
L'installazione del sistema motore dotato del sistema OBD è conforme all'appendice 1 del presente allegato:	Sì/NO

2. Contenuto della documentazione

<i>Monitoraggio</i>	
— I sistemi di monitoraggio sono conformi alle prescrizioni del punto 4.2 del presente allegato:	Sì/NO
<i>Classificazione</i>	
— La classificazione dei malfunzionamenti è conforme alle prescrizioni del punto 4.5 del presente allegato:	Sì/NO
<i>Modalità di attivazione dell'MI</i>	
— In base a quanto indicato nel punto 4.6.3 del presente allegato, le modalità di attivazione dell'MI sono:	Selettive/non selettive
L'attivazione e lo spegnimento della spia di malfunzionamento sono conformi alle prescrizioni del punto 4.6 del presente allegato:	Sì/NO
<i>Registrazione e cancellazione dei DTC</i>	
— La registrazione e la cancellazione dei DTC sono conformi alle prescrizioni dei punti 4.3 e 4.4 del presente allegato:	Sì/NO
<i>Disabilitazione del sistema OBD</i>	
— Le strategie descritte nel fascicolo di documentazione per la disconnessione o la disabilitazione temporanee del sistema OBD sono conformi alle prescrizioni del punto 5.2 del presente allegato	Sì/NO
<i>Sicurezza del sistema elettronico</i>	
— Le misure descritte dal costruttore per la sicurezza del sistema elettronico sono conformi alle prescrizioni del punto 4.8 del presente allegato	Sì/NO

Parte 3 della relazione di conformità tecnica (esempio)

INFORMAZIONI SULLE ANOMALIE

Numero di anomalie del sistema OBD	(ad es. 4 anomalie)
Le anomalie sono conformi alle prescrizioni del punto 6.4 del presente allegato:	Sì/NO
Anomalia n. 1	
— Oggetto dell'anomalia	ad es. misura della concentrazione di urea (SCR) con le tolleranze definite
— Periodo in cui è ammessa l'anomalia	ad es. un anno/sei mesi dopo la data di omologazione

(Descrizione delle anomalie da 2 a n-1)	
Anomalia n. n	
— Oggetto dell'anomalia	ad es. misura della concentrazione di NH ₃ a monte del sistema SCR
— Periodo in cui è ammessa l'anomalia	ad es. un anno/sei mesi dopo la data di omologazione

Parte 4 della relazione di conformità tecnica (esempio)

PROVE DI DIMOSTRAZIONE DEL SISTEMA OBD

1. Risultati delle prove sul sistema OBD

<i>Risultati delle prove</i> Il sistema OBD descritto nel fascicolo di documentazione conforme di cui sopra ha superato le prove prescritte nel punto 6 del presente allegato, effettuate per dimostrare la conformità dei sistemi di monitoraggio e delle classificazioni di malfunzionamento elencati nella parte 5:	Sì/NO
---	-------

Informazioni particolareggiate sulle prove di dimostrazione effettuate sono riportate nella parte 5.

1.1. Sistema OBD sottoposto a prova sul banco di prova motori

<i>Motore</i>	
— Denominazione del motore (costruttore e denominazione commerciale):	....
— Tipo di motore (indicato nel documento di omologazione):	....
— Numero del motore (numero di serie):	....
<i>Unità di controllo cui è riferibile il presente allegato (comprese ECU del motore)</i>	
— Funzionalità principale:	....
— Numero di identificazione (software e taratura):	....
<i>Strumento diagnostico (scanner usato durante le prove)</i>	
— Produttore:	....
— Tipo:	....
— Software/versione:	....
<i>Informazioni sulle prove</i>	
— Condizioni ambiente (temperatura, umidità, pressione):	....
— Luogo della prova (compresa altitudine):	....
— Carburante di prova:	....
— Olio motore:	....
— Data della prova:	....

2. Prove di dimostrazione relative all'installazione del sistema OBD

Oltre che sul sistema OBD/famiglia di OBD delle emissioni, sono state effettuate prove sull'installazione su un veicolo del sistema OBD/dei sistemi OBD di una famiglia di OBD delle emissioni, conformemente alle prescrizioni dell'appendice 1 dell'allegato indicato:	Sì/NO
--	-------

2.1. Risultati della prova relativa all'installazione del sistema OBD

<i>Risultati di prova</i> Se è stata effettuata una prova sull'installazione del sistema OBD su un veicolo, tale prova ha avuto esito positivo secondo quanto indicato nell'appendice 1 dell'allegato indicato:	Sì/NO
--	-------

2.2. Installazione sottoposta a prova

Se l'installazione del sistema OBD è stata sottoposta a prova su un veicolo:

<i>Veicolo sottoposto a prova</i>	
— Denominazione del veicolo (costruttore e denominazione commerciale):	....
— Tipo di veicolo:	....
— Numero di identificazione del veicolo (VIN):	....
<i>Strumento diagnostico (scanner usato per la prova)</i>	
— Produttore:	....
— Tipo:	....
— Software/versione:	....
<i>Informazioni sulla prova</i>	
— Luogo e data:	....

Parte 5 della relazione di conformità tecnica (esempio)

PROTOCOLLO DI PROVA

Prova di dimostrazione del sistema OBD

Generalità		Dimostrazione della classificazione dei malfunzionamenti							Dimostrazione dell'efficienza dell'OBD							
		Prova		Livello di emissioni			Classificazione		Qualificazione del componente deteriorato			Attivazione dell'MI				
Modo	Codice di guasto	Prova eseguita secondo il punto	Ciclo di prova	Superiore a OTL	Inferiore a OTL	Inferiore a EL + X	Classificazione proposta dal costruttore	Classificazione finale (1)	Prova eseguita secondo il punto	Ciclo di prova	Qualificato	Prova eseguita secondo il punto	Ciclo di prova	MI continua dopo ... ciclo	MI breve dopo ... ciclo	MI a richiesta dopo ... ciclo
Valvola dosaggio SCR	P2...	nessuna prova		—	—	—	A	A	6.3.2.1	WHTC	sì	6.3.1.	WHTC	2°		
Valvola EGR, elettrica	P1...	nessuna prova					A	B1	6.3.2.1	WHTC	sì	6.3.1.	WHTC		1°	
Valvola EGR, meccanica	P1...	nessuna prova					B1	B1	6.3.2.1	WHTC	sì	6.3.1.	WHTC		2°	
Valvola EGR, meccanica	P1...	6.2.2	WHTC		X		B1	B1	nessuna prova		sì					
Valvola EGR, meccanica	P1...	6.2.2	WHTC		X		B1	B1	6.3.2.1	WHTC	sì	6.3.1.	WHTC		2°	
Sensore temp. aria, elettrico	P1...	nessuna prova					B2	B2	6.3.2.1	WHTC	sì	6.3.1.	WHTC		1°	
Sensore temp. olio, elettrico	P1...	6.2.6	ETC			X	C	C	nessuna prova		sì					

Osservazioni: 1) su indicazione dell'autorità di omologazione, il malfunzionamento può essere assegnato a una classe diversa da quella proposta dal costruttore.

In questa scheda sono elencati solo i malfunzionamenti su cui sono state effettuate prove di classificazione o di valutazione dell'efficienza e i malfunzionamenti che sono stati assegnati a una classe diversa su indicazione dell'autorità di omologazione.

Le prove su un malfunzionamento possono essere effettuate per assegnare il malfunzionamento alla classe appropriata e/o per valutare l'efficienza.

L'esempio della valvola meccanica EGR indica il modo in cui ciascuno di questi tre casi è considerato nella tabella.

Appendice 5

Dati freeze-frame e dati a flusso

Nelle tabelle seguenti sono elencati i dati considerati nei punti 4.7.1.4 e 4.7.2 del presente allegato.

Tabella 1:

Dati obbligatori

	Freeze frame	Dati a flusso
Carico calcolato (coppia del motore in percentuale rispetto alla coppia massima disponibile al regime corrente del motore)	X	X
Regime del motore	X	X
Temperatura del liquido di raffreddamento del motore (o equivalente)	X	X
Pressione barometrica (misurata direttamente o stimata)	X	X

Tabella 2:

Dati facoltativi sul regime e sul carico del motore:

	Freeze frame	Dati a flusso
Coppia del motore richiesta dal conducente (in percentuale rispetto alla coppia massima del motore)	X	X
Coppia effettiva del motore (calcolata in percentuale rispetto alla coppia massima del motore, ad es. calcolata in base alla quantità programmata di carburante da iniettare)	X	X
Coppia massima di riferimento del motore		X
Coppia massima di riferimento del motore in funzione del regime del motore		X
Tempo trascorso dall'avviamento del motore	X	X

Tabella 3:

Dati facoltativi, se usati dal sistema di controllo delle emissioni o dal sistema OBD per abilitare o disabilitare dati dell'OBD

	Freeze frame	Dati a flusso
Livello del carburante	X	X
Temperatura dell'olio motore	X	X
Velocità del veicolo	X	X
Tensione del sistema computerizzato di controllo del motore (per il chip principale)	X	X

Tabella 4:

Dati facoltativi, se il motore è dotato degli equipaggiamenti indicati, rileva i dati tramite sensori o li calcola:

	Freeze frame	Dati a flusso
Posizione assoluta della farfalla/posizione della farfalla dell'aria di aspirazione (posizione della valvola usata per regolare l'aria di aspirazione)	X	X
Stato del sistema di controllo del carburante diesel in un sistema ad anello chiuso (ad es. in un sistema di regolazione della pressione del carburante ad anello chiuso)	X	X
Pressione del carburante nel canale di alimentazione (rail)	X	X
Pressione di controllo dell'iniezione (pressione del fluido che controlla l'iniezione di carburante)	X	X
Fasatura rappresentativa dell'iniezione carburante (inizio della prima iniezione principale)	X	X
Pressione programmata del carburante nel canale di alimentazione (rail)	X	X
Pressione programmata di controllo dell'iniezione (ovvero pressione del fluido che controlla l'iniezione di carburante)	X	X
Temperatura dell'aria di aspirazione	X	X
Temperatura dell'aria ambiente	X	X
Temperatura dell'aria in entrata/uscita dal turbocompressore (compressore e turbina)	X	X
Pressione in entrata/uscita dal turbocompressore (compressore e turbina)	X	X
Temperatura dell'aria di sovralimentazione (a valle del refrigeratore intermedio, se presente)	X	X
Pressione di sovralimentazione effettiva	X	X
Portata dell'aria ricavata dal sensore di portata massica dell'aria	X	X
Ciclo di lavoro/posizione programmati della valvola EGR (se l'EGR è controllato in questo modo)	X	X
Ciclo di lavoro/posizione effettivi della valvola EGR	X	X
Stato della presa di potenza (attiva o non attiva)	X	X
Posizione del pedale dell'acceleratore	X	X
Valore assoluto della posizione del pedale	X	se rilevata
Consumo istantaneo di carburante	X	X
Pressione di sovralimentazione programmata/da ottenere (se la pressione di sovralimentazione è usata per controllare il funzionamento del turbo)	X	X
Pressione di entrata del DPF	X	X
Pressione di uscita del DPF	X	X
Delta di pressione del DPF	X	X
Pressione di scarico all'uscita del motore	X	X
Temperatura di entrata del DPF	X	X

	Freeze frame	Dati a flusso
Temperatura di uscita del DPF	X	X
Temperatura del gas di scarico all'uscita del motore	X	X
Velocità del turbocompressore/turbina	X	X
Posizione della turbina a geometria variabile	X	X
Posizione programmata della turbina a geometria variabile	X	X
Posizione della valvola limitatrice della pressione di sovralimentazione	X	X
Uscita del sensore del rapporto aria/carburante		X
Uscita del sensore di ossigeno		X
Uscita del sensore di NO _x		X

*Appendice 6***Norme di riferimento**

La presente appendice precisa le norme da usare secondo quanto indicato nel presente allegato per l'interfaccia di comunicazione seriale con il veicolo/motore. Sono ammesse tre soluzioni: le norme ISO 15765-4, SAE J1939-73 e ISO/PAS 27145; ad esse si aggiungono altre norme ISO o SAE che possono essere applicate conformemente alle indicazioni contenute nel presente allegato:

ISO 15765-4 e le specifiche a cui essa fa riferimento per assicurare il rispetto dei requisiti sull'armonizzazione mondiale degli OBD;

ISO 15765-4 «Road vehicles — Diagnostics on Controller Area Network (CAN) — Part 4: Requirements for emissions-related systems», 2006;

SAE J1939-73 e le specifiche a cui essa fa riferimento per assicurare il rispetto dei requisiti sull'armonizzazione mondiale degli OBD;

J1939-73 «APPLICATION LAYER — DIAGNOSTICS», 2006;

ISO/PAS 27145 e le specifiche a cui essa fa riferimento per assicurare il rispetto dei requisiti sull'armonizzazione mondiale degli OBD:

- i) ISO/PAS 27145-1:2006 Road vehicles — On board diagnostics (WWH-OBD) implementation — Part 1 — General Information and use case definitions
- ii) ISO/PAS 27145-2:2006 Road vehicles — Implementation of WWH-OBD communication requirements — Part 2 — Common emissions-related data dictionary;
- iii) ISO/PAS 27145-3:2006 Road vehicles — Implementation of WWH-OBD communication requirements — Part 3 — Common emissions-related data dictionary;
- iv) ISO/PAS 27145-4:2006 Road vehicles — Implementation of WWH-OBD communication requirements — Part 4 — Connection between vehicle and test equipment;

Nel presente regolamento si fa riferimento ai documenti seguenti dell'International Organization of Standards (ISO), che risultano incorporati nel regolamento stesso:

ISO 15031-3:2004 «Road vehicles — Communication between vehicle and external equipment for emissions-related diagnostics — Part 3: Diagnostic connector and related electrical circuits, specification and use».

Nel presente regolamento si fa riferimento al documento seguente della Society of Automotive Engineers (SAE), che risulta incorporato nel regolamento stesso:

SAE J2403 «Medium/Heavy-Duty E/E Systems Diagnosis Nomenclature», agosto 2004.

SAE J1939-13 «Off-Board Diagnostic Connector», marzo 2004.

*Appendice 7***Documentazione riguardante le informazioni relative all'OBD**

Le informazioni relative all'OBD prescritte dalla presente appendice devono essere fornite dal costruttore del veicolo per permettere la fabbricazione di pezzi di ricambio o di manutenzione, di strumenti di diagnosi e di apparecchiature di prova nel modo prescritto nella parte principale del presente regolamento.

Pezzi di ricambio, strumenti di diagnosi e apparecchiature di prova

Queste informazioni permettono ai fabbricanti di componenti di ricambio o di adeguamento di assicurarne la compatibilità con i sistemi OBD ed evitare malfunzionamenti. Esse permettono inoltre ai fabbricanti di strumenti diagnostici e di apparecchiature di prova di fabbricare strumenti e apparecchiature in grado di effettuare diagnosi efficaci e precise dei sistemi di controllo delle emissioni.

Queste informazioni possono essere richieste soltanto per pezzi di ricambio o di manutenzione soggetti a omologazione o per componenti che fanno parte di sistemi soggetti ad omologazione.

La richiesta di informazioni deve indicare le caratteristiche esatte del tipo o modello di motore di una famiglia di motori a cui si riferisce. Deve confermare che le informazioni sono necessarie per lo sviluppo di pezzi di ricambio o di adeguamento, strumenti diagnostici o apparecchiature di prova.

Informazioni relative alle riparazioni

Al più tardi tre mesi dopo che il costruttore ha fornito a concessionari od officine di riparazione autorizzati le informazioni relative alle riparazioni, lo stesso mette a disposizione tali informazioni (nonché le successive modifiche e integrazioni) dietro compenso adeguato e non discriminatorio.

Il costruttore è tenuto altresì a rendere accessibili, eventualmente a titolo oneroso, le informazioni tecniche necessarie per la riparazione o la manutenzione dei veicoli, a meno che tali informazioni siano oggetto di un diritto di proprietà intellettuale o costituiscano cognizioni segrete ed essenziali, riconosciute come tali; in questo caso le informazioni tecniche necessarie non devono essere indebitamente negate.

Hanno diritto a ottenere tali informazioni tutte le persone che operano nei servizi commerciali di assistenza tecnica o riparazione, nei servizi di assistenza su strada, nei servizi di ispezione o prova dei veicoli o nella produzione e vendita di componenti di ricambio o adeguamento, strumenti diagnostici e apparecchiature di prova.

Qualora tale disposizione non venga osservata, il servizio amministrativo interviene, in conformità della procedura prescritta per l'omologazione e il controllo dei veicoli in circolazione, per assicurare la disponibilità delle informazioni relative alle riparazioni.
